

# Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών *Διαχείριση και  
Προστασία Περιβάλλοντος*

## Μεταπτυχιακή Διατριβή



Ανάπτυξη Πολυκριτηριακού Συστήματος Αξιολόγησης  
Εδαφών για τη Διάθεση των Αποβλήτων Οινοποίησης

**ΜΑΡΚΟΣ ΦΑΡΜΑΚΑΚΗΣ**

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια  
Δρ. Μαρία Ντούλα

Μάιος, 2020

# **Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου**

**Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών  
Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών Διαχείριση και  
Προστασία Περιβάλλοντος**

## **Μεταπτυχιακή Διατριβή**

**Ανάπτυξη Πολυκριτηριακού Συστήματος Αξιολόγησης  
Εδαφών για τη Διάθεση των Αποβλήτων**

**ΜΑΡΚΟΣ ΦΑΡΜΑΚΑΚΗΣ**

**Επιβλέπουσα Καθηγήτρια  
Δρ. Μαρία Ντούλα**

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή υποβλήθηκε προς μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων για απόκτηση μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών στη Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος από τη Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου.

**Μάιος, 2020**



## Περίληψη

Τα απόβλητα της οινοποίησης, τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των οποίων ενδέχεται να επηρεάσουν αρνητικά τα εδάφη στα οποία γίνεται η διάθεσή τους, καθώς η αιεφόρος διαχείριση των αποβλήτων δεν είναι πάντα δεδομένη πρακτική. Στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή και στο πλαίσιο της φιλοσοφίας της κυκλικής οικονομίας και της προστασίας του περιβάλλοντος, γίνεται συστηματική μελέτη ανάπτυξης ενός πολυκριτηριακού συστήματος αξιολόγησης εδαφών σχετικά με την καταλληλότητά τους να δεχθούν αυτά τα συγκεκριμένα απόβλητα με σκοπό την επίτευξη του βέλτιστου αποτελέσματος.

Αρχικά, έγινε η προσαρμογή σε πέντε κλάσεις καταλληλότητας για την περίπτωση αποβλήτων οινοποίησης για την αξιολόγηση των εδαφών κατά FAO (1976). Ακολούθησε ο προσδιορισμός των ιδιοτήτων των αποβλήτων που έχουν την μεγαλύτερη επίδραση στα εδάφη. Βάσει αυτών των ιδιοτήτων, όπως προέκυψε από την βιβλιογραφική έρευνα, αναπτύχθηκαν δύο συστήματα αξιολόγησης εδαφών ένα για τα υγρά απόβλητα οινοποίησης και ένα για τα στερεά. Στη συνέχεια και πριν την ανάπτυξη του μοντέλου αξιολόγησης έγινε ο προσδιορισμός των εδαφικών παραμέτρων που έπρεπε να συμπεριληφθούν σε αυτό.

Σε συνεργασία με την επιστημονική ομάδα του έργου LIFE Agrostat χρησιμοποιήθηκαν τα εδαφικά δεδομένα τη νήσου Αίγινας για το χαρακτηρισμό των χαρτογραφικών εδαφικών μονάδων στις κλάσεις καταλληλότητας.

Στη συνέχεια, έγινε η ανάπτυξη σε περιβάλλον GIS όλων των χαρτών καταλληλότητας για τη διάθεση υγρών και στερεών αποβλήτων οινοποίησης για κάθε ιδιότητα ξεχωριστά, ενός χάρτη καταλληλότητας λαμβάνοντας μόνο τις φυσικές ιδιότητες και τέλος ενός χάρτη καταλληλότητας όλων των ιδιοτήτων που συμπεριλήφθηκαν στο σύστημα αξιολόγησης.

Τέλος, αναπτύχθηκαν οι εξισώσεις που υπολογίζουν τις κατάλληλες ποσότητες των υγρών ή στερεών αποβλήτων οινοποίησης που μπορούν να δεχθούν τα εδάφη και η αξιολόγηση της οικονομικής αποδοτικότητας σε σύγκριση με τα πραγματικά δεδομένα των λιπαντικών αναγκών, όπου διαπιστώθηκε μείωση του συνολικού ετήσιου κόστους ανά στρέμμα κατά 64%.

## **Summary**

Winemaking waste, the physical/chemical characteristics of which may adversely affect the soil, in which it is disposed of, as sustainable waste management is not always a given practice. In this essay and in the context of the philosophy of the circular economy and environmental protection, a systematic study is being conducted to develop a land suitability evaluation system to accept these specific wastes in order to achieve the best result.

Initially, five suitability classes were adapted in the case of winemaking waste according to FAO (1976) guidelines. This was followed by the identification of the properties of the waste that have the greatest impact on the soil. Based on these properties, according to literature, two land evaluation systems were developed, one for winery wastewater and one for solid waste. Then, before the development of the evaluation model, the soil parameters that had to be included in it were determined.

In collaboration with the scientific team of the LIFE Agrostat project, the soil data of the island of Aegina were used to characterize the cartographic soil units into the suitability classes.

Subsequently, suitability maps for the disposal of winery wastewater and solid waste were developed using GIS software for each parameter, a suitability map taking only the physical properties and finally a suitability map of all the features included in the evaluation system.

Finally, equations have been developed that calculate the appropriate amounts of winery wastewater and solid waste that can be accepted by the soils and assess the economic efficiency compared to the actual data of fertilizer needs, where a reduction of the total annual cost per acre by 64% was found.

## **Ευχαριστίες**

Κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής, υπήρξαν κάποιοι άνθρωποι που στάθηκαν αρωγοί σε αυτή μου την προσπάθεια και τους οποίους αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέποντα Δρα. Μαρία Ντούλα για την άψογη συνεργασία, τη συμπαράσταση και την πολύτιμη καθοδήγησή της.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιστημονική ομάδα του LIFE Agrostrat για την παροχή των εδαφικών δεδομένων της Αίγινας βάσει των οποίων ήταν δυνατή η εκπόνηση της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής.

Τέλος, χρωστώ ευγνωμοσύνη στους θείους και εξαδέλφους μου στο Λαύριο όπου με στήριξαν σε μια μεγάλη αλλαγή στη ζωή μου και ένα μεγάλο ευχαριστώ στους γονείς μου και την αδελφή μου για την αδιάκοπη και πολύτιμη στήριξη στις προσπάθειές μου.

