



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

**Μεταβολή της σύνθεσης της βλάστησης κατά τη διαβάθμιση αλατότητας σε παράκτια βοσκόσιμα υδροτοπικά λιβάδια των εκβολών του Σπερχειού Ποταμού στην προστατευόμενη περιοχή του Μαλιακού Κόλπου**



**Μεταπτυχιακός φοιτητής: Στέφανος Στεφανόπουλος**

Επιβλέπων καθηγητής: Ιωάννης Καζόγλου, Αναπληρωτής καθηγητής Π.Θ.

Μέλη τριμελούς επιτροπής: Μιχαήλ Βραχνάκης, Καθηγητής Π.Θ.

Δημήτριος Σαμαράς, Επίκουρος καθηγητής Π.Θ.

**ΚΑΡΔΙΤΣΑ, 2023**

## Περιεχόμενα

0.	Πρόλογος – Ευχαριστίες.....	4
1.	Περίληψη.....	5
2.	Abstract .....	6
3.	Εισαγωγή – Σκοπός της εργασίας .....	7
4.	Ανασκόπηση βιβλιογραφίας.....	8
4.1.	Λιβάδια και βοσκήσιμες γαίες – Οικονομική σημασία των λιβαδιών .....	8
4.2.	Υγρότοποι (ορισμοί, λειτουργίες, αξίες, απειλές) .....	9
4.3.	Τύποι υγροτόπων .....	11
4.3.1.	Δέλτα ποταμών .....	12
4.3.2.	Τύποι υγρών ποολίβαδων.....	13
4.3.3.	Σημαντικοί τύποι οικοτόπων για την παρούσα έρευνα .....	13
4.4.	Φυλές ζώων που χρησιμοποιούν τα υγρά λιβάδια στην Ελλάδα.....	14
4.4.1.	Πρόβατα .....	15
4.4.2.	Αίγες .....	15
4.4.3.	Βοοειδή (με έμφαση στο νεροβούβαλο και το ρόλο του στην προστασία των υγροτόπων).....	15
4.5.	Επιδράσεις της βόσκησης στην υγροτοπική βλάστηση με έμφαση στα υγρά ποολίβαδα..	17
4.6.	Βόσκηση και εδάφη – αλατότητα – ζώνες βλάστησης – οικοσυστημικές υπηρεσίες – διαπιστώσεις.....	20
4.7.	Μέθοδοι ανάλυσης εδάφους .....	23
4.7.1.	Δειγματοληψία εδαφών .....	23
4.7.2.	Προεργασία των εδαφικών δειγμάτων για εργαστηριακή ανάλυση .....	23
4.7.3.	Μηχανική ανάλυση του εδάφους.....	24
4.7.4.	Το pH του εδάφους .....	27
4.7.5.	Ανθρακικό ασβέστιο του εδάφους CaCO <sub>3</sub> .....	29
4.7.6.	Οργανική ουσία του εδάφους .....	29
4.7.7.	Αλατότητα του εδάφους .....	31
4.7.8.	Προσδιορισμός υδατοδιαλυτού νατρίου και καλίου του εδαφικού εκχυλίσματος.....	32
4.7.9.	Προσδιορισμός του ολικού αζώτου στο έδαφος με υγρή καύση (μέθοδος Kjeldahl) .	33
4.7.10.	Προσδιορισμός αφομοιώσιμου φωσφόρου του εδάφους με τη μέθοδο Olsen .....	33
5.	Περιοχή έρευνας .....	35
5.1.	Η ευρύτερη περιοχή έρευνας .....	35
5.2.	Περιγραφή της περιοχής έρευνας .....	36
5.3.	Η εκτροφή βούβαλων στην περιοχή έρευνας .....	39
6.	Υλικά και Μέθοδοι .....	41
6.1.	Μέρος Α: εδαφολογικές μέθοδοι .....	41
6.1.1.	Μεθοδολογία δειγματοληψίας εδαφών .....	41
6.1.2.	Προετοιμασία των εδαφικών δειγμάτων στο εργαστήριο για ανάλυση .....	42
6.1.3.	Μηχανική ανάλυση του εδάφους/ Μέθοδος Βουγιούκου.....	43
6.1.4.	Το pH του εδάφους .....	46

6.1.5.	Ανθρακικό ασβέστιο του εδάφους .....	47
6.1.6.	Οργανική ουσία του εδάφους .....	48
6.1.7.	Αλατότητα του εδάφους – Παραλαβή του εκχυλίσματος 1:5 (έδαφος/νερό) .....	49
6.1.8.	Προσδιορισμός εναλλακτικού καλίου του εδαφικού εκχυλίσματος.....	50
6.1.9.	Προσδιορισμός των εναλλακτικών κατιόντων Κ σε όξινα και ουδέτερα εδάφη (μέθοδος του CH <sub>3</sub> COONH <sub>4</sub> + pH=7) .....	52
6.1.10.	Προσδιορισμός του ολικού αζώτου στο έδαφος με υγρή καύση (μέθοδος Kjeldahl) .	53
6.1.11.	Προσδιορισμός αφομοιώσιμου Φωσφόρου (P) του εδάφους με τη μέθοδο Olsen....	55
6.2.	Μέρος Β: λιβαδοπονικές μέθοδοι για την εκτίμηση της κάλυψης και σύνθεσης των λιβαδιών	57
6.3.	Μέρος Γ: λιβαδοπονικές μέθοδοι για τον υπολογισμό της λιβαδικής παραγωγής και του ποσοστού βόσκησης .....	58
6.4.	Μέρος Δ: εργασίες πεδίου για τη λήψη επιλεγμένων δειγμάτων φυτών με σκοπό τον υπολογισμό της πρωτεΐνης (θρεπτική αξία βοσκήσιμης ύλης).....	61
7.	Αποτελέσματα .....	62
7.1.	Μέρος Α: αποτελέσματα εδαφολογικών αναλύσεων .....	62
7.1.1.	Μηχανική ανάλυση του εδάφους.....	62
7.1.2.	Απόδοση του pH του εδάφους .....	62
7.1.3.	Προσδιορισμός της οργανικής ουσίας του εδάφους .....	63
7.1.4.	Προσδιορισμός ολικού ανθρακικού ασβεστίου (CaCO <sub>3</sub> ) g% .....	64
7.1.5.	Προσδιορισμός εναλλακτικού καλίου (Κ) σε ppm.....	64
7.1.6.	Προσδιορισμός Αφομοιώσιμου Φωσφόρου στο έδαφος με τη μέθοδο P- Olsen .....	65
7.1.7.	Προσδιορισμός ολικού αζώτου (N-Ανόργανο, NH <sub>4</sub> + + NO <sub>3</sub> -) στο έδαφος .....	66
7.1.8.	Προσδιορισμός αγωγιμότητας του εδάφους .....	66
7.2.	Μέρος Β: αποτελέσματα τομών βλάστησης (κάλυψη – σύνθεση (%)) .....	67
7.3.	Μέρος Γ: λιβαδική παραγωγή και ποσοστό βόσκησης .....	70
7.4.	Μέρος Δ: προσδιορισμός πρωτεΐνης σε φυτικά δείγματα.....	72
8.	Συζήτηση .....	73
8.1.	Μηχανική σύσταση του εδάφους.....	73
8.2.	Το pH του εδάφους.....	73
8.3.	Οργανική ουσία.....	73
8.4.	Ανθρακικό ασβέστιο .....	73
8.5.	Εναλλακτικό κάλιο (Κ) .....	74
8.6.	Αγωγιμότητα .....	74
8.7.	Ολικό άζωτο .....	75
8.8.	Αφομοιώσιμος φώσφορος του εδάφους .....	75
8.9.	Κάλυψη – σύνθεση λιβαδικής βλάστησης, λιβαδική παραγωγή, θρεπτική αξία λιβαδικής βλάστησης.....	76
9.	Συμπεράσματα και προτάσεις .....	78
10.	Βιβλιογραφία .....	80

## 0. Πρόλογος – Ευχαριστίες

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία με τίτλο «Μεταβολή της σύνθεσης της βλάστησης κατά τη διαβάθμιση αλατότητας σε παράκτια βοσκόμενα υγροτοπικά λιβάδια των εκβολών του Σπερχειού Ποταμού στην προστατευόμενη περιοχή του Μαλιακού Κόλπου» πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο των υποχρεώσεών μου στο Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών (ΠΜΣ) «Πολυλειτουργική Διαχείριση Δασικών Οικοσυστημάτων και Βιοοικονομία» του Τμήματος Δασολογίας, Επιστημών Ξύλου & Σχεδιασμού (ΔΕΞΥΣ), του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Η εκπόνηση της έρευνας διενεργήθηκε και ολοκληρώθηκε την περίοδο 2021-2023 κατόπιν συνεννοήσεως με τον επιβλέποντα καθηγητή Δρ Ιωάννη Καζόγλου και τον κτηνοτρόφο στην περιοχή έρευνας κ. Φώτη Καπόλα, ενώ ώθηση προς την εκπόνηση της έρευνας αποτέλεσε η ελλιπής ελληνική βιβλιογραφία σχετικά με το θέμα των βοσκόμενων παράκτιων υγροτοπικών οικοσυστημάτων.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα της διατριβής, αναπληρωτή καθηγητή, Δρ Ιωάννη Καζόγλου (Εργαστήριο Λιβαδοπονίας και Διαχείρισης Προστατευόμενων Περιοχών) για την αμέριστη υποστήριξη, καθοδήγηση, τις θετικές του παρεμβάσεις, την εμπιστοσύνη και την βοήθεια που μου προσέφερε καθ' όλη τη διάρκεια της εκτέλεσης της έρευνας.

Επίσης, για την πολύ σημαντική τους συνδρομή για την εκπόνηση της διατριβής, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τους παρακάτω καθηγητές, φίλους και συνεργάτες:

- Τον διευθυντή του ΠΜΣ, καθηγητή Δρ Μιχαήλ Βραχνάκη (Εργαστήριο Λιβαδοπονίας και Διαχείρισης Προστατευόμενων Περιοχών), για τη συμβολή του στην έναρξη της έρευνας και την εν γένει καθοδήγηση.
  - Τον κ. Φώτη Καπόλα, εκτροφέα νεροβούβαλων στην περιοχή έρευνας, και την οικογένεια του, που χάρη στην πολύτιμη βοήθεια του (ξενάγηση στην περιοχή, πληροφορίες σχετικά με την περιοχή κ.ά.) έγινε εφικτή η έρευνα.
  - Τον καθηγητή Δρ Νικόλαο Γκουγκουλιά, Εργαστήριο Εδαφολογίας του Τμήματος Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος (Σχολή Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας), όπου έγινε η επεξεργασία και οι αναλύσεις των εδαφικών δειγμάτων, για την καθοδήγηση, διδασκαλία για την κατανόηση όλης της διαδικασίας και την ερμηνεία των αποτελεσμάτων.
  - Τον αναπληρωτή καθηγητή Δρ Γεώργιο Φωτιάδη, Εργαστήριο Βοτανικής του Τμήματος Δασολογίας και Διαχείρισης Φυσικού Περιβάλλοντος (Καρπενήσι) του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, για την αναγνώριση των φυτών.
  - Τον καθηγητή Δρ Περικλή Μπίρτσα και τον επίκουρο καθηγητή Δρ Δημήτριο Σαμαρά για τις χρήσιμες παρατηρήσεις τους κατά την ολοκλήρωση της διατριβής.
  - Την γυναίκα μου και συνάδελφο Δασοπόνο Ευρύκλεια Μουζοπούλου για την αμέριστη βοήθεια στο πεδίο, κάτω από δύσκολες και απαιτητικές συνθήκες για την συλλογή των στοιχείων, αλλά και την ψυχολογική υποστήριξη που μου παρείχε τον καιρό αυτό.
- Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου, Βασιλική και Βασίλη, για την πνευματική, υλική και ηθική συμπαράσταση τους σε κάθε μου βήμα, όλα αυτά τα χρόνια.

## 1. Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική διατριβή εξετάζει τη μεταβολή της κάλυψης και σύνθεσης της βλάστησης κατά τη διαβάθμιση της αλατότητας σε βοσκόσιμα από νεροβούβαλους υγροτοπικά ενδιαιτήματα – λιβάδια, παροδικά ή κατά μεγάλο διάστημα του χρόνου πλημμυρισμένα από θαλασσινό νερό στις εκβολές του Σπερχειού ποταμού, και συγκεκριμένα στην προστατευόμενη περιοχή του Μαλιακού Κόλπου. Η περιοχή μελέτης χαρακτηρίζεται από τέσσερις ζώνες βλάστησης (από τη θάλασσα προς την χέρσο): (α) υφάλμυρη ζώνη – αλμυρόβαλτος, (β) μεταβατική ζώνη, (γ) υγρό ποολίβαδο, και (δ) όχθες ποταμού εντός αναχωμάτων («τάπια»). Οι εργασίες πεδίου πραγματοποιήθηκαν τον Ιούλιο του 2021. Λήφθηκαν οχτώ επιφανειακά δείγματα εδάφους, δύο σε κάθε ζώνη βλάστησης, δείγματα υπέργειας λιβαδικής παραγωγής από 24 συνολικά θέσεις (3 δείγματα σε αβόσκητες επιφάνειες και 3 δείγματα σε βοσκημένες επιφάνειες σε κάθε ζώνη βλάστησης), καθώς και 12 τομές βλάστησης (transects μήκους 50 μ έκαστη με καταγραφή φυτικών ειδών ανά 1 μ.), από τρεις σε κάθε ζώνη βλάστησης. Ορισμένα από τα σημαντικότερα αποτελέσματα της έρευνας ήταν τα εξής: (1) Τα εδάφη της περιοχής είναι μέτρια αλκαλικά με τιμές pH 8,12 – 8,72, πλούσια σε ολικό άζωτο N - Ανόργανο, K (κάλιο), CaCO<sub>3</sub> (ανθρακικό ασβέστιο) και μέτρια σε P (φώσφορο), (2) Η αγωγιμότητα του εδάφους παρουσίασε ποικιλομορφία στις τέσσερις ζώνες βλάστησης με τιμές από 0,5 – 11,21 ms/cm, γενικώς υψηλές (ισχυρά αλατούχα εδάφη) στον αλμυρόβαλτο και τη μεταβατική ζώνη και χαμηλότερες στις δύο ανώτερες ζώνες, (3) Στην περιοχή έρευνας καταγράφηκαν 18 είδη φυτών (που ανήκουν σε 11 Οικογένειες), από τα οποία το αλόφυτο *Limonium narbonense* καταγράφηκε και στις τέσσερις ζώνες βλάστησης, (4) Τα φυτικά είδη κατανεμήθηκαν σε έξι κατηγορίες, από τις οποίες τα αλόφυτα κυριάρχησαν στον αλμυρόβαλτο και τη μεταβατική ζώνη με κάλυψη 85,3% και 59,3% αντίστοιχα, τα ελόφυτα καταγράφηκαν μόνο στο υγρό ποολίβαδο και την τάπια (9,3% και 16% αντίστοιχα), τα άλλα αγρωστώδη και αγρωστοειδή καταγράφηκαν στην μεταβατική ζώνη, το υγρό ποολίβαδο και την τάπια (16,7%, 22% και 6,7% αντίστοιχα), ενώ τα ψυχανθή, οι άλλες πλατύφυλλες πόες, τα ξυλώδη είδη, καθώς και η ξηροφυλλάδα και το γυμνό έδαφος κατέγραψαν γενικώς χαμηλότερες τιμές κάλυψης, (5) Η υπέργεια λιβαδική παραγωγή στις τέσσερις ζώνες βλάστησης εμφάνισε τιμές (α) 806,0 Kg/στρ. στον αλμυρόβαλτο, (β) 609,8 Kg/στρ. στη μεταβατική ζώνη, (γ) 695,5 Kg/στρ. στο υγρό ποολίβαδο, και (δ) 1089,5 Kg/στρ. στην «τάπια», που ήταν η πλέον παραγωγική ζώνη βλάστησης, (6) Το ποσοστό βόσκησης σε κάθε ζώνη έδειξε ότι οι νεροβούβαλοι έβοσκαν κατά προτεραιότητα στην «τάπια» (74%), δευτερευόντως στο υγρό ποολίβαδο (55%) και λιγότερο στην μεταβατική ζώνη (21%) και τον αλμυρόβαλτο (18%), (7) Οι τιμές περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη επιλεγμένων φυτικών ειδών, που αναλύθηκαν κατά την παρούσα έρευνα, καταδεικνύουν τόσο την ενδιαφέρουσα θρεπτική αξία κάποιων ειδών, όπως το καλάμι *Phragmites australis* (14,33%) και τα αλόφυτα *Arthrocnemum macrostachyum* (8,74%) και *Limonium narbonense* (10,48%), όσο και την ανάγκη για περαιτέρω έρευνα.

**Λέξεις-κλειδιά:** αλμυρόβαλτος, ζώνες βλάστησης, εδαφολογικές αναλύσεις, διαχείριση λιβαδιών, θρεπτική αξία βοσκήσιμης ύλης.

## 2. Abstract

The present dissertation examines the changes of vegetation cover and composition along the salinity gradient observed at halophytic habitats and grasslands of the Spercheios river delta, Regional Unit of Fthiotida (Central Greece, Natura 2000 site), grazed by water buffaloes. The research area is characterized by four vegetation zones (from the sea to the mainland): (a) saltmarsh, (b) transition zone, (c) wet grassland, and (d) river banks. Field work took place in July 2021. Eight soil samples were collected from the top 20cm of the soil surface, and plant samples (above-ground plant production) were collected at 24 grazed and ungrazed locations of the four zones. Additionally, 12 transects (50 m long each, three replicates in each zone) were taken to measure vegetation cover and species composition (%). Some of the most important results include the following: (1) The soils of the area are moderately alkaline with pH values 8.12 – 8.72, rich in N+, K, CaCO<sub>3</sub> and moderate in P content, (2) Soil conductivity was diverse in the four zones with values ranging from 0.5 to 11.21 ms/cm, generally higher in the saltmarsh and the transition zone (indicating highly saline soils) and lower in the two upper zones, (3) 18 plant taxa (belonging to 11 families) were recorded in the study area, of which the halophyte *Limonium narbonense* was present at all four vegetation zones, (4) Plant taxa were categorized in six groups, of which *halophytes* were dominant in the saltmarsh and the transition zone with cover values equal to 85.3% and 59.3% respectively, *helophytes* were recorded only in the wet grassland and the river banks (9.3% and 16% respectively), *other grasses and grass-like species* were recorded in the transition zone, the wet grassland and the river bank (16.7%, 22% and 6.7% respectively), while *legumes*, *other forbs*, *woody species*, as well as *litter* and *bare soil* were, in general, recorded with lower cover values, (5) Above-ground rangeland production in the four vegetation zones was measured as follows: (a) 8060.0 Kg/ha in the saltmarsh, (b) 6098.0 Kg/ha in the transition zone, (c) 6955.0 Kg/ha in the wet grassland, and (d) 10895.0 Kg/ha in the river banks, which was the most productive zone, (6) The percentage use in each zone showed that water buffaloes grazed mostly in the river banks (74%), secondly in the wet grassland (55%) and less in the transition zone (21%) and the saltmarsh (18%), (7) The protein content of selected plant specimens, analyzed during the present research, demonstrated the interesting nutritional value of some species, such as the common reed *Phragmites australis* (14.33%) and the halophytes *Arthrocnemum macrostachyum* (8.74%) and *Limonium narbonense* (10.48%), as well as the need for further research.

**Keywords:** saltmarsh, vegetation zones, soil analyses, rangeland management, nutritional value of grazing material.



### 3. Εισαγωγή – Σκοπός της εργασίας

Οι υγρότοποι διακρίνονται για την υψηλή τους βιοποικιλότητα και την ποικιλομορφία τους, η οποία μάλιστα οδηγεί στην ανυπαρξία ενός καθολικά αποδεκτού ορισμού της έννοιας του υγροτόπου (Mitsch and Gosselink 2015).

Τα παράκτια οικοσυστήματα είναι από τα πιο παραγωγικά, δυναμικά και υπό έντονη χρησιμοποίηση οικοσυστήματα παγκοσμίως. Η αλλοίωσή τους λόγω της ανθρώπινης δραστηριότητας είναι έντονη και παράλληλα αυξανόμενη. Παρόλα αυτά, οι παράκτιοι υγρότοποι υποστηρίζουν ένα εύρος οικοτόπων που περιέχουν ένα μοναδικό πλούτο ειδών και γενετικής ποικιλότητας, αποθηκεύουν και ανακυκλώνουν θρεπτικές ουσίες, φιλτράρουν ρύπους από τα συστήματα εσωτερικών γλυκών υδάτων και βοηθούν στην προστασία των ακτών (Pearce and Crivelli 1994, Sarika 2012).

Στην Ελλάδα, οι παράκτιοι υγρότοποι έχουν μελετηθεί κυρίως στο πλαίσιο βοτανικών και ορνιθολογικών ερευνών και σχεδόν καθόλου από λιβαδοπονική σκοπιά, παρότι πολλοί αλμυρόβαλτοι και εκβολικά συστήματα βόσκονται από παραγωγικά ζώα. Στη βιβλιογραφία για παρόμοιους υγροτόπους σε άλλες χώρες εντοπίζονται αρκετές έρευνες επί της οικολογίας των αλμυρόβαλτων, περιλαμβανομένης της ζωνοποίησης των παράκτιων οικοσυστημάτων σε σχέση με την αλατότητα των εδαφών, ζωνοποίηση η οποία αποτυπώνεται με την ύπαρξη διαφορετικών ζωνών βλάστησης, υπό την επίδραση του πολύπλοκου υδατικού καθεστώτος (παροχές γλυκού νερού από ποταμούς και αποστραγγιστικά κανάλια, παλίρροια, επίδραση θαλασσινού νερού), των χαρακτηριστικών των εδαφών και της βόσκησης (Bromberg Gedan et al. 2009, Sweers et al. 2013, Ooi et al. 2021).

Τα ερευνητικά ερωτήματα που καλείται να απαντήσει η παρούσα διατριβή αφορούν βασικά χαρακτηριστικά των εδαφών και της βλάστησης στη σημαντική προστατευόμενη περιοχή των εκβολών του Σπερχειού ποταμού, στον Μαλιακό Κόλπο. Συγκεκριμένα, μέσω αναλύσεων δειγμάτων εδάφους (μηχανική σύσταση, pH, αγωγιμότητα – αλατότητα, περιεκτικότητα σε θρεπτικά στοιχεία) και μέσω μετρήσεων βασικών χαρακτηριστικών της λιβαδικής βλάστησης (αναγνώριση ζωνών, είδη φυτών, κάλυψη – σύνθεση, λιβαδική παραγωγή, ποσοστό βόσκησης) επιδιώκεται μια πρώτη συστηματική καταγραφή της συγκεκριμένης περιοχής βάσει των αρχών της Λιβαδοπονίας. Θεωρείται βέβαιο ότι πλήρεις απαντήσεις στα παραπάνω ερωτήματα, αλλά και σε άλλα απαραίτητα για την ολοκληρωμένη διαχείριση της παράκτιας προστατευόμενης περιοχής, θα δοθούν με περαιτέρω έρευνα στο μέλλον.

Βασική υπόθεση της παρούσας έρευνας είναι ότι υπάρχει διαβάθμιση της αλατότητας στα εδάφη της περιοχής έρευνας από τις χαμηλότερες (με αλμυρά νερά) προς τις τοπογραφικά υψηλότερες θέσεις, που επηρεάζονται από υφάλμυρα και γλυκά νερά του Σπερχειού ποταμού. Δεύτερη υπόθεση αποτελεί η ύπαρξη ζωνών βλάστησης που καθορίζονται από την παραπάνω διαβάθμιση της αλατότητας, υπόθεση η οποία ενισχύεται από οπτικές εκτιμήσεις και από την πρότερη καταγραφή διαφορετικών τύπων οικοτόπων στην περιοχή έρευνας (Sarika 2012, Sarika et al. 2018).

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η καταγραφή της μεταβολής της κάλυψης και σύνθεσης της βλάστησης λόγω διαβάθμισης της αλατότητας των εδαφών σε βοσκόσιμα από νεροβούβαλους παράκτια ενδιαιτήματα και, συγκεκριμένα, σε λιβάδια παροδικά ή κατά μεγάλο διάστημα του χρόνου πλημμυρισμένα από θαλασσινό νερό (λόγω πλημμυρίδας και αμπώτιδας) ή (τμήμα αυτών) και από γλυκό νερό, στις εκβολές του Σπερχειού ποταμού και συγκεκριμένα στην προστατευόμενη περιοχή του Μαλιακού Κόλπου.

## 4. Ανασκόπηση βιβλιογραφίας

### 4.1. Λιβάδια και βοσκήσιμες γαίες – Οικονομική σημασία των λιβαδιών

Λιβάδι ονομάζεται ο τύπος γης που αναφέρεται σε φυσική ή ημι-φυσική έκταση, η βλάστηση της οποίας κυριαρχείται από ποώδη ή και χαμηλή θαμνώδη ή και αραιή, υψηλή ξυλώδη βλάστηση και στην οποία η πιο συνηθισμένη χρήση γίνεται από αγροτικά ζώα τα οποία ικανοποιούν τις διατροφικές τους ανάγκες από το τμήμα της υπέργειας βιομάζας που ονομάζεται βοσκήσιμη ύλη, ενώ τα άγρια ζώα χρησιμοποιούν τα λιβάδια τόσο ως ενδιαίτημα όσο και ως χώρο διατροφής και αναπαραγωγής (Βραχνάκης 2015).

Στην ισχύουσα και πλέον πρόσφατη νομοθεσία τα λιβάδια και οι εν γένει βοσκότοποι αποκαλούνται βοσκήσιμες γαίες (Νόμος 4351/2015), η δε διαχείριση τους αναμένεται να οργανωθεί βάσει των Διαχειριστικών Σχεδίων Βόσκησης (Καζόγλου και Τσιακίρης 2018, 2022), την υλοποίηση των οποίων φαίνεται να προωθεί η τωρινή πολιτική ηγεσία του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων.

Η χώρα μας είναι ελλιπής τόσο σε παραγωγή κόκκινου κρέατος όσο και γαλακτοκομικών προϊόντων, ενώ όπως προκύπτει από την παράθεση των χαρακτηριστικών των λιβαδιών της θα έπρεπε να μην υφίσταται τέτοια έλλειψη. Τα σημαντικότερα προβλήματα που σχετίζονται με τα ελληνικά λιβάδια είναι τα παρακάτω (Βραχνάκης 2015):

1. Η εγκατάλειψη της κτηνοτροφικής δραστηριότητας, ως απόρροια της γενικότερης εγκατάλειψης ανάπτυξης ολοκληρωμένων οικονομικών δραστηριοτήτων και της χαλάρωσης του κοινωνικού ιστού στην ελληνική ύπαιθρο.
2. Απόρροια της εγκατάλειψης της κτηνοτροφικής δραστηριότητας και της αύξησης της συσσώρευσης σε αστικά κέντρα είναι η ανισοκατανομή της βοσκοφόρτωσης στα ελληνικά λιβάδια. Γενικότερα, τα πεδινά λιβάδια, καθώς και τα λιβάδια που βρίσκονται κοντά σε αστικά κέντρα υπερβόσκονται, ενώ τα ορεινά ή ψευδαλπικά λιβάδια υποβόσκονται με αποτέλεσμα να βάζουν σε κίνδυνο την οικολογική ισορροπία των οικοσυστημάτων.
3. Η μη επίλυση των ιδιοκτησιακών προβλημάτων και η μη αποσαφήνιση των χρήσεων γης, η οποία επιτείνει την υποβάθμιση των ελληνικών λιβαδιών.
4. Η έλλειψη συστημάτων παρακολούθησης (monitoring) της κατάστασης των λιβαδιών και η δημιουργία σχετικής βάσης δεδομένων. Με τον τρόπο αυτό θα μπορεί να γίνει καλύτερος σχεδιασμός των μελλοντικών διαχειριστικών πρακτικών και να διατυπωθούν σαφέστεροι στόχοι λιβαδικής πολιτικής και προτάσεις υλοποίησης.
5. Τέλος, η αποσαφήνιση του θεσμικού πλαισίου (διοίκηση, πολιτική, νομικό πλαίσιο) για τα λιβάδια και η ισχυροποίηση της βούλησης της ελληνικής Πολιτείας για την ορθή χρήση τους θα συμβάλουν καθοριστικά στην ορθολογική διαχείριση και ανάπτυξη των λιβαδικών πόρων της χώρας.

Η αλλαγή των χρήσεων γης, έχει επιφέρει την απώλεια πολλών ετερογενών μεσογειακών τοπίων λόγω είτε της εγκατάλειψης είτε της εκτατικοποίησης και της εντατικοποίησης ανθρώπινων δραστηριοτήτων, αλλάζοντας τα σε πιο πυκνά οικοσυστήματα ή σε γεωργικές καλλιέργειες αντίστοιχα (Ευαγγέλου 2013). Αυτό έχει επηρεάσει τους διαθέσιμους βοσκήσιμους πόρους για τα αγροτικά ζώα, οι οποίοι είναι καθοριστικοί για την εφαρμογή ενός αποδοτικού συστήματος εκτροφής. Το μεσογειακό τοπίο αποτελείται από μωσαϊκό πολλαπλών τύπων λιβαδιών, αγρούς και δάση, τα όρια των οποίων δεν είναι σαφώς καθορισμένα, αφού σε πολλές περιπτώσεις η μία χρήση γης εμπλέκεται μέσα στην άλλη, διατηρώντας έτσι μια δυναμική κατάσταση μεταξύ τους με το πέρασμα των χρόνων. Λιβάδια καλλιεργούνται και γίνονται χωράφια ή πυκνώνουν και γίνονται δάση ή ακόμη και χωράφια



εγκαταλείπονται και γίνονται λιβάδια, ακολουθώντας το μοντέλο μετάβασης της βλάστησης (Papanastasis and Chouvardas 2005).

Η οικονομική σημασία των λιβαδιών είναι πολύ μεγάλη. Αποτελούν την κύρια πηγή τροφής των αγροτικών μηρυκαστικών ζώων (αιγοπρόβατα και βοοειδή) εξασφαλίζοντας για την χώρα πολύτιμα ζωικά προϊόντα. Μεγάλο μέρος της εγχώριας παραγωγής σε κρέας και γάλα οφείλεται στη βοσκήσιμη ύλη των λιβαδιών. Υπολογίζεται ότι στα λιβάδια της χώρας παράγονται ετησίως 75.000 τόνοι κρέατος και 480.000 τόνοι γάλακτος περίπου, ποσότητες που αντιστοιχούν στο ένα τρίτο περίπου της συνολικής παραγωγής γάλακτος και κρέατος αντίστοιχα από μηρυκαστικά ζώα. Άλλες εκτιμήσεις ανεβάζουν τη συμβολή των λιβαδιών στη ζωική παραγωγή σε ακόμα υψηλότερα επίπεδα, ειδικότερα ύστερα από ορθολογική διαχείριση. Επιπλέον, πέρα από την κτηνοτροφία, τα λιβάδια επηρεάζουν θετικά πλήθος άλλων οικονομιών όπως η θηραματική, μελισσοκομική, αναψυχική, και εξυπηρετεί πολλές υπηρεσίες οικοσυστήματος που δεν μπορούν εύκολα να αποτιμηθούν οικονομικά (Παπαναστάσης 2009).

#### 4.2. Υγρότοποι (ορισμοί, λειτουργίες, αξίες, απειλές)

Με τη λέξη «υγρότοπος» ή «υγροβιότοπος» ή «υδροβιότοπος», αποδίδεται στα ελληνικά ο αγγλικός όρος “wetland”. Η ερμηνεία του όρου αυτού παρουσιάζει ποικίλες παραλλαγές, με τη συνήθη ερμηνεία να αποδίδει ως υγρότοπο τις μεταβατικές ζώνες μεταξύ των νερών με βάθος πάνω από 6 μέτρα και της ξηράς. Με λίγα λόγια, αφορά όλες τις μικρού ή μεγαλύτερου βάθους συγκεντρώσεις νερού, είτε αυτές είναι ρέουσες είτε στάσιμες, παράκτιες ή εσωτερικές, καθώς επίσης και τις περιοχές των οποίων η στάθμη του υπόγειου νερού απέχει πολύ λίγο από την επιφάνεια του εδάφους για μεγάλα χρονικά διαστήματα κατά τη διάρκεια του έτους (Μαντζαβέλας κ.ά. 2001). Οι ορισμοί που έχουν δοθεί διακρίνονται σε «επιστημονικούς» και «νομικούς», χωρίς να σημαίνει ότι οι επιστήμονες – ερευνητές χρησιμοποιούν μόνο τον ένα ή τον άλλο ορισμό (Καζόγλου 2007). Οι υγρότοποι αποτελούν έναν από τους πολυτιμότερους πόρους του πλανήτη και έρχονται σε δεύτερη θέση, αμέσως μετά τα τροπικά δάση, ως προς τη βιοποικιλότητα και τη φυσική τους παραγωγικότητα. Επίσης, παίζουν σημαντικό ρόλο σε ζωτικές πλανητικές διεργασίες, όπως ο υδρολογικός κύκλος και η εξασφάλιση καταφυγίων για τα μεταναστευτικά ψάρια και πουλιά (Frazier 1996).

Στη χώρα μας υπάρχει αξιόλογο υπόβαθρο βασικών επιστημονικών γνώσεων για πολλά θέματα υγροτόπων, με τις σχετικές πληροφορίες να είναι διάσπαρτες σε πολλά ιδρύματα και υπηρεσίες. Τα θέματα αυτά είναι από τη φύση τους πολύπλευρα (π.χ. υδρολογικά, γεωλογικά, γεωργικά, βοτανικά, ζωολογικά, χημικά κ.λπ.), πράγμα που σημαίνει ότι η επίλυση των προβλημάτων των υγροτόπων απαιτεί διεπιστημονική προσέγγιση. Η διασπορά των γνώσεων και πληροφοριών αποτελεί έναν από τους παράγοντες που εμποδίζουν την κατανόηση των υγροτοπικών οικοσυστημάτων και τη συνετή χρήση των υγροτοπικών πόρων. Η ανάγκη για διεπιστημονικές μελέτες για τους υγροτόπους φαίνεται από την παράθεση των προβλημάτων που αντιμετωπίζουν.

Πολλοί υγρότοποι προσφέρουν πλούσια βοσκήσιμη ύλη για τα βοοειδή και τα αιγοπρόβατα για μεγάλη περίοδο του έτους. Η υπερυδατική βλάστηση είναι σπουδαία πηγή τροφής, αλλά ίσως σπουδαιότερη είναι η βλάστηση των υγρολίβαδων. Οι δασωμένες παρόχθιες εκτάσεις προσφέρουν στα αγροτικά ζώα προστασία από καύσωνες και άλλες αντίξοες καιρικές συνθήκες. Οι υγρότοποι γλυκού νερού ικανοποιούν τις ανάγκες σε πόσιμο νερό πολλών κοπαδιών, που διανύουν καμιά φορά μεγάλες αποστάσεις για να ξεδιψάσουν. Λιβάδια μακριά από πόσιμο νερό έχουν μικρότερη κτηνοτροφική αξία από εκείνα που είναι κοντά στο νερό (Γεράκης και Τσιούρης 2010).

Οι λειτουργίες των υγροτόπων είναι στην ουσία οι φυσικές διαδικασίες που πραγματοποιούνται σε αυτούς όπως η συμμετοχή στον κύκλο του νερού, ο εμπλουτισμός και προστασία των υπόγειων υδροφορέων, η συγκέντρωση υδάτων που πηγάζουν από υπόγειους υδροφορείς, ο έλεγχος των πλημμυρών, η σταθεροποίηση των ακτών, η συγκράτηση ιζημάτων και τοξικών ουσιών, η συγκράτηση θρεπτικών και η μερική ανακύκλωση τους (Skinner and Zalewski 1995). Επιπλέον, ως λειτουργίες των υγροτόπων προστίθενται η παραγωγή μέσω της φωτοσύνθεσης, η ρύθμιση των επιπέδων διοξειδίου του άνθρακα και μεθανίου στην ατμόσφαιρα, η συντήρηση του παγκόσμιου κύκλου του αζώτου, η αποθήκευση οικολογικών πληροφοριών και η ρύθμιση του μικροκλίματος στις περιοχές που γειτνιάζουν με τους υγροτόπους, λόγω της εξαιρετικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας του νερού (Μαντζαβέλας κ.ά. 2001, Καζόγλου 2007).

Οι αξίες των υγροτόπων είναι τα αγαθά και οι υπηρεσίες, για τον άνθρωπο και τη φύση, που δημιουργούνται από τις λειτουργίες των υγροτόπων. Αυτές είναι οι εξής (Ζαλίδης κ.ά. 2002):

- Βιολογική (βιοποικιλότητα)
- Υδρευτική
- Αρδευτική
- Υδροηλεκτρική
- Αλιευτική
- Κτηνοτροφική
- Θηραματική
- Υλοτομική
- Αλατοληπτική
- Αμμοληπτική
- Επιστημονική
- Εκπαιδευτική
- Πολιτιστική
- Αναψυχική
- Αντιπλημμυρική
- Αντιδιαβρωτική
- Βελτιωτική της ποιότητας νερού
- Τοποκλιματική
- Μεταφορική
- Ιαματική

Τα επίπεδα των αξιών των υγροτόπων αλλά και βαθμός χρήσης τους μπορεί να διαφέρουν πολύ από έτος σε έτος ακόμη και στον ίδιο υγρότοπο (Ζαλίδης κ.ά. 2002), γεγονός που καθορίζεται κατά μεγάλο μέρος από τις διαθέσιμες ποσότητες νερού ανά εποχή (Καζόγλου 2019). Βάσει των αξιών που αναφέρθηκαν, οι υγρότοποι προσφέρουν απλόχερα στους ανθρώπους τροφή, υλικά, εισόδημα και υπηρεσίες είτε έμμεσα είτε άμεσα. Βέβαια, η αφθονία των λειτουργιών των υγροτόπων και οι προαναφερθείσες αξίες οδηγούν σε αυξημένες πιέσεις εις βάρος των υγροτόπων λόγω των εμπορικών συμφερόντων και ανθρώπινων αναγκών (Frazier 1996). Αυτές οι πιέσεις και απειλές συνίστανται σε (Μαντζαβέλας κ.ά. 2001, Καζόγλου 2019):

- Υδρολογικά έργα, όπως άντληση υπόγειων υδάτων και οι εκτροπές υδάτων για αρδευτικούς σκοπούς.
- Αποξηράνσεις, κυρίως για τη δημιουργία γεωργικών γαιών (ιδιαίτερα στον παρελθόν) και η εξυπηρέτηση βιομηχανικών και οικιστικών αναγκών, συμπεριλαμβανομένης της τουριστικής ανάπτυξης και της αύξησης του πληθυσμού σε ευρύτερες περιοχές της Μεσογείου με πληθώρα υγροτόπων.

- Ρύπανση από αστικά, βιομηχανικά, κτηνοτροφικά λύματα και γεωργικά λιπάσματα, που αυξάνουν τον ευτροφισμό των λιμνοθαλασσών, των λιμνών και από υπερβολική χρήση ζιζανιοκτόνων.

- Υπεραλίευση και υδατοκαλλιέργειες.
- Παράνομο και υπερβολικό κυνήγι (χρήση σκαγιών μόλυβδου), αλλά και άλλες παράνομες δραστηριότητες εντός των υγροτόπων (π.χ. αμμοληψίες, επιχωματώσεις, εκχερσώσεις παρόχθιας βλάστησης) και μη ορθά εφαρμοζόμενες πρακτικές, όπως η υπερβόσκηση.
- Όχληση της άγριας πανίδας, που προκαλείται από ανεξέλεγκτη κίνηση επισκεπτών και πιέσεις στους υγροτόπους προς όφελος του τουρισμού (π.χ. χρήση σκαφών αναψυχής και διαπλατύσεις δρόμων σε προστατευόμενες περιοχές).

Στην Ελλάδα, η συνολική έκταση των υγροτόπων μειώθηκε κατά 61-63% κατά τη διάρκεια του 20<sup>ου</sup> αιώνα (Psilonikos 1992, αναφερόμενος από τον Καζόγλου 2007).