# Περιεχόμενα

<b>1</b>	<b>Εισαγωγή</b> .....	1
1.1	Σημασία και Αναγκαιότητα της Μελέτης .....	3
1.2	Ανάλυση του Προβλήματος .....	4
1.2.1	Απόβλητα Οινοποίησης .....	4
<b>2</b>	<b>Λεπτομερής Ανάλυση του Προβλήματος και Περιγραφή της Παρούσας Κατάστασης</b> .....	6
2.1	Απόβλητα Οινοποίησης .....	6
2.2	Οινοποίηση και Παραγωγή Αποβλήτων .....	7
2.2.1	Υποδοχή Σταφυλιών .....	7
2.2.2	Σύνθλιψη – Παραγωγή Μούστου .....	8
2.2.3	Ζύμωση .....	8
2.2.4	Μετάγγιση .....	8
2.2.5	Ωρίμανση – Σταθεροποίηση .....	8
2.2.6	Φιλτράρισμα .....	9
2.2.7	Μεταφορά – Διάθεση .....	9
2.3	Σύσταση Αποβλήτων Οινοποίησης .....	10
2.3.1	Υγρά Απόβλητα .....	10
2.3.2	Στερεά Απόβλητα .....	13
<b>3</b>	<b>Μεθοδολογία</b> .....	14
3.1	Σκοπός, Στόχοι και Ερωτήματα της Έρευνας .....	14
3.2	Μεθοδολογία Προσέγγισης της Έρευνας .....	14
3.2.1	Βιβλιογραφική Ανασκόπηση .....	15
3.2.2	Καθορισμός Στρατηγικής Προσέγγισης των Ερωτημάτων της Έρευνας .....	15
3.2.3	Υλοποίηση Στρατηγικής, Αξιολόγηση, Ανάλυση και Επεξεργασία .....	16
3.3	Αξιολόγηση Εδαφών κατά FAO .....	17
3.4	Απόβλητα Οινοποίησης και Επιπτώσεις στα Εδάφη .....	19
3.5	Εδαφικές Παράμετροι .....	21
3.5.1	Χαρτογραφικές Εδαφικές Μονάδες (XEM) .....	21
3.5.2	Κλάσεις Υδρομορφίας .....	25
3.5.3	Κλάσεις Κοκκομετρικής Σύστασης .....	27
3.5.4	Κλάσεις Κλίσεων .....	27
3.5.5	Κλάσεις Βάθους Εδάφους .....	27
3.5.6	Κλάσεις Αδρομερών Υλικών .....	28
3.5.7	Κλάσεις Διάβρωσης .....	29
3.5.8	Κλάσεις Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας Εδάφους .....	29
3.5.9	Κλάσεις Δηθητικότητας .....	30
3.5.10	Αλκαλικότητα .....	30
3.6	Κριτήρια Αξιολόγησης Καταλληλότητας Εδαφών για τη Διάθεση Αποβλήτων Οινοποίησης .....	31
3.6.1	Σύστημα Αξιολόγησης Εδαφών για Υγρά Απόβλητα Οινοποιείων .....	31
3.6.2	Σύστημα Αξιολόγησης Εδαφών για Στερεά Απόβλητα Οινοποιείων .....	33
3.7	Εφαρμογή του Συστήματος Αξιολόγησης στα Εδαφικά Δεδομένα της Αίγινας – Ανάπτυξη GIS Χαρτών Καταλληλότητας .....	34
3.8	Υπολογισμός της Κατάλληλης Ποσότητας Αποβλήτων για Διάθεση στα Εδάφη .....	36
3.8.1	Εκτίμηση Ενδεδειγμένων Δόσεων Εφαρμογής Υγρών Αποβλήτων Οινοποίησης στα Εδάφη .....	37
3.8.2	Εξίσωση Υπολογισμού Αζώτου .....	37
3.8.3	Εξίσωση Υπολογισμού Πολυφαινολών .....	38
3.8.4	Εκτίμηση Ενδεδειγμένων Δόσεων Εφαρμογής Στερεών Αποβλήτων Οινοποίησης στα Εδάφη .....	40
3.8.5	Εξίσωση Υπολογισμού Καλίου .....	40
3.8.6	Εξίσωση Υπολογισμού Σιδήρου .....	41

3.8.7	Εξίσωση Υπολογισμού Αζώτου .....	42
3.8.8	Εξίσωση Υπολογισμού Πολυφαινολών .....	42
3.9	Οικονομική Αποδοτικότητα Χρήσης Αποβλήτων στα Εδάφη για Λιπαντικούς Σκοπούς .....	45
<b>4</b>	<b>Αποτελέσματα</b> .....	<b>46</b>
4.1	Υγρά Απόβλητα – Χάρτες Καταλληλότητας Εδαφών .....	46
4.2	Στερεά Απόβλητα – Χάρτες Καταλληλότητας Εδαφών .....	52
4.3	Υπολογισμός Δόσης Αποβλήτου .....	59
4.4	Οικονομικό Όφελος .....	60
<b>5</b>	<b>Συμπεράσματα</b> .....	<b>61</b>
5.1	Συμπεράσματα .....	62
5.2	Προτάσεις .....	63
	<b>Βιβλιογραφία</b> .....	<b>64</b>

## **Ακρωνύμια**

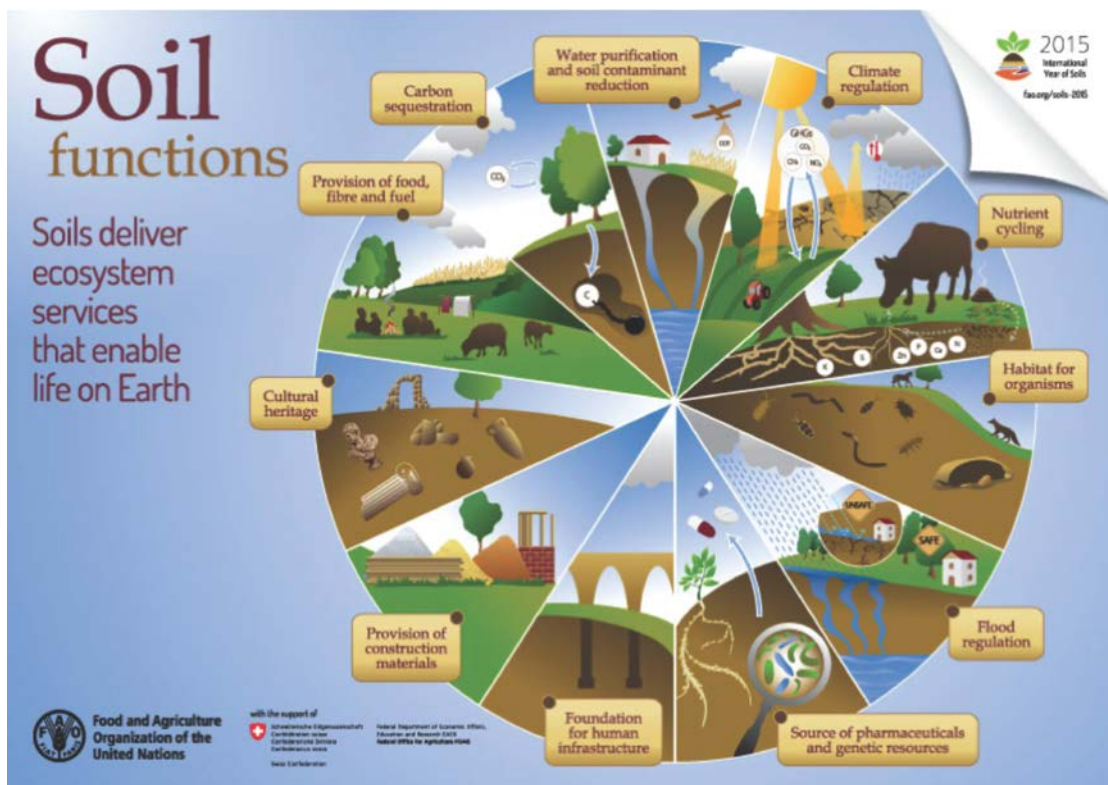
Χαρτογραφικές Εδαφικές Μονάδες (ΧΕΜ)

# Κεφάλαιο 1

## Εισαγωγή

Το έδαφος είναι ένας εξαιρετικά σημαντικός φυσικός πόρος, από τον οποίο εξαρτάται η επιβίωση του ανθρώπινου είδους. Επιτελεί ένα μεγάλο αριθμό λειτουργιών, όπως φαίνεται στο Σχήμα 1, με κυριότερες τις παρακάτω:

1. Παραγωγή τροφής και πρώτων υλών,
2. Καθαρισμός και διευθέτηση υδάτων,
3. Αποθήκευση άνθρακα και ρύθμιση κλίματος,
4. Παροχή ενδιαιτήματος για την εδαφική βιοποικιλότητα,
5. Ανακύκλωση θρεπτικών συστατικών,



**Σχήμα 1,** Οι λειτουργίες του εδάφους όπως σχηματοποιήθηκαν για το παγκόσμιο έτος τους εδάφους το 2015 (FAO, 2015).

Το έδαφος είναι το ανώτερο στρώμα της γης, το οποίο σχηματίστηκε από τη διάβρωση και την αποσάθρωση των πετρωμάτων και αποτελεί ένα συνεχώς εξελισσόμενο και δυναμικό σύστημα (Στυλιανού, 2018). Το έδαφος είναι πρακτικά μη ανανεώσιμος πόρος, καθώς σχηματίζεται με εξαιρετικά αργούς ρυθμούς μέσω αλλουβιακών, θαλάσσιων και οργανικών αποθέσεων υπό την επίδραση πολυσύνθετων και πολυπαραγοντικών εδαφογενετικών διεργασιών και ταυτόχρονη επίδραση οργανισμών.

Αν και όπως αναφέρθηκε, το έδαφος είναι μη ανανεώσιμος πόρος, τύχγανε πάντα μικρότερης προσοχής σε σχέση με τον αέρα και το νερό, Σύμφωνα με τη Ευρωπαϊκή Θεματική Στρατηγική για την Προστασία του Εδάφους (COM 2006 (231)) (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2006), οι σημαντικότεροι κίνδυνοι για τα εδαφικά συστήματα είναι:

1. Διάβρωση
2. Μείωση οργανικής ουσίας
3. Σφράγιση
4. Συμπύεση
5. Κατολισθήσεις
6. Αλάτωση-αλκαλίωση
7. Ρύπανση
8. Απώλεια βιοποικιλότητας

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες είναι αυτές που ευθύνονται σε μεγάλο βαθμό, σε σχέση με τις φυσικές διεργασίες, για την εκδήλωση και την επέκταση των παραπάνω κινδύνων. Το έδαφος γίνεται συχνά αποδέκτης πάσης φύσεως αποβλήτων και απορριμμάτων, με αποτέλεσμα τη συνεχή υποβάθμισή του. Σημαντικοί τομείς της οικονομίας, οι οποίοι προκαλούν υποβάθμιση και ρύπανση των εδαφών, είναι η βιομηχανία, η γεωργία, ο τουρισμός κ.α..

Η αγροτική παραγωγική διαδικασία παράγει μεγάλες ποσότητες οργανικών αποβλήτων όπως αυτών της ελαιοποίησης, της οινοποίησης, της χυμοποίησης και άλλων συναφών δραστηριοτήτων, τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των οποίων ενδέχεται να επηρεάσουν αρνητικά τα εδάφη στα οποία γίνεται η διάθεσή τους καθώς η αειφόρος διαχείριση των αποβλήτων δεν είναι πάντα δεδομένη πρακτική.

Στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή και στο πλαίσιο της φιλοσοφίας της κυκλικής οικονομίας και της προστασίας του περιβάλλοντος, γίνεται συστηματική μελέτη ανάπτυξης ενός πολυκριτηριακού συστήματος αξιολόγησης εδαφών σχετικά με την καταλληλότητά τους να δεχθούν οργανικά απόβλητα οινοποίησης με σκοπό την επίτευξη του βέλτιστου αποτελέσματος από τη διάθεση αυτού του είδους αποβλήτου. Για την ανάπτυξη του συστήματος αξιολόγησης των εδαφών χρησιμοποιήθηκαν εδαφικά δεδομένα για τη νήσο Αίγινα.