#### 4.3. Τύποι υγροτόπων

Με βάση τον ορισμό των υγροτόπων της Σύμβασης Ραμσάρ, δημιουργήθηκε ένα σύστημα ταξινόμησης υγροτόπων. Σύμφωνα με την ταξινόμηση αυτή οι υγρότοποι διακρίνονται σε τρεις κύριες κατηγορίες (αναλυτικότερα στους πίνακες 1-3, Καζόγλου 2007):

1. Θαλάσσιοι και παράκτιοι υγρότοποι (κατηγορία στην οποία ανήκουν οι υγρότοποι της παρούσας έρευνας)
2. Εσωτερικοί υγρότοποι
3. Τεχνητοί υγρότοποι

---

**Πίνακας 1.** Σύστημα ταξινόμησης τύπων υγροτόπων της σύμβασης Ραμσάρ (θαλάσσιοι και παράκτιοι υγρότοποι).

---

- 1 Μόνιμα θαλάσσια ύδατα βάθους μικρότερου των έξι μέτρων κατά τη ρηχία
  - 2 Υποπαλιρροιακές υδρόβιες στρωμές
  - 3 Κοραλλιογενείς ύφαλοι
  - 4 Βραχώδεις θαλάσσιες ακτές
  - 5 Αμμώδεις, χαλικώδεις και κροκαλώδεις παραλίες
  - 6 Εκβολικά ύδατα. Τα μόνιμα ύδατα των εκβολών και τα εκβολικά συστήματα των δέλτα
  - 7 Διαπαλιρροιακά ιλυώδη αμμώδη και αλατούχα πεδία
  - 8 Διαπαλιρροιακά έλη
  - 9 Διαπαλιρροιακοί δασωμένοι υγρότοποι
  - 10 Υφάλμυρες ως αλμυρές λιμνοθάλασσες που έχουν μία ή περισσότερες σχετικά στενές διόδους επικοινωνίας με τη θάλασσα
  - 11 Αβαθείς λίμνες και έλη γλυκού νερού της παράκτιας ζώνης
- 

---

**Πίνακας 2.** Σύστημα ταξινόμησης τύπων υγροτόπων της σύμβασης Ραμσάρ (εσωτερικοί υγρότοποι).

---

- 1 Ποταμοί και ρυάκια με συνεχή ροή
- 2 Ποταμοί και ρυάκια με ασυνεχή ροή (ρέουν μόνο κατά ένα διάστημα του έτους ή κάθε μερικά έτη)
- 3 Εσωτερικά δέλτα (μόνιμα)
- 4 Ποτάμιες πλημμυρογενείς πεδιάδες

---

**Πίνακας 2.** Σύστημα ταξινόμησης τύπων υγροτόπων της σύμβασης Ραμσάρ (εσωτερικοί υγρότοποι).

---

- 5 Μόνιμες λίμνες γλυκού νερού (μεγαλύτερες των 80 στρεμμάτων)
  - 6 Εποχιακές λίμνες γλυκού νερού (μεγαλύτερες των 80 στρεμμάτων λίμνες πλημμυρογενών πεδιάδων)
  - 7 Μόνιμες και εποχιακές υφάλμυρες, αλμυρές ή αλκαλικές λίμνες, πλημμυρογενή πεδία και έλη
  - 8 Μόνιμες λιμνούλες γλυκού νερού (ponds, μικρότερες των 80 στρεμμάτων) και μόνιμα έλη γλυκού νερού των οποίων ο πυθμένας αποτελείται από ανόργανα υλικά, με υπερυδατική βλάστηση.
  - 9 Εποχιακές λιμνούλες (ponds, μικρότερες των 80 στρεμμάτων) γλυκού νερού και εποχιακά έλη γλυκού νερού των οποίων ο πυθμένας αποτελείται από ανόργανα υλικά.
  - 10 Έλη με θάμνους. Έλη γλυκού νερού στα οποία κυριαρχεί η θαμνώδης βλάστηση από ιτιές και σκλήθρα. Ο πυθμένας αποτελείται από ανόργανα υλικά.
  - 11 Δάση σε έλη γλυκού νερού. Εποχιακώς πλημμυριζόμενα δάση, έλη με αραιούς δενδρώνες (wooded swamps). Ο πυθμένας αποτελείται από ανόργανα υλικά.
  - 12 Τυρφώδεις γαίες (τυρφώνες). Έλη με τυρφώδη πυθμένα αποκλειστικώς ή μη ομβροδίαιτα, με θάμνους ή χωρίς θάμνους.
  - 13 Δασωμένες τυρφώδεις γαίες (τυρφώνες). Δάση σε έλη με τυρφώδη πυθμένα.
  - 14 Αλπικοί υγρότοποι και υγρότοποι τούνδρας
  - 15 Πηγές γλυκού νερού, οάσεις.
  - 16 Γεωθερμικοί υγρότοποι
- 

---

**Πίνακας 3.** Σύστημα ταξινόμησης τύπων υγροτόπων της σύμβασης Ραμσάρ (τεχνητοί υγρότοποι).

---

- 1 Περιοχές αποθήκευσης νερού. Ταμειυτήρες, υψηλά φράγματα, διάφορα εμπόδια ροής νερού (γενικώς μικρότερα των 80 στρεμμάτων)
  - 2 Λιμνούλες αγροκτημάτων για άρδευση φυτών και εξασφάλιση νερού σε ζώα καθώς και μικρές δεξαμενές (γενικά μικρότερες των 80 στρεμμάτων)
  - 3 Λιμνούλες υδατοκαλλιεργειών
  - 4 Υγρότοποι από εκμετάλλευση αλατιού. Τηγάνια αλυκών, αλυκές
  - 5 Υγρότοποι από εκσκαφές σε λατομεία και ορυχεία
  - 6 Υγρότοποι που δημιουργούνται για επεξεργασία λυμάτων
  - 7 Υγρότοποι αρδευόμενων γαιών (ορυζώνες, διώρυγες, τάφροι)
  - 8 Εποχιακώς πλημμυριζόμενες καλλιεργούμενες γαίες
- 

#### 4.3.1. Δέλτα ποταμών

Ο όρος δέλτα πρωτοχρησιμοποιήθηκε από τον Ηρόδοτο για να περιγράψει τις αλλουβιακές αποθέσεις του ποταμού Νείλου στις ακτές της νοτιοανατολικής Μεσογείου. Σήμερα ο όρος περιλαμβάνει διάφορες χαρακτηριστικές μορφές απόθεσης, που δημιουργούνται σε περιοχές εκβολών, όταν η ποσότητα φερτών υλών του ποταμού είναι μεγαλύτερη από τα υλικά που απομακρύνονται με τις διάφορες θαλάσσιες διεργασίες. Η ποσότητα αποτιθέμενων φερτών υλικών στο δέλτα εξαρτάται κυρίως από το μέγεθος της λεκάνης απορροής, τις κλιματικές συνθήκες και τα φράγματα ή τις λίμνες που συχνά υπάρχουν σε διάφορα σημεία της κοίτης του ποταμού. Η ποσότητα φερτών υλικών και ιζήματος που απομακρύνονται από το δέλτα εξαρτάται από το βάθος της θάλασσας, την κυματική ενέργεια, τα παράκτια ρεύματα και το εύρος της παλίρροιας (Γεράκης και Τσιούρης 2010).

#### 4.3.2. Τύποι υγρών ποολίβαδων

Τα υγρά ποολίβαδα ορίζονται ως «Λιβάδια τα οποία καλύπτονται από ποώδη είδη φυτών χαμηλής ανάπτυξης σε εδάφη που πλημμυρίζονται περιοδικά ή είναι κορεσμένα με νερό για ένα διάστημα του έτους» (Kazoglou et al 2004). Τα υγρά ποολίβαδα συνήθως χαρακτηρίζονται από αφθονία αγρωστωδών χαμηλής (σε σχέση με τα αναδυόμενα υψηλά ελόφυτα) ανάπτυξης, περιοδικό αλλά όχι συνεχές πλημμύρισμα με υφάλμυρο ή γλυκό νερό, ή υψηλό επίπεδο στάθμης υδάτων στην επιφάνεια του εδάφους ή κοντά σε αυτήν για αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα κατά τη διάρκεια του έτους και συστηματική διαχείριση με κοπές ή βόσκηση. Ως τύποι υγρών ποολίβαδων αναφέρονται οι εξής (Benstead et al. 1999, Καζόγλου 2007):

- Φυσικά και τεχνητά ποολίβαδα σε ζώνες πλημμυρών ποταμών.
- Παραλίμνια ποολίβαδα και λειμώνες με εποχιακό πλημμύρισμα.
- Ζώνες έκπλυσης, κατασκευασμένες για την αποθήκευση των υδάτων των πλημμυρών.
- Παράκτια βοσκόσιμα ποολίβαδα, που βρίσκονται πίσω από τοιχία ή αναχώματα προστασίας της ξηράς από την θάλασσα. Πρόκειται δηλαδή για ποολίβαδα που έχουν προέλθει από αλμυρόβαλτους ή ακόμη και την ίδια την θάλασσα.
- Φυσικά παραθαλάσσια ποολίβαδα, που σχηματίζουν τμήμα της μεταβατικής ζώνης μεταξύ των θαλάσσιων και των χερσαίων ενδιαιτημάτων.

#### 4.3.3. Σημαντικοί τύποι οικοτόπων για την παρούσα έρευνα

##### 1210: Μονοετής βλάστηση μεταξύ των ορίων πλημμυρίδας και αμψώτιδας

Θερμοφυτική και αλονιτροφιλική βλάστηση, όπου κυριαρχούν τα είδη *Salsola tragus* και *Cakile maritima*, που βρέθηκε να αποικίζει παραλίες στο Δέλτα του Σπερχειού, σε υποστρώματα με θαλάσσια άλατα και οργανική ύλη. Ο αντίστοιχος τύπος οικοτόπου κατανέμεται σε όλες τις ελληνικές ακτές, ιδίως στις ακτές της βόρειας Ελλάδας και κατά μήκος της Πελοποννήσου (Sarika et al. 2018).

##### 1410: Μεσογειακά αλίπεδα *Juncetalia maritimi*

Σε πολλές άλλες παράκτιες περιοχές της ηπειρωτικής και νησιωτικής Ελλάδας έχουν καταγραφεί παρόμοιοι σχηματισμοί *Salicornietum raicantis* είτε άλλες συνώνυμες αυτού, όπως *Puccinellio festuciformis* – *Sarcocornietum perennis*. Διακρίνονται δύο παραλλαγές στην Ελλάδα. Η μία είναι φτωχή σε είδη και η άλλη πλούσια. Θεωρήθηκε ότι η φυτοκοινότητα *Sarcocornia perennis* της περιοχής που μελετήθηκε θα πρέπει να καταταγεί εντός του *Salicornion fruticosae*, ως η ένωση *Sarcocornietum perennis*. Αυτή η ένωση χαρακτηρίζεται φυσιογνωμικά από το *Sarcocornia perennis* και μόνο με συνοδευτικά είδη όπως *Puccinellia festuciformis* και *Halimione portulacoides*. Υπάρχει μεγάλη εμφανής ομοιότητα μεταξύ των *Salicornietum radicans* και *Sarcocornietum perennis* αντίστοιχα (Sarika et al. 2018).

Κοινές στην Ανατολική Μεσογείου είναι οι κοινότητες στις οποίες κυριαρχεί το *Halocnemum strobilaceum*. Το δυτικότερο σημείο στο οποίο έχει καταγραφεί είναι η ακτή της Τυνησίας. Ο σχηματισμός *Arthrocnemo glauci* – *Halocnemum strobilacei* είναι πιο διαδεδομένος για το Βόρειο Αιγαίο όπου και πρωτοκαταγράφηκε. Η εξάπλωση του είναι κεντροανατολική και μεσογειακή Ευρώπη και βρέθηκε και στη περιοχή του Σπερχειού. Στην Ελλάδα τα μέρη τα οποία κυριαρχούνται από *Arthrocnemum macrostachyum* καταγράφηκαν στο Μεσολόγγι, στο νησί της Κέρκυρας, ως *Arthrocnemo glauci* – *Halocnemum strobilacei*, στο δέλτα του ποταμού Έβρου ως *Halocnemum*

*strobilacei* και σε παράκτιες ελώδης πεδιάδες κοντά στο χωριό Ωρωπός ως *Sarcocornia fruticose-Halocnemum strobilaceum* (Sarika et al. 2018).

#### 1420: Μεσογειακές και θερμοατλαντικές αλόφιλες λόχμες

Αυτός ο οικοτόπος περιλαμβάνει τα αλμυρά λιβάδια στη λεκάνη της Μεσογείου, που αποικίζουν κυρίως ημικρυπτόφυτα, ιδίως είδη *Juncus*, ανεκτικά στα αλατούχα εδάφη, σε υγρές και προσωρινά πλημμυρισμένες περιοχές. Τα *Juncus* είναι συχνά στους παράκτιους υγροτόπους της Μεσογείου. Και τα δύο είδη είναι ανθεκτικά στην αλμύρα και αναπτύσσονται σε μόνιμα υγρά εδάφη στα ανώτερα άκρα των παράκτιων αλυκών. Το *Juncus maritimus* είναι πιο ανταγωνιστικό από το *Juncus acutus* σε συνθήκες προσωρινής πλημμύρας, ενώ το τελευταίο ανέχεται την έλλειψη νερού καλύτερα από το πρώτο. Το *Juncus subulatus* είναι επίσης πολύ συχνό σε παράκτιες μεσογειακές περιοχές. Το είδος αυτό δημιουργεί μεγάλες κυρίαρχες κηλίδες σε μόνιμα ή προσωρινά πλημμυρισμένες περιοχές, κοντά σε παράκτιους αλμυρούς βάλτους (Sarika et al. 2018).

#### 72A0: Καλαμιώνες

Το *Phragmites australis* είναι το κύριο είδος των περισσότερων ευρωπαϊκών καλαμιώνων και είναι μεταξύ των ειδών που αντιπροσωπεύει τον τύπο οικοτόπου σε αφθονία στα παράκτια υγροτοπικά οικοσυστήματα. Σχηματίζει εκτεταμένες «βυθισμένες» συστάδες, σε περιοχές που κατακλύζονται από νερό για μεγάλο χρονικό διάστημα, ή χερσαίες κοινότητες σε περιοχές με χαμηλό επίπεδο υπόγειων υδάτων για το μεγαλύτερο μέρος του χρόνου. Επίσης, όταν μιλάμε για χερσαίες κοινότητες, αυτές συχνά συνδέονται με άλλα ελοφυτικά και υγροτοπικά είδη, ενώ όταν μιλάμε για βυθισμένες επιφάνειες το καλάμι είναι σχεδόν μονο-ειδικό υπό αυτές τις συνθήκες γιατί επιτυγχάνει την ζωτικότητα του και γίνεται ιδιαίτερα ανταγωνιστικό (Sarika et al. 2018).

#### 4.4. Φυλές ζώων που χρησιμοποιούν τα υγρά λιβάδια στην Ελλάδα

Τα αγροτικά ζώα αποτελούν μέρος της πανίδας των υγροτοπικών οικοσυστημάτων της Μεσογείου εδώ και χιλιάδες χρόνια. Σε πολλές περιπτώσεις, τα ζώα αυτά επίδρασαν στη δομή και στην εξέλιξη των μεσογειακών υγροτόπων περισσότερο από ότι τα άγρια ζώα. Η βλάστηση των υγρολίβαδων, των παρόχθιων δασών και των παρόχθιων θαμνώνων είναι ιδιαίτερα πολύτιμη αν συγκριθεί με τη βλάστηση των χερσαίων λιβαδιών, τα οποία δεν έχουν επαρκή εδαφική υγρασία κατά τη διάρκεια του θέρους (Γεράκης και Τσιούρης 2010).

Τα λιβάδια των υγροτόπων, εξαιτίας των ελκυστικών γνωρισμάτων τους, κατά κανόνα υπερβόσκονται. Η υπερβόσκηση μπορεί να μειώσει σοβαρά την αξία των λιβαδιών αυτών αλλοιώνοντας τη σύνθεση των ειδών ή και εξαφανίζοντας τη βλάστηση. Μπορεί να επιφέρει αποσταθεροποίηση των ακτών, διατάραξη των χώρων ωστοκίας των ψαριών, διατάραξη της ανακύκλωσης των στοιχείων και θραύση τροφικών αλυσίδων. Η υπερβόσκηση είναι ιδιαίτερα έντονη σε μερικούς υγροτόπους εξαιτίας ελεύθερων αγροτικών ζώων που βόσκουν και προκαλούν υποβάθμιση της βλάστησης και καταστροφή των φωλιών από πουλιά που φωλιάζουν στο έδαφος (Γεράκης και Τσιούρης 2010).

Στην Ελλάδα, τα ζώα που βόσκουν σε υγρά λιβάδια είναι κατά κύριο λόγο τα πρόβατα, οι αίγες και τα βοοειδή, τα τελευταία με πιο χαρακτηριστικό εκπρόσωπο τον ελληνικό νεροβούβαλο (*Bubalus bubalis*). Τα υποειδή και άλλα είδη βοσκόντων ζώων καταγράφονται σε μικρούς αριθμούς και σε σχετικά λίγους υγροτόπους, όπως στον Αξιό και στο Δέλτα του Έβρου.



#### 4.4.1. Πρόβατα

Τα ελληνικά πρόβατα κατανέμονται, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της ουράς. Διακρίνονται δύο ομάδες, τα λεπτόουρα και τα παχύουρα. Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του μαλλιού χωρίζονται σε αναμικτόμαλλα και ομοιόμαλλα. Το μεγαλύτερο ποσοστό των ελληνικών φυλών προβάτων (95%) υπάγονται στην ομάδα των λεπτόουρων, από τα οποία το 80% είναι αναμικτόμαλλα και 20% ομοιόμαλλα. Τα λεπτόουρα αναμικτόμαλλα προέρχονται από την φυλή Τσάκελ (Zackel), η οποία απαντά την Νοτιοανατολική Ευρώπη και χαρακτηρίζεται από τα ελικοειδή κέρατα στα αρσενικά και τα μικρά ή ανύπαρκτα κέρατα στα θηλυκά (Παπαναστάσης 2009). Τα πρόβατα βόσκουν σε υγροτοπικά λιβάδια κυρίως κατά τη διάρκεια του θέρους και του φθινοπώρου, συχνά μετά την κοπή και συλλογή του σανού στην περίπτωση υγρών κοφτολίβαδων, συμβάλλοντας έτσι στη διατήρηση της ποώδους βλάστησης και στην αποτροπή της εγκατάστασης ξυλώδους βλάστησης σε αυτά.

#### 4.4.2. Αίγες

Στη χώρα μας οι εκτρεφόμενες αίγες υπάγονται στην πλειονότητά τους στην εγχώρια αίγα (70%), η οποία παρουσιάζει πολλούς τύπους και παραλλαγές σε ολόκληρη την ελληνική επικράτεια. Η εγχώρια αίγα έχει διασταυρωθεί με διάφορες ξένες φυλές όπως η φυλή της Μάλτας, η ελβετική Ζάανεν (Saanen), η ελβετική Τόγκενμπουργκ (Toggenburg), η φυλή των Άλπων (Alpine) και άλλες φυλές. Για τον λόγο αυτό παρουσιάζει διάφορους χρωματισμούς όπως μαύρο, φαιό, ερυθρό, λευκό ή συνδυασμό χρωμάτων (Παπαναστάσης 2009). Ο ρόλος των αιγών στη διατήρηση των χαρακτηριστικών των υγρών λιβαδιών έγκειται κυρίως στην αποτροπή της εγκατάστασης ξυλώδους βλάστησης σε αυτά εξαιτίας της προτίμησης που δείχνουν οι αίγες στα ξυλώδη είδη φυτών.

#### 4.4.3. Βοοειδή (με έμφαση στο νεροβούβαλο και το ρόλο του στην προστασία των υγροτόπων)

Στο παρελθόν, τα λιβάδια βόσκονταν από εγχώριες φυλές βοοειδών, οι οποίες ήταν προσαρμοσμένες στην αξιοποίηση της φυσικής βλάστησης. Οι φυλές αυτές ήταν (α) η Βραχυκερατική φυλή, η οποία ήταν διαδεδομένη στις ορεινές και ημιορεινές περιοχές της χώρας, και (β) η στεππική φυλή, η οποία απαντούσε στις πεδινές περιοχές της Βόρειας Ελλάδας και της Θεσσαλίας και χρησιμοποιούταν κυρίως σε αγροτικές εργασίες όπως το όργωμα. Τα άτομα και των δύο φυλών είναι μικρόσωμα (200-300 Kg) και έχουν μικρές αποδόσεις σε γάλα, ιδιαίτερα η στεππική φυλή. Από τα μέσα της δεκαετίας του 1950, οι φυλές αυτές άρχισαν να διασταυρώνονται με αποτέλεσμα να φτάσουν σχεδόν προς την ολική τους εξάλειψη. Δραστική μείωση παρουσίασε και ο πληθυσμός των βούβαλων τις προηγούμενες δεκαετίες ο οποίος αξιοποιούσε την υγροτοπική βλάστηση σε πολλούς υγροτόπους της χώρας και ειδικότερα στη Βόρεια Ελλάδα. Τα τελευταία χρόνια οι τοπικές φυλές βοοειδών και οι βούβαλοι έχουν αρχίσει να ακμάζουν, καθώς ευνοούνται από την νέα ΚΑΠ (Κοινή Αγροτική Πολιτική), σε διάφορους υγροτόπους της χώρας (Παπαναστάσης 2009).

Ο νεροβούβαλος (*Bubalus Bubalis*) αποτελεί ένα παγκοσμίως πολύ ενδιαφέρον αγροτικό ζώο τόσο ως ζώο εργασίας όσο, ειδικά τις τελευταίες δεκαετίες, ως βάση για την παραγωγή προϊόντων ζωικής προέλευσης και την παρασκευή τυπικών τοπικών προϊόντων προς ανθρώπινη κατανάλωση. Επιπλέον, ο βούβαλος είναι ισχυρά συνδεδεμένος ως εικόνα, με τη φύση και την οικολογική ισορροπία του περιβάλλοντος, ιδιαίτερα σε ορισμένες από τις πιο περιθωριακές περιοχές του κόσμου, αναδεικνύοντας έτσι το είδος αυτό ως μια από τις πιο βιώσιμες εναλλακτικές λύσεις στα συστήματα εντατικής βοοτροφίας (Georgoudis et al. 1999).

Ο ρόλος του βουβαλιού είναι υψίστης σημασίας στο βαθμό που παρέχει κρέας, γάλα, δέρμα, και εργασία σε πολλές από τις περιθωριακές αγροτικές περιοχές του κόσμου. Είναι πιο ανθεκτικά σε ασθένειες από τα υπόλοιπα βοοειδή, εκτρέφονται σε αντίξοα περιβάλλοντα, ιδίως όσον αφορά την προσβασιμότητα. Τα κύρια χαρακτηριστικά του είδους αυτού, δηλαδή:

- η ικανότητα του να αξιοποιεί διάφορα είδη φυτών με διαφορετική θρεπτική αξία,
  - η ελάχιστη ανάγκη για φροντίδα και θεραπείες,
  - η υψηλή αντοχή σε ασθένειες,
  - οι σχετικές εύκολες πρακτικές διαχείρισης, και
  - η δυνατότητα παραγωγής παραδοσιακών προϊόντων (γιαούρτι, τυρί, βούτυρο, κρέας και κρεοσκευάσματα),
- καθιστούν την εκτροφή βουβαλιών έναν πολύτιμο κλάδο του κτηνοτροφικού τομέα, ο οποίος συμβάλει ενεργά και θετικά στη διατήρηση του υγροτοπικού περιβάλλοντος.

Η βόσκηση, είναι ευεργετική για την βλάστηση των υγροτόπων εφόσον είναι έως μέτριας έντασης, διότι μπορεί να αυξήσει τον πλούτο και την ποικιλότητα των ειδών, δημιουργώντας έτσι ευνοϊκά ενδιαιτήματα για την άγρια ζωή. Ωστόσο, η παρόχθια βλάστηση που σταθεροποιεί τα πρηνή των ρεμάτων, ρυθμίζει τη θερμοκρασία του νερού, μειώνει την μεταφορά ιζημάτων και θρεπτικών ουσιών, θα χανόνταν όλες αυτές οι ευεργετικές ιδιότητες στην περίπτωση της υπερβόσκησης και θα οδηγήσει στην καταστροφή του ενδιαιτήματος (Georgoudis et al. 1999).

Παρά τις ευεργετικές επιδράσεις του καλαμιού (*Phragmites australis*) στους αβιοτικούς περιβαλλοντικούς πόρους (παγιδεύοντας ιζήματα), η τάση του να σχηματίζει «μονοκαλλιέργειες» με μικρό αριθμό συνοδευτικών φυτικών ειδών περιορίζει την βιοποικιλότητα σε κλίμακα τοπίου. Αυτό αποτελεί πρόβλημα σε ορισμένα ενδιαιτήματα, όπως τα παράκτια αλμυρά λιβάδια, τα οποία έχουν τη δυνατότητα να φιλοξενήσουν μια σειρά σπάνιων ειδών. Οι συστάδες καλαμιού αποτελούν συνηθισμένο στάδιο φυσικής διαδοχής των υφάλμυρων παράκτιων λιμνοθαλασσών. Οι επιδράσεις τους στα υγροτοπικά οικοσυστήματα είναι πολλές (Bromberg et al. 2009).

Υπό συνεχή βόσκηση, οι συστάδες του καλαμιού αντικαθίστανται από φυτά ανθεκτικά στη βόσκηση τα οποία μετατοπίζονται προς κοντινά αλμυρά λιβάδια, που εμπίπτουν στους τύπους οικοτόπων του δικτύου Natura 2000 1310 (Atlantic Salt Meadows) και 1420 (Mediterranean and thermo- Atlantic halophilous scrubs (*Sarcocornetea fruticosi*)). Εκτός από βοτανικό ενδιαφέρον, η βλάστηση των αλμυρών αυτών λιβαδιών είναι χαμηλή βλάστηση και έχει υψηλό δυναμικό για τη φιλοξενία πουλιών που φωλιάζουν στο έδαφος (Sweers et al. 2013a).

Ο νεροβούβαλος, με τις ιδανικές για βόσκηση στους υγροτόπους οπλές και συμπεριφορά, φαίνεται να είναι ιδανικός για την διατήρησή τους (Georgoudis et al. 1999). Σε περιοχή της νότιας Βαλτικής ο νεροβούβαλος χρησιμοποιείται ως μέσο αντιμετώπισης εισβολής των καλαμιών σε βοσκόμενους αλμυρόβαλτους. Πρόκειται για μια περιοχή 28 εκταρίων, που προήλθε από την απόθεση ιζημάτων που σχημάτισαν ένα ανεστραμμένο δέλτα στο ρέμα “Prerower Strom” (Sweers et al. 2013b). Η χρήση του νεροβούβαλου έδειξε ότι μειώνει την έκταση που καταλαμβάνει το *Phragmites australis*. Τα ζώα κινούνταν μέσα στις πυκνές συστάδες των καλαμιών με αποτέλεσμα να δημιουργούνται κενά. Στα κενά αυτά βρήκαν χώρο νέα ενδημικά είδη της περιοχής, όπως το *Agrostis stolonifera* και το *Juncus gerardii*. Το ποδοπάτημα των ζώων μέσα στους καλαμιώνες και η κατανάλωση των νεαρών βλαστών καλαμιών καταστρέφει την ευρωστία των φυτών και καταστρέφει το ανώτερο τμήμα των ριζωμάτων.

Η βόσκηση βούβαλων στη λίμνη Μικρή Πρέσπα αποτέλεσε αντικείμενο έρευνας και εφαρμοσμένης διαχείρισης την περίοδο 1997-2007, με εντυπωσιακά αποτελέσματα όσον αφορά την αποκατάσταση υγρών λιβαδιών σε περιοχές της παραλίμνιας ζώνης όπου οι καλαμιώνες είχαν

επικρατήσει σε βάρος των πρώτων (Kazoglou et al. 2008, Kazoglou 2011). Άλλοι συγγραφείς αναφέρουν παρόμοια επιτυχία στον εκτοπισμό των καλαμιώνων με κοινά βοοειδή με υψηλή ένταση βόσκησης ή σε συνδυασμό με μέτρα όπως το κόψιμο ή το κάψιμο. Ωστόσο, οι υψηλές εντάσεις βόσκησης έρχονται συχνά σε σύγκρουση με άλλες αρχές διατήρησης της φύσης και μπορεί να οδηγήσουν σε ζημιές από το ποδοπάτημα ή και να ενθαρρύνουν τη λαθροθηρία. Η απαραίτητη πίεση βόσκησης για περιοχές με ανομοιογενή βλάστηση μπορεί να είναι εφικτή μόνο μέσω μιας πυκνότητας ζωικού κεφαλαίου που θα ήταν αποδεκτή για λόγους διατήρησης της φύσης (Sweers et al. 2013b).

#### 4.5. Επιδράσεις της βόσκησης στην υγροτοπική βλάστηση με έμφαση στα υγρά ποολίβαδα

Η υγροτοπική βλάστηση επηρεάζεται από διάφορες διαταραχές. Με τον όρο «διαταραχή (disturbance)» χαρακτηρίζονται «γεγονότα σύντομης διάρκειας που προκαλούν μετρήσιμες αλλαγές στα χαρακτηριστικά των οικολογικών κοινοτήτων», τα οποία έχουν συγκεκριμένες ιδιότητες (Keddy 2002, Καζόγλου 2007):

1. Διάρκεια
2. Ένταση
3. Συχνότητα
4. Έκταση που επηρεάζει

Οι διάφορες μορφές διαταραχών δρουν συχνά συνδυαστικά και σε πολλές περιπτώσεις οι συνδυασμοί αυτοί βρίσκουν εφαρμογή και ως διαχειριστικές παρεμβάσεις (Keddy 2002, Καζόγλου 2007). Οι διεργασίες με τις οποίες απομακρύνεται βιομάζα, θεωρούνται διαταραχές. Αυτές διακρίνονται σε αβιοτικές (πλημμύρα, κοπή, φωτιά, διάβρωση λόγω πάγου ή κυματισμού, κατολισθήσεις – μετατοπίσεις εδαφών) και βιοτικές, όπως είναι η βόσκηση (με τη στενή της έννοια, δηλαδή ως κατανάλωση φυτών από τα ζώα για την κάλυψη των τροφικών αναγκών) και το ποδοπάτημα. Η βόσκηση μεταξύ των άλλων διαταραχών μπορεί να είναι η πιο επιλεκτική.

Οι επιδράσεις της βόσκησης στην υγροτοπική βλάστηση είναι ανάλογη στο μεγαλύτερο ποσοστό της από την ένταση της βόσκησης, τη συχνότητα αυτής, την εποχή που εφαρμόζεται, την επιλεκτικότητα ως προς τα είδη ή τα τμήματα των φυτών που καταναλώνονται ως τροφή από τα βοσκόντα ζώα (Παπαναστάσης και Νοϊτσάκης 1992, Benstead et al. 1999, Καζόγλου 2007). Η επιλεκτικότητα της βόσκησης σχετίζεται άμεσα με το είδος του ζώου, η οποία είναι παράμετρος που καθορίζει την ικανότητα του να βόσκει και να παραμένει για μεγάλα ή μη χρονικά διαστήματα σε υγρά ενδιαιτήματα, τη συμπεριφορά και τις προτιμήσεις του. Ο βούβαλος, που είναι το βόσκον ζώων στην παρούσα έρευνα, μπορούν να βόσκουν πολλές ώρες μέσα στο νερό, καταναλώνοντας φυτά ή τμήματα φυτών πάνω ή και κάτω από την επιφάνεια του νερού. Οι επιδράσεις της βόσκησης (υπό την ευρύτερη έννοια, που περιλαμβάνει την κατανάλωση φυτών ως τροφή, το ποδοπάτημα και τις εκκρίσεις ούρων και κοπράνων) αγροτικών ζώων στην υγροτοπική βλάστηση, με έμφαση στα υγρά ποολίβαδα και τους καλαμιώνες συνοψίζονται στα εξής σημεία (Καζόγλου 2007):

- Συχνά η βόσκηση μειώνει τη φυτοκάλυψη, την υπάρχουσα φυτική βιομάζα και την ξηροφυλλάδα, αυξάνει την ποικιλότητα της βλάστησης και προκαλεί αλλαγές στη σύνθεση της βλάστησης, με πολλά παραδείγματα που αφορούν τη βελτίωση της σύνθεσης, η οποία κατόπιν ευνοεί την εγκατάσταση μεγάλης ποικιλίας πανίδας.

- Οι παραπάνω επιδράσεις της βόσκησης επηρεάζονται σημαντικά από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά κάθε βοσκόμενου υγρότοπου και από το εφαρμοζόμενο σύστημα βόσκησης. Έτσι, οι επιδράσεις της βόσκησης θεωρούνται σε πολλές περιπτώσεις καταστρεπτικές για τη γεωμορφολογία των ρευμάτων και κατά συνέπεια για τα ενδιαιτήματα των ψαριών. Σε άλλες περιπτώσεις, οι

φαινομενικά «καταστρεπτικές» συνέπειες της βόσκησης αποτελούν ζητούμενο με σκοπό τη διατήρηση του υφιστάμενου σταδίου διαδοχής ή την οπισθοδρόμηση προς τα αρχικά στάδια αυτής (Παπαναστάσης και Νοϊτσάκης 1992).

- Η βόσκηση με άλογα και βοοειδή ελέγχει τους καλαμιώνες και ευνοεί την ανάπτυξη των χαμηλότερων ειδών (χαρακτηριστικών για υγρά ποολίβαδα) και υδροφύτων, γεγονός που ευνοεί την ορνιθοπανίδα και τους πληθυσμούς ασπόνδυλων και ψαριών (Mesleard and Perennou 1996).

- Η βόσκηση θεωρείται ως ο σημαντικότερος παράγοντας ανά τους αιώνες για τη διατήρηση των υγρών ποολίβαδων στους μεσογειακούς υγροτόπους, επειδή με την εφαρμογή της αποτρέπεται η εγκατάσταση θάμνων ή διαπλάσεων υψηλών ελοφύτων, τα οποία σε διαφορετική περίπτωση θα κυριαρχούσαν σε εδάφη που πλημμυρίζονται κατά τη χειμερινή περίοδο. Επιπρόσθετα, η βόσκηση ως διαχειριστική μορφή θεωρείται πιο αποτελεσματική από το κόψιμο και την φωτιά (Pearce and Crivelli 1994).

- Όταν τα βοσκόνοτα ζώα αποκόπτουν τα αναδυόμενα υπερυδατικά ελόφυτα κάτω από την επιφάνεια του νερού προκαλείται σήψη των φυτικών ιστών που μπορεί να οδηγήσει στο θάνατο των φυτών. Αντίστοιχα, όταν τα ζώα καταναλώνουν την κορυφή των καλαμιών, όπου βρίσκεται ο μεριστωματικός τους ιστός, η ανάπτυξη διακόπτεται. Υπό έντονη βόσκηση, η αποκοπή των πράσινων τμημάτων των φυτών προκαλεί ενεργοποίηση των αποθεμάτων σακχάρων των ριζωμάτων ή κονδύλων και κατανάλωσή τους σε ρυθμούς ταχύτερους από την αντικατάστασή τους μέσω της φωτοσύνθεσης (Mesleard and Perennou 1996).

- Συχνά η βόσκηση προκαλεί μείωση της σποροπαραγωγής με την αποκοπή των αναπαραγωγικών τμημάτων των φυτών ή διαταραχή των ετήσιων κύκλων, όπως η καθυστέρηση της άνθησης και σποροπαραγωγής για μερικές εβδομάδες ή μήνες. Αυτό μπορεί να παρατείνει τη διάρκεια της γευστικότητας διαπλάσεων που βόσκονται από αγροτικά ζώα, αλλά μακροχρόνια προκαλεί μείωση της πυκνότητας φυτών και της διαθεσιμότητας σπόρων λόγω μείωσης της σποροπαραγωγής.

- Λόγω της επιλεκτικότητας των ζώων, η βόσκηση προκαλεί μείωση των επιθυμητών (για βόσκηση) ειδών φυτών (*Phragmites australis*, *Scirpus maritimus*, *Paspalum paspalodes*), ενώ τα ανεπιθύμητα (*Juncus acutus*, *Iris pseudacorus*, *Typha spp*) μπορούν να αυξηθούν. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται συχνά με την εφαρμογή σχετικά υψηλών εντάσεων βόσκησης (Mesleard and Perennou 1996) ή με επιλεκτική κοπή (Benstead et al. 1999).

- Το ποδοπάτημα των ζώων σε χαλαρά εδάφη μπορεί να προκαλέσει καταστροφή των ριζωμάτων και να επηρεάσει με αυτόν τον τρόπο την ανάπτυξη των ελοφύτων κατά το επόμενο έτος. Ειδικότερα, τα ανώτερα ριζώματα του καλαμιού καταστρέφονται από το ποδοπάτημα των ζώων μειώνοντας έτσι την πυκνότητα των οφθαλμών που παράγουν ιστάμενους βλαστούς. Για άλλα φυτά βέβαια, όπως το *Paspalum paspalodes*, η αποκοπή των στολόνων λόγω ποδοπατήματος ευνοεί την ανάπτυξη νέων βλαστών από τη βάση του φυτού και τη βλαστητική αναπαραγωγή (Mesleard and Perennou 1996).

- Το έντονο ποδοπάτημα ενδιαιτημάτων με ρηγά νερά κατά τη θερινή περίοδο μπορεί να αλλοιώσει τη φυσική βλάστηση και να δημιουργήσει κατάλληλες συνθήκες για την εγκατάσταση ανεπιθύμητων ειδών, όπως π.χ. *Typha spp* (Mesleard and Perennou 1996).

- Το ποδοπάτημα των ζώων διανοίγει πυκνούς σχηματισμούς ξηροφυλλάδας και δημιουργεί γυμνά σημεία στη βλάστηση, στα οποία μπορούν να εγκατασταθούν τα πρωτοπόρα είδη. Πολλοί σπόροι φυτρώνουν στις κοιλότητες που δημιουργούν οι οπλές των ζώων (Pearce and Crivelli 1994, Mesleard and Perennou 1996).

- Επίσης, το ποδοπάτημα μπορεί να προκαλέσει συμπίεση των υγροτοπικών εδαφών, που επιφέρει μείωση του πορώδους και της οξυγόνωσης, επηρεάζοντας έτσι τη φύτευση των σπόρων και

την ανάπτυξη των υδρόβιων φυτών (Mesleard and Perennou 1996). Η συμπίεση των εδαφών και η διατάραξη της βλάστησης λόγω βόσκησης μπορούν επίσης να προκαλέσουν μείωση της διηθητικότητας, αύξηση της απορροής και έναρξη διάβρωσης των εδαφών (Gordon et al. 1990).

- Επιπρόσθετα, τα ούρα και τα κόπρανα των φυτοφάγων ζώων μπορούν επίσης να επηρεάσουν τη βλάστηση ευνοώντας νιτρόφιλα είδη φυτών και επιταχύνοντας την ανακατανομή και τους κύκλους των θρεπτικών στοιχείων (Gordon et al. 1990).

Ως διαχειριστική πρακτική που συμβάλλει στην προστασία και διατήρηση συγκεκριμένων οικολογικών χαρακτηριστικών σε υδροτοπικές προστατευόμενες περιοχές, η βόσκηση εφαρμόζεται συνήθως με τα παρακάτω είδη αγροτικών ζώων (Benstead et al. 1999, Καζόγλου 2007):

- άλογα (π.χ. μεγαλόσωμα άσπρα άλογα της γαλλικής φυλής Camargue και μικρόσωμα άλογα διαφόρων φυλών, όπως της ισλανδικής),
- βοοειδή (π.χ. βραχυκερατικές αγελάδες Πρεσπών, βοοειδή των φυλών Camargue, Highland, Aberdeen Angus, Hereford, Galloway)
- βούβαλοι,
- πρόβατα (π.χ. της βρετανικής φυλής Rommey Marsh), και
- χήνες.

Επίσης, άλλα είδη αγροτικών ζώων που βοηθούν στον ίδιο σκοπό και έχουν δοκιμαστεί είναι οι χοίροι και τα γίδια. Οι χοίροι βοηθούν στην επαναφορά των αρχικών σταδίων της οικολογικής διαδοχής σε υγρά ποολίβαδα, καθώς ποδοπατούν και αναταράσσουν την επιφάνεια του εδάφους, δημιουργώντας ιδανικές συνθήκες για τη διατροφή παρυδάτιων πουλιών και την εγκατάσταση σπορο-παραγωγικών ειδών φυτών (Benstead et al. 1999). Από την άλλη, τα γίδια θεωρούνται γενικώς ακατάλληλα για βόσκηση σε υδροτόπους, αλλά μπορούν να φανούν χρήσιμα και αξιόπιστα στον περιορισμό δένδρων και θάμνων που εμφανίζονται σε βοσκόσιμα υγρά ποολίβαδα (Gordon et al. 1990, Καζόγλου 2007).

Όσον αφορά τα βοοειδή της φυλής Highland, τις βραχυκερατικές αγελάδες των Πρεσπών και τους εξημερωμένους βούβαλους, φαίνεται ότι κοινό χαρακτηριστικό τους είναι η προσαρμογή τους στις υδροτοπικές συνθήκες, η ανθεκτικότητά τους και η ικανότητά τους να ικανοποιούν τις διατροφικές τους ανάγκες με φυτική ύλη σχετικά χαμηλής ποιότητας (Καζόγλου 2007). Οι αγελάδες της σκωτσέζικης φυλής Highland με το χαρακτηριστικό μακρύ τρίχωμα και τα μακριά κέρατα έχουν χρησιμοποιηθεί με επιτυχία για την επαναφορά αρχικών σταδίων οικολογικής διαδοχής σε περιοχές που κυριαρχούνταν από θάμνους και καλαμιώνες στη Γαλλία και σε παράκτιους υδροτόπους στην Εσθονία (Καζόγλου 2007). Τέλος, οι πληροφορίες σχετικά με τις επιδράσεις της βόσκησης βούβαλων στην υδροτοπική βλάστηση συνοψίζονται στα εξής στοιχεία:

- Καταναλώνουν πολλά είδη υδρόβιων φυτών και σε περιόδους πλημμυρών είναι ικανοί να αποκόπτουν φυτά κάτω από την επιφάνεια του νερού και αργότερα, σηκώνοντας το κεφάλι πάνω από την επιφάνεια, να τα μεταφέρουν σε άλλα σημεία. Προτιμούν διάφορα είδη αγρωστώδων, αλλά και υδρόφυτα, μερικά από τα οποία συχνά αναπτύσσονται τόσο που παρεμποδίζουν τις μετακινήσεις σκαφών σε κανάλια, προσφέροντας έτσι λύση στο πρόβλημα αυτό (FAO 1977, Καζόγλου 2007).
- Καταστρέφουν τη βλάστηση σε συγκεκριμένα σημεία δημιουργώντας λάκκους μέσα στους οποίους κυλιούνται για να δροσίζονται και να αποφεύγουν τα ενοχλητικά έντομα (FAO 1977, Καζόγλου 2007).
- Οι χηλές των βούβαλων είναι μεγαλύτερες σε σχέση με άλλα βοοειδή, με αποτέλεσμα να συμπιέζεται το έδαφος σε μικρότερο βαθμό. Οι βούβαλοι βοηθούν επίσης στη διατήρηση διαδρόμων από νεροφαγώματα (FAO 1977, Καζόγλου 2007).