## **1.1 Σημασία και Αναγκαιότητα της Μελέτης**

Στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχει μεγάλος αριθμός μελετών που αποδεικνύει ότι η ελεγχόμενη διάθεση γεωργικών αποβλήτων στα εδάφη είναι μία δόκιμη λύση, ιδιαιτέρως σε περιοχές όπως η Μεσόγειος, τα εδάφη της οποίας είναι ιδιαίτερα φτωχά σε οργανική ουσία, ενώ υπάρχει και σημαντικό πρόβλημα διαθεσιμότητας υδατικών πόρων στη γεωργία (Chartzoulakis *et al.*, 2010; Doula *et al.*, 2013; Kavvadias *et al.*, 2014; 2015).

Η προοδευτική υποβάθμιση των εδαφών στις περιοχές της Μεσογείου λόγω της κλιματικής αλλαγής θα μπορούσε να αμβλυθεί με την ανακύκλωση οργανικών αποβλήτων, λαμβάνοντας όμως υπόψη όλα τα απαραίτητα μέτρα για την προστασία των χρηστών, του περιβάλλοντος και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του εδάφους.

Οι αποφάσεις που λαμβάνονται για την αξιοποίηση των εδαφών ήταν και είναι κομμάτι της ανθρώπινης εξέλιξης και του πολιτισμού (FAO, 1976). Κατά το παρελθόν οι άνθρωποι αποφάσιζαν μεμονωμένα και αξιολογούσαν πως θα χρησιμοποιήσουν το κομμάτι γης που κατείχαν. Σήμερα, σε ένα πολυπλοκότερο και πολυπληθέστερο περιβάλλον, το οποίο ασκεί πολυποίκιλες και ισχυρές πιέσεις στα εδάφη (π.χ. κλιματική αλλαγή, ρύπανση κ.λπ.), αποτελεί αναγκαιότητα η διερεύνηση και αξιολόγηση ενός εδαφικού συστήματος σχετικά με το κατά πόσο μπορεί αυτό να ανταποκριθεί στις υφιστάμενες ή μελλοντικές χρήσεις.

Υπό αυτήν την έννοια, είναι ιδιαίτερα σημαντικό, πριν από κάθε απόφαση χρήσης ή διάθεσης αποβλήτων στο έδαφος, να έχει εκπονηθεί μελέτη αξιολόγησης της καταλληλότητας των εδαφών, ώστε να διασφαλισθεί ότι τα εδαφικά συστήματα θα

συνεχίσουν να παρέχουν στο περιβάλλον τις λειτουργίες που είναι απαραίτητες για τη διατήρηση των οικοσυστημάτων, η αειφορία των οποίων υποστηρίζεται από σε αυτά.

## **1.2 Ανάλυση του Προβλήματος**

Το γενικό πρόβλημα, στην επίλυση του οποίου στοχεύει η παρούσα διατριβή είναι η ανεξέλεγκτη διάθεση αποβλήτων στα εδάφη, διάθεση η οποία λαμβάνει χώρα χωρίς κανέναν σχεδιασμό και χωρίς να λαμβάνονται υπόψη τα ιδιαίτερα εδαφικά αλλά και γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά των περιοχών διάθεσης.

Για την ανάπτυξη ενός συστήματος αξιολόγησης με γνώμονα τη διατήρηση της ποιότητας των εδαφών και της προστασία τους είναι απαραίτητο: (1) να ληφθούν υπόψη τα φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά των εδαφών, (2) να προσδιορισθούν οι εδαφικές παράμετροι εκείνες οι οποίες επηρεάζονται από τη διάθεση των διάφορων τύπων οργανικών αποβλήτων και (3) τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των αποβλήτων προς διάθεση (Doula *et al.*, 2016).

Στην παρούσα διατριβή θα αναπτυχθεί ένας σύστημα αξιολόγησης καταλληλότητας εδαφών για τη διάθεση αποβλήτων οينوποίηση, δραστηριότητα ιδιαίτερα διαδεδομένη στις χώρες της Μεσογείου.

### **1.2.1 Απόβλητα Οينوποίησης**

Τα απόβλητα οينوποίησης λόγου του όγκου και της σύστασής τους συνιστούν σημαντικό περιβαλλοντικό πρόβλημα, όταν διατίθενται ανεξέλεγκτα στα εδάφη ή και σε άλλους αποδέκτες, όπως τα υδατικά συστήματα. Χαρακτηρίζονται από υψηλό οργανικό φορτίο και περιέχουν συστατικά τα οποία έχουν φυτοτοξική δράση (LIFE Project, 2012).

Στην Ελλάδα τα περισσότερα οينوποιεία είναι μικρές επιχειρήσεις, διάσπαρτες στη χώρα, τα οποία δεν έχουν τα μέσα και τη δυνατότητα να διαχειριστούν με περιβαλλοντικά αποδεκτούς τρόπους τα απόβλητα που παράγουν. Η συνηθέστερη πρακτική είναι η διάθεσή τους στα εδάφη με σκοπό τη φυσική αποδόμησή τους (LIFE Project, 2012).

Η ανεξέλεγκτη διάθεση των αποβλήτων οينوποίησης έχει αρνητικά αποτελέσματα τόσο στην ποιότητα των εδαφών αλλά και άλλων συστημάτων που επηρεάζονται ή υποστηρίζονται από αυτά. Συγκεκριμένα, η ανεξέλεγκτη διάθεση των αποβλήτων οينوποίησης στα εδάφη μπορεί να προκαλέσει:

- α) εμφάνιση φαινομένων φυτοτοξικότητας και αρνητικές συνέπειες στην ανάπτυξη των φυτών,
- β) ρύπανση του υδροφόρου ορίζοντα, υποβαθμίζοντας την ποιότητα των υδάτων,
- γ) εξόντωση ευαίσθητων θαλάσσιων οργανισμών.

Συνεπώς, γίνεται εύκολα κατανοητή η αναγκαιότητα να υιοθετηθούν από τους παραγωγούς αλλά και τις τοπικές και περιφερειακές αρχές, συστήματα αξιολόγησης και λήψης αποφάσεων, ώστε να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα της ανεξέλεγκτης διάθεσης των αποβλήτων αλλά και να αξιοποιηθούν στο μέγιστο βαθμό τα πολύτιμα συστατικά των αποβλήτων (οργανική ουσία, νερό, θρεπτικά συστατικά) χωρίς αρνητικές επιπτώσεις στα εδάφη και γενικά στο περιβάλλον.

# Κεφάλαιο 2

## Λεπτομερής Ανάλυση του Προβλήματος και Περιγραφή της Παρούσας Κατάστασης

### 2.1 Απόβλητα Οινοποίησης

Η παραγωγή οίνου αποτελεί μία από τις μεγαλύτερες αγροτικές δραστηριότητες στον κόσμο (Barba *et al.*, 2016), ενώ το 50 % της παγκόσμιας παραγωγής προέρχεται από την περιοχή της Μεσογείου (Rodríguez-Salgado *et al.*, 2017).

Η διαδικασία της παραγωγής οίνου είναι μια από τις παραδοσιακές και αρχαίες αγροτικές δραστηριότητες της ελληνικής υπαίθρου. Στην Ελλάδα, παράγεται ετησίως το 3,35 % της ευρωπαϊκής παραγωγής και το 1,8% της παγκόσμιας, το οποίο προέρχεται από 1,6 εκατομμύρια τόνους σταφυλιών που καλλιεργούνται σε έκταση 171.000 εκταρίων, το 4,9 % της συνολικής καλλιεργήσιμης γης στην Ελλάδα. Από τα 500 εκατομμύρια λίτρα οίνου που παράγονται, το 60% είναι λευκός ενώ το υπόλοιπο ερυθρός, με το 65% της συνολικής ποσότητας να προέρχεται από οργανωμένα οινοποιεία (Vlyssides, Baramrouti and Mai, 2005).

Η διαδικασία της οινοπαραγωγής, όπως και κάθε άλλη αγροτική δραστηριότητα, παράγει διάφορων ειδών απόβλητα και παραπροϊόντα όπως στέμφυλα, βόστρυχοι και υγρά απόβλητα (Bustamante *et al.*, 2008).

Όπως όλες οι κατηγορίες αγροτικών αποβλήτων και τα απόβλητα οινοποίησης χαρακτηρίζονται από εποχικότητα (Mosse *et al.*, 2013), καθώς η διαδικασία του τρύγου διαρκεί στο βόρειο ημισφαίριο στο διάστημα μεταξύ Σεπτεμβρίου και Νοεμβρίου (Buelow *et al.*, 2015), ενώ η οινοποίηση και εμφιάλωση μεταξύ Νοεμβρίου και Ιουλίου.

Αυτού του είδους τα απόβλητα παρουσιάζουν υψηλή συγκέντρωση οργανικού φορτίου και θρεπτικών συστατικών (Rodríguez-Salgado *et al.*, 2017) και η διάθεσή τους στο έδαφος, σε ανεπεξέργαστη μορφή ή ως κομπόστ, θα μπορούσε να επιφέρει θετικά αποτελέσματα, όπως αύξηση της οργανικής ουσίας των εδαφών και τροφοδοσία με θρεπτικά συστατικά με άμεσο επακόλουθο τη βελτίωση της υφής και τη μείωση της χρήσης συνθετικών λιπασμάτων.

Αν και η διάθεση των αποβλήτων οινοποίησης μπορεί να έχει θετικές επιδράσεις στα εδάφη υπάρχουν σημαντικοί ανασταλτικοί παράγοντες (Moldes *et al.*, 2008; Mosse *et al.*, 2012) καθώς ενδέχεται να περιέχουν υψηλές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων (Rodríguez-Salgado *et al.*, 2017) και άλλων συστατικών όπως πολυφαινόλες, οι οποίες έχουν ισχυρή φυτοτοξική δράση (Bustamante *et al.*, 2008), καθώς και τα άλατα, τα οποία αυξάνουν την ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους (Mosse *et al.*, 2012).

## 2.2 Οινοποίηση και Παραγωγή Αποβλήτων

Τα κύρια στάδια της παραγωγικής διαδικασίας σε ένα οινοποιείο, όπως αυτά αποτυπώνονται στην εργασία των (Vlyssides *et al.*, 2005) είναι τα ακόλουθα:

### 2.2.1 Υποδοχή Σταφυλιών

Λαμβάνει χώρα για περίπου δεκαπέντε εργάσιμες ημέρες, από τέλη Αυγούστου έως αρχές Οκτωβρίου. Σε αυτό το στάδιο τα παραγόμενα υγρά απόβλητα προέρχονται από το πλύσιμο και καθαρισμό του μηχανολογικού εξοπλισμού και του δαπέδου.



**Εικόνα 1**, Υποδοχή σταφυλιών (BalkanRoad, 2019).

### **2.2.2 Σύνθλιψη – Παραγωγή Μούστου**

Ο μούστος παράγεται από τη σύνθλιψη των σταφυλιών, σε αναλογία 80 lt μούστου ανά 100 kg σταφύλια. Στο στάδιο αυτό παράγονται στερεά υπολείμματα αλλά και υγρά απόβλητα από τον καθαρισμό του μηχανολογικού εξοπλισμού, των δαπέδων και των δοχείων μεταφοράς αλλά και των απωλειών μούστου κατά τη μεταφορά του προς τις εγκαταστάσεις για το στάδιο της ζύμωσης. Η ποσότητα του νερού εξαρτάται από το μέγεθος των δεξαμενών.

### **2.2.3 Ζύμωση**

Λαμβάνει χώρα σε δοχεία που έχουν πληρωθεί κατά 80 % με μούστο και διαρκεί για περίπου δεκαπέντε ημέρες. Σε αυτό το στάδιο δεν παράγονται απόβλητα.

### **2.2.4 Μετάγγιση**

Μετά τη διαδικασία της ζύμωσης ξεκινά αυτή της μετάγγισης, η οποία διαρκεί δύο ημέρες για τα κόκκινα κρασιά και πραγματοποιείται στις αρχές Σεπτεμβρίου και πέντε ημέρες για τα λευκά στις αρχές Οκτωβρίου. Κατά τη διάρκεια της μετάγγισης το κρασί διαχωρίζεται από τα στερεά υπολείμματα τα οποία καθιζάνουν στις δεξαμενές κατά το στάδιο της ζύμωσης και μέσω αντλιών οδηγείται στις δεξαμενές ωρίμανσης και σταθεροποίησης. Σε αυτό το στάδιο παράγονται απόβλητα από το καθαρισμό του χώρου και του εξοπλισμού και λόγω απωλειών κατά τη μετάγγιση.

### **2.2.5 Ωρίμανση - Σταθεροποίηση**

Μετά την μετάγγιση το κρασί παραμένει για δεκαπέντε ημέρες σε δεξαμενές πληρωμένες κατά 100 %. Σε αυτό το στάδιο δεν παράγονται απόβλητα.