- Σε σύγκριση με άλλα μεγαλόσωμα ζώα, οι βούβαλοι είναι ικανοί να τρέφονται σε βαθύτερα νερά και χαλαρότερα υποστρώματα, να παραμένουν περισσότερη ώρα στο νερό και να χρησιμοποιούν πιο αποτελεσματικά την υδροτοπική βλάστηση, ιδιαιτέρως τα αναδύμενα μακρόφυτα όπως το καλάμι *Phragmites australis*.

- Οι βούβαλοι έχουν την συνήθεια να τρίβονται πάνω σε δέντρα και θάμνους προκαλώντας έτσι ζημιές, με αποτέλεσμα να μειώνεται η κάλυψη των αρμυρικών *Tamarix spp* και να αποτρέπεται η εγκατάσταση νέων θάμνων (Kazoglou and Jerrentrup 2004).

Ο εξημερωμένος βούβαλος αποτελεί κατεξοχήν αγροτικό ζώο που ζει και αναπτύσσεται σε πολλές υδροτοπικές περιοχές του πλανήτη. Οι βούβαλοι προκαλούν αύξηση του ποσοστού γυμνού εδάφους και μείωση της φυτοκάλυψης, επηρεάζοντας θετικά τα άλλα είδη άγριας χλωρίδας και πανίδας, λόγω διακοπής της οικολογικής διαδοχής (που οδηγεί σε πολύ κλειστά ενδιαιτήματα, όπως οι πυκνοί καλάμιώνες) και επιστροφής των ενδιαιτημάτων σε πρώιμα στάδια.

#### 4.6. Βόσκησις και εδάφη – αλατότητα – ζώνες βλάστησης – οικοσυστημικές υπηρεσίες – διαπιστώσεις

Βοσκόμενα οικοσυστήματα υπάρχουν από την Αρκτική τούνδρα έως και την τροπική σαβάνα και χαρακτηρίζονται από επιθυμητά και μη επιθυμητά για βόσκησις μωσαϊκά φυτοκάλυψης που αρέσουν στα βοσκόντα ζώα ή αποφεύγονται από αυτά. Οι τρεις βασικές εξηγήσεις για την ποικιλομορφία των βοσκόμενων οικοσυστημάτων είναι (Howison et al. 2017):

- η ανανέωση θρεπτικών συστατικών από τα ζώα που βόσκουν,
- η σχέση μεταξύ ανάπτυξης φυτών και διήθησης του νερού υπό συνθήκες ξηρασίας, και
- οι διαταραχές λόγω της επίδρασης των ζώων που βόσκουν στην εκάστοτε περιοχή (π.χ. διάβρωση του εδάφους, αύξηση αλατότητας).

Ωστόσο, η κατανομή της βόσκησης είναι απαραίτητη σε παραγωγικά ενδιαιτήματα για την προστασία από υποβάθμιση. Σε βοσκόμενα ενδιαιτήματα, όπου υφίσταται έντονο ποδοπάτημα λόγω μεγάλου αριθμού ζώων, υπάρχει ανάγκη για αποσυμπίεση των εδαφών για να μην επέλθει η υποβάθμιση του ενδιαιτήματος. Οι εδαφόβιοι οργανισμοί βοηθούν στην αποσυμπίεση αυξάνοντας την διήθηση του νερού και βοηθώντας τα φυτά στην επανεγκατάστασή τους (Howison et al. 2017).

Οι διαχρονικές μεταβολές στρεσογόνων παραγόντων όπως η αλατότητα, οι οποίες είναι χαρακτηριστικές για ορισμένες παράκτιες περιοχές, μπορεί να είναι σημαντικές για τη δυναμική των φυτοκοινοτήτων. Αν η αυξημένη αλατότητα μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την ανάπτυξη των μακροφύτων και των φυτών που δεν αντέχουν στην υψηλή αλατότητα (0,5- 5 ppm), πολλά από τα φυτά αυτά παρουσιάζουν κάποια ικανότητα ανάκαμψης μετά από παροδικές αυξήσεις της αλατότητας. Οι προσωρινές μεταβολές της αλατότητας μπορούν επίσης να επηρεάσουν τη ζωνοποίηση των φυτών στις παράκτιες περιοχές. Για παράδειγμα, οι Brewer και Grace (1990) συμπέραναν ότι οι περιστασιακές πλημμύρες αλμυρού νερού προκαλούν μετακινήσεις φυτών, που δεν αντέχουν σε υψηλούς βαθμούς αλατότητας, και δημιουργούν βραχύβιες διαβαθμίσεις αλατότητας που, μαζί με τις βιοτικές αλληλεπιδράσεις, ρυθμίζουν την κατανομή των ειδών.

Οι McKee and Mendelssohn (1989) σημείωσαν ότι όταν σε γλυκά ύδατα αυξάνεται η αλατότητα, επηρεάζονται διάφοροι άλλοι παράγοντες, όπως η σύνθεση του φυτοκαλύμματος, ο ρυθμός μεταβολής και η διάρκεια της αύξησης της αλατότητας και η ανεκτικότητα των υπαρχόντων ειδών. Η περιοχή που καταπονείται από πλημμυρίδα με αυξημένη αλατότητα θα καθορίσει τη κυριαρχία των ειδών που είναι ανθεκτικά σε αυτήν (Howard and Mendelssohn 2000).



Οι ζώνες βλάστησης των αλμυρών ελών μετατοπίζονται ως απόκριση σε περιβαλλοντικές αλλαγές μεγάλης κλίμακας, όπως η άνοδος της στάθμης της θάλασσας και οι δραστηριότητες αποκατάστασης, αλλά δεν είναι σαφές αν αποτελούν καλούς δείκτες απορρόφησης του εδαφικού αζώτου. Οι ζώνες διαβάθμισης της βλάστησης αποτελούν το μοναδικό προγνωστικό παράγοντα της διακύμανσης της αλατότητας. Η αύξηση της στάθμης της θάλασσας έχει οδηγήσει τις φυτοκοινότητες των αλμυρόβαλτων σε μετατοπίσεις, οι οποίες με τη σειρά τους θα μπορούσαν να μεταβάλλουν την παροχή διαφόρων οικοσυστημικών υπηρεσιών των αλμυρόβαλτων και αλυκών, συμπεριλαμβανόμενης της παράκτιας ανακύκλωσης του αζώτου (Ooi et al. 2021).

Η απονιτροποίηση, είναι μία από τις κύριες οδούς απομάκρυνσης του αζώτου στα αλμυρά έλη, παίζει σημαντικό ρόλο στην αναχαίτηση των χερσαίων φορτίων αζώτου και είναι μια ιδιαίτερα πολύτιμη οικοσυστημική υπηρεσία που μετράζει τον ευτροφισμό των παράκτιων υδάτων. Στα αλμυρά έλη, η παλιρροιακή ροή αλληλοεπιδρά με την τοπική τοπογραφία για τη δημιουργία δυναμικών και ετερογενών συνθηκών εδαφικής υγρασίας και οξειδοαναγωγής ελέγχοντας την απονιτροποίηση σε όλο το τοπίο. Οι εισροές αζώτου, οι διακυμάνσεις στη δυναμική των εποχιακών πλημμυρών και η αλατότητα μπορούν επίσης να επηρεάσουν σημαντικά τη χωρική διαμόρφωση της απονιτροποίησης στα αλμυρά έλη.

Οι ζώνες βλάστησης των αλμυρών ελών κατανέμονται κατά μήκος υδρολογικών διαβαθμίσεων και διαβαθμίσεων αλατότητας, σχηματίζοντας κάθετες (στις ισοψείς) στρωματοποιημένες ζώνες που καθορίζονται από το υψόμετρο, την πλημμυρίδα και την αμψύτιδα. Οι αναδράσεις μεταξύ φυτών – εδάφους, όπως η οξείδωση της ριζόσφαιρας και οι μικροβιακές συμβιώσεις, μπορούν να ενισχύσουν τις διαφορετικές εδαφικές συνθήκες μεταξύ των ζωνών βλάστησης των αλυκών. Δεδομένου ότι οι φυτοκοινότητες επηρεάζουν τις τοπικές εδαφικές συνθήκες, οι ζώνες βλάστησης των αλμυρόβαλτων έχουν αποδειχθεί ότι είναι καλοί δείκτες πρόβλεψης εδαφικών συνθηκών, συμπεριλαμβανομένης της οξυγόνωσης του εδάφους (Ooi et al. 2021).

Οι ζώνες βλάστησης στις αλυκές είναι καλοί δείκτες των εδαφικών συνθηκών, όπως η συχνότητα των πλημμυρών και η αλατότητα, καθώς αντικατοπτρίζουν την ανταγωνιστική ικανότητα των κυρίαρχων φυτικών ειδών σε στενά όρια περιβαλλοντικών συνθηκών (Bertness 1991, Mitsch and Gosselink 2015). Η βλάστηση, με τις ζώνες της, είναι ο ισχυρότερος παράγοντας προ-καθορισμού του δυναμικού απονιτροποίησης και είναι πιο σημαντικός για την πρόβλεψη του δυναμικού απονιτροποίησης από ότι το pH, η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC), το εδαφικό  $\text{NH}_4^+$ , και η παλίρροια.

Οι επιπτώσεις της βόσκησης στα χερσαία λιβάδια είναι ευρέως αποδεκτές, αλλά ο τρόπος με τον οποίο τα ζώα επηρεάζουν τη δομή και τις λειτουργίες των ευαίσθητων παράκτιων οικοσυστημάτων δεν έχει αποτελέσει μέχρι σήμερα αντικείμενο εκτεταμένης έρευνας και συζήτησης, ειδικά στην Ελλάδα. Οι αλλαγές που προκαλούνται από την βόσκηση σε αλμυρόβαλτους έχουν τη δυνατότητα να μεταβάλλουν την παροχή πολύτιμων οικοσυστημικών υπηρεσιών, όπως η προστασία των ακτών και η διατήρηση της βιοποικιλότητας. Η ανάλυση των Davidson et al. (2017) για τις επιπτώσεις των οπληφόρων βοσκόντων ζώων (πρόβατα και βοοειδή) σε αλμυρά έλη έδειξε τα παρακάτω:

- μείωση της μάζας του υπέργειου φυτικού υλικού,
- μείωση του εδαφικού άνθρακα λόγω της βόσκησης σε κάποιους υγροτόπους,
- αύξηση της πυκνότητας του εδάφους,
- αύξηση της αλατότητας,
- αύξηση της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της ημέρας,
- αύξηση στην βιοποικιλότητα της περιοχής,
- μείωση των αριθμών ασπόνδυλων, χωρίς μείωση των ειδών ασπόνδυλων,
- αύξηση των πτηνών.

Η χρήση των αλμυρών ελών για την κτηνοτροφική παραγωγή μπορεί να επηρεάζει πολλαπλώς τις ιδιότητες του οικοσυστήματος, δημιουργώντας αντισταθμίσεις και συνέργειες με άλλες οικοσυστημικές υπηρεσίες. Εν τέλει, τα αλμυρά έλη θα ήταν καλό να διαχειρίζονται σε τοπικό πλαίσιο, για την καλύτερη απόδοση του οικοσυστήματος και τις οικοσυστημικές υπηρεσίες. Η διαχείριση της βόσκησης για τη διατήρηση της βιοποικιλότητας είναι ιδιαίτερα σημαντική, καθώς η βιοποικιλότητα ενός αλμυρού βάλτου στηρίζει πολλές υπηρεσίες.

Τα φυσικά ενδιαιτήματα είναι στην πράξη μωσαϊκά φυτικών οργανισμών σε διαφορετικά στάδια αποκατάστασης μετά από διαταραχές. Επομένως, οι κοινότητες αυτές αποτελούν ένα από τα κυριότερα χαρακτηριστικά των οικοσυστημάτων. Η κατανόηση της δευτερογενούς διαδοχής ή της αποκατάστασης από την διαταραχή, αποτελεί εδώ και καιρό αντικείμενο μελέτης μέσω της ανάλυσης της δομής και της οργάνωσης των κοινοτήτων. Σε πολλές περιπτώσεις, η δευτερογενής διαδοχή δεν είναι απλώς η επαναφορά σε μια προηγούμενη κατάσταση, αλλά μία υπό όρους διαδικασία που καθοδηγείται από βιοτικούς και αβιοτικούς παράγοντες, οι οποίοι μπορεί να οδηγήσουν σε πολλαπλές μόνιμες καταστάσεις της κοινότητας. Η διαμόρφωση της δυναμικής της διαδοχής των τοπίων είναι όλο και περισσότερο τροποποιημένη από τον άνθρωπο (Bromberg Gedan et al. 2009).

Τα φυτοφάγα ζώα έχουν ενοχοποιηθεί τόσο για την επιτάχυνση της διαδοχής όσο και για την επιβράδυσή της. Σε ορισμένες περιπτώσεις η βόσκηση μπορεί να οδηγήσει σε ένα μεταβατικό οικοσύστημα. Τα ζώα, επιλέγουν την τροφή τους ανάλογα με το τι είναι πιο εύγεστο για αυτά. Με την τροφική επιλογή των βοσκόντων ζώων, είναι δυνατό να προωθήσουν ή να περιορίσουν την εγκατάσταση μη ενδημικών ειδών, ευνοώντας τα ενδημικά είδη της περιοχής. Η βόσκηση αποτελεί διαχειριστικό μέτρο για την ευφορία των οικοσυστημάτων αναστέλλοντας την επιτυχία της εισβολής χωροκατακτητικών ειδών (Bromberg Gedan et al. 2009).

Στις εκβολές των ποταμών υπάρχει διαβάθμιση της αλατότητας. Η αλατότητα παίζει σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση των φυτοκοινοτήτων, επηρεάζει ομάδες ειδών, συμβάλει στην επιτυχία του αποικισμού και επηρεάζει την ένταση των βιολογικών αλληλεπιδράσεων. Σε περιοχές χαμηλής αλατότητας (0,5 – 5 ppt) και σε υφάλμυρα έλη η ποικιλότητα των φυτών είναι υψηλότερη (σε σχέση με αυτές που έχουν υψηλή αλατότητα) και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ αλατότητας και φυτοποικιλότητας είναι έντονες. Σε πιο αλατούχα έλη (αλατότητα 10 - 20 ppt) η σύνθεση του φυτοκαλύμματος είναι λιγότερο ποικιλόμορφη λόγω της υψηλής αλατότητας, η οποία αποκλείει την επιβίωση των περισσότερων υγροτοπικών φυτών. Η διαταραχή στους αλμυρούς βάλτους επιδεινώνει τη φυσική καταπόνηση καθώς η επιφανειακή εξάτμιση μετατρέπει τα εδάφη σε υπεραλατούχα και απομακρύνει τα φυτά. Μόνο λίγα αλοφυτικά φυτά μπορούν να αντέξουν αυτές τις στρεσογόνες συνθήκες. Στα ευρωπαϊκά αλμυρά έλη, τα φυτοφάγα ζώα (λαγοί) καθυστερούν την εγκατάσταση όψιμων ειδών με την βόσκηση. Σημαντικό ενδιαφέρον παρουσιάζει το παράδειγμα στη Νέα Αγγλία χρησιμοποιώντας τρωκτικά για τον περιορισμό του *Phragmites australis* με δειγματοληπτικές επιφάνειες σε χαμηλής αλατότητας και υφάλμυρες φυτοκοινότητες στις όχθες αλμυρόβαλτων. Τα τρωκτικά όπως έδειξε η έρευνα από τους συγγραφείς δεν ήταν τόσο αποτελεσματικά για την καταπολέμηση χωροκατακτητικών ειδών. Η επιτυχία εγκατάστασης των χωροκατακτητικών ειδών σε υγροτόπους οφείλεται στην υψηλή διαθεσιμότητα σε θρεπτικά συστατικά (Bromberg Gedan et al. 2009).

Από όλα τα παραπάνω προκύπτει ότι στην Ελλάδα τα παράκτια υγροτοπικά – εκβολικά οικοσυστήματα δεν έχουν μελετηθεί από λιβαδοπονικής άποψης, ενώ φαίνεται να λείπουν και εργασίες σχετικές με τη διαβάθμιση της αλατότητας και της βλάστησης, κενό το οποίο φιλοδοξεί να καλύψει, έστω και λίγο, η παρούσα έρευνα.

#### 4.7. Μέθοδοι ανάλυσης εδάφους

Τα φυσικά λιβάδια, οι λειμώνες, τα δάση και όλα τα οικοσυστήματα βασίζονται στο έδαφος. Το έδαφος είναι σημαντικός παράγοντας για την σωστή ανάπτυξη των φυτών. Για τη σωστή ανάπτυξή τους χρειάζονται στοιχεία όπως ασβέστιο (Ca), κάλιο (K), νάτριο (Na), φώσφορο (P) και πολλά άλλα στοιχεία του εδάφους. Σημαντικό ρόλο παίζει επίσης, η οξύτητα του εδάφους γιατί τα φυτά δεν φυτρώνουν σε πολύ όξινα ή σε πάρα πολύ αλκαλικά εδάφη. Για αυτό είναι σημαντική η δειγματοληψία και η ανάλυση των εδαφών της περιοχής η οποία ερευνάται.

##### 4.7.1. Δειγματοληψία εδαφών

Η δειγματοληπτική διαδικασία του εδάφους στο πεδίο είναι η σημαντικότερη εργασία της ανάλυσης. Το έδαφος εμφανίζει μεγάλη μεταβλητότητα και για να έχει πρακτική εφαρμογή το αποτέλεσμα της ανάλυσης, θα πρέπει το δείγμα του εδάφους να είναι αντιπροσωπευτικό του λιβαδιού μας. Η χημική ανάλυση του αντιπροσωπευτικού δείγματος εδάφους είναι απαραίτητη για την κατανόηση βασικών δεδομένων σχετικά με τη βλάστηση σε ένα λιβάδι. Οι πληροφορίες που συλλέγουμε από τις αναλύσεις του εδάφους βοηθούν στη γνώση για την παραγωγικότητα και γονιμότητα του εδάφους.

Στους αγρούς, η ιδανικότερη περίοδος για δειγματοληψία εδαφών θεωρείται αυτή προς το τέλος μιας καλλιεργητικής περιόδου και πρέπει αυτό να μην έχει λιπανθεί τους τελευταίους τρεις μήνες. Σε φυσικά οικοσυστήματα ο χρόνος λήψης των δειγμάτων δεν έχει την ίδια σημασία, αλλά σε περίπτωση επαναλαμβανόμενων δειγματοληψιών, καλό είναι αυτές να γίνονται την ίδια περίπου εποχή, καθώς τα εδάφη επηρεάζονται από άλλα γεγονότα (π.χ. σε αλμυρόβαλτους εκβολών ποταμών, από πλημμυρικές παροχές).

Τα δείγματα εδάφους λαμβάνονται με ειδικά εργαλεία, τους δειγματολήπτες. Πριν την παραλαβή του δείγματος εδάφους, εξετάζεται η ομοιογένεια του λιβαδιού (φυσική βλάστηση, κλίση, υφή, χρώμα κ.ά.). Αν το λιβάδι δεν είναι ομοιογενές, κάνουμε υποδιαίρεση του λιβαδιού σε ομοιογενή τμήματα και λαμβάνουμε τυχαία μερικά δείγματα από κάθε ομοιογενή ζώνη προχωρώντας σε ζιγκ-ζαγκ. Συνήθως χρειάζονται 3-4 δείγματα για κάθε στρέμμα.

Από κάθε ομοιογενή περιοχή του λιβαδιού μας καλό είναι να δημιουργείται ένα δείγμα που θα προέρχεται από την ανάμειξη των δειγμάτων της ομοιόμορφης περιοχής. Στο εργαστήριο θα στείλουμε από 10 στρέμματα 1 δείγμα περίπου 2 κιλών, αν αυτό προέρχεται μόνο από ένα βάθος. Το βάθος της δειγματοληψίας εξαρτάται από τα είδη του λιβαδιού. Για παράδειγμα, σε αγρούς με φυτά μεγάλης καλλιέργειας λαμβάνουμε δείγματα από βάθος (0-20) cm και (20-40) cm, για δενδρώδεις καλλιέργειες και αμπέλια λαμβάνουμε δείγματα από βάθος (0-40) cm, (40-80) cm και (80-120) cm, ενώ σε βοσκότοπους λαμβάνουμε δείγματα από βάθος (0-10) cm και (10-20) cm. Για ένα εδαφικό προφίλ τα δείγματα εδάφους από όλο το πάχος του κάθε ορίζοντα σχηματίζουν ένα τελικό δείγμα. Η λήψη αδιατάρακτου δείγματος εδάφους για τον προσδιορισμό των φυσικών σταθερών του εδάφους (υγρασία στο σημείο μάρανσης, ισοδύναμη υγρασία, υδατοϊκανότητα, πορώδες του εδάφους και φαινομενική πυκνότητα) γίνεται με ειδικούς δειγματολήπτες ή με κατάλληλους μεταλλικούς κυλίνδρους (Τάντος 2005, Γκουγκουλιάς 2016).

##### 4.7.2. Προεργασία των εδαφικών δειγμάτων για εργαστηριακή ανάλυση

Η προεργασία των εδαφικών δειγμάτων περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

1. Αεροζήρανση σε θερμοκρασία (25-35)°C και όχι σε κλίβανο με υψηλές θερμοκρασίες γιατί υπάρχει ο κίνδυνος μη αντιστρεπτών αντιδράσεων που θα έχουν ως αποτέλεσμα την αλλοίωση των

αποτελεσμάτων. Οι υψηλές θερμοκρασίες μεταβάλλουν τη σύσταση των αφομοιώσιμων μορφών των στοιχείων, των ανθρακικών και των όξινων ανθρακικών αλάτων.

2. Καθαρισμός του αεροξηραμένου δείγματος από χαλίκια, πέτρες, κλαδιά κ.λπ.
3. Λειοτρίβηση με τριβή σε γουδί πορσελάνης.
4. Κοσκίνισμα με κόσκινο που έχει στρογγυλές οπές με διάμετρο 2mm (λεπτή γη). Το υλικό που παραμένει στο κόσκινο το πετάμε, εκτός και αν μας ενδιαφέρει ο προσδιορισμός του είδους των χαλικιών.
5. Αποθήκευση του εδαφικού δείγματος σε ειδικά χάρτινα κουτιά ή σε πλαστικά δοχεία ή σε σακούλες από πολυαιθάνιο.
6. Ο προσδιορισμός της υγρασίας του αεροξηραμένου εδαφικού δείγματος γίνεται μετά από την τοποθέτηση του δείγματος μέσα σε αλουμινένιο κουτί και στη συνέχεια σε κλίβανο για 24 ώρες στους 104°C. Τα όργανα που απαιτούνται για την μέτρηση της υγρασίας του εδαφικού δείγματος είναι: ζυγός ακριβείας, κλίβανος και το ξηραντήριο (Τάντος 2005, Γκουγκουλιός 2016).

#### 4.7.3. Μηχανική ανάλυση του εδάφους

Το έδαφος αποτελείται από κόκκους διαφόρων διαμέτρων, οι μεγαλύτεροι κόκκοι είναι ορατοί δια γυμνού οφθαλμού, ενώ υπάρχουν και κόκκοι μικρότερων διαστάσεων που είναι αόρατοι ακόμη και με κοινό μικροσκόπιο. Οι κόκκοι του εδάφους ενώνονται μεταξύ τους σχηματίζοντας συσσωματώματα με διαφορετική δομή. Οι κόκκοι του εδάφους ανάλογα με την διάμετρο τους κατατάσσονται σε ομάδες (κλάσματα), σύμφωνα με διάφορα συστήματα ταξινόμησης, όπως είναι το Αμερικανικό, το Διεθνές σύστημα ταξινόμησης κ.λπ. Σύμφωνα με τον Γκουγκουλιό (2016) η κατηγοριοποίηση των κλασμάτων των γεωργικών εδαφών έχει ως εξής:

- το κλάσμα του εδάφους με διάμετρο μεγαλύτερη των 60 mm αποτελείται από πέτρες (ανήκει στα πολύ αδρόκοκκα εδάφη).
- το κλάσμα του εδάφους με διάμετρο από 6 mm μέχρι 20 mm αποτελείται από χάλικες.
- το κλάσμα του εδάφους με διάμετρο από 60 μ μέχρι 2 mm αποτελεί την άμμο (Sand).
- το κλάσμα του εδάφους με διάμετρο από 2μ μέχρι 60 μ αποτελεί την ιλύ (Silt).
- το κλάσμα του εδάφους με διάμετρο μικρότερη των 2 μ αποτελεί την άργιλο (Clay).

Η κοκκομετρική σύσταση του εδάφους καθορίζει τις σπουδαιότερες ιδιότητες του εδάφους, οι οποίες είναι μεγάλης σημασίας για την γεωργία (την αντίσταση του εδάφους στα καλλιεργητικά μηχανήματα, την περατότητα του εδάφους, την ευκολία κίνησης του νερού στο έδαφος κ.ά.), αλλά και για την ανάπτυξη των φυτών σε φυσικά οικοσυστήματα.

Η συσκευή κοσκίνισης έχει την δυνατότητα τοποθέτησης 8 κόσκινων στη σειρά, που τοποθετούνται με φθίνουσα διάμετρο των οπών. Είναι κατάλληλη για υγρή και ξηρή κοσκίνιση και με τρισδιάστατη δόνηση.

Τα κλάσματα του εδάφους με διάμετρο μικρότερη των 2 mm αποτελούν την λεπτή γη. Ο προσδιορισμός της % περιεκτικότητας της λεπτής γης σε άμμο, ιλύ και άργιλο λέγεται μηχανική ανάλυση του εδάφους.

Η άργιλος χαρακτηρίζεται από υψηλή ικανότητα συγκράτησης θρεπτικών στοιχείων και υγρασίας, παρουσιάζει υψηλή εναλλακτική ικανότητα, μικρό αερισμό, χαμηλή στράγγιση, τα σωματίδια της συμπιέζονται εύκολα, διογκώνονται με την διαβροχή και συρρικνώνονται με την ξηρασία, η κατεργασία ενός αργιλώδους εδάφους με καλλιεργητικά μηχανήματα γίνεται δύσκολα, για αυτό και τα εδάφη αυτά χαρακτηρίζονται ως «βαριά» εδάφη.

Η άμμος χαρακτηρίζεται από μικρή ικανότητα συγκράτησης θρεπτικών στοιχείων και υγρασίας, παρουσιάζει καλό αερισμό, μεγάλη στράγγιση, τα σωματίδια αυτά δεν συμπιέζονται εύκολα, δεν εμποδίζουν τις ρίζες των φυτών να αναπτυχθούν, η κατεργασία ενός αμμώδους εδάφους με καλλιεργητικά μηχανήματα γίνεται εύκολα, για αυτό και τα εδάφη αυτά χαρακτηρίζονται ως «ελαφρά» εδάφη.

Η ιλύς χαρακτηρίζεται από ενδιάμεσες ιδιότητες σε σχέση με αυτές που αντιστοιχούν στην άργιλο και στην άμμο. Γενικά ένα έδαφος μέσης κοκκομετρικής σύστασης είναι το πιο επιθυμητό για την γεωργία.

Σύμφωνα με το Αμερικανικό σύστημα τριγωνικών συντεταγμένων, τα εδάφη με το % ποσοστό της άμμου, της αργίλου και ιλύος χαρακτηρίζονται από 12 κλάσεις υφής (Εικόνα 1, Πίνακας 4), όπου Sand = Άμμος, Clay = Άργιλος, Silt = Ιλύς και Loam = Πηλός (Τάντος 2005), με τον πηλό να αποτελεί μια ενδιάμεση διαβάθμιση μεταξύ αργίλου και ιλύος.

Η μηχανική ανάλυση του εδάφους στηρίζεται στο διαφορετικό ρυθμό πτώσης των σωματιδίων του εδάφους κατά την διάρκεια της καθίζησης στο αιώρημα, σύμφωνα με τον νόμο του Stokes:

$$V = 2 \cdot g \cdot r^2 \cdot (D - d) / 9\eta$$

όπου:

V= η ταχύτητα πτώσης των εδαφικών σωματιδίων (cm/sec),

g= η επιτάχυνση της βαρύτητας (981cm/sec<sup>2</sup>),

r= η ισοδύναμη ακτίνα των σωματιδίων (cm),

D= η πυκνότητα των σωματιδίων του εδάφους (g/cm<sup>3</sup>),

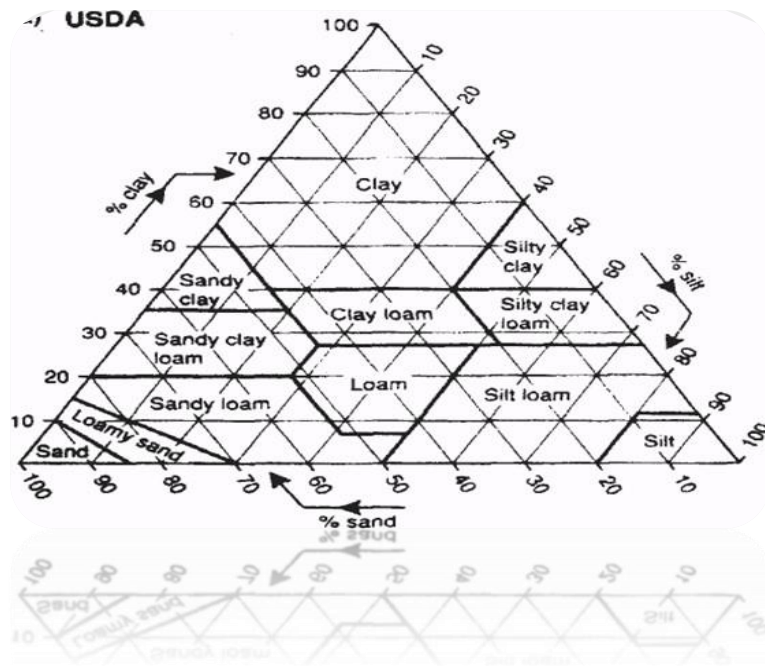
d= η πυκνότητα του υγρού (g/cm<sup>3</sup>), και

η= ο συντελεστής ιξώδους του υγρού (poise).

Σε όλες τις μεθόδους μηχανικής ανάλυσης του εδάφους που χρησιμοποιούνται προηγείται η αποδέσμευση όλων των κόκκων από τα συσσωματώματα του εδάφους και η διασπορά τους σε ομοιόμορφο μέσο. Τα συσσωματώματα του εδάφους σχηματίζονται με διαφορετική σταθερότητα από τους κόκκους. Συνδετική ύλη των συσσωματωμάτων του εδάφους είναι:

- Η οργανική ουσία του εδάφους, η οποία καταστρέφεται με οξείδωση παρουσία H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 6% και στη συνέχεια καύση στους 90 °C.
- Οι ενώσεις που δημιουργούν τιμμεντοποίηση, όπως είναι τα ανθρακικά άλατα και οξείδια του Fe<sup>+++</sup>. Τα ανθρακικά άλατα διαλύονται σε 0,2N HCL, ενώ τα οξείδια του Fe<sup>+++</sup> απομακρύνονται με προσθήκη Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (διθειονικού νατρίου) το οποίο ανάγει τον Fe<sup>+++</sup> σε Fe<sup>++</sup>, σχηματίζοντας διαλυτά άλατα.
- Το κολλοειδές τμήμα της αργίλου, που με επίδραση 0,2N HCL επιτυγχάνουμε την διασπορά του.

Συντελεστής διόρθωσης των πυκνομετρήσεων κατά την μηχανική ανάλυση του εδάφους με τη μέθοδο Βουγιούκου δίνεται στους πίνακες 5 και 6 (Τάντος 2005, Γκουγκουλιάς 2016).



Εικόνα 1. Τριγωνικό διάγραμμα μηχανικής σύστασης των εδαφών κατά το αμερικανικό σύστημα USDA (Τάντος 2005).

**Πίνακας 4.** Επεξήγηση της εικόνας 1 με το τριγωνικό διάγραμμα μηχανικής σύστασης των εδαφών κατά το αμερικανικό σύστημα (Τάντος 2005).

<b>C= Αργιλώδες</b>	<b>SC= Αμμοαργιλώδες</b>
<b>SCL= Αμμοαργιλοπηλώδες</b>	<b>SL= Αμμοπηλώδες</b>
<b>LS= Πηλοαμμώδες</b>	<b>S= Αμμώδες</b>
<b>L= Πηλώδες</b>	<b>SiL= Ιλυοπηλώδες</b>
<b>Si= Ιλυώδες</b>	<b>SiCL= Ιλυοαργιλοπηλώδες</b>
<b>SiC= Ιλυοαργιλώδες</b>	<b>CL= Αργιλοπηλώδες</b>

**Πίνακας 5.** Συντελεστής διόρθωσης των πυκνομετρήσεων κατά την μηχανική ανάλυση του εδάφους με την μέθοδο Βουγιούκου (στη δεύτερη γραμμή του πίνακα οι ενδείξεις του πυκνομέτρου) (Τάντος 2005, Γκουγκουλιάς 2016).

T °C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Οι τιμές αφαιρούνται από την ένδειξη του πυκνόμετρου									
10	3,40	3,36	3,33	3,29	3,26	3,22	3,18	3,15	3,11	3,08
11	3,04	3,00	2,97	2,93	2,90	2,86	2,82	2,79	2,75	2,72
12	2,68	2,64	2,61	2,57	2,54	2,30	2,46	2,43	2,39	2,36
13	2,32	2,28	2,25	2,21	2,18	2,14	2,10	2,07	2,03	2,00
14	1,96	1,92	1,89	1,85	1,82	1,78	1,74	1,71	1,67	1,64
15	1,60	1,56	1,53	1,49	1,45	1,42	1,39	1,35	1,31	1,28
16	1,24	1,20	1,17	1,13	1,10	1,06	1,03	0,99	0,96	0,92
17	0,88	0,84	0,81	0,77	0,74	0,70	0,66	0,62	0,59	0,56
18	0,52	0,48	0,45	0,41	0,38	0,34	0,30	0,27	0,25	0,20
19	0,16	0,12	0,09	0,05	0,02	0,00	+0,06	+0,09	+0,13	+0,16



**Πίνακας 6.** Συντελεστής διόρθωσης των πυκνομετρήσεων κατά την μηχανική ανάλυση του εδάφους με την μέθοδο Βουγιούκου (στη δεύτερη γραμμή του πίνακα οι ενδείξεις του πυκνομέτρου) (Τάντος 2005, Γκουγκουλιός 2016).

T °C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Οι τιμές προστίθενται από την ένδειξη του πυκνομέτρου										
20	0,20	0,24	0,27	0,31	0,34	0,38	0,42	0,45	0,49	0,52
21	0,56	0,60	0,63	0,67	0,70	0,74	0,78	0,84	0,85	0,88
22	0,92	0,96	0,98	1,05	1,06	1,10	1,14	1,17	1,21	1,24
23	1,28	1,32	1,35	1,39	1,42	1,46	1,50	1,53	1,57	1,60
24	1,64	1,68	1,71	1,75	1,78	1,82	1,86	1,89	1,93	1,96
25	2,00	2,04	2,07	2,11	2,11	2,14	2,18	2,22	2,25	2,32
26	2,36	2,40	2,43	2,47	2,50	2,54	2,58	2,61	2,65	2,68
27	2,72	2,76	2,79	2,83	2,86	2,90	2,94	2,97	3,01	3,04
28	3,08	3,12	3,15	3,19	3,22	3,26	3,30	3,33	3,37	3,40
29	3,44	3,48	3,51	3,55	3,58	3,62	3,66	3,69	3,73	3,76
30	3,80	3,84	3,87	3,91	3,94	3,98	4,02	4,05	4,09	4,12

#### 4.7.4. Το pH του εδάφους

Το pH ή ενεργός οξύτητα, ενός διαλύματος ορίζεται ο αρνητικός δεκαδικός λογάριθμος της συγκέντρωσης ιόντων υδρογόνου (mol/L):  $\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}^+]$

Το καθαρό νερό διίσταται σύμφωνα με την αντίδραση:  $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$

Σύμφωνα με τον νόμο της χημικής ισορροπίας ισχύει:  $K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 10^{-14}$  σε 25°C.

Στο καθαρό νερό η συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου είναι ίση με τη συγκέντρωση υδροξυλίων στους 25°C. Όταν η συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου είναι μεγαλύτερη από αυτή των υδροξυλίων τότε το διάλυμα είναι όξινο, ενώ όταν είναι μικρότερη το διάλυμα είναι αλκαλικό.

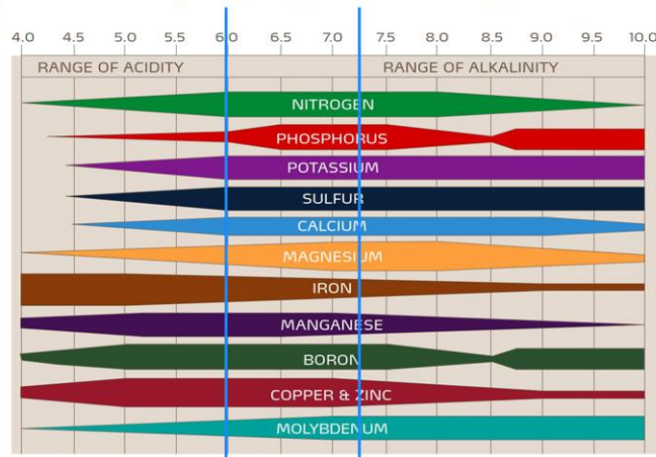
Το pH του εδάφους είναι από τις σπουδαιότερες χημικές ιδιότητες του. Από την τιμή του pH του εδάφους εξαρτάται η δυνατότητα χρησιμοποίησης από τα φυτά των θρεπτικών στοιχείων του εδάφους, καθώς επίσης και η μικροβιακή δραστηριότητα του εδάφους, η οποία μειώνεται αρκετά σε όξινο pH. Η επίδραση του pH του εδάφους στα φυτά είναι έμμεση, μέσω της διαλυτότητας των θρεπτικών στοιχείων. Άμεση δυσμενή επίδραση έχουμε μόνο σε ακραίες τιμές pH (<3 και >9, Πίνακας 7).

Πίνακας 7. Απόδοση του pH των εδαφών από πολύ όξινα έως πολύ αλκαλικά (Γκουγκουλιός 2016).												
4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10
Πολύ όξινα εδάφη				Μέτρια όξινα εδάφη		Ελαφρά όξινα εδάφη	Ελαφρά αλκαλικά εδάφη	Μέτρια αλκαλικά εδάφη		Πολύ αλκαλικά εδάφη		

Σε εδάφη με  $\text{pH} < 5,5$  παρεμποδίζεται η ανάπτυξη των φυτών, γιατί παρατηρείται αύξηση των ιόντων Al που είναι τοξικό για τις ρίζες των φυτών, ο P μεταπίπτει σε μη αφομοιώσιμη μορφή λόγω δέσμευσης του από τα οξείδια του αργιλίου και του σιδήρου, ενώ παρατηρείται και έλλειψη Ca, Mg, Mo, στο έδαφος. Σε εδάφη με  $\text{pH} > 7,5$  μειώνεται η αφομοιωσιμότητα του Cu, Zn, Mn, B, Co και του Fe λόγω της μικρής διαλυτότητας αυτών των στοιχείων. Το βέλτιστο εύρος τιμών του pH του εδάφους για την καλύτερη ανάπτυξη των φυτών είναι μεταξύ 6,2 και 7,3 (Εικόνα 2).

Η ενεργός οξύτητα εκφράζει την συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου του εδαφικού διαλύματος, ενώ η ολική οξύτητα εκφράζει την συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου του εδαφικού διαλύματος και την συγκέντρωση ιόντων  $H^+$  και  $Al^{+++}$  που είναι προσροφημένα στην άργιλο και στην οργανική ουσία του εδάφους. Η διαφορά μεταξύ της ολικής οξύτητας και της ενεργούς οξύτητας αποτελεί την ανταλλάξιμη οξύτητα του εδάφους.

### Εδαφικό pH & διαθεσιμότητα θρεπτικών στοιχείων



**Εικόνα 2.** Περιοχές του pH, όπου γίνεται καλύτερη απορρόφηση των θρεπτικών στοιχείων από τα φυτά (Τάντος 2005, Γκουγκουλιιάς 2016).

Το χαμηλό pH του εδάφους οφείλεται στα εναλλακτικά κατιόντα του υδρογόνου και του αργιλίου. Τα όξινα εδάφη τα διορθώνουμε με προσθήκη  $CaCO_3$ ,  $CaO$  και  $Ca(OH)_2$ . Το υψηλό pH στο έδαφος οφείλεται στο  $Na_2CO_3$ , στο  $NaHCO_3$  και στο  $CaCO_3$ . Τα αλκαλικά εδάφη τα διορθώνουμε με προσθήκη γύψου ( $CaSO_4 \cdot 2 H_2O$ ) όταν στο έδαφος δεν υπάρχει  $CaCO_3$  ή με προσθήκη θείου όταν στο έδαφος υπάρχει  $CaCO_3$ . Τα εδάφη μπορούν διορθωθούν ακόμη και με κατάλληλη χρήση λιπασμάτων, όπως π.χ. το  $(NH_4)_2SO_4$  για τα αλκαλικά εδάφη.

Η μέτρηση του pH γίνεται χρωματομετρικά ή ηλεκτρομετρικά. Ο χρωματομετρικός προσδιορισμός στηρίζεται στην ιδιότητα των δεικτών να αλλάζουν χρώμα σε ορισμένη περιοχή του pH. Η ηλεκτρομετρική μέθοδος είναι πολύ ακριβής και γίνεται με τη χρήση του πεχάμετρου που συνοδεύεται από δύο ηλεκτρόδια που βυθίζονται στο διάλυμα που θέλουμε να μετρήσουμε το pH. Το ένα ηλεκτρόδιο είναι πρότυπο του καλομέλανα ( $Hg/Hg_2Cl_2$ ), περιέχει κορεσμένο διάλυμα KCl και έχει σταθερό δυναμικό, ενώ το άλλο ηλεκτρόδιο είναι υάλου ( $Ag/AgCl$ ), το οποίο περιέχει αραιό διάλυμα HCl και είναι το ηλεκτρόδιο της μέτρησης. Η λειτουργία του στηρίζεται στο δυναμικό που εμφανίζεται στο σφαιρικό τμήμα της υάλου. Το δυναμικό αυτό εξαρτάται από την συγκέντρωση ιόντων  $H^+$  στο άγνωστο διάλυμα (Τάντος 2005, Γκουγκουλιιάς 2016).

Για να μετρήσουμε το pH σε ένα άγνωστο διάλυμα πρέπει πρώτα να ρυθμίσουμε το πεχάμετρο. Τα ηλεκτρόδια τοποθετούνται σε διάλυμα αναφοράς με  $pH=7$  και ρυθμίζεται το όργανο, στη συνέχεια τοποθετείται σε διάλυμα με  $pH=9$  και ρυθμίζεται πάλι το όργανο, κατόπιν τοποθετείται σε διάλυμα με  $pH=4$  και επαναρυθμίζεται το όργανο. Τέλος τοποθετείται για ακόμη μια φορά σε διάλυμα με  $pH=7$  και ρυθμίζεται πάλι. Στη συνέχεια παίρνουμε τις μετρήσεις από τα άγνωστα διαλύματα.

Το pH του εδάφους μπορεί να προσδιορισθεί:

- Σε αιώρημα (εδάφους/νερό), με αναλογία εδάφους προς νερό (1:1, 1:5). Η αραιώση όμως αυτή μετατοπίζει την τιμή του pH προς τα πάνω.

- Σε αιώρημα (εδάφους/διάλυμα άλατος), π.χ. διάλυμα KCl 1M και διάλυμα CaCl<sub>2</sub> 0.001M με αναλογία 1:1. Στην περίπτωση που χρησιμοποιείται το διάλυμα του KCl τα ιόντα K<sup>+</sup> του διαλύματος ανταλλάσσονται με τα ιόντα H<sup>+</sup> του εδάφους, τα ιόντα K<sup>+</sup> πηγαίνουν στο έδαφος και τα ιόντα H<sup>+</sup> στο εδαφικό διάλυμα, με αποτέλεσμα η τιμή του pH να εμφανίζεται μικρότερη.
- Στο εκχύλισμα κορεσμού του εδάφους ή σε πάστα κορεσμού. Η μέτρηση του pH σε πάστα κορεσμού θεωρείται η πιο σωστή. Στα αποτελέσματα θα πρέπει να αναφέρεται η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε. Η πιο διαδεδομένη μέθοδος είναι αυτή της δημιουργίας αιωρήματος με νερό (έδαφος/ νερό) και σε αναλογία 1:1.

#### 4.7.5. Ανθρακικό ασβέστιο του εδάφους CaCO<sub>3</sub>

Το ανθρακικό ασβέστιο είναι απαραίτητο για όλα τα εδάφη. Οι ιδιότητες του είναι ευεργετικές στο έδαφος μέχρι τη στιγμή που αρχίζει να σχηματίζεται το ελεύθερο ανθρακικό ασβέστιο. Η συσσώρευση του στο έδαφος οφείλεται σε ανθρακικά ορυκτά και σε ορυκτά πλούσια σε ασβέστιο. Ανθρακικά ορυκτά του εδάφους είναι ο ασβεστίτης (CaCO<sub>3</sub>), ο δολομίτης (CaCO<sub>3</sub> MgCO<sub>3</sub>), ο μαγνησίτης (MgCO<sub>3</sub>) και ο σιδερίτης (FeCO<sub>3</sub>). Ο ασβεστίτης είναι η μορφή που επικρατεί στο έδαφος.

Η παρουσία του CaCO<sub>3</sub> στο έδαφος είναι άμεσα συνδεδεμένη με τις χημικές ιδιότητες του εδάφους. Ο ασβεστόλιθος όταν διαλύεται στο έδαφος απελευθερώνει ιόντα Ca<sup>++</sup> και Mg<sup>++</sup> (θρεπτικά στοιχεία), τα ιόντα αυτά όταν προσροφώνται από τα κolloειδή του εδάφους και συμβάλλουν στη βελτίωση των ιδιοτήτων του εδάφους (αντικατάσταση Na). Επίσης, το ανθρακικό ασβέστιο συμβάλλει στην ανάπτυξη των συσσωματωμάτων στα εδάφη, επηρεάζοντας ευνοϊκά την δομή των εδαφών.

Η παρουσία του ελεύθερου ανθρακικού ασβεστίου στο έδαφος επιδρά δυσμενώς στις καλλιέργειες γιατί επηρεάζει την πρόσληψη ορισμένων θρεπτικών στοιχείων λόγω της υψηλής τιμής του pH. Τα φωσφορικά ιόντα του εδάφους αντιδρούν με το ασβέστιο του ελεύθερου ανθρακικού ασβεστίου και σχηματίζουν αδιάλυτο φωσφορικό ασβέστιο. Επίσης, το ασβέστιο με πολλά ιχνοστοιχεία (Fe<sup>+++</sup>, Zn<sup>++</sup>) του εδάφους σχηματίζει αδιάλυτες ενώσεις με αποτέλεσμα τα ιχνοστοιχεία αυτά να μην είναι αφομοιώσιμα. Τέτοιες ενώσεις είναι ο Fe<sub>2</sub>(CO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> και ο ZnCO<sub>3</sub>. Το ελεύθερο ανθρακικό ασβέστιο συμβάλλει στην αύξηση της τιμής του pH του εδάφους (μέχρι 8,4).

Το ανθρακικό ασβέστιο των εδαφών προσδιορίζεται με την μέθοδο Bernard.

Η μέθοδος αυτή στηρίζεται στην διαλυτοποίηση του CaCO<sub>3</sub> από την επίδραση αραιού HCl και στη συλλογή του εκλυόμενου CO<sub>2</sub> στη συσκευή Bernard όπου και ογκομετρείται ο όγκος του. Η αντίδραση είναι: CaCO<sub>3</sub> + 2HCl → CaCl<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O + CO<sub>2</sub>↑

Με τη μέθοδο Bernard προσδιορίζονται όλα τα ανθρακικά άλατα ανεξάρτητα από το κατιόν. Το σύνολο των ανθρακικών αλάτων υπολογίζεται σαν ισοδύναμο CaCO<sub>3</sub>, γιατί το CaCO<sub>3</sub> υπερτερεί των υπολοίπων ανθρακικών αλάτων (Τάντος 2005, Γκουγκουλιός 2016).

#### 4.7.6. Οργανική ουσία του εδάφους

Τα φυτικά και τα ζωικά υπολείμματα που πέφτουν στο έδαφος, υπό κατάλληλες συνθήκες με την επίδραση των μικροοργανισμών του εδάφους διασπώνται και μετατρέπονται σε απλές οργανικές ουσίες. Από αυτές τις ουσίες σχηματίζονται στο έδαφος άλλες δευτερογενείς οργανικές ουσίες που αποτελούν τον χούμο, δηλαδή το κλάσμα της οργανικής ουσίας που είναι περισσότερο ανθεκτικό στην αποδόμηση. Ο χούμος μαζί με τα φυτικά υλικά που δεν έχουν αποσυντεθεί αποτελούν την οργανική ουσία του εδάφους (Τάντος 2005, Γκουγκουλιός 2016).

Σε ένα αμμώδες έδαφος που κυκλοφορεί ο αέρας (οξυγόνο) η οργανική ουσία οξειδώνεται (CO<sub>2</sub>) και χάνεται, ενώ σε ένα αργιλώδες έδαφος, το οποίο συγκρατεί την υγρασία και δύσκολα κυκλοφορεί ο αέρας, επικρατεί η χώνευση με αποτέλεσμα να εμπλουτίζεται το έδαφος σε οργανική ουσία. Τα αμμώδη εδάφη (ελαφρά εδάφη) είναι πτωχά σε οργανική ουσία (< 1%), είναι χαλαρά και δεν έχουν συγκολλητικές ιδιότητες, ενώ τα αργιλώδη εδάφη (βαριά εδάφη) είναι πιο πλούσια σε οργανική ουσία, είναι συνεκτικά και παρουσιάζουν συγκολλητικές ιδιότητες (Τάντος 2005, Γκουγκουλιιάς 2016).

Ένα υγρό και ψυχρό κλίμα σε σχέση με ένα ξηρό και θερμό κλίμα ευνοεί την αποδόμηση, επομένως και τον εμπλουτισμό του εδάφους σε οργανική ουσία. Η οργανική ουσία βελτιώνει τις φυσικές και χημικές ιδιότητες του εδάφους. Συγκρατεί την υγρασία και τα εναλλακτικά κατιόντα, συμβάλει στη δημιουργία σταθερών συσσωματωμάτων στο έδαφος βελτιώνοντας την δομή του, προφυλάσσει τα θρεπτικά συστατικά από την έκλυση, δημιουργεί κατάλληλο πορώδες στο έδαφος με σωστό αερισμό, προστατεύει τα εδάφη από την διάβρωση, μειώνει την συνεκτικότητα στα αργιλώδη εδάφη και την αυξάνει στα αμμώδη εδάφη, αποτελεί τροφή για τα αζωτοβακτήρια τα οποία έμμεσα εμπλουτίζουν το έδαφος με άζωτο. Επιπλέον, η οργανική ουσία με την επίδραση των μικροοργανισμών του εδάφους αποδομείται, με αποτέλεσμα να παρέχει στο έδαφος μακροθρεπτικά και μικροθρεπτικά, αποτελώντας έτσι μια πηγή συνεχούς τροφοδοσίας του εδάφους με θρεπτικά στοιχεία (Τάντος 2005, Γκουγκουλιιάς 2016).

Εδάφη όπως είναι τα δασικά, που ο χούμος περιέχει μεγάλο ποσοστό από τα οργανικά οξέα, υποβαθμίζονται γιατί τα οργανικά οξέα διαλύουν το ανθρακικό ασβέστιο, το οποίο εκπλένεται συμπαρασύροντας κατιόντα και την οργανική ουσία.

Στα εδάφη ο άνθρακας απαντά ως ανόργανος και ως οργανικός. Ο ανόργανος άνθρακας βρίσκεται στα ανθρακικά άλατα του ασβεστίου και του μαγνησίου και σε διαλυτές ανθρακικές μορφές. Ο οργανικός άνθρακας βρίσκεται στα οργανικά υλικά.

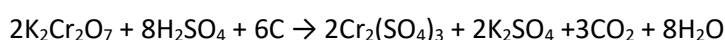
Για να προσδιορίσουμε την οργανική ουσία του εδάφους, προσδιορίζουμε τον οργανικό άνθρακα και πολλαπλασιάζουμε με 1,724 (η οργανική ουσία περιέχει οργανικό άνθρακα κατά μέσο όρο 58%, δηλαδή 100/58= 1,724).

Ο προσδιορισμός του οργανικού άνθρακα του εδάφους βασίζεται σε δύο μεθόδους:

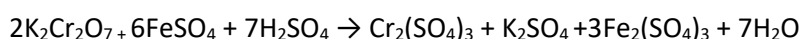
1. Στην ξηρή καύση του άνθρακα του εδαφικού δείγματος. Αν η ξηρή καύση γίνει στους 800 °C τότε έχουμε απώλειες και από άλλες ενώσεις (ανθρακικά άλατα) και το αποτέλεσμα πρέπει να διορθώνεται με τον προσδιορισμό τους. Η αποφυγή των απωλειών αυτών επιτυγχάνεται με καύση του εδαφικού δείγματος στους 360 °C για 16 ώρες.

2. Στην υγρή καύση του άνθρακα του εδαφικού δείγματος. Η υγρή καύση βασίζεται στην οξείδωση του άνθρακα με ένα ισχυρό οξειδωτικό μέσο (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) και στην ογκομέτρηση της περίσσειας των διχρωμικών ιόντων με FeSO<sub>4</sub>, δηλαδή από τη συνολική ποσότητα των διχρωμικών ιόντων η διαφορά από την περίσσεια οξείδωσε τον οργανικό άνθρακα του εδάφους. Με την μέθοδο της υγρής καύσης πετυχαίνεται η οξείδωση του οργανικού άνθρακα 77% (Τάντος 2005, Γκουγκουλιιάς 2016).

Η αντίδραση οξείδωσης του οργανικού άνθρακα είναι η εξής:



Η αντίδραση οξείδωσης του δισθενούς σιδήρου από την περίσσεια των διχρωμικών ιόντων είναι η εξής:



#### 4.7.7. Αλατότητα του εδάφους

Η αλατότητα των υδατοδιαλυτών αλάτων στο έδαφος αποτελεί την αλατότητα του εδάφους. Υδατοδιαλυτά άλατα του εδάφους είναι αυτά που διαλύονται στο εδαφικό διάλυμα. Τα σπουδαιότερα υδατοδιαλυτά άλατα του εδάφους είναι τα ανθρακικά, τα όξινα ανθρακικά, τα θειικά, τα χλωριούχα, τα νιτρικά και τα βορικά των κατιόντων  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$  και  $\text{NH}_4$  (Χουλιάρας 1991). Η σύσταση του εδαφικού διαλύματος εξαρτάται, από την διαλυτότητα των ενώσεων που υπάρχουν στην στερεά φάση του εδάφους, από την ποσότητα του εδαφικού νερού, κ.λπ. Η ποσότητα των υδατοδιαλυτών αλάτων του εδάφους εξαρτάται από την ποσότητα του νερού που χρησιμοποιείται για την εκχύλιση του. Για να υπολογιστούν τα άλατα του εδαφικού διαλύματος θα πρέπει οι συνθήκες μέτρησης να ανταποκρίνονται στις φυσικές συνθήκες υγρασίας του εδάφους. Μεγαλύτερη προσέγγιση στις φυσικές συνθήκες υγρασίας του εδάφους μας δίνει το φυσικό εδαφικό εκχύλισμα και το εκχύλισμα κορεσμού, ενώ το εκχύλισμα έδαφος : νερό (1:5) μας δίνει μικρότερη προσέγγιση προς το φυσικό εκχύλισμα, η διαδικασία όμως είναι γρήγορη. Το εκχύλισμα έδαφος : νερό (1:5) δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα σε εδάφη που έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα, π.χ. εδάφη των θερμοκηπίων. Ο προσδιορισμός των υδατοδιαλυτών αλάτων του εδάφους στα διάφορα εκχυλίσματα προσδιορίζεται σταθμικά (μεγάλη ακρίβεια και πολύ χρόνο) και αγωγιμομετρικά (μικρότερη ακρίβεια και λίγο χρόνο) (Τάντος 2005, Γκουγκουλιός 2016).

#### *Αγωγιμομετρική μέθοδος προσδιορισμού των υδατοδιαλυτών αλάτων του εδάφους*

Τα άλατα είναι υλεκτρολύτες (καλοί αγωγοί του ηλεκτρισμού) που σε υδατικό διάλυμα ιονίζονται και δίνουν ιόντα (κατιόντα και ανιόντα). Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος σε ένα υδατικό διάλυμα αυξάνει με την αύξηση της περιεκτικότητας των αλάτων. Υδατικά διαλύματα με μεγάλη περιεκτικότητα σε άλατα έχουν μεγάλη ηλεκτρική αγωγιμότητα. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα συμβολίζεται με Lt και εκφράζεται σε Siemens (S)= Mhos ή  $1\text{mS} = 1\text{mhos}$  ή  $1\mu\text{S} = 1\mu\text{hos}$

$$1\text{S} = 10^{-3}\text{mS} \longrightarrow 1\text{mS} = 10^{-3}\text{S}$$

$$1\text{mS} = 10^3\mu\text{S} \longrightarrow 1\mu\text{S} = 10^{-3}\text{mS}$$

$$1\text{S} = 10^6\mu\text{S} \longrightarrow 1\mu\text{S} = 10^{-6}\text{S}$$

Ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι η ηλεκτρική αγωγιμότητα που αντιστοιχεί στους 25 °C και μετριέται με ηλεκτρόδια πλατίνα τα οποία έχουν απόσταση μεταξύ τους 1cm και επιφάνεια 1cm<sup>2</sup>. Η ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα ενός διαλύματος είναι ανάλογη με την συγκέντρωση των υδατοδιαλυτών αλάτων ενός διαλύματος. Η ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα συμβολίζεται με Electrical conductivity ή  $E_c$  ή  $L_{25}^{\circ\text{C}}$  και εκφράζεται σε Siemens/cm (Scm) ή Mhos/cm.

Την ηλεκτρική αγωγιμότητα των διαλυμάτων την μετράμε με ειδικά όργανα, τα αγωγιμόμετρα, τα οποία έχουν συνδεδεμένα με ηλεκτρόδια. Στην πράξη η θερμοκρασία μέτρησης ενός διαλύματος είναι δύσκολο να είναι 25 °C, για αυτό και χρησιμοποιείται ένας συντελεστής διόρθωσης της θερμοκρασίας μέτρησης του διαλύματος στη θερμοκρασία των 25 °C. Επίσης, τα ηλεκτρόδια που χρησιμοποιούνται στην πράξη έχουν διαφορετικά μεγέθη για αυτό σε κάθε ηλεκτρόδιο που χρησιμοποιείται υπάρχει ένας συντελεστής διόρθωσης που λέγεται σταθερά του ηλεκτροδίου και αναγράφεται επάνω σε κάθε ηλεκτρόδιο που χρησιμοποιείται (Πίνακας 8).

Επομένως, με τα αγωγιμόμετρα μετράμε την ηλεκτρική αγωγιμότητα ενός διαλύματος, ενώ η συγκέντρωση των υδατοδιαλυτών αλάτων ενός διαλύματος είναι ανάλογη με την ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα του διαλύματος (Τάντος 2005, Γκουγκουλιός 2016).

<b>Πίνακας 8.</b> Συντελεστής διόρθωσης των ενδείξεων μέτρησης της αγωγιμότητας ενός διαλύματος στους 25 °C.					
Θερμοκρασία μέτρησης του διαλύματος	Συντελεστής διόρθωσης των ενδείξεων στους 25 °C	Θερμοκρασία μέτρησης του διαλύματος	Συντελεστής διόρθωσης των ενδείξεων στους 25 °C	Θερμοκρασία μέτρησης του διαλύματος	Συντελεστής διόρθωσης των ενδείξεων στους 25 °C
10	1,411	19	1,136	28	0,943
11	1,375	20	1,112	29	0,925
12	1,341	21	1,087	30	0,907
13	1,309	22	1,064	31	0,890
14	1,277	23	1,043	32	0,873
15	1,247	24	1,020	33	0,858
16	1,218	25	1,000	34	0,843
17	1,189	26	0,979	35	0,829
18	1,163	27	0,960	36	0,815

Από την ηλεκτρική αγωγιμότητα που μετριέται στο αγωγιμόμετρο προσδιορίζουμε την ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα από τη σχέση:  $L_{25} \text{ } ^\circ\text{C} = L_t \times C \times Ft$  και εκφράζεται σε S/cm ή mS/cm ή  $\mu\text{S/cm}$  όπου:

$L_{25} \text{ } ^\circ\text{C}$ : η τιμή της ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας

$L_t$ : η τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του αγωγιμόμετρου

C: η σταθερά του ηλεκτροδίου που αναγράφεται στο ηλεκτρόδιο

Ft: συντελεστής διόρθωσης της θερμοκρασίας μέτρησης στους 25°C

H % περιεκτικότητα σε υδατοδιαλυτά άλατα στο έδαφος με βάση το εκχύλισμα έδαφος : νερό (1:5) προσδιορίζεται εμπειρικά με βάση την σχέση που προτάθηκε από τον (Hesse, 1971) και δίνεται από τον τύπο: % άλατα=  $L_{25} \text{ } ^\circ\text{C} (S/cm) \times 350$  όπου:

$L_{25} \text{ } ^\circ\text{C}$ : η τιμή (χωρίς μονάδες) της ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας αν την εκφράσουμε σε S/cm.

#### 4.7.8. Προσδιορισμός υδατοδιαλυτού νατρίου και καλίου του εδαφικού εκχυλίσματος

Ο προσδιορισμός του υδατοδιαλυτού Na και K στο εδαφικό εκχύλισμα γίνεται με το φλογοφωτόμετρο συνήθως σε φλόγα προπάνιου.

Το διάλυμα αναρροφάται από ένα λεπτό σωληνάκι που είναι συνδεδεμένο με το όργανο και υπό μορφή σταγονιδίων ψεκάζεται ομοιόμορφα στη φλόγα. Τα άτομα του Na και του K του διαλύματος διεγείρονται μεταβαίνοντας σε υψηλότερη ενεργειακή κατάσταση και όταν επανέρχονται στην αρχική τους κατάσταση εκπέμπουν ακτινοβολία σε χαρακτηριστικό μήκος κύματος για το κάθε στοιχείο. Η ακτινοβολία αυτή μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια που καταγράφεται στην οθόνη του οργάνου. Η ένταση της ακτινοβολίας που εκπέμπεται από το Na και το K του διαλύματος είναι ανάλογη (σε χαμηλές συγκεντρώσεις) με την περιεκτικότητα του Na και του K στο διάλυμα (Τάντος 2005, Γκουγκουλιάς 2016).

*Προσδιορισμός των εναλλακτικών κατιόντων σε όξινα και ουδέτερα εδάφη (μέθοδος του  $\text{Ch}_3\text{COONH}_4$  + pH=7)*

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για τα όξινα και τα ουδέτερα εδάφη. Επίσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στα αλατούχα εδάφη με την προϋπόθεση όμως να αφαιρεθούν τα υδατοδιαλυτά



κατιόντα γιατί προσδιορίζονται και αυτά. Τα ασβεστούχα εδάφη δεν προσδιορίζονται με την μέθοδο αυτή γιατί το  $\text{CaCO}_3$  διαλύεται στο οξικό αμμώνιο (Τάντος 2005, Γκουγκουλιάς 2016).

#### 4.7.9. Προσδιορισμός του ολικού αζώτου στο έδαφος με υγρή καύση (μέθοδος Kjeldahl)

Το άζωτο, ο φώσφορος και το κάλιο αποτελούν τα βασικότερα θρεπτικά συστατικά για την ανάπτυξη των φυτών. Το άζωτο συμμετέχει στον σχηματισμό των αμινοξέων και πρωτεϊνών. Ευνοεί την ανάπτυξη των βλαστών και επηρεάζει την ωρίμανση των καρπών. Το ολικό άζωτο του εδάφους απαντά ως οργανικό και ως ανόργανο. Το σύνολο σχεδόν του επιφανειακού αζώτου συμμετέχει στην δομή των οργανικών μορίων που αποτελούν την οργανική ουσία του εδάφους. Το άζωτο της οργανικής ουσίας δεν απορροφάται αμέσως από τα φυτά, παρά μόνο ένα μικρό ποσοστό με την επίδραση των μικροοργανισμών όταν ανοργανοποιείται και γίνεται αφομοιώσιμο από τα φυτά. Πηγές που εμπλουτίζουν το έδαφος με αφομοιώσιμο άζωτο είναι η οργανική ουσία, τα αμμωνιακά λιπάσματα, το νερό της βροχής και η συμβιωτική δέσμευση.

Αφομοιώσιμες μορφές αζώτου για τα φυτά κυρίως είναι η αμμωνιακή μορφή, η νιτρική μορφή και η νιτρώδης. Το αμμωνιακό άζωτο δύσκολα εκπλένεται προς τα βαθύτερα στρώματα, λόγω της ισχυρής προσρόφησης του από τα κολλοειδή του εδάφους, η οποία είναι ανάλογη με την εναλλακτική ικανότητα του εδάφους και το καθιστά εύκολα αφομοιώσιμο από τα φυτά. Το νιτρικό άζωτο δεν προσροφάται από τα κολλοειδή του εδάφους με αποτέλεσμα να εκπλένεται εύκολα με τις βροχοπτώσεις προς τα βαθύτερα στρώματα.

Επειδή τα καλλιεργούμενα εδάφη έχουν συνήθως λόγο  $\text{C/N} = 10$ , γνωρίζοντας την οργανική ουσία του εδάφους μπορεί να έχουμε μια εκτίμηση για την περιεκτικότητα του εδάφους σε άζωτο. Συνήθως πτωχά εδάφη σε άζωτο είναι τα αμμώδη εδάφη σε συνθήκες βροχοπτώσεων και τα πτωχά σε οργανική ουσία εδάφη.

Ο ποσοτικός προσδιορισμός του ολικού αζώτου στο έδαφος ελάχιστα βοηθά στο να αξιολογήσουμε ένα έδαφος ως προς την αζωτούχο λίπανση. Το ολικό άζωτο προσδιορίζεται με υγρά οξείδωση κατά Kjeldahl (Τάντος 2005, Γκουγκουλιάς 2016).

#### 4.7.10. Προσδιορισμός αφομοιώσιμου φωσφόρου του εδάφους με τη μέθοδο Olsen

Ο φώσφορος, το άζωτο και το κάλιο αποτελούν τα βασικότερα θρεπτικά συστατικά για την ανάπτυξη των φυτών. Ο φώσφορος ευνοεί τον σχηματισμό και την ωρίμανση των καρπών. Ο φώσφορος είναι συστατικό πολλών οργανικών ενώσεων που παίζουν σπουδαίο ρόλο στην ζωή των φυτών. Απαντά στις νουκλεοπρωτεΐνες, στα φωσφολιπίδια, στην φωσφορική πυριδοξάλη, στην πυροφωσφορική ανευρίνη, στο συνένζυμο A, κ.α. (Τάντος 2005, Γκουγκουλιάς 2016).

Επίσης, ο φώσφορος συμμετέχει σε διεργασίες μεταβολισμού των φυτών. Συμμετέχει στην σύνθεση της σακχαρόζης και του αμύλου με τη μορφή εστέρων των σακχάρων. Συμμετέχει στον μεταβολισμό των λιπαρών οξέων ως ακετυλοσυνένζυμο A. Συμμετέχει στην σύνθεση των πεπτιδίων ως αδενοσινοτριφωσφορικό οξύ. Συμμετέχει επίσης, στη δέσμευση και στην μεταφορά της ενέργειας που προέρχεται από τις οξειδώσεις που λαμβάνουν χώρα κατά την αναπνοή των φυτών ή της ηλιακής ενέργειας ως δι- ή τρι-φωσφοπυριδινονουκλεοτινής.

Η περιεκτικότητα των εδαφών σε ολικό φώσφορο εξαρτάται από το είδος του μητρικού υλικού, από το οποίο σχηματίστηκαν τα εδάφη. Έτσι εδάφη που σχηματίστηκαν από ασβεστούχα υλικά είναι πλούσια σε ολικό φώσφορο, ενώ αυτά που προήλθαν από όξινα πετρώματα είναι πτωχά σε ολικό φώσφορο.

Ο ολικός φώσφορος στο έδαφος βρίσκεται κυρίως σε αδιάλυτες μορφές ως:

- Φωσφορικό ασβέστιο
- Φωσφορικό μαγνήσιο
- Φωσφορικό αργίλιο
- Φωσφορικός σίδηρος
- Απατίτης
- Οργανικός φώσφορος

Όταν οι δυσδιάλυτες μορφές φωσφόρου στο νερό μετατραπούν με κατάλληλες διεργασίες (χημικές και βιοχημικές) σε ευδιάλυτες μορφές φωσφόρου, τότε ο φώσφορος σε πολύ μεγάλο ποσοστό γίνεται αφομοιώσιμος για τα φυτά. Η ικανότητα αυτή των εδαφών να μετατρέπει τις δυσδιάλυτες μορφές του φωσφόρου στο νερό σε ευδιάλυτες μορφές εξαρτάται από:

- Τη θερμοκρασία του εδάφους
- Το pH του εδάφους
- Την υγρασία του εδάφους
- Το είδος των ορυκτών που αποτελούν την άργιλο
- Το είδος της οργανικής ουσίας του εδάφους
- Την μικροβιακή δραστηριότητα στο έδαφος
- Το είδος του φυτού που καλλιεργείται ή κυριαρχεί
- Το ποσοστό του αφομοιώσιμου ασβεστίου στο έδαφος

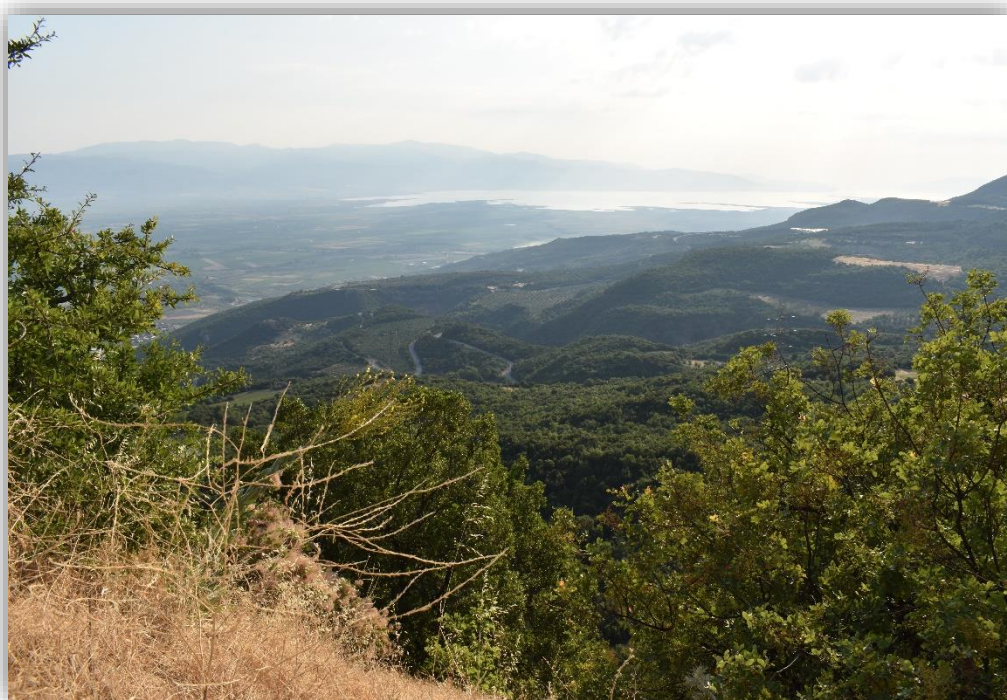
Αφομοιώσιμες μορφές φωσφόρου για τα φυτά είναι κυρίως τα δισόξινα φωσφορικά ανιόντα ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) και τα όξινα φωσφορικά ανιόντα ( $\text{HPO}_4^{2-}$ ). Τα δωσφορικά ανιόντα εκπλένονται δύσκολα από το έδαφος λόγω σχηματισμού μεγάλου αριθμού αδιάλυτων ενώσεων με τα περισσότερα κατιόντα του εδαφικού διαλύματος και λόγω της αντίδρασης του με τα ορυκτά της άργιλου.

Ο προσδιορισμός των αφομοιώσιμων μορφών φωσφόρου βασίζεται στην εκχύλιση τους με διάλυμα  $\text{NaHCO}_3$  0,5N και στον μετέπειτα σχηματισμό του φωσφορομολυβδαινικού συμπλόκου που μετατρέπεται σε κυανού του μολυβδαίνιου, λόγω της επίδρασης του μολυβδαινικού αμμωνίου στα φωσφορικά ανιόντα σε όξινο διάλυμα. Με το διάλυμα του  $\text{NaHCO}_3$  0,5N εκχυλίζονται οι διαλυτές ενώσεις του φωσφόρου και τα φωσφορικά ανιόντα (Τάντος 2005, Γκουγκουλιός 2016).

## 5. Περιοχή έρευνας

### 5.1. Η ευρύτερη περιοχή έρευνας

Ο Σπερχειός ποταμός εντοπίζεται στο νομό Φθιώτιδας, Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας. Πηγάζει στον Τυμφρηστό Ευρυτανίας και με γενική δυτική – ανατολική διεύθυνση, εκβάλλει στον Μαλιακό Κόλπο. Η συνολική έκταση της υδρολογικής λεκάνης είναι 1660,9 Km<sup>2</sup> και ανήκει στο υδατικό διαμέρισμα της ανατολικής Στερεάς Ελλάδας (Μαρκογιάννη 2015). Ο Μαλιακός Κόλπος είναι ένας ημίκλειστος, ρηχός, θαλάσσιος, κολποειδής σχηματισμός στο κεντρικό τμήμα της χώρας, μεταξύ της Εύβοιας και της Στερεάς Ελλάδας, που χαρακτηρίζεται από περιορισμένη κυματική δράση εξαιτίας του σχετικού μικρού του μεγέθους και πλάτους (Ψωμιάδης 2010). Ο σημερινός Μαλιακός Κόλπος αποτελεί το τμήμα μια ευρύτερης λεκάνης, της λεκάνης του Σπερχειού που έχει κατακλιστεί από τη θάλασσα (Εικόνα 3).



**Εικόνα 3.** Η κοιλάδα του Σπερχειού και η προστατευόμενη περιοχή του Μαλιακού Κόλπου στο βάθος. Φωτογραφία τραβηγμένη από ΕΟ Λιβαδειάς – Λαμίας (Φωτογραφία: Σ. Στεφανόπουλος).

Τόσο η κοιλάδα του Σπερχειού όσο και η περιοχή του Δέλτα του Σπερχειού είναι ενταγμένες στο Δίκτυο NATURA 2000 ως «Περιοχή Κοινοτικού Ενδιαφέροντος» (GR2440002) και «Ζώνη Ειδικής Προστασίας» (GR2440005) αντίστοιχα (Natura 2000 Standard Data Forms). Ο πυρήνας των εκβολών καλύπτει 319,5 ha, ενώ η ευρύτερη περιοχή ανέρχεται στα 10.000 ha. Οι εκβολές και οι γύρω περιοχές σχηματίζουν ένα ποικίλο τοπίο. Απαντώνται δυο τύποι φυσικής βλάστησης. Η πρώτη βρίσκεται κατά μήκος των όχθων του ποταμού, ενώ η δεύτερη καλύπτει την περιοχή αλίπεδων. Η πρώτη κυριαρχείται από *Salix sp.*, *Populus sp.*, *Rubus sp.*, *Alnus sp.*, *Phragmites spp.*, *Typha sp.*, ενώ η δεύτερη (περιοχή μελέτης) από *Phragmites australis* (κοντά στις όχθες), *Arthrocnemum sp.*, *Tamarix sp.* και *Salicornia sp.* στην υπόλοιπη περιοχή. Η μεγαλύτερη έκταση της περιοχής έξω από τον πυρήνα καλύπτεται από εντατικές καλλιέργειες, κυρίως ρυζιού. Η γη γύρω από τις εκβολές καλύπτεται κυρίως από ξηρικές καλλιέργειες και χορτολιβαδικές εκτάσεις, ενώ ένα μικρό τμήμα καλύπτεται από

ελαιόδεντρα. Το τελευταίο τμήμα των εκβολών, κοντά στο στόμιο του ποταμού και εκεί που η ξηρά συναντά τη θάλασσα, σχηματίζει έναν ρηχό κόλπο σαν λιμνοθάλασσα, που ονομάζεται Λιβάρι (500 ha, Εικόνα 4). Το βάθος στο μεγαλύτερο τμήμα του είναι πέντε μέτρα. Το κυνήγι απαγορεύεται από τον νόμο. Το κυνήγι απαγορεύεται επίσης στις εκβολές και τις γύρω Κοινότητες. Η βλάστηση και η χλωρίδα της περιοχής έχει μελετηθεί εκτενώς από τους Sarika (2012) και Sarika et al. (2018).



*Εικόνα 4. Αριστερά ο στάλος με ηλεκτροφόρα περίφραξη, στο βάθος το Λιβάρι (αλμυρόβαλτος) και δεξιά η μεταβατική ζώνη (Φωτογραφία: Σ. Στεφανόπουλος).*

## 5.2. Περιγραφή της περιοχής έρευνας

Η περιοχή έρευνας βρίσκεται στις εκβολές του Σπερχειού ποταμού και την ευρύτερη προστατευόμενη περιοχή του Μαλιακού κόλπου (Εικόνα 5). Οι βοσκόμενες εκτάσεις είναι επίπεδες, ελάχιστα πάνω από το όριο της θάλασσας, και επηρεάζονται τόσο από την παλίρροια (άμπωτη – πλημμυρίδα, που επηρεάζουν τα εδάφη σε μια υψομετρική διαφορά 50-80 εκ. περίπου) όσο και από τις παροχές του ποταμού Σπερχειού (γλυκά νερά που αναμιγνύονται με τα θαλάσσια), γεγονός που προκαλεί μια σαφή διαβάθμιση της βλάστησης από τη θάλασσα προς τη χέρσο (Εικόνες 6, 7).

Η διαβάθμιση αυτή είναι εμφανής από τα είδη φυτών που παρατηρούνται από τις τοπογραφικά χαμηλότερες προς τις υψηλότερες θέσεις:

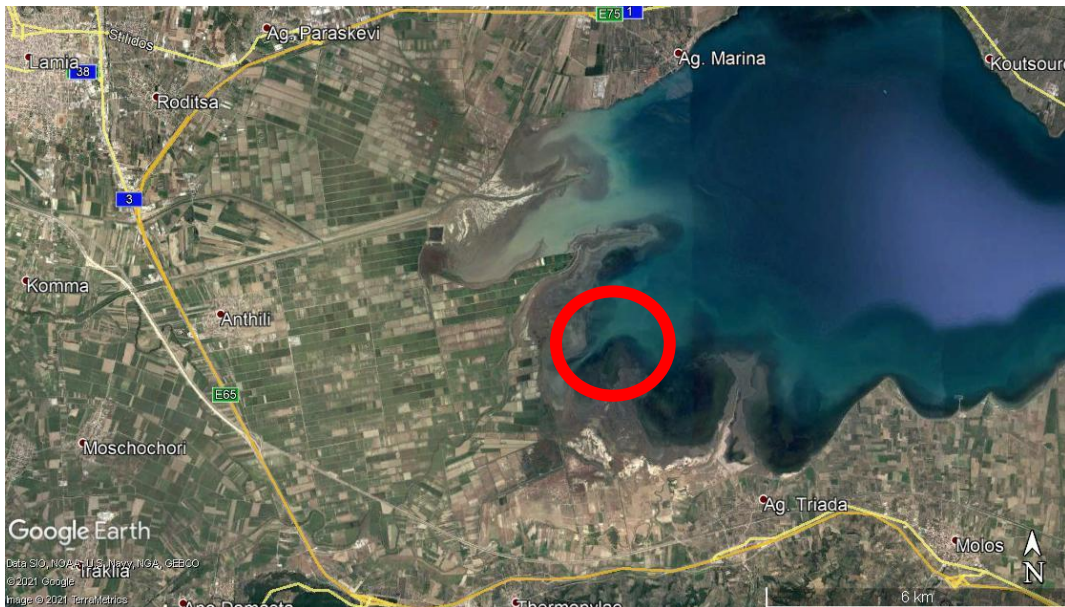
1. Στην αμιγώς αλοφυτική ζώνη επικρατούν ελάχιστα είδη αλόφυτων.
2. Στην μεταβατική ζώνη, τα είδη φυτών αυξάνονται ελαφρώς.
3. Στη ζώνη του υγρού ποολίβαδου, της οποίας τα εδάφη φαίνεται να επηρεάζονται περισσότερο από τα νερά του ποταμού, ο αριθμός των φυτικών ειδών αυξάνεται σε περίπου 20.
4. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η ζώνη – κοίτη του ποταμού με την πλευρική της ζώνη πλημμυρών («τάπια» σύμφωνα με την τοπική ονομασία), που διακρίνεται από την σχετικά πλούσια βλάστησή της και οριοθετείται εκατέρωθεν από σχετικά χαμηλά αναχώματα, τα οποία την ξεχωρίζουν από τις παραπάνω τρεις ζώνες (Εικόνα 8).

Συνεπώς, οι περιβαλλοντικές – οικολογικές διαβαθμίσεις στην περιοχή έρευνας αφορούν σε:

- υψομετρική διαβάθμιση των βοσκομένων λιβαδιών – επιφανειών (max 2 μ. από τον αλμυρόβαλτο έως την «τάπια»),



- διαβάθμιση ως προς το καθεστώς πλημμυρίσματος των παραπάνω ζωνών βλάστησης (απαιτείται περαιτέρω τεκμηρίωση),
- διαβάθμιση στην αλατότητα των εδαφών (ένα από τα ζητούμενα της παρούσας έρευνας),
- διαβάθμιση στη σύνθεση της βλάστησης, που απεικονίζεται από τις παραπάνω ζώνες βλάστησης.



**Εικόνα 5.** Η περιοχή έρευνας σε δορυφορική εικόνα Google Earth (εντός του κόκκινου κύκλου οι θέσεις των δειγματοληψιών της παρούσας έρευνας / ο Σπερχειός εκβάλει στα ΒΑ του κύκλου προερχόμενος από τα ΝΔ).



**Εικόνα 6.** Η περιοχή έρευνας από το ανάχωμα με θέα προς τα ΝΑ: διακρίνεται δεξιά ο Σπερχειός, στη μέση το ανάχωμα, αριστερά η μεταβατική ζώνη (Φωτογραφία: Ι Καζόγλου).



**Εικόνα 7.** Η περιοχή έρευνας από το ανάχωμα με θέα προς τα Α (Μαλιακός Κόλπος): (ο Σπερχειός είναι στην πλάτη του φωτογράφου), η μεταβατική ζώνη (υφάλμυρα) στο κάτω μέρος της εικόνας, και στο βάθος τα αλοφυτικά λιβάδια (Φωτογραφία: Ι. Καζόγλου).