**Εικόνα 2**, Βαρέλια ωρίμανσης κρασιού (BalkanRoad, 2019).

### 2.2.6 Φιλτράρισμα

Στις αρχές Δεκεμβρίου και για δέκα ημέρες το κρασί που έχει παραχθεί φιλτράρεται μέσα από φίλτρα διατομίτη (diatomaceous earth filter) με σκοπό τη βελτίωση της ποιότητας (διαύγεια και σταθεροποίηση με απομάκρυνση σωματιδίων, βακτηρίων, ζυμομυκήτων κ.λπ.) και στη συνέχεια μεταφέρεται σε άδεια δοχεία. Τα υγρά απόβλητα αυτού του σταδίου προέρχονται από τον καθαρισμό των δεξαμενών, των αντλιών, των φίλτρων και της αίθουσας παραγωγής και πιθανώς από απώλειες κατά τη μετάγγιση. Ο διατομίτης, μετά το πέρας του φιλτραρίσματος, συλλέγεται και συνήθως κομποστοποιείται μαζί με τα υπόλοιπα στερεά υπολείμματα και πωλείται ως λίπασμα.

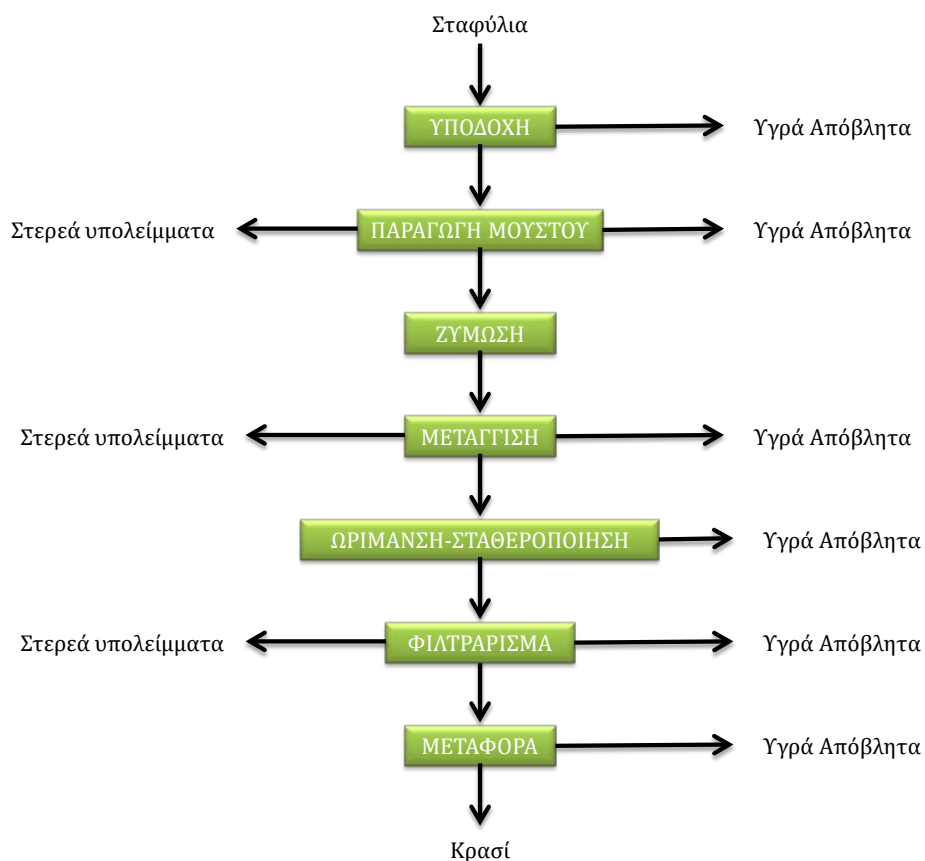
### 2.2.7 Μεταφορά - Διάθεση

Το κρασί που έχει παραχθεί εμφιαλώνεται στη μονάδα εμφιάλωσης του οινοποιείου ή μεταφέρεται με φορτηγά-βυτία με σκοπό την διάθεσή του στην αγορά σε μπουκάλια ή χύμα. Το στάδιο αυτό διαρκεί ένα εξάμηνο από τα τέλη Ιανουαρίου έως τα τέλη Ιουλίου και τα παραγόμενα υγρά απόβλητα προέρχονται από τον καθαρισμό των δεξαμενών, των αντλιών και των μονάδων εμφιάλωσης.



**Εικόνα 3**, Μεταφορά κιβωτίων με φιάλες οίνου (BalkanRoad, 2019).

Στο Σχήμα 2 παρουσιάζεται το διάγραμμα ροής ενός οινοποιείου από τη συγκομιδή έως και την εμφιάλωση και τα στάδια κατά τα οποία παράγονται απόβλητα.



**Σχήμα 1**, Διαδικασία οινοπαραγωγής και παραγωγή αποβλήτων (Vlyssides *et al.*, 2005).

## 2.3 Σύσταση Αποβλήτων Οινοποίησης

### 2.3.1 Υγρά Απόβλητα

Το μεγαλύτερο μέρος των υγρών αποβλήτων των οινοποιείων προέρχεται από την ψύξη και τον καθαρισμό του μηχανολογικού και λοιπού εξοπλισμού αλλά και τον καθαρισμό των χώρων παραγωγής (Buelow *et al.*, 2015).

Το pH των υγρών αποβλήτων παρουσιάζει μεγάλο εύρος (από 3 έως 11) και εξαρτάται από τις διαδικασίες που εφαρμόζονται σε κάθε στάδιο ή και οινοποιείο. Οι χαμηλές τιμές pH οφείλονται στο όξινο χυμό των σταφυλιών ενώ οι υψηλές τιμές στα αλκαλικά καθαριστικά που χρησιμοποιούνται στα διάφορα στάδια. Τα απόβλητα περιέχουν επίσης διαλυμένα σάκχαρα και άλλες οργανικές ουσίες που επηρεάζουν το βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD<sub>5</sub>) και τον διαλυμένο οργανικό άνθρακα (DOC), παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη σε περίπτωση απόρριψής του σε υδατικά συστήματα (Buelow *et al.*, 2015).