**Εικόνα 8.** Η περιοχή έρευνας από το ανάχωμα με θέα προς τα Β-ΒΑ: αριστερά ο Σπερχειός, που εκβάλλει στο βάθος, λίγο δεξιότερα (μεταξύ των νερών του ποταμού και του αναχώματος) η «τάπια», στη μέση το ανάχωμα, δεξιότερα η υγροτοπική ζώνη με τα περίπου 20 είδη φυτών που καταγράφηκαν κατά την παρούσα έρευνα (Φωτογραφία: Ι. Καζόγλου)

Εντός της περιοχής έρευνας απαντώνται τέσσερεις τύποι οικοτόπων (Sarika et al. 2018):

- 1210: Μονοετής βλάστηση μεταξύ των ορίων πλημμυρίδας και αμπώτιδας
- 1410: Μεσογειακά αλίπεδα *Juncetalia maritimi*
- 1420: Μεσογειακές και θερμοατλαντικές αλόφιλες λόχμες
- 72Α0: Καλαμιώνες

*1210: Μονοετής βλάστηση μεταξύ των ορίων πλημμυρίδας και αμπώτιδας*

Θερμοφυτική και αλονιτροφιλική βλάστηση, όπου κυριαρχούν τα είδη *Salsola tragus* και *Cakile maritima*, βρέθηκε να αποικίζει σε παραλίες στο Δέλτα του Σπερχειού, σε υποστρώματα με θαλάσσια άλατα και οργανική ύλη. Ο αντίστοιχος τύπος οικοτόπου κατανέμεται σε όλες τις ελληνικές ακτές, ιδίως στις ακτές της βόρειας Ελλάδας και κατά μήκος της Πελοποννήσου (Sarika et al. 2018).

*1410: Μεσογειακά αλίπεδα *Juncetalia maritimi**

Η βλάστηση των αλυκών της περιοχής είναι ένα μωσαϊκό τεσσάρων διαφορετικών σχηματισμών, όπου κυριαρχούν κυρίως το είδος *Sarcocornia perrenis* ή *Arthrocnemum macrostachyum* και σε μικρότερο βαθμό το *Halocnemum strobilaceum* ή *Limonium narbonnece* (Sarika et al. 2018). Η διαφοροποίηση αυτή γίνεται λόγω της υφής του εδάφους και της αλατότητας, καθώς και το υδατινό στοιχείο την πλημμυρίδα και την αμπώτιδα ή της ξηρασίας στην περιοχή. Όσον αφορά τα μωσαϊκά που κυριαρχούνται από το *Sarcocornia perrenis* είναι αρκετά παρόμοια με το *Salicornietum radicans* που αναφέρθηκε από το δέλτα του Αξιού, στο Μεσολόγγι και στο δέλτα του ποταμού Έβρου. Οι σχηματισμοί που κυριαρχούνται από *Sarcocornia perrenis* συνήθως συνδέονται με *Puccinellia*



*festuciformis* και *Halimione portulacoides*, είναι μεταξύ των πιο συχνών και αντιπροσωπευτικών φυτοκοινωνιών αυτού του τύπου οικοτόπου της περιοχής και όχι μόνο (Sarika et al. 2018).

Τέλος, μια κοινότητα που κυριαρχείται από το *Limonium narbonense* συναντήθηκε σποραδικά και κατά μήκος των περιθωρίων των παράκτιων αλυκών της περιοχής μελέτης, σε εδάφη προσωρινά πλημμυρισμένα αλλά εκτεθειμένα στην καλοκαιρινή ξηρασία. Οι τούφες της κοινότητας αυτής ήταν κατανεμημένες σε περιοχές που γειτνιάζαν με κηλίδες που κυριαρχούνταν από *Sarcocornia perrenis*, σχηματίζοντας ένα μεταβατικό στάδιο προς τα πιο υγρά και λιγότερο ανθεκτικά στο αλάτι με κοινότητες *Juncetum maritime*. Μπορούν να κατατάσσονται στην τάξη *Limonietales*, λόγω του κυρίαρχου είδους και της σημαντικής παρουσίας του *Sarcocornia perrenis*, αλλά δεν μπορούν να ταξινομηθούν μαζί, καθώς είναι φτωχό χλωριδικά, πιθανώς λόγω της ανθρώπινης όχλησης (Sarika et al. 2018).

#### 1420: Μεσογειακές και θερμοατλαντικές αλόφιλες λόχμες

Δύο διακριτοί σχηματισμοί του *Juncetalia maritime* συναντήθηκαν στα αλμυρά λιβάδια της περιοχής μελέτης, ο ένας κυριαρχείται από *Juncus maritimus* ή από *Juncus acutus*, αντιπροσωπεύοντας την *Juncetum maritimoacuti* (Sarika et al. 2018).

#### 72A0: Καλαμιώνες

Οι κοινότητες των καλαμιώνων είναι από τους σχηματισμούς που κυριαρχούν στη φυσιογνωμία της βλάστησης του δέλτα του Σπερχειού. Είναι επίσης καλά ανεπτυγμένες στους παράκτιους υγρότοπους και αποστραγγιστικά κανάλια κατά μήκος της παράκτιας ζώνης του Μαλιακού κολπou (κοντά στα χωριά Σκάρφεια, Μώλο και Ανθήλη). Αυτός ο τύπος βλάστησης αποτελείται από καλάμια και ψηλά ελόφυτα και ανήκει στην κατηγορία *Phragmito-Magnocaricetea*. Το *Phragmitetum communis* είναι η πιο κοινή ένωση του τύπου οικοτόπου σε όλη την ακτογραμμή της περιοχής μελέτης με εύρωστες, πυκνές και ομοιόμορφες συστάδες σε ρηχά νερά με υφάλμυρο νερό (Sarika et al. 2018).

### 5.3. Η εκτροφή βούβαλων στην περιοχή έρευνας

Η καταλληλότητα του νεροβούβαλου (*Bubalus bubalis*) για χρήση σε στρατηγικές που στοχεύουν στη βιώσιμη διαχείριση των υγροτόπων της Ευρώπης διερευνήθηκε με βάση μια σχετικά εκτεταμένη ανασκόπηση της βιβλιογραφίας, που καταγράφηκε παραπάνω. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, το είδος διατηρείται με επιτυχία για την παραγωγή κρέατος σε δύσκολες υγροτοπικές περιοχές σε πολλά μέρη του κόσμου. Σε αντίθεση με τη δημοφιλή πεποίθηση, ο λόγος που ο νεροβούβαλος είναι ιδιαίτερα κατάλληλος για τη βόσκηση σε υγροτόπους δεν είναι επειδή είναι ιδιαίτερα καλός στην αφομοίωση της υγροτοπικής βλάστησης, αλλά λόγω του υψηλού επιπέδου προσαρμογής του στο περιβάλλον εκτροφής, του υψηλού ρυθμού πρόσληψης τροφής και του χαμηλού κόστους χρήσης. Στις συνθήκες της κεντρικής Ευρώπης, ωστόσο, οι πιθανές εξοικονομήσεις πόρων στην εκτροφή του περιορίζονται από την ανάγκη παροχής χειμερινής τροφής και το συγκριτικά υψηλό κόστος των συντελεστών παραγωγής. Ένα κρίσιμο σημείο στη διατήρηση του *Bubalus bubalis* είναι η αναπαραγωγική απόδοση των μητέρων αγελάδων. Εφόσον τηρούνται υψηλά πρότυπα βόσκησης και διαχείρισης της αγέλης, οι θετικές επιπτώσεις της οικολογικής διατήρησης του τοπίου μπορούν να συνδυαστούν με οικονομικά βιώσιμη παραγωγή κρέατος σε περιοχές όπως τα παράκτια αλμυρά λιβάδια.

Τα βοσκόντα ζώα στην περιοχή έρευνας είναι νεροβούβαλοι (*Bubalus bubalis*), που ανήκουν σε μία εκτροφή 110 περίπου ζώων (Εικόνες 9, 10). Ο κτηνοτρόφος της περιοχής επέλεξε τους βούβαλους λόγω της άριστης προσαρμογής τους στις υγροτοπικές συνθήκες καθώς είχε παραδείγματα από συναδέλφους του στη λίμνη Κερκίνη και αλλού, με νεροβούβαλους που ευημερούν στα υγροτοπικά ενδιαιτήματα. Είναι ζώα ανθεκτικά στις ασθένειες και οι απαιτήσεις σε τροφή τον χειμώνα είναι

σχετικά μικρές. Λόγω της μικρής διάρκειας του σταβλισμού τους, οι απαιτήσεις τους σε φροντίδα είναι μικρότερες σε σχέση με άλλα ζώα, όπως π.χ. αγελάδες γαλακτοπαραγωγής ή κρεοπαραγωγής. Κατά τη διάρκεια του σταβλισμού τους παρέχεται συμπληρωματική διατροφή αποτελούμενη από σανό, άχυρο και μίγμα από αλεσμένο καλαμπόκι, κριθάρι, πίτυρα και αλάτι, που χορηγούνται στα ζώα από τα τέλη Νοεμβρίου έως τα μέσα Απριλίου κάθε έτος. Οι βούβαλοι βόσκουν και κατά τους χειμερινούς μήνες, ειδικά όταν οι καιρικές συνθήκες είναι καλές (χωρίς χιόνι και πάγο).



**Εικόνα 9.** Νεροβούβαλοι (*Bubalus bubalis*) που περιμένουν στον στάλο (ηλεκτρική περίφραξη στην άνω ζώνη του αλμιρόβαλτου για τη φύλαξή τους τη νύχτα) για να βγουν για βόσκηση τις πρώτες πρωινές ώρες (Φωτογραφία: Ι. Καζόγλου).



**Εικόνα 10.** Οι νεροβούβαλοι νωρίς το πρωί πριν βγουν από τον στάλο (Φωτογραφία: Ι. Καζόγλου).

## 6. Υλικά και Μέθοδοι

Οι μέθοδοι που εφαρμόστηκαν στην παρούσα εργασία διακρίνονται σε τέσσερα μέρη:

(Α) Εδαφολογικές (εργασίες πεδίου για τη λήψη δειγμάτων εδάφους και εργασίες στο Εργαστήριο Εδαφολογίας για την επεξεργασία και ανάλυση των εδαφικών δειγμάτων),

(Β) Λιβαδοπονικές για την εκτίμηση της κάλυψης – σύνθεσης των λιβαδιών (εφαρμογή της μεθόδου γραμμής και σημείου στο πεδίο και επεξεργασία των δεδομένων),

(Γ) Λιβαδοπονικές για τον υπολογισμό της λιβαδικής παραγωγής και του ποσοστού βόσκησης (λήψη δειγμάτων φυτών σε αβόσκητες και βοσκημένες επιφάνειες), και

(Δ) Εργασίες πεδίου για τη λήψη επιλεγμένων δειγμάτων φυτών με σκοπό τον υπολογισμό της πρωτεΐνης (θρεπτική αξία βοσκήσιμης ύλης).

Οι εργασίες πεδίου έλαβαν χώρα στο Δέλτα του Σπερχειού την θερινή περίοδο του 2021. Στις 20 Ιουνίου έγινε η πρώτη αναγνωριστική επίσκεψη, ενώ οι δειγματοληψίες έγιναν από τις 7 έως και τις 16 Ιουλίου 2021. Οι εδαφολογικές αναλύσεις, περιλαμβανομένης της περιεκτικότητας φυτικών ιστών σε πρωτεΐνη, έγιναν στο Εργαστήριο Εδαφολογίας του Τμήματος Φυτικής παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος στη Λάρισα από τις 20 Σεπτεμβρίου έως τις 30 Οκτωβρίου 2021 υπό την επίβλεψη του καθηγητή Δρ Ν. Γκουγκουλιά. Οι υπόλοιπες εργασίες (χειρισμός, ξήρανση φυτικών δειγμάτων, επεξεργασία δεδομένων, αναζήτηση βιβλιογραφίας, συγγραφή της διατριβής) έγιναν στο Εργαστήριο Λιβαδοπονίας και Διαχείρισης Προστατευόμενων Περιοχών του Τμήματος Δασολογίας, Επιστημών Ξύλου και Σχεδιασμού (Καρδίτσα), και τα φυτά αναγνωρίστηκαν από τον αναπληρωτή καθηγητή Δρ Γεώργιο Φωτιάδη (Εργαστήριο Βοτανικής, Τμήμα Δασολογίας και Διαχείρισης Φυσικού Περιβάλλοντος (Καρπενήσι), Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών).

### 6.1. Μέρος Α: εδαφολογικές μέθοδοι

Όπως προαναφέρθηκε, η περιοχή έρευνας περιλαμβάνει εκτάσεις με αλοφυτική βλάστηση και εδάφη εποχικά ή περιοδικά πλημμυρισμένα με θαλασσινό νερό. Οι εδαφολογικές εργασίες έλαβαν μέρος με την εξής σειρά:

1. Δειγματοληψία εδαφικών δειγμάτων
2. Προετοιμασία των εδαφικών δειγμάτων στο εργαστήριο για ανάλυση
3. Μηχανική ανάλυση των εδαφικών δειγμάτων
4. Προσδιορισμός της οργανικής ουσίας του εδάφους
5. Αγωγιμότητα του εδάφους
6. Μέτρηση του pH του εδάφους
7. Προσδιορισμός του φωσφόρου στο έδαφος με τη μέθοδο Olsen
8. Προσδιορισμός του εναλλακτικού καλίου στο έδαφος
9. Προσδιορισμός του ολικού  $\text{CaCO}_3$  στο έδαφος
10. Προσδιορισμός του ολικού αζώτου N – ανόργανο ( $\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$ ) στο έδαφος
11. Προσδιορισμός πρωτεϊνών στους φυτικούς ιστούς

#### 6.1.1. Μεθοδολογία δειγματοληψίας εδαφών

Κατά τη δειγματοληψία των εδαφικών δειγμάτων στο πεδίο, λήφθηκαν δύο δείγματα (Δ) ανά ζώνη βλάστησης: τα Δ1 – Δ2 στον αλμυρόβαλτο, τα Δ3 – Δ4 στην μεταβατική ζώνη, τα Δ5 – Δ6 στο υγρό



ποολίβαδο, και τα Δ7 – Δ8 στην «τάπια», με ταυτόχρονη λήψη γεωγραφικών συντεταγμένων σε κάθε θέση (waypoints ή W/P).

Τα δείγματα λήφθηκαν με δειγματολήπτη εδάφους και αποθηκεύονταν σε πλαστικές σακούλες με αναγραφή των απαραίτητων δεδομένων σε κάθε δείγμα (Δ 1-8, ζώνη βλάστησης, συντεταγμένες, π.χ. Δ3 - M2 - W/P 596), όπως φαίνεται στις εικόνες 11 και 12.



**Εικόνα 11.** Δειγματοληψία εδάφους με ειδικό δειγματολήπτη σε βάθος 0 – 25cm (Φωτογραφία: Ι. Καζόγλου)



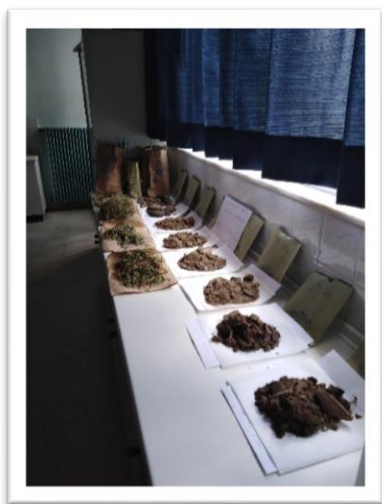
**Εικόνα 12.** Τοποθέτηση του δείγματος σε σακούλα από πολυαιθάνιο μετά τη δειγματοληψία (Φωτογραφία: Ι. Καζόγλου)

#### 6.1.2. Προετοιμασία των εδαφικών δειγμάτων στο εργαστήριο για ανάλυση

Τα δείγματα εδάφους μεταφέρθηκαν άμεσα στο εργαστήριο και απλώθηκαν πάνω σε χαρτί για να αεροξηρανθούν, σε χώρο που αερίζονταν καλά και μακριά από ατμούς οξέων και αμμωνίας. Η θερμοκρασία αεροξήρανσης ήταν 25° – 35° C (Εικόνα 13).

Η ξήρανση των δειγμάτων δεν γίνεται ποτέ σε πυριαντήριο ή φούρνο σε μεγάλες θερμοκρασίες > 100° C, γιατί αυτές οι θερμοκρασίες αλλοιώνουν πολύ τα αποτελέσματα. Δημιουργούν αντιδράσεις οι οποίες μεταβάλλουν τα αποτελέσματα του προσδιορισμού του pH, του εκχυλίσματος του φωσφόρου, του εναλλακτικού καλίου, των υδατοδιαλυτών αλάτων κ.λπ. (Τάντος 2005).

Αφού ξηράθηκαν τα δείγματα, τρίφτηκαν μέσα στο γουδί από πορσελάνη με προσοχή, ώστε να μην σπάσουν τα τεμάχια των πετρωμάτων. Στη συνέχεια, τα δείγματα κοσκινίστηκαν με κόσκινο, που έχει τρύπες με διάμετρο 2mm. Ότι έπεφτε από το κόσκινο αποτελούσε τη «λεπτή γη», η οποία αποτέλεσε το δείγμα των περεταιρω αναλύσεων. Τα δείγματα αποθηκεύτηκαν σε ειδικά χάρτινα δοχεία (Εικόνες 14-16).



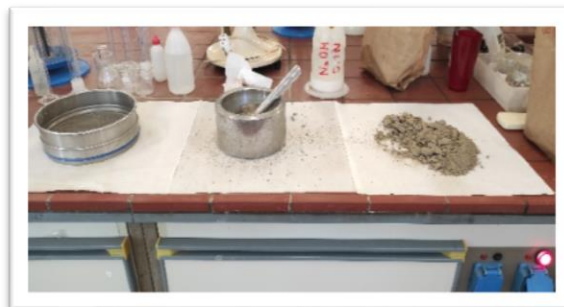
**Εικόνα 13.** Αεροξήρανση σε θερμοκρασία 25-35 °C (Φωτογραφία: Ι. Καζόγλου).



**Εικόνα 14.** Μεταλλικό γουδί που χρησιμοποιήθηκε για τη λειοτρίβιση του εδάφους (Φωτογραφία: Σ. Στεφανόπουλος).



**Εικόνα 15.** Κόσκινο 2mm που χρησιμοποιήθηκε στο εργαστήριο (Φωτογραφία: Σ. Στεφανόπουλος).

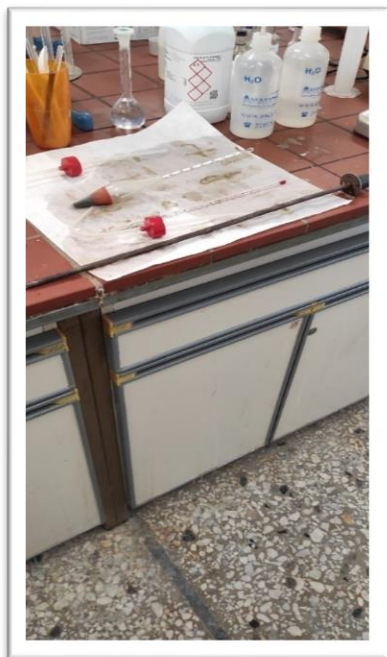


**Εικόνα 16.** Λειοτρίβιση και κοσκίνισμα εδαφικών δειγμάτων (Φωτογραφία: Σ. Στεφανόπουλος).

### 6.1.3. Μηχανική ανάλυση του εδάφους/ Μέθοδος Βουγιούκου

Υλικά και όργανα (Εικόνες 17, 18)

1. Ηλεκτρικός αναδευτήρας
2. Ογκομετρικός κύλινδρος Βουγιούκου εσωτερικής διαμέτρου 6,5cm και χαραγή στα 1130ml
3. Μηχανικός αναδευτήρας ανατάραξης του δείγματος στον κύλινδρο Βουγιούκου
4. Πυκνόμετρο Βουγιούκου
5. Θερμόμετρο
6. Χρονόμετρο



**Εικόνα 17.** Όργανα που χρησιμοποιούνται στη μέθοδο Βουγιούκου: θερμόμετρο, πυκνόμετρο ράβδος ανάδευσης (Φωτογραφία: Σ. Στεφανόπουλος).



**Εικόνα 18.** Ηλεκτρικός Αναδευτήρας (Φωτογραφία: Σ. Στεφανόπουλος).

#### *Αντιδραστήρια*

Μεταφωσφορικό νάτριο 1% ( $\text{NaPO}_3$ ), ή εξαμεταφωσφορικό νάτριο 1% ( $\text{Na}_6\text{P}_6\text{O}_{21}$ ) ως διασπορικό (Εικόνες 19, 20).





**Εικόνα 19.**  $\text{NaPO}_3$  (μεταφωσφορικό Νάτριο) αντιδραστήριο που χρησιμοποιήθηκε στη μέθοδο Βουγιούκου (Φωτογραφία: Σ. Στεφανόπουλος).



**Εικόνα 20.** Ποτήρια ζέσεως με 50g εδάφους από κάθε δείγμα και 40ml  $\text{NaPO}_3$  (μεταφωσφορικό Νάτριο) (Φωτογραφία: Σ. Στεφανόπουλος).



**Εικόνα 21.** Τα δείγματα σε αναμονή για την μέθοδο Βουγιούκου στο Εργαστήριο Εδαφολογίας του Τμήματος Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Λάρισα (Φωτογραφία: Σ. Στεφανόπουλος).

### Τεχνική

Σε ποτήρι ζέσεως των 500ml προσθέσαμε 50g εδαφικού δείγματος, 40ml  $\text{NaPO}_3$  που χρησιμοποιείται ως μέσο διασποράς για να αποφευχθούν προβλήματα συσσωμάτωσης και κροκίδωσης του λεπτόκοκκου υλικού, και 150ml αποσταγμένο νερό. Αναδεύσαμε για ένα λεπτό με μια γυάλινη ράβδο και την επόμενη ημέρα το υλικό τοποθετήθηκε στο δοχείο του ηλεκτρικού αναδευτήρα και συμπληρώνεται με αποσταγμένο  $\text{H}_2\text{O}$  μέχρι όγκου 500ml (Εικόνα 21).

Θέσαμε σε λειτουργία τον ηλεκτρικό αναδευτήρα για 10 λεπτά. Εν συνεχεία το εδαφικό αιώρημα μεταφέρθηκε στον ογκομετρικό κύλινδρο Βουγιούκου που συμπληρώθηκε με αποσταγμένο νερό μέχρις όγκου 1130ml έχοντας βυθισμένο και το πυκνόμετρο. Κατόπιν αφαιρέσαμε το πυκνόμετρο και με τον μηχανικό αναδευτήρα αναδεύσαμε μέχρι το μείγμα να γίνει ομοιογενές. Τοποθετήσαμε και πάλι το πυκνόμετρο στον ογκομετρικό κύλινδρο και πήραμε δύο μετρήσεις: μία ένδειξη του πυκνόμετρου μετά από 40sec και άλλη μία μετά από δύο ώρες. Με την κάθε ένδειξη του πυκνόμετρου

λήφθηκε και η αντίστοιχη θερμοκρασία του αιωρήματος. Η ένδειξη του πυκνόμετρου αναφέρεται στους 20°C, και επειδή το ιξώδες του αιωρήματος και η ταχύτητα καθίζησης των εδαφικών κλασμάτων εξαρτάται από τη θερμοκρασία, οι ενδείξεις του πυκνόμετρου διορθώνονται από τον τύπο:  $\Sigma\theta = (\text{Θερμοκρασία αιωρήματος} - 20) / 2,5$

Η διορθωμένη ένδειξη του πυκνόμετρου μετά από 40 sec (A') αντιστοιχεί στο άθροισμα ιλύος και αργίλου του εδάφους, εκφρασμένο σε g / βάρος δείγματος.

Η διορθωμένη ένδειξη του πυκνόμετρου μετά από 2 ώρες (B') αντιστοιχεί στην άργιλο που περιέχει το έδαφος, εκφρασμένο σε g / βάρος δείγματος.

Οπότε έχουμε:  $\text{Ιλύς}\% + \text{Άργιλος}\% + \text{Άμμος}\% = 100\%$

$(A') = \text{Ιλύς}\% + \text{Άργιλος}\%$

$(B') = \text{Άργιλος}\% \text{ και } \text{Άμμος}\% = 100 - (A')$

#### 6.1.4. Το pH του εδάφους

##### *Αντιδραστήρια, υλικά και όργανα*

Για τη διεργασία του pH του εδάφους χρειάστηκαν όργανα και υλικά τα οποία ήταν τα εξής:

1. Ποτήρι ζέσεως των 50ml
2. Ράβδος ανάδευσης
3. Πεχάμετρο
4. Αναδευτήρας

Επίσης χρειάστηκαν αντιδραστήρια όπως ρυθμιστικά διαλύματα με τιμές pH 7, 9 και 4 (Εικόνες 22-24).



**Εικόνα 22.** Προετοιμασία 20g εδαφικού δείγματος και προστίθεται σε ποτήρι ζέσεως των 50ml (Φωτογραφία: Σ. Στεφανόπουλος).



**Εικόνα 23.** Ανάδευση για 5 λεπτά με ράβδο και στη συνέχεια για μισή ώρα στον αναδευτήρα (Φωτογραφία: Σ. Στεφανόπουλος).



**Εικόνα 24.** Ρύθμιση του πεχάμετρου με ρυθμιστικά διαλύματα τιμών pH 7, 9 και 4 και τέλος, μέτρηση του pH του αιωρήματος (Φωτογραφία: Σ. Στεφανόπουλος).

#### Τεχνική

Σε ποτήρι ζέσεως των 50ml προστέθηκαν 20g εδαφικού δείγματος και 20 ml αποσταγμένο νερό. Ακολούθησε αρχικά ανάδευση για 5 min με την ράβδο ανάδευσης και, στη συνέχεια, ανάδευση για μισή ώρα στον αναδευτήρα. Το αιώρημα αφέθηκε σε ηρεμία για να καθιζάνει το έδαφος. Το πεχάμετρο ρυθμίζεται με ρυθμιστικά διαλύματα τιμών pH 7, 9 και 4 και, τέλος, μετρήθηκε το pH του αιωρήματος.

#### 6.1.5. Ανθρακικό ασβέστιο του εδάφους

##### Υλικά και όργανα

Συσκευή Bernard

##### Αντιδραστήρια

- Διάλυμα HCl 6N (1:2)
- Σκόνη CaCO<sub>3</sub>.

##### Τεχνική

Σε κωνική φιάλη της συσκευής Bernard τοποθετήσαμε από 1 – 10 g δείγματος εδάφους (ανάλογα με την περιεκτικότητα του εδάφους σε CaCO<sub>3</sub>), σε μικρό δοκιμαστικό σωλήνα τοποθετήσαμε 5ml HCl (1:2), ο δοκιμαστικός σωλήνας ήταν γεμάτος κατά τα 2/3 με το HCl, στη συνέχεια τοποθετήσαμε τον σωλήνα όρθιο στην κωνική φιάλη με προσοχή ώστε το HCl να μην διαβρέξει το έδαφος. Πωματίσαμε την κωνική φιάλη με το ειδικό πώμα που είναι συνδεδεμένο με τον ελαστικό σωλήνα της συσκευής και ισοσταθμίσαμε το υγρό περιεχόμενο που υπάρχει στο βαθμολογημένο σωλήνα με το υγρό της χοάνης της συσκευής. Με το ένα χέρι πιάσαμε την κωνική φιάλη και αναδεύαμε συνεχώς τη φιάλη φροντίζοντας το HCl να διαποτίσει το δείγμα, με ταυτόχρονο κατέβασμα της χοάνης με το άλλο χέρι, έτσι ώστε το επίπεδο του υγρού στη χοάνη να βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο με το επίπεδο του υγρού στο σωλήνα. Το παραγόμενο CO<sub>2</sub> συμπίεζε την στάθμη στον βαθμολογημένο σωλήνα και όταν τελείωσε, η στάθμη στον σωλήνα σταθεροποιήθηκε και ο βαθμολογημένος σωλήνας κατέγραψε έναν όγκο (V).

Ανάλογη μέτρηση έγινε με σάνταρ δείγμα 0,30 g καθαρού  $\text{CaCO}_3$  και ο εκλυόμενος όγκος σημειώνεται ως  $n$ .

Η περιεκτικότητα του ανθρακικού ασβεστίου στο έδαφος δίνεται από τον τύπο:  $\text{CaCO}_3 \% = V \times 0.3 \times 100 \cdot n \times \beta$ , όπου:

$V$ = τα ml του εκλυόμενου  $\text{CO}_2$  στην περίπτωση του εδαφικού δείγματος

$n$ = τα ml του εκλυόμενου  $\text{CO}_2$  στην περίπτωση του ανθρακικού ασβεστίου

$\beta$ = το βάρος του εδαφικού διαλύματος

#### 6.1.6. Οργανική ουσία του εδάφους

*Προσδιορισμός της οργανικής ουσίας του εδάφους με τη μέθοδο Walkley – Black*

*Υλικά και όργανα (Εικόνες 25-28)*

- Κωνικές φιάλες των 500ml
- Σιφώνιο των 10ml
- Ογκομετρικοί κύλινδροι: 10ml, 20ml, και 200ml

*Αντιδραστήρια*

- Διάλυμα  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  1N (49,04g/L)
- Πυκνό  $\text{H}_2\text{SO}_4$
- Πυκνό  $\text{H}_3\text{PO}_4$
- Διάλυμα διφαινυλαμίνης 0,45% (100ml π.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  + 20ml αποσταγμένο  $\text{H}_2\text{O}$  + 0.5g διφαινυλαμίνης)
- Διάλυμα  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  0.5N (139g + 15ml π.  $\text{H}_2\text{SO}_4$ /L)
- NaF



**Εικόνα 25.** Προσθήκη 1g εδαφικού δείγματος σε κωνική φιάλη 500ml και διάλυμα  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  1N (49,04g/L) (Φωτογραφία: Σ. Στεφανόπουλος).



**Εικόνα 26.** Προσθήκη 20ml πυκνού  $\text{H}_2\text{SO}_4$  μέσα στο διάλυμα (Φωτογραφία: Σ. Στεφανόπουλος).





**Εικόνα 27.** Ελαφριά περιστροφική ανακίνηση για 1min (Φωτογραφία: Σ. Στεφανόπουλος).



**Εικόνα 28.** Τελική μορφή διαλυμάτων οργανικής ουσίας (Φωτογραφία: Σ. Στεφανόπουλος).

### Τεχνική

Σε κωνική φιάλη των 500ml τοποθετήσαμε 1g εδαφικού δείγματος, 10ml διάλυμα  $K_2Cr_2O_7$  1N με σιφώνιο αναδεύοντας ελαφρά και περιστροφικά, και 20ml πυκνό  $H_2SO_4$  αναδεύοντας πάλι περιστροφικά για 1min. Στη συνέχεια αφήσαμε τη φιάλη να ηρεμήσει για 30min για να οξειδωθεί ο οργανικός άνθρακας. Ακολούθως προσθέσαμε 200ml αποσταγμένο νερό, 10ml πυκνό  $H_3PO_4$ , 0,2g NaF και περίπου 2ml από το διάλυμα του δείκτη. Ογκομετρήσαμε με το διάλυμα  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  0.5N μέχρι αλλαγής χρώματος από κυανό σε πράσινο. Επαναλάβαμε για έναν λευκό προσδιορισμό (χωρίς έδαφος) για να υπολογιστεί η ποσότητα του  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  0.5N που απαιτείται για την εξουδετέρωση των 10ml  $K_2Cr_2O_7$  1N. Το ποσοστό % του οργανικού άνθρακα στο έδαφος βρίσκεται από την σχέση:  $C (g) \% = 10 \times (1 - V_1/V_0) \times 0.003 \times f \times 100/\beta$ , όπου:

$V_1$ : τα ml του διαλύματος του  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  0.5N που καταναλώθηκαν στην ογκομέτρηση του δείγματος

$V_0$ : τα ml του διαλύματος του  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  0.5N που καταναλώθηκαν στην ογκομέτρηση του λευκού προσδιορισμού.

f: συντελεστής που αναφέρεται στο % ποσοστό του οργανικού άνθρακα που οξειδώνεται με τη μέθοδο αυτή. Δεχόμαστε ότι με τη μέθοδο αυτή δεν υπάρχει εξωτερική θέρμανση και κατά μέσο όρο το 77% του άνθρακα οξειδώνεται. Επομένως το  $f = 100/77 = 1.3$

$\beta$ : το βάρος του εδαφικού δείγματος που χρησιμοποιήθηκε.

0,003: συντελεστής μετατροπής 1ml διαλύματος  $K_2Cr_2O_7$  σε άνθρακα (1 greq  $K_2Cr_2O_7$  1N θα οξειδώσει 1 greq C =  $AB/4 = 12/4=3$ . Δηλαδή 1ml  $K_2Cr_2O_7$  1N  $\longrightarrow$   $3 \times 1/1000 = 0,003$  άνθρακα).

10: τα ml του  $K_2Cr_2O_7$  που χρησιμοποιήθηκαν.

Επειδή στην οργανική ουσία του εδάφους ο οργανικός άνθρακας είναι κατά μέσο όρο το 58%. Το % ποσοστό του C θα πρέπει να πολλαπλασιαστεί με τον συντελεστή  $1,724 = 100/58$ .

Επομένως η σχέση διαμορφώνεται ως εξής:

Οργανική ουσία (g) % =  $C \% \times 1.724 = (1 - V_1/V_0) \times 6.72 / \beta$  ή

Οργανική ουσία (g) % =  $(V_0 - V_1) \times 0.5 \times 0.67 / \beta$  όπου N η ικανότητα του διαλύματος του  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ .

#### 6.1.7. Αλατότητα του εδάφους – Παραλαβή του εκχυλίσματος 1:5 (έδαφος/νερό)

Υλικά και όργανα

- Κωνική φιάλη των 250ml

- Ογκομετρικός κύλινδρος των 100ml
- Συσκευή ανακίνησης

### Τεχνική

Σε κωνική φιάλη των 250ml προσθέσαμε 20g εδαφικού δείγματος, 100ml αποσταγμένο νερό και ανακινήσαμε το μείγμα για 30 λεπτά. Αφήσαμε το έδαφος να καθιζάνει, διηθήσαμε και παραλάβαμε το εκχύλισμα (Εικόνες 29, 30).



**Εικόνα 29.** Διήθηση του εδαφικού διαλύματος (Φωτογραφία: Σ. Στεφανόπουλος).



**Εικόνα 30.** Παραλαβή του εκχυλίσματος και μέτρηση στο αγωγιμόμετρο (Φωτογραφία: Σ. Στεφανόπουλος).

### 6.1.8. Προσδιορισμός εναλλακτικού καλίου του εδαφικού εκχυλίσματος

Για το υδατοδιαλυτό K (κάλιο) παρασκευάσαμε διάλυμα γνωστής συγκέντρωσης K (Stock K)= 10meq/L από KCl (Χλωριούχο κάλιο), δηλαδή 0,7455 g KCl/L.

Με την χρήση του τύπου αραιώσης:  $C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$  από το Stock διάλυμα K παρασκευάσαμε 5 Standard διαλύματα K από (0 μέχρι 1) meqK/L. Υπολογίσαμε στο φλογοφωτόμετρο (στο φίλτρο K) τις εντάσεις εκπομπής των Standard διαλυμάτων και του εδαφικού εκχυλίσματος. Σχηματίσαμε εξίσωση αναφοράς μόνο από τα Standard διαλύματα K και από τις αντίστοιχες εντάσεις και με την βοήθεια της εξίσωσης αναφοράς προσδιορίσαμε τη συγκέντρωση του K (meqK/L) στο εκχύλισμα κατά τα γνωστά.

### Αντιδραστήρια

- Διάλυμα οξικού αμμωνίου ( $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ ) 1N. Ζυγίσαμε 77,08 gr  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  και τα διαλύσαμε σε ένα λίτρο αποσταγμένο νερό. Το pH του διαλύματος πρέπει να είναι 7,0. Αν δεν είναι, τότε προσθέτουμε  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ , αν το pH είναι μεγαλύτερο του 7,0 και  $\text{NH}_4\text{OH}$  αν το pH είναι μικρότερο του 7,0. Η ρύθμιση γίνεται με το πεχάμετρο.
- Διάλυμα Χλωριούχου καλίου (KCl) 10 me/l (για την παρασκευή των Standards). Ζυγίσαμε 0,745gr KCl και τα διαλύσαμε σε ένα λίτρο αποσταγμένο νερό.

### Όργανα

- Αναλυτικός ζυγός
- Ογκομετρικές φιάλες των 1000ml (2)



- Ογκομετρικές φιάλες των 100ml (8)
- Γυάλινα χωνιά
- Σιφώνια των 1, 2, 5, 10ml
- Διηθητικό χαρτί
- Φυγόκεντρο συσκευή
- Φλογοφωτόμετρο



**Εικόνα 31.** 4gr εδάφους στον αναλυτικό ζυγό (Φωτογραφία: Σ. Στεφανόπουλος).



**Εικόνα 32.** Θερμαινόμενος αναδευτήρας τύπου Velp ARE με διάλυμα  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  1N (Φωτογραφία: Σ. Στεφανόπουλος).



**Εικόνα 33.** Τα σωληνάρια μπαίνουν στην φυγόκεντρο τύπου Boeco C-28A για 5' (Φωτογραφία: Σ. Στεφανόπουλος).



**Εικόνα 34.** Τα διαλύματα (Standard και διαλύματα εδαφών) έτοιμα για το φλογοφωτόμετρο (Φωτογραφία: Σ. Στεφανόπουλος).

### Τεχνική

Ζυγίσαμε 4gr εδάφους στον αναλυτικό ζυγό και τα βάλουμε σε σωλήνα φυγοκέντρισης. Προσθέσαμε 33ml  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  1N, πωματίσαμε των σωλήνα και τον ανακινήσαμε σε μηχανικό αναδευτήρα ή με το χέρι για 5' (Εικόνες 31-34).

Απομακρύνουμε το πώμα του σωλήνα και φυγοκεντρίσαμε στις 1500 στροφές/λεπτό για 5' (μέχρι το διάλυμα να γίνει διαυγές). Πρέπει στη φυγόκεντρο βάλουμε και δεύτερο σωλήνα αντιδιαμετρικά με το ίδιο βάρος περιεχομένου για ζυγοστάθμιση της φυγοκέντρου.

Στη συνέχεια διηθήσαμε με υπερκείμενο υγρό σε ογκομετρική φιάλη των 100ml και επαναλάβαμε την διαδικασία άλλες δύο φορές, δηλαδή προσθέσαμε 33ml  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  1N στον σωλήνα και τον ανακινήσαμε, φυγοκεντρίσαμε και συγκεντρώσαμε το διήθημα στην ογκομετρική φιάλη των 100ml.

Συμπληρώσαμε την φιάλη με αποσταγμένο νερό μέχρι την χαραγή και σ' αυτό το διάλυμα προσδιορίσαμε το κάλιο.

Ο προσδιορισμός γίνεται στο φλογοφωτόμετρο και η συγκέντρωση εκφράζεται σε me/100g ξηρού εδάφους.

Παρασκευάσαμε πρώτα Stock διάλυμα KCl me/l. Ζυγίσαμε 0,745gr KCl και τα διαλύσαμε σε ένα λίτρο αποσταγμένο νερό. Στην συνέχεια παρασκευάσαμε τα standard 0, 0,1, 0,2, 0,4, 0,6, 0,8, 1 me/l, σε ογκομετρικές φιάλες των 100ml.

Στην συνέχεια μετρήσαμε το δείγμα και τα standard στο φλογοφωτόμετρο με το μικρότερο standard (0) για το 0 της κλίμακας και το μεγαλύτερο standard (1 me) για το 100 της κλίμακας.

#### 6.1.9. Προσδιορισμός των εναλλακτικών κατιόντων K σε όξινα και ουδέτερα εδάφη (μέθοδος του $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ pH=7)

##### Εναλλακτικά κατιόντα K

Τα εναλλακτικά κατιόντα K στο εκχύλισμα προσδιορίστηκαν με το φλογοφωτόμετρο.

Παρασκευάστηκε Stock διάλυμα= 10meq K/L από KCl, δηλαδή (0,7455g KCl/L). Με τη χρήση του τύπου της αραιώσης:  $C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$  από το Stock διάλυμα K παρασκευάστηκαν 5 Standard διαλύματα K (0-0,2-0,4-0,8-1) meqK/L. Στη συνέχεια μετρήθηκαν οι εντάσεις εκπομπής ακτινοβολίας των Standard διαλυμάτων και του εδαφικού εκχυλίσματος στο φλογοφωτόμετρο. Από τις συγκεντρώσεις των Standard διαλυμάτων και τις αντίστοιχες εντάσεις καταγραφής του εκχυλίσματος, με τη βοήθεια του Excel σχηματίστηκε καμπύλη αναφοράς με την εξίσωση συσχέτισης. Τοποθετήθηκε στην εξίσωση συσχέτισης η ένταση εκπομπής του δείγματος (στη θέση του Y) και βρέθηκε το (X), που αντιστοιχεί στην συγκέντρωση του K (meq/L) του διαλύματος. Έστω a meq K/L η συγκέντρωση από την καμπύλη αναφοράς.

Αφού σε 1000ml διαλύματος περιέχονται	A meq K
Στα 100ml διαλύματος (ο όγκος του εκχυλίσματος)	X;

$$X = a/10 \text{ meqNa}$$

Όσα όμως meq Na περιέχονται στα 100ml από το εκχύλισμα τόσα περιέχονται και στα 4g εδάφους που ζυγίστηκαν. Επομένως:

Τα 4g εδάφους περιέχουν	a/10 meq Na
Στα 100g εδάφους	X;

$$X = a \times 100/4 \times 10 \text{ meqK}$$

Γενικά ένα μέσης σύστασης έδαφος θεωρείται πτωχό σε εναλλακτικά κατιόντα K όταν η περιεκτικότητά του είναι < 120 ppm K και πλούσιο όταν η περιεκτικότητά του είναι > 240ppm K.

### 6.1.10. Προσδιορισμός του ολικού αζώτου στο έδαφος με υγρή καύση (μέθοδος Kjeldahl)

#### Υλικά και όργανα

- Συσκευή πέψης αζώτου κατά Kjeldahl
- Αποστακτική συσκευή αζώτου Kjeldahl
- Κωνικές φιάλες των 250ml
- Ογκομετρικός κύλινδρος των 50ml και των 100ml
- Προχοΐδα

#### Αντιδραστήρια

- Καταλύτης: Ομογενές μείγμα (95g NaSO<sub>4</sub> + 2g Se +1,5g CuSO<sub>4</sub>) ή ομογενές μείγμα (95g K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + 1g Se +10g CuSO<sub>4</sub> 5H<sub>2</sub>O).
- Κρυσταλλικό θειοθειικό νάτριο (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·5H<sub>2</sub>O) ή διάλυμα 30%
- Μεικτός δείκτης: (0,1g πράσινη βρωκεζόλη + 0,07g ερυθρό του μεθυλίου)/100ml αιθανόλη.
- Διάλυμα H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> 2% χρώματος σκούρου μωβ. (Σε 1L διαλύματος του οξέος προστίθενται και 10ml του μεικτού δείκτη).
- H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,1N ή HCl 0,1 (τιτλοδοτημένα του εμπορίου)
- Διάλυμα σαλικυλικού οξέος 4g/100ml πυκνό H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.
- Διάλυμα NaOH 40%



**Εικόνα 35.** Συσκευή πέψης Kjeldahl τύπου VELP. Τοποθετημένο 1g εδάφους και 5ml σαλικυλικού οξέος και στη συνέχεια καταλύτης και κρυσταλλικό θειοθειικό νάτριο (Φωτογραφία: Σ. Στεφανόπουλος).



**Εικόνα 36.** Το διάλυμα της φιάλης μέχρι να γίνει διαυγές πράσινο η συσκευή παραμένει σε λειτουργία (Φωτογραφία: Σ. Στεφανόπουλος).

#### Τεχνική

Σε σωλήνα πέψης της συσκευής Kjeldahl τοποθετήσαμε 1g εδαφικού δείγματος και 5ml από το διάλυμα του σαλικυλικού οξέος. Αφήσαμε το δείγμα σε ηρεμία για 30min. Στη συνέχεια προσθέσαμε 1g καταλύτη και 1g κρυσταλλικό θειοθειικό νάτριο. Τοποθετήσαμε το σωλήνα στη συσκευή πέψης και θέσαμε σε λειτουργία τη συσκευή στους 350-400 °C μέχρι το περιεχόμενο της φιάλης να γίνει διαυγές πράσινο. Συγχρόνως παρασκευάσαμε και ένα τυφλό δείγμα χωρίς έδαφος (Εικόνες 35, 36).

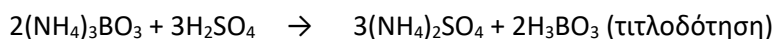
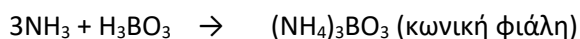
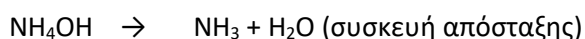
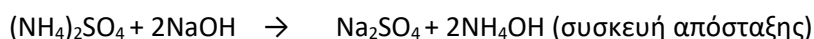
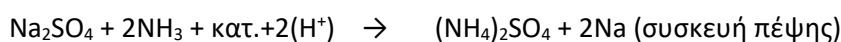
Το σαλικυλικό οξύ έχει ως σκοπό να εμποδίσει την απώλεια των νιτρικών και νιτροδών μορφών αζώτου. Το μείγμα των καταλυτών έχει ως σκοπό να ανεβάζει το σημείο βρασμού και να επιταχύνει την οξείδωση της οργανικής ουσίας. Το θειοθειικό νάτριο έχει ως σκοπό την επιτάχυνση της αναγωγής των νιτροσαλικυλικών ενώσεων σε αμμωνιακές μορφές.

Μετά το τέλος της πέψης, αφού κρύωσαν οι σωλήνες, προσθέσαμε 80ml αποσταγμένο νερό. Στις αντίστοιχες θέσεις της αποστακτικής συσκευής Kjeldahl, τοποθετήθηκε κωνική φιάλη των 250ml με 50ml από το διάλυμα του  $H_3BO_3$  (χρώματος σκούρου μωβ) και τον σωλήνα πέψης. Προσθέσαμε στον σωλήνα πέψης 50ml NaOH 40% και θέσαμε σε λειτουργία τη συσκευή απόσταξης. Με την προσθήκη του NaOH απελευθερώνεται η αμμωνία και συλλέγεται στο διάλυμα του  $H_3BO_3$ . Με την προσθήκη της αμμωνίας στο διάλυμα του  $H_3BO_3$  το χρώμα του δείκτη γίνεται πράσινο (Εικόνες 37. 38). Μετά την συλλογή ολόκληρης της ποσότητας της αμμωνίας κλείνεται η συσκευή απόσταξης.

Τέλος ογκομετρήσαμε το περιεχόμενο των δύο κωνικών (δείγμα και τυφλό) με διάλυμα  $H_2SO_4$  0,1N μέχρι αλλαγής του χρώματος από πράσινο σε μωβ. Το ποσοστό του ολικού αζώτου δίνεται από την σχέση:  $N\% = ((A-L) \times N \times 0,14 \times 100) / B$  όπου:

- A: Τα ml του  $H_2SO_4$  που καταναλώθηκαν κατά την ογκομέτρηση του δείγματος
- L: Τα ml του  $H_2SO_4$  που καταναλώθηκαν κατά την ογκομέτρηση του τυφλού προσδιορισμού
- N: Η κανονικότητα του διαλύματος του  $H_2SO_4$  που χρησιμοποιήθηκε κατά την τιτλοδότηση
- B: Το βάρος του δείγματος που χρησιμοποιήθηκε

Η αμμωνία σε όλη την διαδικασία ακολουθεί την παρακάτω πορεία:



**Εικόνα 37.** Διάλυμα  $H_2SO_4$  0,1N από το σιφώνιο προς την κωνική φιάλη ανά σταγόνα έως όπου γίνει από πράσινο μωβ (Φωτογραφία: Σ. Στεφανόπουλος).



**Εικόνα 38.** Μετατροπή του διαλύματος από πράσινο σε μωβ. Ογκομέτρηση του διαλύματος που ξοδεύτηκε (Φωτογραφία: Σ. Στεφανόπουλος).



### 6.1.11. Προσδιορισμός αφομοιώσιμου Φωσφόρου (P) του εδάφους με τη μέθοδο Olsen

#### Υλικά και όργανα

- Κωνικές φιάλες των 250ml
- Ογκομετρικές φιάλες των 50ml και των 100ml
- Ογκομετρικοί κύλινδροι των 50ml
- Συσκευή ανακίνησης
- Φασματοφωτόμετρο

#### Αντιδραστήρια

- Διάλυμα NaOH 1N, (40g/L)
- Διάλυμα NaHCO<sub>3</sub> 1N, (42g/L), ρυθμίζουμε το pH στο 8,5 με διάλυμα NaOH 1N σε όγκο διαλύματος 800ml και στη συνέχεια συμπληρώνουμε μέχρι τη χαραγή.
- Ενεργός άνθρακας καθαρός (ο καθαρισμός του άνθρακα γίνεται με προσθήκη 500ml διαλύματος NaHCO<sub>3</sub> 1N σε 50g άνθρακα, ανακίνηση για 2 ώρες και στη συνέχεια διήθηση και ξέπλυμα, δύο φορές με διάλυμα NaHCO<sub>3</sub> 1N και δύο φορές με αποσταγμένο νερό). Ο καθαρισμός του άνθρακα μπορεί να γίνει και με αντικατάσταση του NaHCO<sub>3</sub> 1N από το HCl 3N, η διαδικασία καθαρισμού είναι ίδια.
- Δείκτης p-nitrophenol. Διαλύουμε (0,28 g/100ml)
- Διάλυμα (α). Μολυβδαινικό αμμώνιο (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>·4H<sub>2</sub>O (6g/100ml αποσταγμένο νερό).
- Διάλυμα (β). Τρυγικό καλιοαντιμόνιο KsbO<sub>3</sub>·C<sub>4</sub>H<sub>4</sub>O<sub>8</sub>· 1/2H<sub>2</sub>O (Antimony potassium tartrate (0,149g/100ml αποσταγμένο νερό).
- Διάλυμα (γ). H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 5N. (140ml π. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/L αποσταγμένο νερό).
- Διάλυμα (Α). (100ml μολυβδαινικού αμμωνίου 6% +100ml τρυγικό καλιοαντιμόνιο 0,149% + 500ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 5N)/L.
- Διάλυμα ασκορβικού οξέος (0,528g/100ml του διαλύματος (Α), (παρασκευάζεται καθημερινά).
- Stock διάλυμα P 100mg/L. (0,4394g KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> / L ή 0,5747 g NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> / L), κατά την παρασκευή του Stock διαλύματος προσθέτουμε στην φιάλη των 1000ml και 3ml π. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> Stock διάλυμα P 10mg/L.

#### Τεχνική

Σε κωνική φιάλη των 250ml προσθέσαμε 5g εδαφικού διαλύματος και 100ml διαλύματος NaHCO<sub>3</sub> 1N. Την τοποθετήσαμε στη συσκευή ανακίνησης για 30 λεπτά. Το μείγμα διηθείται με ηθμό Whatman No. 40 και συλλέγεται σε ογκομετρική φιάλη των 100ml. Εάν το διήθημα δεν είναι διαυγές τότε τοποθετείται σε μια κωνική φιάλη των 250ml μαζί με 1g καθαρό άνθρακα και ανακινείται για 10 λεπτά στη συσκευή ανακίνησης. Στη συνέχεια διηθείται σε ογκομετρική φιάλη των 100ml. Εάν και πάλι το διήθημα δεν είναι διαυγές επαναλαμβάνεται η διαδικασία ακόμη μία φορά. Συγχρόνως παρασκευάζεται και ένα τυφλό δείγμα (δείγμα χωρίς έδαφος) (Εικόνες 39-42).

Μεταφέραμε με σιφώνιο 5ml από το διαυγές διήθημα που περιέχει τον αφομοιώσιμο P και 5ml από το τυφλό διήθημα σε ογκομετρικές φιάλες των 50ml. Στην συνέχεια προσθέσαμε σε κάθε φιάλη από 1 σταγόνα δείκτη p-nitrophenol και παράχθηκε κίτρινο χρώμα. Τα διαλύματα αποχρωματίστηκαν προσθέτοντας σταγόνα-σταγόνα από το διάλυμα του H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 5N, ενώ μετά τον αποχρωματισμό δεν προστέθηκε άλλη σταγόνα H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 5N (pH διαλύματος= 5). Στη συνέχεια προσθέσαμε 20ml αποσταγμένο νερό και 4ml από το διάλυμα του ασκορβικού οξέος, και συμπληρώσαμε τις ογκομετρικές φιάλες με αποσταγμένο νερό μέχρι τη χαραγή.

Συγχρόνως προετοιμάσαμε και Standards διαλύματα με την ίδια διαδικασία. Από το Stock διάλυμα P 10 mg/L παρασκευάζονται 5 standard διαλύματα από (0 μέχρι 1) mg P/L σε ογκομετρικές φιάλες

των 50ml που περιέχουν μικρή ποσότητα αποσταγμένου νερού και δεν συμπληρώνονται μέχρι την χαραγή. Κατόπιν προστίθεται από μια σταγόνα δείκτη p-nitrophenol, ρυθμίζεται το pH, προστίθενται 4ml διαλύματος ασκορβικού οξέος σε κάθε standard διάλυμα και συμπληρώνονται οι φιάλες μέχρι την χαραγή με αποσταγμένο νερό. Το εδαφικό εκχύλισμα, το τυφλό και τα standard διαλύματα μετά την παραμονή 30 λεπτών μετρώνται στο φασματοφωτόμετρο στα 665 ή 882nm. Από τις συγκεντρώσεις των Standard διαλυμάτων και τις αντίστοιχες απορροφήσεις σχηματίζουμε την καμπύλη με την εξίσωση αναφοράς. Τοποθετούμε στην εξίσωση αναφοράς την ένταση απορρόφησης του δείγματος αφού αφαιρέσουμε την απορρόφηση του λευκού προσδιορισμού. Έστω ότι το δείγμα μας έδωσε ένδειξη οργάνου = 0,134

Ο λευκός προσδιορισμός = 0,032

Τότε στην εξίσωση αναφοράς τοποθετούμε την διαφορά τους, δηλαδή  $\Delta = 0,134 - 0,032 = 0,102$



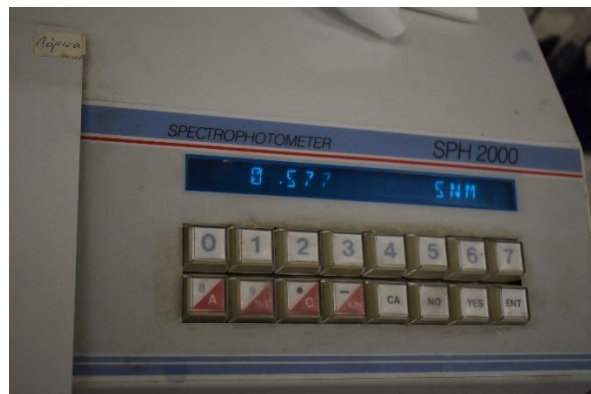
**Εικόνα 39.** Έδαφος και διάλυμα  $\text{NaHCO}_3$  1N μπαίνουν στην συσκευή για 30 λεπτά (Φωτογραφία: Σ. Στεφανόπουλος).



**Εικόνα 40.** Αφού διηθηθεί, προστίθεται 1 σταγόνα δείκτη p-nitrophenol και λαμβάνουν κίτρινο χρώμα (Φωτογραφία: Σ. Στεφανόπουλος).



**Εικόνα 41.** Προσθέτοντας, σταγόνα-σταγόνα, σε κάθε φιάλη διάλυμα του  $\text{H}_2\text{SO}_4$  5N, το διάλυμα από κίτρινο αποχρωματίζεται (Φωτογραφία: Σ. Στεφανόπουλος).



**Εικόνα 42.** Τα διαλύματα standard και μη, μπαίνουν στο Σπεκτοφωτόμετρο τύπου Perkin Elmer Lambda 20 UV VIS (Φωτογραφία: Σ. Στεφανόπουλος).

Για να βρούμε την περιεκτικότητα του P στο έδαφος πολλαπλασιάζουμε την συγκέντρωση που βρήκαμε από το γράφημα επί τον συντελεστή των αραιώσεων. Συντελεστής αραιώσεων:

- 5g εδάφους  $\rightarrow$  100ml εκχύλισμα = 20
- 5ml  $\rightarrow$  50ml = 10

Άρα η συνολική αραιώση =  $20 \times 10 = 200$

Επομένως η συγκέντρωση είναι:  $0,2268 \times 200 = 45,36 \text{ mg-P/Kg}$  εδάφους.



Ανάλογα με την περιεκτικότητα σε αφομοιώσιμο Ρ τα εδάφη κατατάσσονται σε κατηγορίες όπως παρουσιάζονται στον σχετικό πίνακα.

## 6.2. Μέρος Β: λιβαδοπονικές μέθοδοι για την εκτίμηση της κάλυψης και σύνθεσης των λιβαδιών

Για την εκτίμηση της κάλυψης της λιβαδικής βλάστησης στις τέσσερις ζώνες βλάστησης της περιοχής έρευνας (Α = Αλμυρόβαλτος, Μ = Μεταβατική ζώνη, Λ = υγρό ποολίβαδο / Λιβάδι, και Τ = «Τάπια») εφαρμόστηκε η μέθοδος της γραμμής και σημείου (Βραχνάκης και Κωστοπούλου 2006) με τρεις τυχαίες επαναλήψεις σε κάθε ζώνη (Εικόνες 43-46). Οι τομές (transects) είχαν μήκος 50 μέτρων έκαστη και η καταγραφή των φυτών με την δειγματοληπτική βελόνα (Εικόνα 47) γινόταν ανά ένα μέτρο (πρώτη επαφή φυτού με τη βελόνα, 50 καταγραφές ανά τομή, 150 καταγραφές συνολικά ανά ζώνη βλάστησης, 600 καταγραφές στο σύνολο των 4 ζωνών βλάστησης). Σε κάθε τομή βλάστησης, στα 5, 20, 35 και 50 μέτρα πραγματοποιήθηκαν και μετρήσεις φυτοποικιλότητας με τη χρήση δειγματοληπτικού πλαισίου 0,5 Χ 0,5 μ. με 25 υποπλαίσια (Εικόνες 48-50).

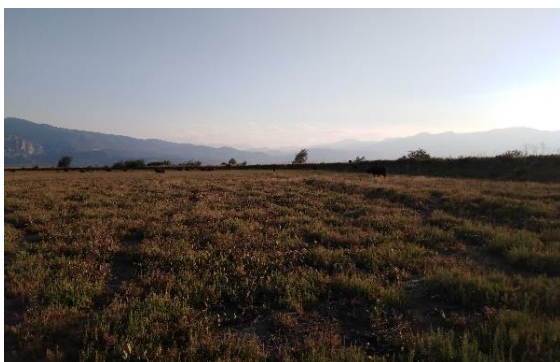
Η σύνθεση της λιβαδικής βλάστησης υπολογίστηκε από τα δεδομένα της κάλυψης (παραλείποντας τις κατηγορίες κάλυψης που δεν αφορούν σε φυτά).



**Εικόνα 43.** Στο βάθος αλμυρόβαλτος με πρώην στάλους του εκτροφέα βούβαλων (το ανάχωμα και ο Σπερχειός ποταμός βρίσκονται πίσω από τον φωτογράφο) (Φωτογραφία: Σ. Στεφανόπουλος).



**Εικόνα 44.** Στο βάθος η μεταβατική ζώνη και δεξιότερα η αρχή του υγρού ποολίβαδου (Λιβάδι / το ανάχωμα και ο Σπερχειός ποταμός βρίσκονται πίσω από τον φωτογράφο) (Φωτογραφία: Σ. Στεφανόπουλος).



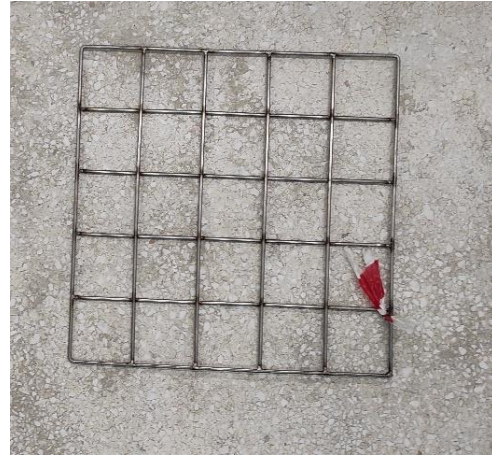
**Εικόνα 45.** Το λιβάδι και δεξιά το ανάχωμα (Φωτογραφία: Ι. Καζόγλου).



**Εικόνα 46.** Η «τάπια» στο προσκήνιο και αριστερά το ανάχωμα που την διαχωρίζει από το λιβάδι (δεξιά – δεν φαίνεται στην εικόνα – ο ποταμός Σπερχειός) (Φωτογραφία: Σ. Στεφανόπουλος).



**Εικόνα 47.** Βελόνα για τη μέθοδο γραμμής και σημείου (Φωτογραφία: Σ. Στεφανόπουλος).



**Εικόνα 48.** Πλαίσιο μέτρησης φυτοποικιλότητας (Φωτογραφία: Σ. Στεφανόπουλος).



**Εικόνα 49.** Τομή βλάστησης με τη μέθοδο γραμμής και σημείου στον αλμυρόβαλτο (Φωτογραφία: Ι. Καζόγλου).



**Εικόνα 50.** Τομή βλάστησης με τη μέθοδο γραμμής και σημείου στο υγρό ποολίβαδο (Φωτογραφία: Ι. Καζόγλου).

Για να εξασφαλιστεί η τυχαιότητα στην επιλογή της φοράς (κατεύθυνσης) της κάθε τομής βλάστησης, ένας ερευνητής πετούσε μία πέτρα με κλειστά μάτια προς τα πίσω. Η τομή ακολουθούσε την κατεύθυνση που ορίζονταν από τη θέση του ερευνητή και το σημείο πτώσης της πέτρας.

### 6.3. Μέρος Γ: λιβαδοπονικές μέθοδοι για τον υπολογισμό της λιβαδικής παραγωγής και του ποσοστού βόσκησης

Η συγκομιδή της λιβαδικής παραγωγής ανά ζώνη βλάστησης έγινε με τυχαία δειγματοληψία (πέταγμα του δειγματοληπτικού πλαισίου 0,5 X 0,5 μ. προς τα πίσω με κλειστά μάτια) τόσο σε βοσκημένες όσο και σε αβόσκητες επιφάνειες (από 3 πλαίσια σε κάθε επιφάνεια, Εικόνες 51-54). Οι αβόσκητες επιφάνειες εντοπίστηκαν στο νότιο τμήμα του Λιβαριού, σε θέση που διαχωρίζονταν από τα βοσκόμενα λιβάδια από ηλεκτροφόρα περίφραξη (Εικόνα 55). Με τον τρόπο αυτό συλλέχθηκαν συνολικά 12 + 12 δείγματα φυτών από τις 4 ζώνες βλάστησης. Η βλάστηση στα πλαίσια κόβονταν 1-2 εκ. πάνω από το έδαφος και η κομμένη βιομάζα τοποθετούνταν σε χάρτινες σακούλες.





**Εικόνα 51.** Ψαλίδι για τη συγκομιδή της υπέργειας λιβαδικής παραγωγής (Φωτογραφία: Σ. Στεφανόπουλος).



**Εικόνα 52.** Πλαίσιο ανοικτού τύπου (0,5 x 0,5)=0,25m<sup>2</sup>, ψαλίδι κοπής λιβαδικής παραγωγής και χαρτοσακούλες απόθεσης φυτικής βιομάζας. Τοποθεσία: Υγρό ποολίβαδο, πλησίον αναχώματος. (Φωτογραφία: Ι. Καζόγλου).



**Εικόνα 53.** Συλλογή δείγματος λιβαδικής παραγωγής στον αλμυρόβαλτο, σε εδάφη ενίοτε πλημμυρισμένα από θαλασσινό νερό (Φωτογραφία: Ι. Καζόγλου)



**Εικόνα 54.** Συλλογή δείγματος λιβαδικής παραγωγής στη μεταβατική ζώνη. Στο βάθος, ο στάλος του κοπαδιού (7/2021) (Φωτογραφία: Ι. Καζόγλου)



**Εικόνα 55.** Ηλεκτρική περίφραξη τοποθετημένη από τον εκτροφέα των βούβαλων στην περιοχή έρευνας (οι αβόσκητες επιφάνειες φαίνονται στο κάτω μέρος της εικόνας) (Φωτογραφία: Ι. Καζόγλου).

Στη συνέχεια, η κομμένη βιομάζα που συλλέχθηκε στο πεδίο (σε χαρτοσακούλες), τοποθετήθηκε σε αεριζόμενο εργαστηριακό χώρο για ξήρανση στον αέρα. Ακολούθως, τα δείγματα ζυγίστηκαν πριν μπουν στο φούρνο ξήρανσης και αργότερα το υλικό ξηράθηκε στον κλίβανο του εργαστηρίου στους 68 °C για 48 ώρες και ζυγίστηκε αμέσως μετά την ξήρανση με ζυγό ακριβείας (Εικόνες 56-58).



**Εικόνα 56.** Κλίβανος αποξηράνσης λιβαδικής παραγωγής. Μοντέλο: Shel Lab 1350 GX του Εργαστηρίου Λιβαδοπονίας και Διαχείρισης Προστατευόμενων Περιοχών, Τμήμα ΔΕΞΥΣ (Φωτογραφία: Σ. Στεφανόπουλος)



**Εικόνα 57.** Ζυγός ακριβείας (μοντέλο Kern PCB) (Φωτογραφία: Σ. Στεφανόπουλος).



**Εικόνα 58.** Δείγματα λιβαδικής παραγωγής προς ξήρανση στους 68° C για 48 ώρες (Φωτογραφία: Σ. Στεφανόπουλος).



6.4. Μέρος Δ: εργασίες πεδίου για τη λήψη επιλεγμένων δειγμάτων φυτών με σκοπό τον υπολογισμό της πρωτεΐνης (θρεπτική αξία βοσκήσιμης ύλης)

Οι συγκεκριμένες εργασίες έγιναν με σκοπό να προκύψει μια προκαταρκτική εκτίμηση της θρεπτικής αξίας της βοσκήσιμης ύλης των λιβαδιών της περιοχής έρευνας. Συλλέχθηκαν 10 δείγματα μετά από παρατήρηση της συμπεριφοράς των νεροβούβαλων κατά τη βόσκηση (συλλογή δειγμάτων κατά απομίμηση της βόσκησης). Στην ουσία παρατηρούσαμε τα ζώα από απόσταση για να δούμε τις προτιμήσεις τους σε είδη φυτών, διαδικασία που έγινε μαζί με τον συνεργάτη – βουβαλοτρόφο, ο οποίος υπέδειξε συγκεκριμένα είδη φυτών που τα ζώα του προτιμούν ιδιαίτερα (Εικόνα 59).



**Εικόνα 59.** Οι νεροβούβαλοι καθώς διασχίζουν τον Σπερχειό με κατεύθυνση προς τα ανάντι του ποταμού. Διακρίνεται ο συνεργάτης – κτηνοτρόφος στην «τάπια», ενώ πίσω από το ανάχωμα βρίσκονται οι υπόλοιπες 3 ζώνες βλάστησης (Φωτογραφία Σ. Στεφανόπουλος).



## 7. Αποτελέσματα

### 7.1. Μέρος Α: αποτελέσματα εδαφολογικών αναλύσεων

#### 7.1.1. Μηχανική ανάλυση του εδάφους

Σύμφωνα με το τριγωνικό διάγραμμα για την κοκκομετρική κατάταξη των εδαφών (Εικόνα 1), τα εδάφη ανάλογα με το (%) ποσοστό σε άμμο, άργιλο και ιλύς χαρακτηρίζονται από 12 κλάσεις υφής.

Σε κάθε πλευρά του τριγώνου αντιστοιχεί το ποσοστό από το κάθε κλάσμα της λεπτής γης σε κλίμακα διαβαθμισμένη από το 0 μέχρι και το 100. Το (%) ποσοστό της άμμου από ένα δείγμα εδάφους που βρίσκουμε από την μηχανική ανάλυση το σημειώνουμε στην πλευρά του τριγώνου που είναι διαβαθμισμένη η κλίμακα που αντιστοιχεί η άμμος και φέρνουμε παράλληλο προς την πλευρά του τριγώνου που είναι διαβαθμισμένη η κλίμακα της ιλύος. Στη συνέχεια, το (%) ποσοστό της άργιλου το σημειώνουμε στην πλευρά του τριγώνου που είναι η διαβαθμισμένη κλίμακα που αντιστοιχεί η άργιλος και φέρνουμε παράλληλη γραμμή προς την πλευρά του τριγώνου που είναι διαβαθμισμένη η κλίμακα της άμμου. Το σημείο που τέμνονται οι δυο παράλληλες ευθείες μέσα στο τρίγωνο, μας δίνει την κατηγορία της κοκκομετρικής κατάταξης (κλάση) του εδάφους.

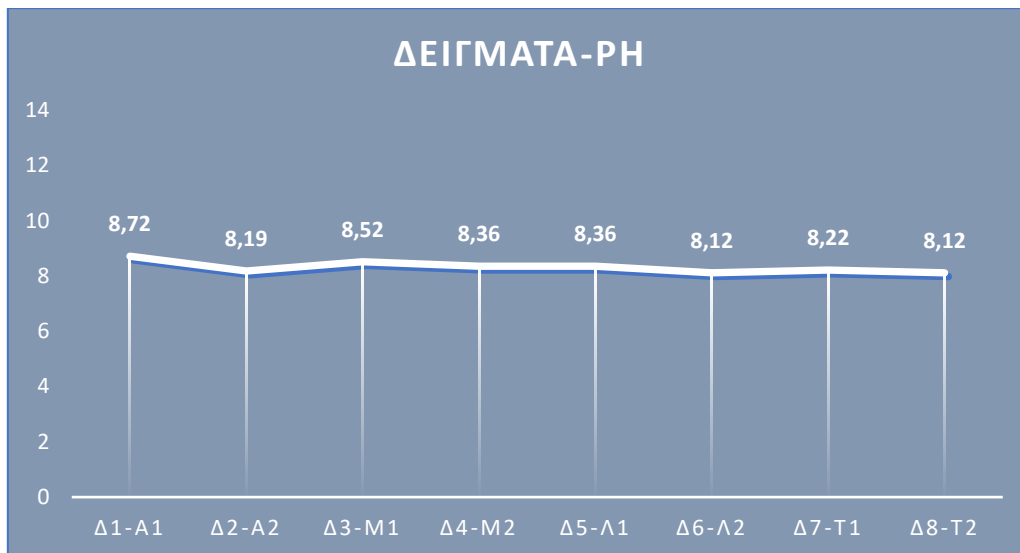
Τα αποτελέσματα για τα οκτώ δείγματα της παρούσας έρευνας δίδονται στον πίνακα 9. Τα εδάφη των δειγμάτων Δ1 (αλμυρόβαλτος), Δ7 και Δ8 («τάπια») είναι αργιλοπηλώδη (clay loam), ενώ όλα τα υπόλοιπα (Δ2 του αλμυρόβαλτος, Δ3 και Δ4 της μεταβατικής ζώνης, Δ5 και Δ6 του υγρού ποολίβαδου) είναι πηλώδη (loam), δηλαδή γενικώς «βαριά εδάφη».

**Πίνακας 9.** Αποτελέσματα μηχανικής ανάλυσης εδάφους των εδαφολογικών δειγμάτων (Δ1 – Δ8: τα 8 δείγματα που αναλύθηκαν, Α: αλμυρόβαλτος, Μ: μεταβατική ζώνη, Λ: λιθάδι (υγρό ποολίβαδο), Τ: «τάπια» (κοίτη ποταμού και ζώνη πλημμυρών εντός αναχωμάτων))

Χαρακτηρισμός δειγμάτων με βάση τη μηχανική ανάλυση του εδάφους				
Δείγματα	Άμμος %	Άργιλος %	Ιλύς %	Χαρακτηρισμός
Δ1-Α1	37.12	32.88	30.00	Clay loam
Δ2-Α2	41.12	10.88	48.00	Loam
Δ3-Μ1	39.12	18.88	42.00	Loam
Δ4-Μ2	41.12	16.88	42.00	Loam
Δ5-Λ1	39.12	16.88	44.00	Loam
Δ6-Λ2	39.12	22.88	38.00	Loam
Δ7-Τ1	39.12	32.88	28.00	Clay loam
Δ8-Τ2	39.12	38.88	22.00	Clay loam

#### 7.1.2. Απόδοση του pH του εδάφους

Οι τιμές του pH των δειγμάτων εδάφους δίδονται στην εικόνα 60. Όλες κυμαίνονται μεταξύ 8,12 (ελάχιστη τιμή) και 8,72 (μέγιστη τιμή), γεγονός που, σύμφωνα με τον πίνακα 7, κατατάσσει τα εδάφη αυτά στα μέτρια αλκαλικά.



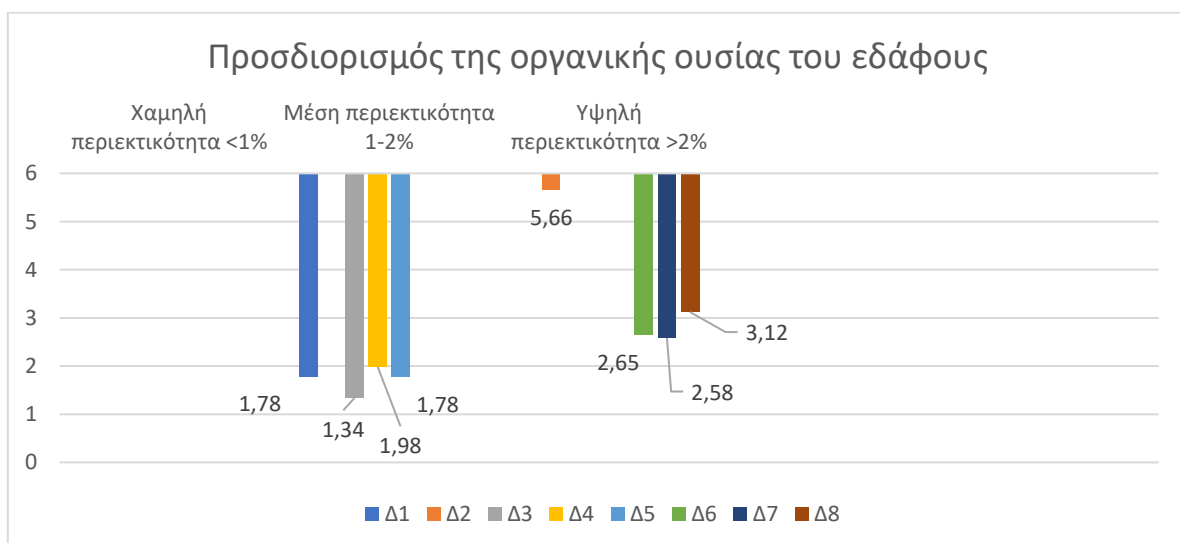
**Εικόνα 60.** Οι τιμές pH των οχτώ δειγμάτων εδάφους που λήφθηκαν από την περιοχή έρευνας (Δ1 – Δ8: τα 8 δείγματα που αναλύθηκαν, A: αλμυρόβαλτος, M: μεταβατική ζώνη, Λ: λιβάδι (υγρό ποολίβαδο), T: «τάπια» (κοίτη ποταμού και ζώνη πλημμυρών εντός αναχωμάτων))

### 7.1.3. Προσδιορισμός της οργανικής ουσίας του εδάφους

Η οργανική ουσία (%) των εδαφικών δειγμάτων βρέθηκε ίση με:

- Αλμυρόβαλτος: Δ1 = 1,78% και Δ2 = 5,66%,
- Μεταβατική ζώνη: Δ3 = 1,34% και Δ4 = 1,98%,
- Υγρό ποολίβαδο: Δ5 = 1,78% και Δ6 = 2,65%, και
- «Τάπια»: Δ7 = 2,58% και Δ8 = 3,12%.

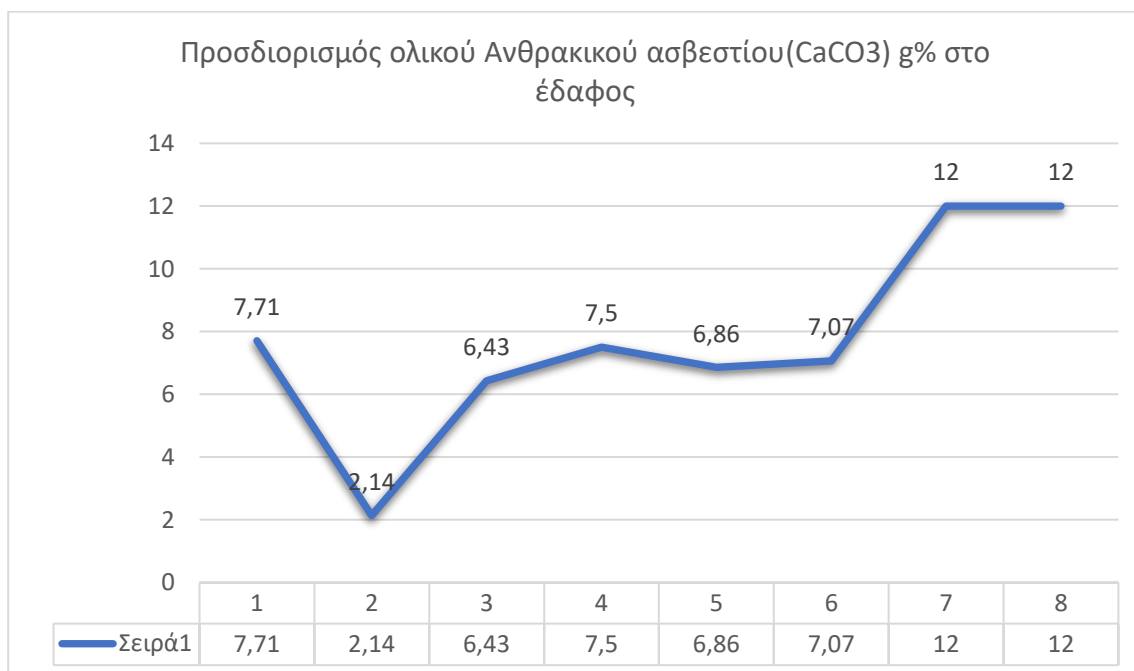
Η κατάταξη των εδαφών αυτών ως προς την περιεκτικότητα σε οργανική ουσία φαίνεται στην εικόνα 61. Τα δείγματα Δ1 (αλμυρόβαλτος), Δ3 και Δ4 (μεταβατική ζώνη) και Δ5 (λιβάδι) χαρακτηρίζονται ως εδάφη με μέση περιεκτικότητα σε οργανική ουσία, ενώ τα δείγματα Δ2 (αλμυρόβαλτος), Δ6 (λιβάδι), και Δ7 και Δ8 («τάπια») χαρακτηρίζονται ως εδάφη με υψηλή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία. Τα αποτελέσματα συνάδουν με την γενική διαπίστωση ότι τα «βαριά» εδάφη είναι συνήθως πιο πλούσια σε οργανική ουσία σε σχέση με τα χαλαρά εδάφη.



**Εικόνα 61.** Το (%) της οργανικής ουσίας των οχτώ δειγμάτων εδάφους που λήφθηκαν από την περιοχή έρευνας (Δ1 – Δ8: τα 8 δείγματα που αναλύθηκαν, A: αλμυρόβαλτος, M: μεταβατική ζώνη, Λ: λιβάδι (υγρό ποολίβαδο), T: «τάπια» (κοίτη ποταμού και ζώνη πλημμυρών εντός αναχωμάτων))

#### 7.1.4. Προσδιορισμός ολικού ανθρακικού ασβεστίου (CaCO<sub>3</sub>) g%

Η περιεκτικότητα (%) σε ολικό ανθρακικό ασβέστιο κυμάνθηκε σε τιμές από 2,14% έως 12% (Εικόνα 62), οι οποίες χαρακτηρίζουν όλα τα δείγματα ως πλούσια σε ανθρακικό ασβέστιο. Η χαμηλότερη τιμή καταγράφηκε στον αλμυρόβαλτο ( $\Delta 2 = 2,14\%$ ) και οι υψηλότερες τιμές στην «τάπια» ( $\Delta 7 = 12\%$  και  $\Delta 8 = 12\%$ ).



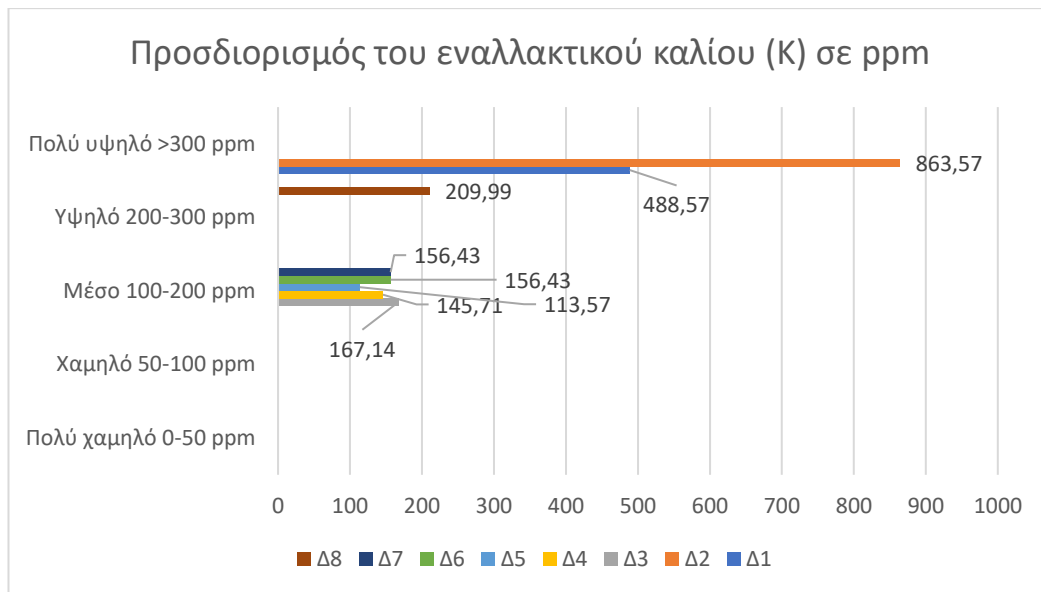
**Εικόνα 62.** Προσδιορισμός ολικού ανθρακικού ασβεστίου (CaCO<sub>3</sub>) g% των οχτώ δειγμάτων εδάφους που λήφθηκαν από την περιοχή έρευνας (1-8: τα 8 δείγματα που αναλύθηκαν, 1-2: αλμυρόβαλτος, 3-4: μεταβατική ζώνη, 5-6: λιβάδι (υγρό ποολίβαδο), 7-8: «τάπια» (κοίτη ποταμού και ζώνη πλημμυρών εντός αναχωμάτων))

#### 7.1.5. Προσδιορισμός εναλλακτικού καλίου (K) σε ppm

Οι τιμές εναλλακτικού καλίου σε ppm φαίνονται στην εικόνα 63 και έχουν ως εξής:

- Αλμυρόβαλτος:  $\Delta 1 = 488,57$  ppm
- Αλμυρόβαλτος:  $\Delta 2 = 863,57$  ppm
- Μεταβατική ζώνη:  $\Delta 3 = 167,14$  ppm
- Μεταβατική ζώνη:  $\Delta 4 = 145,71$  ppm
- Υγρό ποολίβαδο:  $\Delta 5 = 113,57$  ppm
- Υγρό ποολίβαδο:  $\Delta 6 = 156,43$  ppm
- «Τάπια»:  $\Delta 7 = 156,43$  ppm
- «Τάπια»:  $\Delta 8 = 209,99$  ppm

Όλες κυμαίνονται μεταξύ 113,57 ppm και 863,57 ppm, που χαρακτηρίζουν τα εδάφη ως μέσης ( $\Delta 3$ ,  $\Delta 4$ ,  $\Delta 5$ ,  $\Delta 6$  και  $\Delta 7$ ), υψηλής ( $\Delta 8$ ) έως πολύ υψηλής περιεκτικότητας ( $\Delta 1$ ,  $\Delta 2$ ) σε εναλλακτικό κάλιο.