Οι Bustamante *et al.*, (2005) διαπίστωσαν ότι η ηλεκτρική αγωγιμότητα των υγρών αποβλήτων των οινοποιείων κυμαίνεται μεταξύ 0,8 έως 3,1 dS/m, ενώ είναι πιθανή η παρουσία αζώτου (N) σε συγκεντρώσεις έως 142 mg/L αλλά και φωσφόρου (P) σε συγκεντρώσεις από 3 mg/L έως τα 188 mg/L. Λόγω της φυσικής περιεκτικότητας των σταφυλιών σε κάλιο (K) αλλά και της παρουσίας καλίου και νατρίου (Na) στα καθαριστικά διαλύματα, τα υγρά απόβλητα των οινοποιείων είναι πλούσια σε αυτά τα στοιχεία (Buelow *et al.*, 2015) με τις συγκεντρώσεις τους να φθάνουν στα 353 mg/L για το κάλιο και στα 470 mg/L για το νάτριο (Bustamante *et al.*, 2005). Οι συγκεντρώσεις του διαλυμένου καλίου και νατρίου είναι ιδιαίτερα σημαντικές γιατί μπορούν να επηρεάσουν αρνητικά τη χημεία και φυσική δομή των εδαφών ενώ μπορούν να μειώσουν την υδραυλική αγωγιμότητά τους (Ayers and Westcot, 1985).

Στον Πίνακα 1 δίνονται η σύσταση των υγρών αποβλήτων οινοποίησης, όπως προέκυψε την παραγωγική περίοδο Σεπτεμβρίου-Δεκεμβρίου στην Καλιφόρνια.

**Πίνακας 1,** Χημικά χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων κατά την περίοδο Σεπτεμβρίου-Δεκεμβρίου στην Καλιφόρνια (Buelow *et al.*, 2015).

Παράμετρος	Μέση	Ελάχιστη	Μέγιστη
DOC (mg/L)	808	1,63	9140
BOD <sub>5</sub> (mg/L)	1790	6,09	15400
pH	6,92	3,58	12,9
Ηλεκτρική Αγωγιμότητα (dS/m)	1,32	0,37	9,70
Cl <sup>-</sup> (mg/L)	48,8	2,28	1050
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	99,7	0,00	1080
Br <sup>-</sup> (mg/L)	1,59	0,00	15,0
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	3,03	0,00	15,8
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L)	17,0	0,00	100
Na <sup>+</sup> (mg/L)	137	6,84	3060
K <sup>+</sup> (mg/L)	176	3,18	772
Mg <sup>+</sup> (mg/L)	31,2	2,52	219
Ca <sup>2+</sup> (mg/L)	75,5	7,84	356

Στον Πίνακα 2 δίνεται η σύσταση των υγρών αποβλήτων οινοποίησης στην Ελλάδα (Vlyssides *et al.*, 2005). Η σύσταση των υγρών αποβλήτων μεταξύ της παραγωγής λευκού ή κόκκινου κρασιού δε διαφέρει ιδιαίτερα, με εξαίρεση τη συγκέντρωση σε πολυφαινόλες και το COD, για τα οποία παρουσιάζονται υψηλότερες τιμές στα υγρά απόβλητα του κόκκινου κρασιού.

Για την ανάπτυξη του πολυκριτηριακού συστήματος αξιολόγησης των εδαφών για διάθεση αποβλήτων οινοποίησης, και όσον αφορά στα υγρά απόβλητα, θα χρησιμοποιηθούν στην παρούσα διατριβή τα δεδομένα του Πίνακα 2, καθώς η σύσταση των υγρών αποβλήτων προσομοιάζει τα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά της χώρας, τα οποία προέκυψαν από μελέτη και συλλογή παραμέτρων από διάφορα οινοποιεία στην Ελλάδα με σκοπό να προκύψει ο μέσος όρος των χημικών παραμέτρων των υγρών αποβλήτων (Vlyssides *et al.*, 2005)

Οι πιθανοί ρυπαντικοί παράγοντες είναι το pH, οι πολυφαινόλες και το άζωτο λόγω της νομοθεσίας της ευρωπαϊκής ένωσης για το περιορισμό του με την Οδηγία 91/676/ΕΟΚ (Ευρωπαϊκή Ένωση, 1991).

**Πίνακας 2,** Χαρακτηριστικά των τελικών παραγόμενων υγρών αποβλήτων από όλα τα στάδια της οινοποίησης (Vlyssides *et al.*, 2005).

Παράμετρος	Λευκό Κρασί	Κόκκινο Κρασί
pH	6,0	6,2
Ολικά Στερεά (mg/L)	3900	4100
Ολικά Πτητικά Στερεά (mg/L)	3400	3750
Αιωρούμενα Στερεά (mg/L)	140	220
Αιωρούμενα Πτητικά Στερεά (mg/L)	128	200
BOD <sub>5</sub> (mg/L)	1740	1970
COD (mg/L)	3112	3997
Ολικό Άζωτο (mg/L)	67	71
Ολικός Φώσφορος (mg/L)	7	8,5
Λίπη και Έλαια (mg/L)	27	25
Πολυφαινόλες (mg/L)	280	1450

### 2.3.2 Στερεά Απόβλητα

Τα κύρια στερεά απόβλητα και παραπροϊόντα της οινοποίησης είναι στέμφυλα, βόστρυχοι και οινολάσπες. Σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Κανονισμό 1493/1999 οι οινολάσπες και τα στέμφυλα θα πρέπει να οδηγηθούν σε αποστακτήρια για την παραγωγή αλκοόλης. Τα μικρά, όμως οινοποιεία συχνά δεν ακολουθούν τον κανονισμό κατευθύνοντας μεγάλους όγκους αποβλήτων σε ανεξέλεγκτη διάθεση, προκαλώντας σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα (Bustamante *et al.*, 2008).

Ένα από τα κύρια περιβαλλοντικά προβλήματα για την ορθολογική διαχείριση των στερεών αποβλήτων είναι η παραγωγή μεγάλης ποσότητας εξ αυτών εντός μικρού χρονικού διαστήματος (Bustamante *et al.*, 2008). Περιβαλλοντικά προβλήματα που προκαλούνται σε χώρους ανεξέλεγκτης διάθεσης είναι οι δυσάρεστες οσμές, η προσέλκυση εντόμων και τρωκτικών, υποβάθμιση των περιοχών διάθεσης, τα ασφυκτικά φαινόμενα σε επιφανειακά ύδατα για τους υδρόβιους οργανισμούς λόγω υψηλού BOD<sub>5</sub>, ο χρωματισμός των υδάτων, η επιβάρυνση των εδαφών με μεγάλες ποσότητες αλάτων και θρεπτικών, επιπτώσεις στο pH των εδαφών και των υδάτων αλλά και φυτοτοξικότητες λόγω της παρουσίας σε αυτά υψηλών ποσοτήτων πολυφαινολών (Rodrigo Sener and Pascual Vidal, 2001).