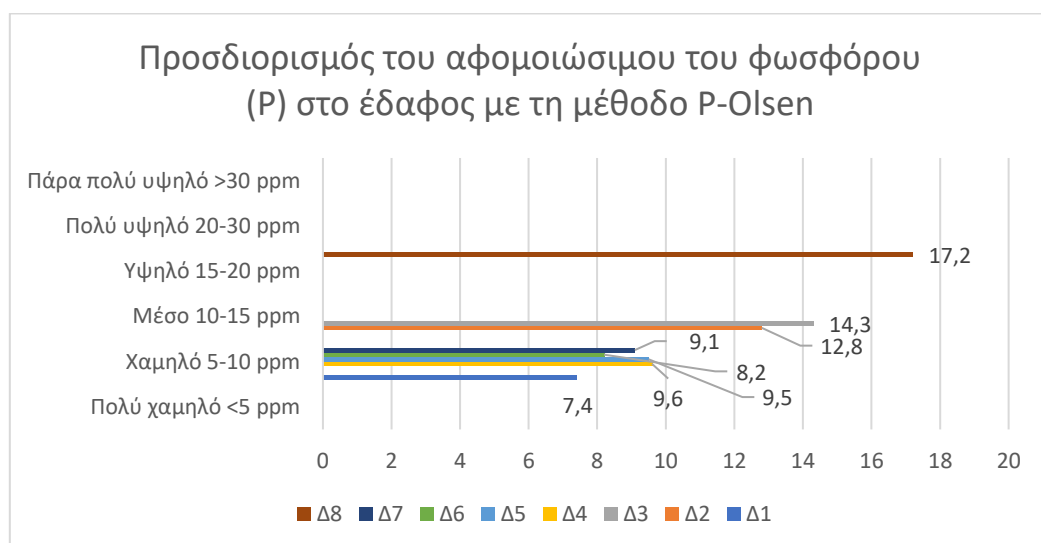


**Εικόνα 63.** Προσδιορισμός του εναλλακτικού καλίου (K) του εδάφους σε ppm των οχτώ δειγμάτων εδάφους που λήφθηκαν από την περιοχή έρευνας (Δ1-Δ8: τα 8 δείγματα που αναλύθηκαν, Δ1-Δ2: αλμυρόβαλτος, Δ3-Δ4: μεταβατική ζώνη, Δ5-Δ6: λιβάδι (υγρό ποολίβαδο), Δ7-Δ8: «τάπια» (κοίτη ποταμού και ζώνη πλημμυρών εντός αναχωμάτων))

#### 7.1.6. Προσδιορισμός Αφομοιώσιμου Φωσφόρου στο έδαφος με τη μέθοδο P- Olsen

Οι τιμές αφομοιώσιμου του φωσφόρου σε ppm φαίνονται στην εικόνα 64 και έχουν ως εξής:

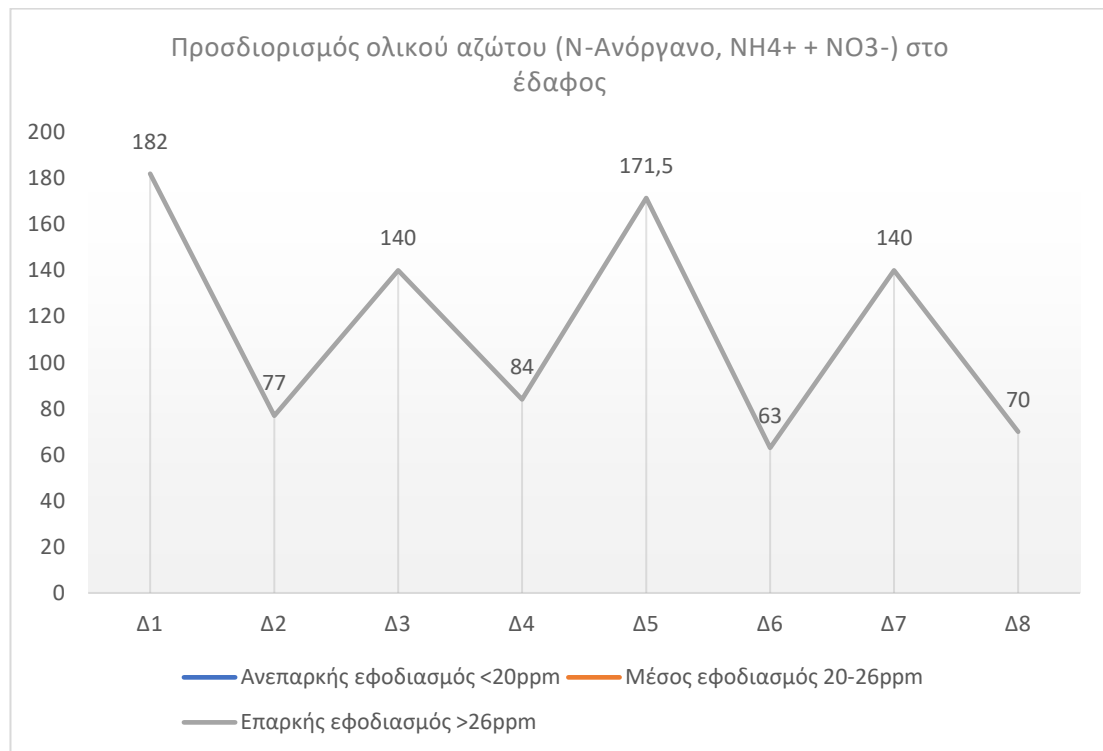
- Αλμυρόβαλτος: Δ1 = 7,4 ppm (χαμηλή περιεκτικότητα) και Δ2 = 12,8 ppm (μέση περιεκτικότητα)
- Μεταβατική ζώνη: Δ3 = 14,3 ppm (μέση περιεκτικότητα) και Δ4 = 9,5 ppm (χαμηλή περιεκτικότητα)
- Υγρό ποολίβαδο: Δ5 = 9,5 ppm (χαμηλή περιεκτικότητα) και Δ6 = 8,2 ppm (χαμηλή περιεκτικότητα)
- «Τάπια»: Δ7 = 9,1 ppm (χαμηλή περιεκτικότητα) και Δ8 = 17,2 ppm (υψηλή περιεκτικότητα)



**Εικόνα 64.** Προσδιορισμός του αφομοιώσιμου του φωσφόρου (P) στο έδαφος με τη μέθοδο P-Olsen (σε ppm) των οχτώ δειγμάτων εδάφους που λήφθηκαν από την περιοχή έρευνας (Δ1-Δ8: τα 8 δείγματα που αναλύθηκαν, Δ1-Δ2: αλμυρόβαλτος, Δ3-Δ4: μεταβατική ζώνη, Δ5-Δ6: λιβάδι (υγρό ποολίβαδο), Δ7-Δ8: «τάπια» (κοίτη ποταμού και ζώνη πλημμυρών εντός αναχωμάτων))

### 7.1.7. Προσδιορισμός ολικού αζώτου (N-Ανόργανο, $\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$ ) στο έδαφος

Οι τιμές ολικού αζώτου απεικονίζονται στην εικόνα 65 και έχουν ως εξής:  $\Delta 1 = 182$  ppm,  $\Delta 2 = 77$  ppm,  $\Delta 3 = 140$  ppm,  $\Delta 4 = 84$  ppm,  $\Delta 5 = 171,5$  ppm,  $\Delta 6 = 63$  ppm,  $\Delta 7 = 140$  ppm και  $\Delta 8 = 70$  ppm. Τα δείγματα  $\Delta 2$ ,  $\Delta 4$ ,  $\Delta 6$  και  $\Delta 8$  χαρακτηρίζονται ως επαρκή σε άζωτο αλλά με φανερά πιο χαμηλές τιμές από τα δείγματα  $\Delta 1$ ,  $\Delta 3$ ,  $\Delta 5$  και  $\Delta 7$  τα οποία χαρακτηρίζονται και αυτά ως επαρκή σε ολικό άζωτο με εμφανώς πολύ υψηλότερες τιμές, όλα όμως έχουν τιμές πάνω από 26 ppm και ο εφοδιασμός (με άζωτο) των φυτών από τα εδάφη κρίνεται επαρκής.



**Εικόνα 65.** Προσδιορισμός του ολικού αζώτου (N-Ανόργανο,  $\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$ ) στο έδαφος (σε ppm) των οχτώ δειγμάτων εδάφους που λήφθηκαν από την περιοχή έρευνας ( $\Delta 1$ - $\Delta 8$ : τα 8 δείγματα που αναλύθηκαν,  $\Delta 1$ - $\Delta 2$ : αλμυρόβαλτος,  $\Delta 3$ - $\Delta 4$ : μεταβατική ζώνη,  $\Delta 5$ - $\Delta 6$ : λιβάδι (υγρό ποολίβαδο),  $\Delta 7$ - $\Delta 8$ : «τάπια» (κοίτη ποταμού και ζώνη πλημμυρών εντός αναχωμάτων))

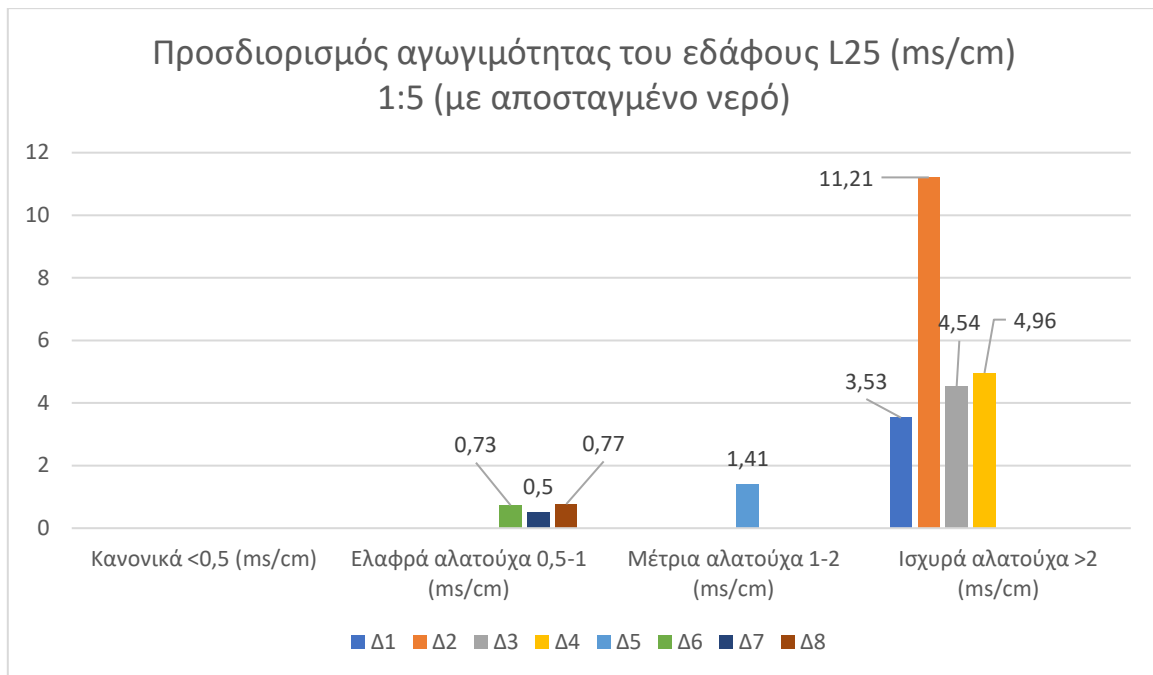
### 7.1.8. Προσδιορισμός αγωγιμότητας του εδάφους

Οι τιμές αγωγιμότητας των εδαφών που αναλύθηκαν δίδονται στην εικόνα 66 και έχουν ως εξής:

- Αλμυρόβαλτος:  $\Delta 1 = 3,53$  ms/cm
- Αλμυρόβαλτος:  $\Delta 2 = 11,21$  ms/cm
- Μεταβατική ζώνη:  $\Delta 3 = 4,54$  ms/cm
- Μεταβατική ζώνη:  $\Delta 4 = 4,96$  ms/cm
- Υγρό ποολίβαδο:  $\Delta 5 = 1,41$  ms/cm
- Υγρό ποολίβαδο:  $\Delta 6 = 0,73$  ms/cm
- «Τάπια»:  $\Delta 7 = 0,5$  ms/cm
- «Τάπια»:  $\Delta 8 = 0,77$  ms/cm

Τα πρώτα τέσσερα δείγματα ( $\Delta 1$ ,  $\Delta 2$ ,  $\Delta 3$ ,  $\Delta 4$ ) χαρακτηρίζονται ως ισχυρά αλατούχα, το  $\Delta 5$  ως μέτρια αλατούχο και τα υπόλοιπα τρία δείγματα ( $\Delta 6$ ,  $\Delta 7$ ,  $\Delta 8$ ) ως ελαφρά αλατούχα.





**Εικόνα 66.** Προσδιορισμός του αγωγιμότητας του εδάφους L25 (ms/cm) 1:5 (με αποσταγμένο νερό) των οχτώ δειγμάτων εδάφους που λήφθηκαν από την περιοχή έρευνας (Δ1-Δ8: τα 8 δείγματα που αναλύθηκαν, Δ1-Δ2: αλμυρόβαλτος, Δ3-Δ4: μεταβατική ζώνη, Δ5-Δ6: λιβάδι (υγρό ποολίβαδο), Δ7-Δ8: «τάπια» (κοίτη ποταμού και ζώνη πλημμυρών εντός αναχωμάτων))

## 7.2. Μέρος Β: αποτελέσματα τομών βλάστησης (κάλυψη – σύνθεση (%))

Τα είδη φυτών που καταγράφηκαν κατά μήκος των τομών βλάστησης χωρίστηκαν σε έξι κατηγορίες: (α) αλόφυτα, (β) ελόφυτα (εδώ περιλήφθηκε μόνο το καλάμι *Phragmites australis*), (γ) άλλα αγρωστώδη και αγρωστοειδή, (δ) ψυχανθή, (ε) άλλες πλατύφυλλες πόες, και (στ) ξυλώδη.

Καταγράφηκαν 18 είδη φυτών, που ανήκουν σε 11 Οικογένειες, από τα οποία μόνο το αλόφυτο *Limonium narbonense* καταγράφηκε και στις τέσσερις ζώνες βλάστησης (Πίνακας 10).

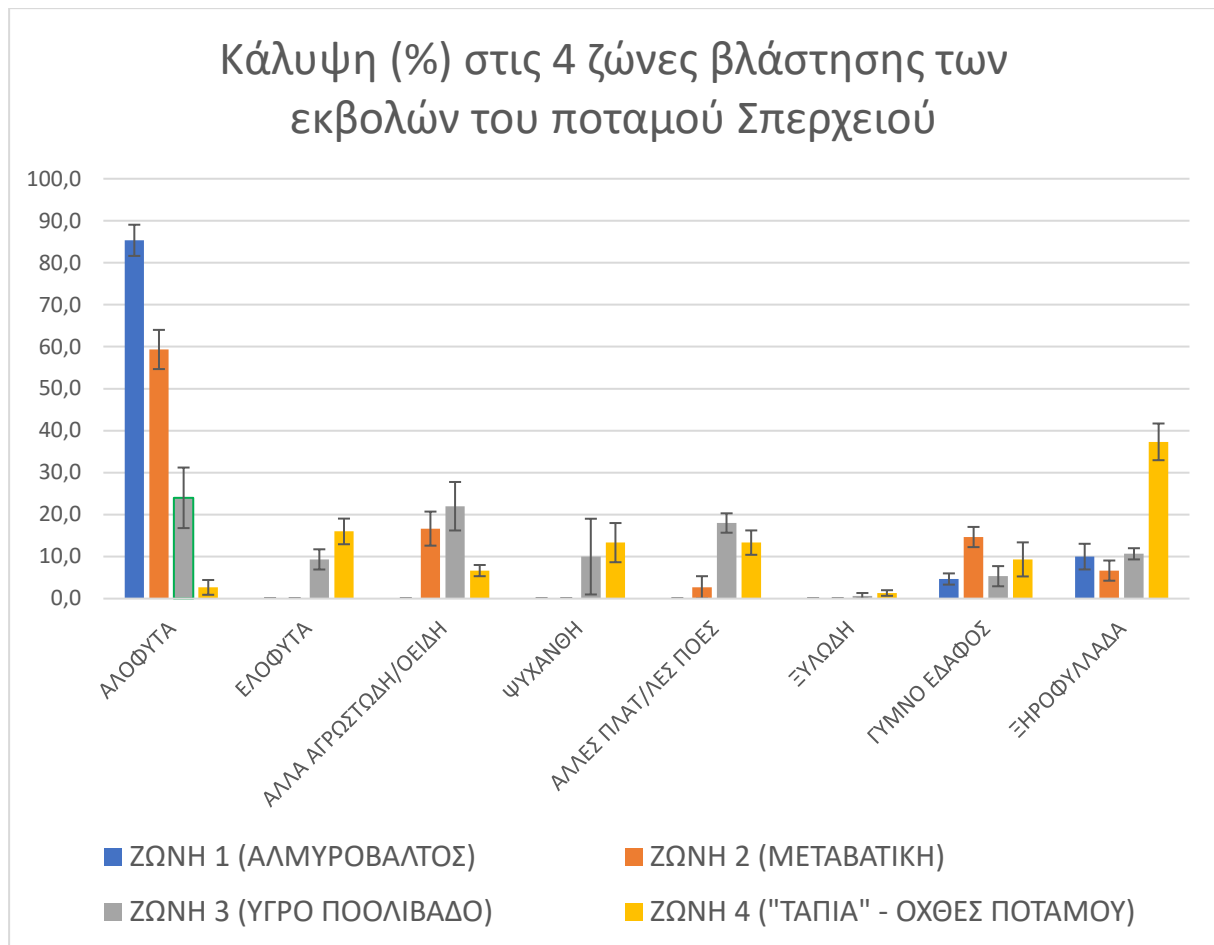
Η κάλυψη (%) των παραπάνω κατηγοριών φυτών μαζί με το γυμνό έδαφος και την ξηροφυλλάδα απεικονίζονται στην εικόνα 67 (μέσοι όροι ± τυπικό σφάλμα):

- Τα αλόφυτα κυριάρχησαν στον αλμυρόβαλτο και τη μεταβατική ζώνη με κάλυψη 85,3% και 59,3% αντίστοιχα.
- Τα ελόφυτα καταγράφηκαν μόνο στο υγρό ποολίβαδο και την τάπια (9,3% και 16% αντίστοιχα).
- Τα άλλα αγρωστώδη και αγρωστοειδή καταγράφηκαν στην μεταβατική ζώνη, το υγρό ποολίβαδο και την τάπια με τιμές 16,7%, 22% και 6,7% αντίστοιχα.
- Τα ψυχανθή καταγράφηκαν μόνο στο υγρό ποολίβαδο και την τάπια (10,0% και 13,3% αντίστοιχα).
- Οι άλλες πλατύφυλλες πόες καταγράφηκαν στην μεταβατική ζώνη, το υγρό ποολίβαδο και την τάπια με τιμές 2,7%, 18,0% και 13,3% αντίστοιχα.
- Τα ξυλώδη είδη καταγράφηκαν μόνο στο υγρό ποολίβαδο και την τάπια με τιμές 0,7% και 1,3% αντίστοιχα.

- Το γυμνό έδαφος και η ξηροφυλλάδα καταγράφηκαν και στις τέσσερις ζώνες βλάστησης με μέγιστες τιμές, το μεν γυμνό έδαφος 14,7% στη μεταβατική ζώνη, και η ξηροφυλλάδα 37,3% στην τάπια.

**Πίνακας 10.** Τα είδη φυτών που καταγράφηκαν στις 4 ζώνες βλάστησης της περιοχής έρευνας (με τους αριθμούς 1 και 0 καταγράφεται η παρουσία ή η απουσία, αντίστοιχα, κάθε είδους σε κάθε ζώνη βλάστησης)

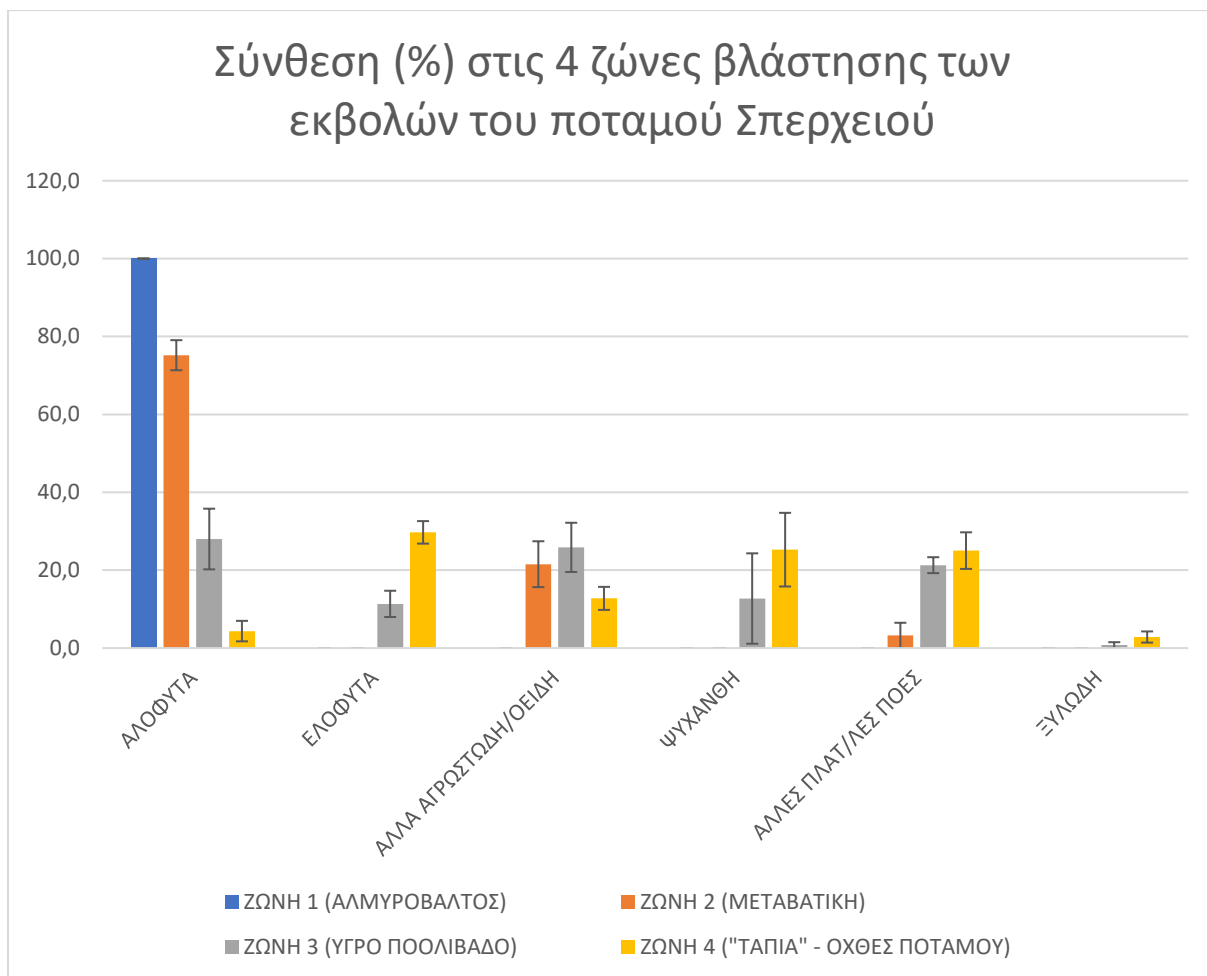
α/α	Είδος φυτού	Οικογένεια	Κατηγορία	Παρουσία στις ζώνες βλάστησης			
				Ζώνη 1 (αλμυρό- βαλτος)	Ζώνη 2 (μεταβα- τική)	Ζώνη 3 (υγρό ποολίβαδο)	Ζώνη 4 (όχθες ποταμού)
1	<i>Agrostis cf stolonifera</i>	POACEAE	Άλλα αγρωστώδη και αγρωστοειδή	0	1	1	1
2	<i>Arthrocnemum macrostachyum</i>	CHENOPODIACEAE	Αλόφυτα	1	1	1	0
3	<i>Bupleurum tenuissimum</i>	APIACEAE	Άλλες πλατύφυλλες πόες	0	1	1	1
4	<i>cf Vicia sp</i>	FABACEAE	Ψυχανθή	0	0	1	1
5	<i>Cynosurus cristatus</i>	POACEAE	Άλλα αγρωστώδη και αγρωστοειδή	0	1	1	0
6	<i>Elymus elongatus</i>	POACEAE	Άλλα αγρωστώδη και αγρωστοειδή	0	0	1	1
7	<i>Elymus repens</i>	POACEAE	Άλλα αγρωστώδη και αγρωστοειδή	0	1	1	1
8	<i>Fallopia convolvulus</i>	POLYGONACEAE	Άλλες πλατύφυλλες πόες	0	0	1	0
9	<i>Halimione portulacoides</i>	CHENOPODIACEAE	Αλόφυτα	1	1	0	0
10	<i>Juncus acutus</i>	JUNCACEAE	Άλλα αγρωστώδη και αγρωστοειδή	0	0	1	1
11	<i>Limonium narbonense</i>	PLUMBAGINACEAE	Αλόφυτα	1	1	1	1
12	<i>Lotus corniculatus</i>	FABACEAE	Ψυχανθή	0	0	1	1
13	<i>Melilotus indicus</i>	FABACEAE	Ψυχανθή	0	0	0	1
14	<i>Plantago coronopus</i>	PLANTAGINACEAE	Άλλες πλατύφυλλες πόες	0	1	1	1
15	<i>Phragmites australis</i>	POACEAE	Ελόφυτα	0	0	1	1
16	<i>Tamarix tetrandra</i>	TAMARICACEAE	Ξυλώδη φυτά	0	0	1	1
17	<i>Urospermum picroides</i>	ASTERACEAE	Άλλες πλατύφυλλες πόες	0	0	1	1
18	<i>Vitex agnus-castus</i>	VERBENACEAE	Ξυλώδη φυτά	0	0	0	1



**Εικόνα 67.** Η κάλυψη (%) της βλάστησης στις τέσσερις ζώνες βλάστησης της περιοχής έρευνας.

Οι τιμές της (%) σύνθεσης της βλάστησης απεικονίζονται στην εικόνα 68 (μέσοι όροι  $\pm$  τυπικό σφάλμα):

- Ο αλμυρόβαλτος φιλοξενεί αποκλειστικά αλόφυτα (100%).
- Η μεταβατική ζώνη κυριαρχείται από αλόφυτα (75,2%) και φιλοξενεί επίσης άλλα αγρωστώδη και αγρωστοειδή (21,5%) και άλλες πλατύφυλλες πόες (3,3%).
- Το υγρό ποολίβαδο φιλοξενεί και τις έξι κατηγορίες φυτών με πιο άφθονες τα αλόφυτα (28,0%), τα άλλα αγρωστώδη και αγρωστοειδή (25,9%) και τις άλλες πλατύφυλλες πόες (21,3%), και ακολουθούν τα ψυχανθή (12,7%), τα ελόφυτα (11,4%) και τα ξυλώδη είδη με 0,8%.
- Η «τάπια» φιλοξενεί επίσης και τις έξι κατηγορίες φυτών με πιο άφθονες τα ελόφυτα (29,74%), τα ψυχανθή (25,3%) και τις άλλες πλατύφυλλες πόες (25,0%), και ακολουθούν τα άλλα αγρωστώδη και αγρωστοειδή (12,8%), τα αλόφυτα (4,4%) και τα ξυλώδη είδη με 2,8%.

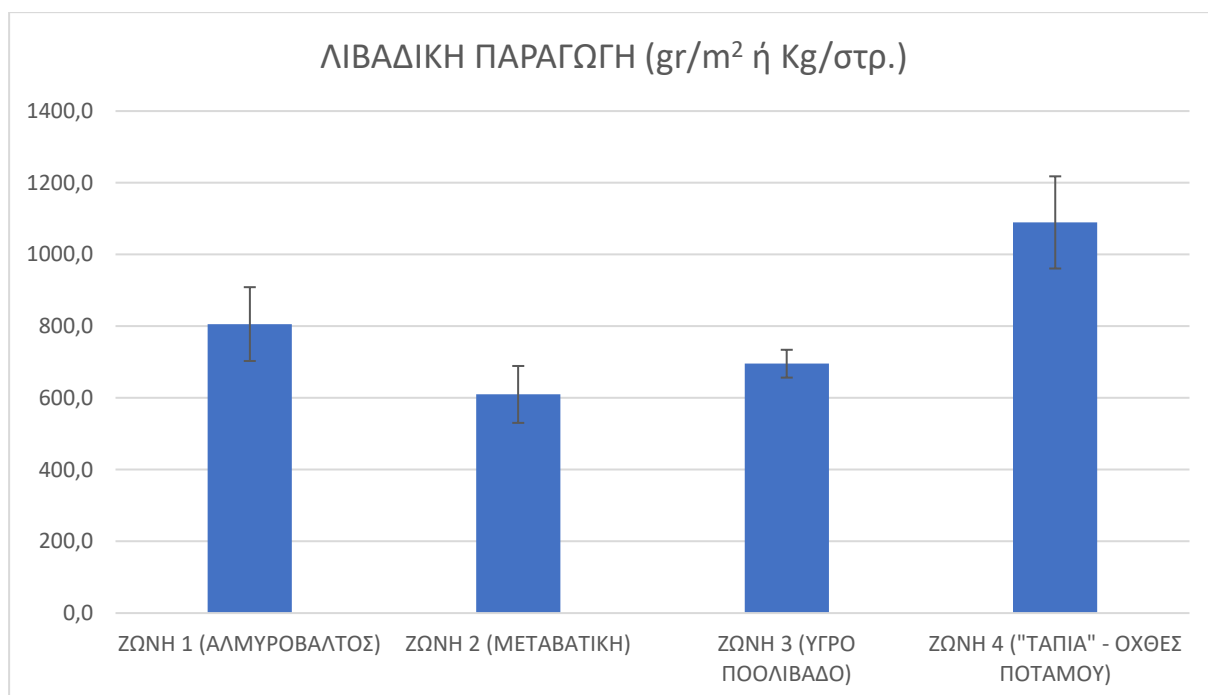


**Εικόνα 68.** Η σύνθεση (%) της βλάστησης στις τέσσερις ζώνες βλάστησης της περιοχής έρευνας.

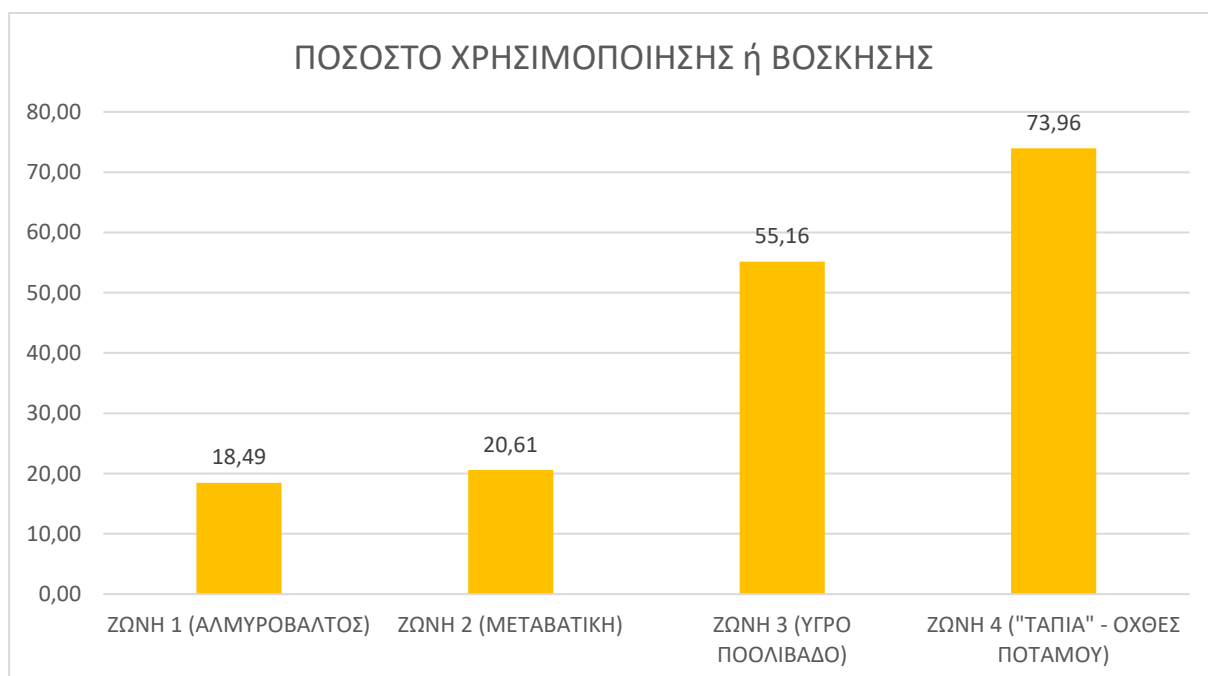
### 7.3. Μέρος Γ: λιβαδική παραγωγή και ποσοστό βόσκησης

Η υπέργεια λιβαδική παραγωγή υπολογίστηκε από τα δείγματα που λήφθηκαν στις αβόσκητες επιφάνειες των τεσσάρων ζωνών βλάστησης της περιοχής έρευνας (Εικόνα 69). Η πλέον παραγωγική ζώνη ήταν η «τάπια» (1089,5 Kg/στρ.) και ακολούθησαν κατά σειρά ο αλμυρόβαλτος (806,0 Kg/στρ.), το υγρό ποολίβαδο (695,5 Kg/στρ.) και η μεταβατική ζώνη (609,8 Kg/στρ.).

Από τα παραπάνω δείγματα καθώς και τα δείγματα που λήφθηκαν ως ζεύγη τιμών σε βοσκημένες επιφάνειες υπολογίστηκε το ποσοστό χρησιμοποίησης ή βόσκησης (%) σε κάθε μία από τις τέσσερις ζώνες βλάστησης (Εικόνα 70).



**Εικόνα 69.** Υπέργεια λιβαδική παραγωγή στις τέσσερις ζώνες βλάστησης της περιοχής έρευνας.



**Εικόνα 70.** Το ποσοστό χρησιμοποίησης της λιβαδικής παραγωγής από τους νεροβούβαλους στις τέσσερις ζώνες βλάστησης της περιοχής έρευνας.



#### 7.4. Μέρος Δ: προσδιορισμός πρωτεΐνης σε φυτικά δείγματα

Τα αποτελέσματα της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη των επιλεγμένων φυτικών δειγμάτων που συλλέχθηκαν στην περιοχή έρευνας έχουν ως εξής:

1. *Agrostis cf stolonifera* (Οικογένεια Poaceae, αγρωστώδες, κοινό στην περιοχή έρευνας): 5,59%
2. *cf Cyperus sp* (Οικογένεια Cyperaceae, αγρωστοειδές, λήφθηκε από αβόσκητη επιφάνεια καθώς φαίνεται να βόσκειται έντονα από τους νεροβούβαλους): 12,23%
3. *Cichorium intybus* (Οικογένεια Asteraceae, άλλη πλατύφυλλη πόα, ένα από τα κοινά ραδίκια της χώρας μας): 10,48%
4. *Arthrocnemum macrostachyum* (Οικογένεια Chenopodiaceae, το κυρίαρχο αλόφυτο στις δυο αλμυρές – υφάλμυρες ζώνες της περιοχής έρευνας, το δείγμα που συλλέχθηκε αποτελούνταν από ετήσια/φρέσκα μέρη του φυτού, που φαίνεται να προτιμούν οι νεροβούβαλοι): 8,74%
5. *cf Atriplex sp* ή *Convolvulus sp* (Οικογένεια Chenopodiaceae ή Convolvulaceae αντίστοιχα, κοινή τοπική ονομασία «τσιγαρίδι», το δείγμα δεν ήταν σε καλή κατάσταση και ήταν υπερβολικά εύθρυπτο): 15,72%
6. *Limonium narbonense* (Οικογένεια Chenopodiaceae, ένα από τα πιο ποινά είδη στην περιοχή έρευνας, το δείγμα αποτελούνταν μόνο από τις κορυφές του φυτού – ταξιανθίες καθώς οι νεροβούβαλοι δεν κατανάλωναν τα φύλλα – ροζέτα στην βάση του φυτού): 10,48%
7. «Μονόκλωνο» (πιθανώς αγρωστώδες (δεν κρατήθηκε δείγμα στο φυτολόγιο), λήφθηκε από αβόσκητη επιφάνεια καθ' υπόδειξη του κτηνοτρόφου καθώς είναι ιδιαίτερα επιθυμητό είδος για τους νεροβούβαλους και δεν υπήρχε στα βοσκημένα λιβάδια): 12,23%
8. *Phragmites australis* (το κοινό καλάμι, Οικογένεια Poaceae, αγρωστώδες το οποίο στην παρούσα έρευνα κατατάσσεται στα ελόφυτα, κοινό στις δύο ανώτερες ζώνες βλάστησης της περιοχής έρευνας και ιδιαίτερα επιθυμητό για βόσκηση από τους νεροβούβαλους): 14,33%
9. *cf Lathyrus nissolia* (Οικογένεια Fabaceae, ψυχανθές, δεν κρατήθηκε δείγμα στο φυτολόγιο): 12,23%
10. *Lotus corniculatus* (Οικογένεια Fabaceae, ψυχανθές): 10,83%

## 8. Συζήτηση

### 8.1. Μηχανική σύσταση του εδάφους

Τα εδάφη της περιοχής έρευνας που αναλύθηκαν κατά την παρούσα έρευνα είναι αργιλοπηλώδη και πηλώδη (Πίνακας 9). Γενικώς, τα αργιλικά εδάφη χαρακτηρίζονται από υψηλή ικανότητα συγκράτησης θρεπτικών στοιχείων και υγρασίας, παρουσιάζουν υψηλή εναλλακτική ικανότητα, μικρό αερισμό, μικρή στράγγιση, εύκολη συμπίεση, διόγκωση κατά την διαβροχή και συρρίκνωση κατά την ξηρασία (Γκουγκουλιός 2016). Τα πηλώδη εδάφη είναι ανθεκτικά στις μηχανικές πιέσεις όταν η υγρασία τους βρίσκεται σε χαμηλά ποσοστά, αλλά είναι ιδιαίτερα επιδεκτικά σε μεγάλο βαθμό συμπίκνωσης όταν το περιεχόμενο της υγρασίας είναι υψηλό. Η συμπίκνωση επηρεάζει τη φυσική γονιμότητα του εδάφους αρνητικά, εμποδίζοντας την αποθήκευση και παροχή του νερού και θρεπτικών προς το φυτό. Αυτό οφείλεται στο μειωμένο πορώδες, στην αυξημένη αντοχή του εδάφους και συνεπώς στη μεγαλύτερη αντίσταση του στη διείσδυση των ριζών καθώς και στη μειωμένη διηθητικότητα και στη μικρότερη ικανότητα συγκράτησης νερού (Κοζαΐτη 2019).

### 8.2. Το pH του εδάφους

Στα εδαφικά μας δείγματα οι τιμές του pH κυμάνθηκαν από 8,12 έως 8,72 (Εικόνα 60), τιμές που τα κατατάσσουν στα μέτρια αλκαλικά. Σύμφωνα με την βιβλιογραφία, σε εδάφη με  $\text{pH} > 7,5$  μειώνεται η αφομοιωσιμότητα του Cu (Χαλκός), Zn (Ψευδάργυρου), Mn (Μαγγανίου), B (Βορίου), CO (Μονοξείδιο του άνθρακα) και του Fe (Σίδηρος) λόγω της μικρής διαλυτότητας αυτών των στοιχείων. Το βέλτιστο εύρος τιμών του pH του εδάφους για την καλύτερη ανάπτυξη των φυτών είναι μεταξύ 6,2 και 7,3 (Γκουγκουλιός 2016). Η επίδραση του pH στα υγροτοπικά φυτά της περιοχής έρευνας θα πρέπει να διερευνηθεί περισσότερο.

### 8.3. Οργανική ουσία

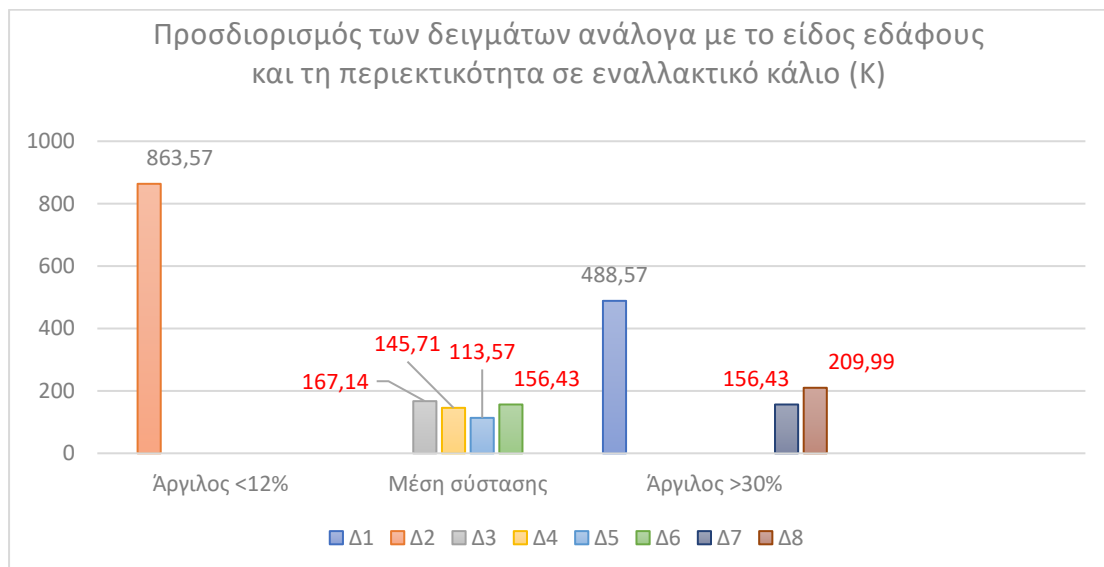
Τα αποτελέσματα των εδαφικών δειγμάτων για την οργανική ουσία κυμαίνονται από 1,34% έως 5,66% (Εικόνα 61). Τα εδάφη μας χαρακτηρίζονται από μέση έως υψηλή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία. Η οργανική ουσία ποικίλει από χαρακτηρισμούς. Υπάρχουν διαφορετικοί χαρακτηρισμοί ανάλογα με το οικοσύστημα που μας ενδιαφέρει να χαρακτηρίσουμε. Σε αργιλώδη εδάφη όπως των δειγμάτων μας, συγκρατούν την υγρασία και δύσκολα κυκλοφορεί ο αέρας και επικρατεί η χώνευση με αποτέλεσμα να εμπλουτίζεται το έδαφος, σε αντίθεση με τα αμμώδη εδάφη όπου ο αέρας κυκλοφορεί με ευκολία στο έδαφος και η οργανική ουσία οξειδώνεται και χάνεται (Γκουγκουλιός 2016).

### 8.4. Ανθρακικό ασβέστιο

Τα αποτελέσματα του ανθρακικού ασβεστίου στα δείγματά μας κυμαίνονται από 2,14 έως 12% (Εικόνα 62), τα οποία γενικώς τα χαρακτηρίζουν ως καλής περιεκτικότητας σε ανθρακικό ασβέστιο. Το  $\text{CaCO}_3$  είναι περισσότερο διαλυτό από το  $\text{MgCO}_3$  και η διαλυτότητα του αυξάνει με τη μείωση του pH. Σε εδάφη με  $\text{pH} < 7$  συνήθως υπάρχει έλλειψη ανθρακικών ορυκτών. Σε αλκαλικά εδάφη με  $\text{pH} > 8,5$  το ανθρακικό ασβέστιο δεν είναι διαλυτό. Η δραστηριότητα του ανθρακικού ασβεστίου στο έδαφος αυξάνει όσο μικραίνει το μέγεθος των τεμαχιδίων (Γκουγκουλιός 2016). Τα μόνα δικά μας δείγματα με  $\text{pH} > 8,5$  είναι το Δ1 και το Δ3 με 8,72 και 8,52 αντίστοιχα. Το ελεύθερο ανθρακικό ασβέστιο συμβάλει στην αύξηση της τιμής του pH του εδάφους έως 8,4.

### 8.5. Εναλλακτικό κάλιο (Κ)

Το ποσοστό καλίου στα δασικά εδάφη συνήθως κυμαίνεται από 1 έως 2%, το διαθέσιμο όμως για τα φυτά είναι κάλιο κυμαίνεται από 0,005- 0,020%. Αρχική πηγή του καλίου του εδάφους είναι τα πρωτογενή ορυκτά, οι καλιούχοι άστριοι και οι μαρμαρυγίες (Τάντος 2005). Το κάλιο συμμετέχει στο σχηματισμό των υδρογονανθράκων και λευκωμάτων και αυξάνει την ωσμωτική πίεση των κυτταρικών χυμών. Η έλλειψη καλίου εκδηλώνεται στα κωνοφόρα με το κιτρίνισμα της άκρης των βελόνων και στα πλατύφυλλα με την εμφάνιση μιας στικτής χλώρωσης και στη συνέχεια νέκρωσης της άκρης του φύλλου και γρήγορης πτώσης αυτού το φθινόπωρο. Ακόμη καθυστερεί την ανάπτυξη των ριζών, οι νεαροί βλαστοί δεν αποξυλώνονται αρκετά και τα φυτά υποφέρουν στις παγωνιές, στην ξηρασία και στις διάφορες ασθένειες (Τάντος 2005). Στα δείγματα της παρούσας έρευνας το κάλιο βρέθηκε γενικώς επαρκές για τα φυτά (Εικόνες 63, 71).



**Εικόνα 71.** Προσδιορισμός των δειγμάτων ανάλογα με το έδαφος και την περιεκτικότητα σε εναλλακτικό κάλιο (Κ). Οι τιμές με κόκκινα γράμματα είναι οι τιμές που δεν είναι πλούσιες σε κάλιο, αλλά είναι επαρκείς για τα φυτά (Κ σε ppm) (Δ1-Δ8: τα 8 δείγματα που αναλύθηκαν, Δ1-Δ2: αλμυρόβαλτος, Δ3-Δ4: μεταβατική ζώνη, Δ5-Δ6: λιβάδι (υγρό ποολίβαδο), Δ7-Δ8: «τάπια» (κοίτη ποταμού και ζώνη πλημμυρών εντός αναχωμάτων))

### 8.6. Αγωγιμότητα

Η μέθοδος με το εκχύλισμα έδαφος: νερό (1:5) δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα σε εδάφη που έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα όπως είναι τα δικά μας (Εικόνα 66). Τα αποτελέσματα μας κυμαίνονται μεταξύ 0,50 και 11,21 ms/cm. Τα αποτελέσματα αυτά χαρακτηρίζονται από ελαφρώς αλατούχα έως ισχυρά αλατούχα.

Ανάλογα με την ποσότητα του νερού που χρησιμοποιείται για την παραλαβή του εκχυλίσματος ως προς σταθερή ποσότητα του εδάφους και ανάλογα με την περιεκτικότητα του εδαφικού διαλύματος σε υδατοδιαλυτά άλατα, τα εδάφη κατατάσσονται σε κατηγορίες όπως παρουσιάζονται στον πίνακα 11.

**Πίνακας 11.** Κατάταξη των εδαφών ανάλογα με το εκχύλισμα και την περιεκτικότητα των αλάτων.

Κατάταξη εδαφών L25°C (ms/cm)	Εκχύλισμα κορεσμού	Εκχύλισμα	% άλατα του εδάφους
Κανονικά	<4	<4	<0,2
Ελαφρά αλατούχα	(4-8)	(0,5-0,7)	(0,2-0,4)
Μέτρια αλατούχα	(8-16)	(1-2)	(0,4-0,8)
Ισχυρά αλατούχα	>16	>2	>0,8

Η αύξηση της περιεκτικότητας των υδατοδιαλυτών αλάτων επηρεάζει αρνητικά την ανάπτυξη των φυτών. Υψηλή αλατότητα εμφανίζεται σε εδάφη ξηρών και ημίξηρων περιοχών. Επειδή η κυτταρική μεμβράνη είναι ημιπερατή, για την σωστή θρέψη των φυτών πρέπει το εδαφικό διάλυμα να είναι αραιότερο του ριζικού διαλύματος για να έχουμε μεταφορά θρεπτικών συστατικών από το εδαφικό διάλυμα προς το φυτό. Η τοξικότητα στα φυτά οφείλεται στην μεγάλη τιμή της ωσμωτικής πίεσης του εδαφικού διαλύματος (Τάντος 2005).

### 8.7. Ολικό άζωτο

Το αμμωνιακό άζωτο δύσκολα εκπλένεται προς τα βαθύτερα στρώματα, λόγω της ισχυρής προσρόφησης του από τα κολλοειδή του εδάφους, η προσρόφηση αυτή είναι ανάλογη με την εναλλακτική ικανότητα του εδάφους και το καθιστά εύκολα αφομοιώσιμο από τα φυτά. Το νιτρικό άζωτο δεν προσροφάται από τα κολλοειδή του εδάφους με αποτέλεσμα να εκπλένεται εύκολα με τις βροχοπτώσεις προς τα βαθύτερα στρώματα (Τάντος 2005).

Τα αποτελέσματα των δειγμάτων εδάφους κυμαίνονται από 63-182ppm (parts per million) και χαρακτηρίζονται όλα ως επαρκή σε ολικό ανόργανο άζωτο (Εικόνα 65). Το άζωτο αποτελεί βασικό συστατικό των πρωτεϊνών, των νουκλεϊνικών οξέων και της χλωροφύλλης και επομένως ο βαθμός παρουσίας του καθορίζει την ένταση της παραγωγής φυτικής μάζας.

Η έλλειψη του αζώτου εκδηλώνεται με το κιτρινοπράσινο μέχρι κιτρινωπό χρώμα των βελόνων και των φύλλων, με μικρότερο μέγεθος αυτών και με μικρότερη περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη. Οι κλαδίσκοι είναι λεπτοί και παρατηρείται μείωση της φωτοσύνθεσης και της παραγωγής της οργανικής ουσίας και αύξηση του ριζικού συστήματος σε σύγκριση με το υπέργειο τμήμα και μείωση της αυξητικής περιόδου (Τάντος 2005).

Η περιεκτικότητα σε ολικό άζωτο διαφέρει από έδαφος σε έδαφος και κατατάσσονται σε κατηγορίες όπως βλέπεται και στον πίνακα.

### 8.8. Αφομοιώσιμος φώσφορος του εδάφους

Τα αποτελέσματα των δειγμάτων μας κυμαίνονται από 7,4 έως 17,2 ppm (Εικόνα 64). Τα δείγματα χαρακτηρίστηκαν ως ανεπαρκή έως επαρκή σε εφοδιασμό φωσφόρου. Οι ευεργετικές επιδράσεις του φωσφόρου στα φυτά είναι:

1. Ευνοεί την άνθηση και την καρποφορία
2. Ευνοεί την ωρίμανση και αναστέλλει δυσμενείς επιδράσεις της υπερβολικής αζωτούχου λίπανσης στα φυτά
3. Βελτιώνει την ποιότητα των προϊόντων
4. Ευνοεί την ανάπτυξη των ριζών
5. Αυξάνει την ανθεκτικότητα στις ασθένειες

Η έλλειψη φωσφόρου προκαλεί εκφυλισμό των πλάγιων οφθαλμών. Στα πλατύφυλλα εμφανίζεται στα φύλλα τους πράσινο χρώμα και κοκκινωπή χροιά ενώ το ριζικό σύστημα είναι ασθενικό και σε προχωρημένο στάδιο έχουμε πρόωρη φυλλόπτωση. Η περιεκτικότητα των εδαφών σε ολικό φώσφορο εξαρτάται από το είδος του μητρικού υλικού, από το οποίο σχηματίστηκαν τα εδάφη. Έτσι εδάφη που σχηματίστηκαν από ασβεστούχα υλικά είναι πλούσια σε ολικό φώσφορο, ενώ αυτά που προήλθαν από όξινα πετρώματα είναι πτωχά σε ολικό φώσφορο (Τάντος 2005). Στην περιοχή έρευνας, ο αφομοιώσιμος φώσφορος στου εδάφους αφορά τα υγροτοπικά φυτά που συγκροτούν τις φυτοκοινότητες και βόσκονται από τους νεροβούβαλους. Κρίνεται απαραίτητο οι σχέσεις φυτών – θρεπτικών στοιχείων σε συνδυασμό με βασικά χαρακτηριστικά του εδάφους να διερευνηθούν περαιτέρω.

### 8.9. Κάλυψη – σύνθεση λιβαδικής βλάστησης, λιβαδική παραγωγή, θρεπτική αξία λιβαδικής βλάστησης

Η αρχική υπόθεση ότι ο αριθμός των φυτικών ειδών στην περιοχή έρευνας αναμένονταν να αυξάνεται καθώς διεξάγονταν μετρήσεις βλάστησης από τη χαμηλότερη (αλμυρόβαλτος) προς την υψηλότερη («τάπια») ζώνη βλάστησης επαληθεύτηκε. Στον αλμυρόβαλτο καταγράφηκαν τρία (3) φυτικά είδη, στη μεταβατική ζώνη οκτώ (8), στο υγρό ποολίβαδο 15 και στην «τάπια» 14 είδη (Πίνακας 10). Συνολικά καταγράφηκαν 18 είδη, από τα οποία το ένα (*Limonium narbonense*) καταγράφηκε και στις τέσσερις ζώνες βλάστησης, τα 14 σε τρεις ή δύο ζώνες βλάστησης, και τρία είδη μόνο σε μία ζώνη βλάστησης.

Ο αριθμός των φυτικών ειδών που καταγράφηκαν κατά μήκος των τομών βλάστησης (18 είδη, Πίνακας 10) κρίνεται μικρός σε σχέση με αντίστοιχες έρευνες, τόσο στην ίδια ευρύτερη περιοχή μελέτης (Sarika 2012, Sarika et al. 2018) όσο και σε υγροτόπους γλυκού νερού (π.χ. Καζόγλου 2007). Ωστόσο, η διαφορά αυτή είναι πολύ πιθανό να οφείλεται στο γεγονός ότι οι δειγματοληψίες κατά την παρούσα έρευνα διενεργήθηκαν τον Ιούλιο, μήνας κατά τον οποίο πολλά είδη έχουν ολοκληρώσει της ανάπτυξή τους. Από την άλλη πλευρά βέβαια, πρέπει να σημειωθεί ότι ο συγκεκριμένος χρόνος υλοποίησης της παρούσας έρευνας επιλέχθηκε με στόχο, μεταξύ άλλων, να μελετηθούν οι επιδράσεις της βόσκησης βούβαλων στα υψηλά ελόφυτα, και ειδικά το καλάμι, που ωριμάζουν αυτήν την εποχή, κατά αντιστοιχία με άλλες παρόμοιες έρευνες (Καζόγλου και Παπαναστάσης 2006, Καζόγλου 2007, Kazoglou et al. 2008).

Τα αλόφυτα (*Arthrocnemum macrostachyum*, *Halimione portulacoides*, *Limonium narbonense*) επικράτησαν στη σύνθεση της βλάστησης του αλμυρόβαλτου, της μεταβατικής ζώνης και του υγρού ποολίβαδου με ποσοστά 100%, 75,2% και 28,0% αντίστοιχα. Ωστόσο, στο υγρό ποολίβαδο υψηλή συμμετοχή στη σύνθεση εμφάνισαν και τα άλλα αγρωστώδη και αγρωστοειδή (25,9%) και οι άλλες πλατύφυλλες πόες (21,3%). Στην «τάπια», όπου καταγράφηκαν και οι έξι κατηγορίες φυτών (όπως και στο υγρό ποολίβαδο), ίση περίπου συμμετοχή στη σύνθεση της βλάστησης εμφάνισαν τα ελόφυτα (29,74%), τα ψυχανθή (25,3%) και οι άλλες πλατύφυλλες πόες (25,0%), ενώ τα άλλα αγρωστώδη και αγρωστοειδή, τα αλόφυτα και τα ξυλώδη είδη εμφάνισαν χαμηλότερες τιμές σύνθεσης.

Παρόμοιες με τη σύνθεση της βλάστησης ήταν οι αναλογίες στις τιμές της κάλυψης των έξι κατηγοριών φυτών (αλόφυτα, ελόφυτα, άλλα αγρωστώδη και αγρωστοειδή, ψυχανθή, άλλες πλατύφυλλες πόες, ξυλώδη είδη) στις τέσσερις ζώνες βλάστησης, γεγονός αναμενόμενο από τη σχέση των δύο παραμέτρων (κάλυψη, σύνθεση) μεταξύ τους. Αξίζει, όμως, να σημειωθεί ότι το ποσοστό γυμνού εδάφους εμφάνισε αναμενόμενες για βοσκομένη έκταση τιμές με ελάχιστη στον αλμυρόβαλτο (4,7%) και μέγιστη στη μεταβατική ζώνη (14,7%), ενώ η ξηροφυλλάδα – κυρίως ως αποτέλεσμα του ποδοπατήματος των νεροβούβαλων στην πυκνή λιβαδική-υγροτοπική βλάστηση της περιοχής έρευνας – εμφάνισε ελάχιστη τιμή στην μεταβατική ζώνη (6,7%), μέσες τιμές στον



αλμυρόβαλτο και το υγρό ποολίβαδο (10,0 % και 10,7% αντίστοιχα), και μέγιστη στην «τάπια» (37,3%), όπου η ξηροφυλλάδα αποτελούνταν κυρίως από ποδοπατημένα ξηρά στελέχη καλαμιού (Εικόνες 46 και 59).

Από τα δεδομένα κάλυψης και σύνθεσης στις τέσσερις ζώνες της περιοχής έρευνας (Εικόνες 67, 68), σε συνδυασμό με τις τιμές του ποσοστού χρησιμοποίησης στις ίδιες ζώνες βλάστησης κατά την ίδια δειγματοληπτική περίοδο (Εικόνα 70) και την σχετικά υψηλή παραγωγικότητα των ζωνών βλάστησης (Εικόνα 69), προκύπτει ότι οι νεροβούβαλοι έβοσκαν κατά προτεραιότητα στην «τάπια» (όπου και το ποσοστό κάλυψης της ξηροφυλλάδας βρέθηκε αυξημένο (37,3%) λόγω ποδοπατήματος), ακολούθως στο υγρό ποολίβαδο και λιγότερο στις υφάλμυρες – αλμυρές ζώνες (μεταβατική και αλμυρόβαλτος), γεγονός που επιβεβαιώνεται και από οπτικές παρατηρήσεις των συμμετεχόντων στην έρευνα πεδίου.

Η «τάπια» ήταν η πλέον παραγωγική ζώνη βλάστησης με λιβαδική παραγωγή 1089,5 Kg/στρ., ακολούθησε ο αλμυρόβαλτος (806,0 Kg/στρ.), το υγρό ποολίβαδο (695,5 Kg/στρ.) και η μεταβατική ζώνη (609,8 Kg/στρ.).

Από τις τιμές του ποσοστού βόσκησης (Εικόνα 70) προκύπτει ότι, τουλάχιστον κατά την εποχή που πραγματοποιήθηκε η έρευνά μας (πρώτο δεκαήμερο του Ιουλίου 2021), οι νεροβούβαλοι έβοσκαν κατά προτεραιότητα στην «τάπια» (74%), δευτερευόντως στο υγρό ποολίβαδο (55%) και λιγότερο στις δύο «αλμυρές» ζώνες, δηλαδή την μεταβατική (21%) και τον αλμυρόβαλτο (18%).

Τέλος, οι τιμές περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη των 10 επιλεγμένων φυτικών ειδών, που αναλύθηκαν κατά την παρούσα έρευνα, καταδεικνύουν τόσο την ενδιαφέρουσα θρεπτική αξία κάποιων ειδών, όπως το καλάμι *Phragmites australis*, τα αλόφυτα *Arthrocnemum macrostachyum* και *Limonium narbonense*, και το «τσιγαρίδι», όσο και την ανάγκη για περαιτέρω έρευνα.

## 9. Συμπεράσματα και προτάσεις

Τα βασικά συμπεράσματα που προκύπτουν από την παρούσα διπλωματική εργασία συνοψίζονται ως εξής:

1. Η περιοχή έρευνας χαρακτηρίζεται από τέσσερις ζώνες βλάστησης (από τη θάλασσα προς την χέρσο: (α) αλμυρόβαλτος, (β) μεταβατική ζώνη, (γ) υγρό ποολίβαδο, και (δ) όχθες ποταμού εντός αναχωμάτων («τάπια»)), η διάκριση των οποίων φαίνεται να επιβεβαιώνεται από τη διαβάθμιση της αλατότητας, μέσω των μετρήσεων αγωγιμότητας που παρουσιάστηκαν παραπάνω, γεγονός που επιβεβαιώνει μια από τις αρχικές υποθέσεις της παρούσας έρευνας.
2. Τα εδάφη του αλμυρόβαλτου και της μεταβατικής ζώνης χαρακτηρίζονται ως ισχυρά αλατούχα, ενώ τα εδάφη του υγρού ποολίβαδου και της «τάπιας» ως μέτρια – ελαφρώς αλατούχα.
3. Στο γεγονός αυτό οφείλεται πιθανότατα και η διαβάθμιση στον αριθμό των φυτικών ειδών που καταγράφηκαν ανά ζώνη βλάστησης μέσω τομών βλάστησης, με τρία (3) φυτικά taxa στον αλμυρόβαλτο, οκτώ (8) στη μεταβατική ζώνη, 15 στο υγρό ποολίβαδο 15, και 14 στην «τάπια».
4. Τα εδάφη της περιοχής είναι μέτρια αλκαλικά με τιμές pH 8,12 – 8,72, πλούσια σε N-ανόργανο (Αζωτο ολικό), K (Κάλιο), CaCO<sub>3</sub> (Ανθρακικό Ασβέστιο) και μέτρια σε P (Φώσφορο).
5. Στην περιοχή έρευνας καταγράφηκαν 18 είδη φυτών (11 Οικογένειες) μέσω τομών βλάστησης (transects), από τα οποία το αλόφυτο *Limonium narbonense* καταγράφηκε και στις 4 ζώνες βλάστησης.
6. Τα φυτικά είδη κατανεμήθηκαν σε έξι (6) κατηγορίες φυτών (αλόφυτα, ελόφυτα, άλλα αγρωστώδη και αγρωστοειδή, ψυχανθή, άλλες πλατύφυλλες πόες, ξυλώδη είδη), από τις οποίες τα αλόφυτα καταγράφηκαν σε όλες τις ζώνες, τα ελόφυτα καταγράφηκαν μόνο στο υγρό ποολίβαδο και την «τάπια», τα άλλα αγρωστώδη και αγρωστοειδή καταγράφηκαν στην μεταβατική ζώνη, το υγρό ποολίβαδο και την «τάπια», τα ψυχανθή στο υγρό ποολίβαδο και την «τάπια», οι άλλες πλατύφυλλες πόες στην μεταβατική ζώνη, το υγρό ποολίβαδο και την «τάπια», και τα ξυλώδη είδη στο υγρό ποολίβαδο και την «τάπια».
7. Τα αλόφυτα (*Arthrocnemum macrostachyum*, *Halimione portulacoides*, *Limonium narbonense*) επικράτησαν στη σύνθεση της βλάστησης του αλμυρόβαλτου, της μεταβατικής ζώνης και του υγρού ποολίβαδου. Στη μεταβατική ζώνη καταγράφηκαν και οι κατηγορίες «άλλα αγρωστώδη και αγρωστοειδή» και «άλλες πλατύφυλλες πόες». Στο υγρό ποολίβαδο, όπου καταγράφηκαν και οι έξι κατηγορίες φυτών, υψηλή συμμετοχή στη σύνθεση εμφάνισαν και τα άλλα αγρωστώδη και αγρωστοειδή, και οι άλλες πλατύφυλλες πόες. Στην «τάπια», όπου επίσης καταγράφηκαν και οι έξι κατηγορίες φυτών, ίση περίπτωση συμμετοχή στη σύνθεση της βλάστησης εμφάνισαν τα ελόφυτα, τα ψυχανθή και οι άλλες πλατύφυλλες πόες, ενώ οι άλλες κατηγορίες (άλλα αγρωστώδη και αγρωστοειδή, αλόφυτα και ξυλώδη είδη) εμφάνισαν χαμηλότερες τιμές σύνθεσης.
8. Η παραγωγικότερη, από πλευράς υπέργεια λιβαδικής παραγωγής, ζώνη βλάστησης ήταν η «τάπια» (1089,5 Kg/στρ.), δεύτερη ήταν ο αλμυρόβαλτος (806,0 Kg/στρ.), τρίτη το υγρό ποολίβαδο (695,5 Kg/στρ.), και τέταρτη η μεταβατική ζώνη (609,8 Kg/στρ.).

9. Οι νεροβούβαλοι χρησιμοποίησαν με διαφορετικό τρόπο τη λιβαδική παραγωγή στις τέσσερις ζώνες βλάστησης, καθώς από τις τιμές του ποσοστού βόσκησης προέκυψε ότι έβοσκαν κατά προτεραιότητα στην «τάπια» (η έντονη βόσκηση της οποίας επιβεβαιώνεται και από υψηλό ποσοστό ξηροφυλλάδας), δευτερευόντως στο υγρό ποολίβαδο, και σαφώς λιγότερο στη μεταβατική ζώνη και τον αλμυρόβαλτο.

Με αφορμή την παρουσία της εκτροφής βούβαλων στην περιοχή έρευνας, η παρούσα εργασία αποτέλεσε αφορμή για ενασχόληση και μελέτη των παράκτιων υγροτοπικών οικοσυστημάτων από λιβαδοπονικής άποψης.

Από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας προέκυψε ότι υπάρχουν κενά όσον αφορά τους παράκτιους υγρότοπους της Ελλάδας, οι οποίοι φαίνεται να έχουν μελετηθεί κυρίως από βοτανικούς (Sarika 2012, Xystrakis et. al. 2014, Sarika et al. 2018, Korakis and Gerasimidis 2006) και ορνιθολόγους (Οικονομίδου και Βασιλάκης 1994, Bobola et al. 2018, Vougioukalou et al. 2017, , Panagiotopoulou et al. 2012, Alivizatos and Goutner 2021). Για εβληματικούς υγροτόπους, όπως οι εκβολές του Αξιού, του Έβρου, του Καλαμά, του Αλιάκμονα, του Στρυμόνα, του Σπερχειού κ.α., δεν έχει εντοπιστεί ερευνητικό υλικό σχετικό με τη διαβάθμιση της αλατότητας και τη μεταβολή της βλάστησης στα παράκτια υγροτοπικά οικοσυστήματα. Αντίθετα, στην ξένη βιβλιογραφία εντοπίστηκαν αρκετές έρευνες επί της οικολογίας των αλμυρόβαλτων (π.χ. ζωνοποίηση παράκτιων οικοσυστημάτων και σχέση αλατότητας – εδάφους) και των επιδράσεων της βόσκησης σε παράκτια οικοσυστήματα (Ooi et al. 2021, Sweers et al. 2013, Bromberg Gedan et al. 2009).

Από τα παραπάνω, αλλά και από τις ιδέες που προέκυψαν από την παρούσα εργασία, προκύπτουν οι εξής προτάσεις για περαιτέρω έρευνα, μερικές από τις οποίες αφορούν σε ζητήματα διαχείρισης των βοσκόντων ζώων, που θα βοηθήσουν τόσο τον εκτροφέα των νεροβούβαλων όσο και την αρμόδια Μονάδα Διαχείρισης Προστατευόμενων Περιοχών:

1. Στατιστική ανάλυση της φυτοποικιλότητας στην περιοχή των εκβολών του Σπερχειού.
2. Στατιστική συσχέτιση των δεδομένων της παρούσας έρευνας επί της φυτοκάλυψης και των εδαφικών παραμέτρων.
3. Τεκμηρίωση της βοσκοϊκανότητας, της λιβαδικής κατάστασης, του ποσοστού της βοσκήσιμης ύλης στο σύνολο της υπέργειας λιβαδικής παραγωγής ανά εποχή, και του πλήρους προφίλ της θρεπτικής αξίας της βοσκήσιμης ύλης.
4. Διατύπωση διαχειριστικών μέτρων για την ορθή βοσκοφόρτωση στην περιοχή έρευνας, πιθανώς ανά εποχή.
5. Εγκατάσταση προγράμματος λιβαδοπονικής παρακολούθησης της περιοχής έρευνας στο άμεσο μέλλον, ιδανικά σε συνδυασμό με παρακολούθηση και άλλων βιοτικών παραμέτρων (π.χ. χρήση από την άγρια πανίδα).
6. Πληρέστερη τεκμηρίωση για το κενό που υπάρχει στη βιβλιογραφία για τους παράκτιους υγρότοπους της Ελλάδας.

## 10. Βιβλιογραφία

- Βραχνάκης, Μ. 2015. Λιβαδοπονία. Ελληνικά Ακαδημαϊκά Συγγράμματα και Βοηθήματα – Κάλλιπος, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. Αθήνα, 229 σελ.
- Βραχνάκης, Μ. και Π. Κωστοπούλου. 2006. Λιβαδοπονία: Σημειώσεις για το Εργαστηριακό μάθημα. Εργαστήριο Λιβαδοπονίας, Τμήμα Δασολογίας και Διαχείρισης Φυσικού Περιβάλλοντος, ΤΕΙ Λάρισας – Παράρτημα Καρδίτσας.
- Γεράκης, Π. Α. και Σ.Ε. Τσιούρης. 2010. Υγρότοποι και Γεωργία: Λειτουργίες, Αξίες, Διατήρηση και Διαχείριση Υγροτόπων, Σχέσεις με Γεωργικά Οικοσυστήματα. Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία, Θεσσαλονίκη.
- Γκουγκουλιάς, Ν. Κ. 2016. Μέθοδοι ανάλυσης του εδάφους. Εκδ. Γραμμικό, Λάρισα.
- Ευαγγέλου, Χ. 2013. Σχέση μεταξύ συστήματος εκτροφής βοσκόντων ζώων και ερημοποίησης σε μεσογειακά λιβαδικά τοπία. Διδακτορική διατριβή, ΑΠΘ.
- Ζαλίδης Χ. Γ., Τ. Γ. Crisman και Α. Π. Γεράκης (συντονιστές έκδοσης). 2002. Αποκατάσταση Μεσογειακών υγροτόπων. ΥΠΕΧΩΔΕ, Αθήνα και ΕΚΒΥ, Θέρμη.
- Καζόγλου, Ι. 2007. Επιδράσεις της βόσκησης βούβαλων στα υγρά ποολίβαδα του Εθνικού Δρυμού Πρεσπών. Διδακτορική διατριβή. Εργαστήριο Λιβαδικής Οικολογίας, Τομέας Λιβαδοπονίας και Άγριας Πανίδας – Ιχθυοπονίας Γλυκένων Υδάτων, Σχολή Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 254 σελ.
- Καζόγλου, Ι. Ε. και Β. Π. Παπαναστάσης. 2006. Βοσκοϊκανότητα παραλίμνιων λιβαδιών και καλαμιώνων στη λίμνη Μικρή Πρέσπα, σελ. 281-288. Λιβάδια των πεδινών και ημιορεινών περιοχών: Μοχλός ανάπτυξης της υπαίθρου (Π. Δ. Πλατής, Α. Ι. Σφουγγάρης, Θ. Γ. Παπαχρήστου & Α. Ι. Τσιόντσης, εκδότες). Πρακτικά 4<sup>ου</sup> Πανελληνίου Λιβαδοπονικού Συνεδρίου, Βόλος, 10-12/11/2004. Υπ. Αγρ/κής Ανάπτυξης και Τροφίμων & Ελληνική Λιβαδοπονική Εταιρία. Δημ. Νο 12. (Με περίληψη στα αγγλικά).
- Καζόγλου, Ι. 2019. Διαλέξεις του μαθήματος «Αξίες, λειτουργίες και διαχείριση υγροτόπων» του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Πολυλειτουργική Διαχείριση Δασικών Οικοσυστημάτων και Βιοοικονομία» του Τμήματος Δασολογίας, Επιστημών Ξύλου & Σχεδιασμού. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
- Καζόγλου, Ι. και Ρ. Τσιακίρης. 2018. Διαχειριστικά Σχέδια Βόσκησης: οι ενέργειες που πρέπει άμεσα να υλοποιηθούν. Πρακτικά ημερίδας της Ελληνικής Δασολογικής Εταιρίας, 28-06-2018, <http://www.forestry.gr/assets/pdf/praktika/praktika2018.pdf> .
- Καζόγλου, Ι. και Ρ. Τσιακίρης. 2022. Διαχειριστικά Σχέδια Βόσκησης: ανάγκη να είναι έτοιμα, πριν την εφαρμογή της νέας ΚΑΠ. Περιοδικό ΓΕΩΡΓΙΑ – ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΑ, τεύχος 03, Μάρτιος 2022, σελ. 68-72. Εκδόσεις ΑγροΤύπος.
- Κοζαίτη, Μ. Χ. 2019. Επίδραση της συμπύκνωσης σε φυσικές και βιολογικές ιδιότητες τριών πηλώδων εδαφών αμπελώνων. Μεταπτυχιακή διατριβή. ΑΠΘ.
- Μαντζαβέλας και συν. 2001. Τεχνικός Οδηγός Περιβαλλοντικής Διαχείρισης και Αποκατάστασης Υγροτόπων, Κέντρο των Περιφερειών της Ευρωπαϊκής Μεσογείου για το Περιβάλλον, Πρόγραμμα NetWet – Interreg II C.
- Μαρκογιάννη Β. και συν. 2015. Παρακολούθηση της ποιοτικής κατάστασης και της αλληλεπίδρασης του ενιαίου συστήματος Σπερχειού ποταμού και Μαλιακού κόλπου. 11<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συμπόσιο Ωκεανογραφίας και Αλιείας. Μυτιλήνη.
- Οικονομίδου Ε. και Κ. Βασιλάκης. 1994. Εκτίμηση Οικολογικής Αξίας του Δέλτα του Καλαμά και Προκαταρκτικές Προτάσεις Διαχείρισεως. ΕΚΒΥ, Θεσσαλονίκη.
- Παπαναστάσης Β. Π. 2019. Λιβαδοκτηνοτροφική ανάπτυξη. Εκδόσεις Γιαχούδη. Θεσσαλονίκη, σελ. 158.

- Παπαναστάσης, Β., και Νοϊτσάκης, Β., 1992. Λιβαδική Οικολογία. Εκδόσεις Γιαχούδη – Γιαπούλη. Θεσσαλονίκη, σελ. 244.
- Τάντος Β. 2005. Σημειώσεις εργαστηρίων δασικής εδαφολογίας. Τμήμα Δασοπονίας και Διαχείρισης Φυσικού Περιβάλλοντος, ΤΕΙ Λάρισας – Παράρτημα Καρδίτσας.
- Ψωμιάδης Ε. 2010. Έρευνα γεωμορφολογικών και περιβαλλοντικών μεταβολών στην υδρολογική λεκάνη του Σπερχειού ποταμού με χρήση νέων τεχνολογιών. Διδακτορική διατριβή, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.
- Alivizatos H. and V. Goutner. 2021. Diet composition, guild structure and trophic relationships of wintering birds of prey in an estuarine wetland (The Evros Delta National Park, Greece). *Ecologica Montenegrina*, 39: 15-29.
- Benstead, P. J., P.V. Jose, C.B. Joyce and P.M. Wade. 1999. European Wet Grassland Guide. Guidelines for management and restoration. Royal Society for Protection of Birds, Sandy. UK. 169pp.
- Bertness M. D. 1991. Zonation of *Spartina patens* and *Spartina alterniflora* in a New England Salt Marsh. *Ecology* 72(1): 138-48.
- Bobola, E., V. Goutner and V. Liordos. 2018. Foraging habitat selection and differentiation among coexisting raptors across an estuarine landscape (Evros Delta, Northern Greece). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 213: 108–114.
- Bromberg Gedan, K., C.M. Crain, M.D. Bertness. 2009. Small-mammal herbivore control of secondary succession in New England tidal marshes. Department of Ecology and Biology. USA, 430pp.
- Brewer, J.S. and J.B. Grace. 1990. Plant community structure in an oligohaline tidal marsh. *Vegetatio* 90, 93-107.
- Davidson, K.E. et al. 2017. Livestock grazing alters multiple ecosystem properties and services in salt marshes: a meta-analysis. College of Science, Swansea University. 1396pp.
- FAO. 1977. The water Buffalo. Animal Production and Health Series No 4. Rome. 283pp.
- Frazier, S. 1996. An overview of the worlds Ramsar sites. Wetlands International Publ. 39. 58pp.
- Georgoudis A.G., V.P. Papanastasis and J.G. Boyazoglu. 1999. Use of Water Buffalo for environmental conservation of waterland. *Asian-Australian Journal of Animal Sciences*, 12(8), 1324-1331.
- Gordon, I.J., P. Dunkan, P. Grillas and T. Lecomte. 1990. The use of domestic herbivores in the conservation of the biological richness of European wetlands. *Bull. Ecol.* 21: 49-60.
- Howard, R.J., I.A. Mendelsohn. 2000. Structure and composition of aligohaline marsh plant communities exposed to salinity pulses. U.S. Geological Survey, *Aquatic Botany*, 68: 143-164.
- Howison, R.A., H. Olf, J. Van De Koppel and C. Smit. 2017. Biotically driven vegetation mosaics in grazing ecosystems: the battle between bioturbation and biocompaction. *Ecological Monographs*, 87(3), pp. 363-378.
- Kazoglou, Y. 2011. Agriculture, stockbreeding and wetlands: the case of Prespa, pp 146-158. *In: Culture and wetlands in the Mediterranean: An evolving story* (Thymio Papayannis and Dave Pritchard, editors). Athens, Med-INA, 440 pages. ISBN 978-960-89972-2-6.
- Kazoglou, Y. E., F. Mesléard and V. P. Papanastasis. 2004. Water buffalo (*Bubalus bubalis*) grazing and summer cutting as methods of restoring wet meadows at Lake Mikri Prespa, Greece. *Grassland Science in Europe*, Vol. 9: 225-227.
- Kazoglou, Y. and H. Jerrentrup. 2004. Management of Wetland Vegetation with Water Buffaloes in Greece. *In: Gattenlohner, M. Hammerl-Resch, S. Jantschke* (editors). Reviving wetlands – Sustainable Management of Wetlands and Shallow lakes, Guidelines for the Preparation of management plan. Global Nature Fund, Living lakes, EU LIFE Programme, DG Environment.
- Kazoglou, Y., F. Mesléard and V. P. Papanastasis. 2008. Wet meadow restoration at Lake Mikri Prespa, Greece: results of vegetation monitoring (2002-2007). Proceedings of the 6th European Conference



- on Ecological Restoration (Society for Ecological Restoration – Europe) 8-12 September 2008, Ghent, Belgium.
- Keddy, P. 2002. *Wetland Ecology, Principles and Conservation*. Cambridge Studies in Ecology. Cambridge University Press.
- Korakis G. and A. Gerasimidis. 2006. Coastal and halophytic habitats and their flora in Evrotas Delta (SE Peloponnisos, Greece). *Journal of Biological Research*, 6: 155-166.
- McKee, K.L. and I.A. Mendelsohn. 1989. Response of freshwater marsh plant community to increased salinity and increased water level. *Aquatic Botany* 34: 301-316.
- Mesleard, F. and C. Perennou. 1996. *Aquatic emergent vegetation, Ecology and Management. Conservation of Mediterranean wetlands, MedWet/ Tour du Valat n. 6*. Arles (France), 86pp.
- Mitsch W. J. and J.G. Gosselink. 2015. *Wetlands*. 5<sup>th</sup> edition. John Wiley & Sons.
- Ooi. S.K. et. al. 2021. Vegetation zones as indicators of denitrification potential in salt marshes. *Ecological Applications*, 2022;32: e2630., pag. 1-3.
- Panagiotopoulou, M., S. Kazantzidis, E. Katrana and L. Alvanou. 2012. The importance of Axios-Loudias-Aliakmonas wetland complex for nesting of threatened species of gulls and terns. 12<sup>th</sup> International Congress on the Zoogeography and Ecology of Greece and adjacent regions.
- Papanastasis, V.P. and P. Mansat. 1996. *Grasslands and related forage resources in Mediterranean areas*. Vol. 1, Grado.
- Papanastasis V.P. and D. Chouvardas. 2005. Application of the state-and-transition approach to conservation management of a grazed Mediterranean landscape in Greece. *Israel Journal of Plant Sciences*, 53: 191- 202.
- Pearce, F. and A.J. Crivelli. 1994. *Characteristics of Mediterranean Wetlands*. Tour du Valat, Arles, France. Publications MedWet / Tour du Valat – number 1, 88pp.
- Psilovikos A. 1992. Prospects for wetlands and waterfowl in Greece. Pages 53-55, in: D. A. Scott (editor), *Management of wetlands and their birds*. IWRB, Slimbridge.
- Sarika M. 2012. Flora and vegetation of some coastal ecosystems of Sterea Ellas and eastern Greece. *Lazaroa* 33: 65-99.
- Sarika, M.A., A.N. Christopoulou, S.D. Zervou and A.C. Zikos. 2018. Vegetation units of wetland and terrestrial habitats: the case study of Spercheios River and Maliakos Gulf (Sterea Ellas, Greece), a Natura 2000 Site. *Hacquetia* 17/2, 189-220.
- Skinner J. and S. Zalewski. 1995. *Functions and values of Mediterranean Wetlands*. Tour du Valat, Arles, France. Publications MedWet/Tour du Valat – number 2, 80pp.
- Sweers, W., N. Kanswohl and J. Muller. 2013. Zur landschaftspflegerischen Eignung des Wasserbüffels (*Bubalus bubalis*). How suitable is the water buffalo (*Bubalus bubalis*) for landscape preservation purposes? *Züchtungskunde*, (in German with English summary).
- Sweers, W., S. Horn, G. Grenzdorffer, J. Muller. 2013. Regulation of reed (*Phragmites australis*) by water buffalo grazing: use in coastal conservation. *Mires and Peat*, Vol. 13 (2013/14), Art. 03, 1-10.
- Vougioukalou, M., S. Kazantzidis and T. Aarvak. 2017. Safeguarding the Lesser White-fronted Goose Fennoscandian population at key staging and wintering sites within the European flyway. LIFE project, Life+10 Nat/GR/000638 Project, Hellenic Ornithological Society, Athens.
- Xystrakis F. et. al. 2014. Succession rates and patterns twelve years after land use abandonment in the estuary of River Aliakmon, N. Greece. *Acta Bot. Croat.* 73(1), 21-35.