Η σύσταση των στερεών αποβλήτων, όπως και των υγρών, δεν είναι ίδια για όλα τα οινοποιεία και εξαρτάται από τις καλλιεργητικές πρακτικές, τις διαδικασίες εντός του οινοποιείου αλλά και από την ποσότητα και ποιότητα του νερού που χρησιμοποιείται κατά την οινοποίηση. Στη βιβλιογραφία υπάρχουν πολλές καταγραφές της σύστασής τους από διαφορετικές περιοχές του πλανήτη (Bustamante *et al.*, 2005).

# Κεφάλαιο 3

## Μεθοδολογία

### 3.1 Σκοπός, Στόχοι και Ερωτήματα της Έρευνας

Σκοπός της διατριβής είναι η ανάπτυξη ενός πολυκριτηριακού συστήματος αξιολόγησης εδαφών για τη διάθεση οργανικών αποβλήτων οينوποίησης. Η ανάπτυξη του συστήματος θα οδηγήσει στην ορθή επαναχρησιμοποίηση και θα επιφέρει σημαντικά οφέλη στη βελτίωση της ποιότητας των εδαφών και στην προσαρμογή του αγροτικού περιβάλλοντος στην κλιματική αλλαγή.

Προς επίτευξη του στόχου αυτού, η διατριβή επικεντρώνεται στα παρακάτω ζητήματα:

1. Ποιος είναι ο βαθμός καταλληλότητας των αποβλήτων οينوποίησης προς διάθεση στα εδάφη με βάση τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά τους;
2. Ποιές είναι αναμενόμενες επιδράσεις των υγρών και στερεών αποβλήτων οينوποίησης στο έδαφος;
3. Ποιες εδαφικές παράμετροι πρέπει κατ' ελάχιστον να ενσωματωθούν σε ένα σύστημα αξιολόγησης καταλληλότητας εδαφών να δεχθούν τη διάθεση των αποβλήτων αυτών;
4. Ποια είναι τα οφέλη της ελεγχόμενης διάθεσης αποβλήτων οينوποίησης στα εδάφη;
5. Πως μπορεί να υπολογισθεί η κατάλληλη ποσότητα αποβλήτου προς διάθεση ώστε να διασφαλίζεται η διατήρηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των εδαφών.
6. Προκύπτει οικονομικό όφελος από την ελεγχόμενη επαναχρησιμοποίηση στα εδάφη για λιπαντικούς σκοπούς;

### 3.2 Μεθοδολογία Προσέγγισης της Έρευνας

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την προσέγγιση των ερευνητικών ζητημάτων της διατριβής περιλαμβάνει τα παρακάτω στάδια:

1. Βιβλιογραφική ανασκόπηση

2. Καθορισμός στρατηγικής προσέγγισης των ερωτημάτων της έρευνας
3. Υλοποίηση στρατηγικής, αξιολόγηση, ανάλυση και επεξεργασία δεδομένων
4. Εξαγωγή συμπερασμάτων και ανάπτυξη προτάσεων

### **3.2.1 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση**

Στο στάδιο αυτό, συλλέχθηκαν δεδομένα από τη διεθνή και εθνική βιβλιογραφία, καθώς και μελέτες ερευνητικών έργων σχετικά με τα χαρακτηριστικά των αποβλήτων οινοποίησης, τις εδαφικές παραμέτρους και τις λειτουργίες του εδάφους, την ευρωπαϊκή και ελληνική νομοθεσία διάθεσης αποβλήτων γεωργικής παραγωγής, τη μεθοδολογία αξιολόγησης της καταλληλότητας των εδαφών για διάφορες χρήσεις έτσι ώστε να καταστεί δυνατό, μέσα από την έρευνα που θα ακολουθήσει, να προσδιορισθούν και στη συνέχεια να ληφθούν υπόψη όλοι εκείνοι οι παράγοντες που απαιτούνται για την ανάπτυξη ενός πολυκριτηριακού μοντέλου αξιολόγησης εδαφών για την διάθεση αποβλήτων οινοποίησης.

### **3.2.2 Καθορισμός Στρατηγικής Προσέγγισης των Ερωτημάτων της Έρευνας**

Έχοντας εντοπίσει τα κυριότερα θέματα που σχετίζονται με τα χαρακτηριστικά των αποβλήτων οινοποίησης και τις απαιτήσεις ανάπτυξης ενός συστήματος-μοντέλου αξιολόγησης της καταλληλότητας των εδαφών να δεχθούν απόβλητα, καθορίστηκε η στρατηγική προσέγγισης της έρευνας. Συγκεκριμένα:

1. Προσαρμογή της αξιολόγησης εδαφών κατά FAO (1976) στην περίπτωση διάθεσης αποβλήτων οινοποίησης στο έδαφος.
2. Προσδιορισμός των ιδιοτήτων των αποβλήτων με τις μεγαλύτερες αναμενόμενες επιδράσεις στα εδάφη κατά τη διάθεση.
3. Προσδιορισμός των εδαφικών παραμέτρων, οι οποίες θα πρέπει να συμπεριληφθούν στο σύστημα αξιολόγησης.
4. Συνεργασία με την επιστημονική ομάδα του έργου LIFE Agrostrat για τη χρήση εδαφικών δεδομένων από περιοχή μελέτης ώστε να χρησιμοποιηθούν ως πιλοτική περιοχή για την ανάπτυξη του μοντέλου (Αίγινα).
5. Χαρακτηρισμός των χαρτογραφικών εδαφικών μονάδων (XEM) της Αίγινας σύμφωνα με το σύστημα FAO.

6. Ανάπτυξη χαρτών καταλληλότητας διάθεσης υγρών και στερεών αποβλήτων σε περιβάλλον GIS.
7. Ανάπτυξη εξισώσεων για τον υπολογισμό της κατάλληλης ποσότητας αποβλήτων σύμφωνα με την νομοθεσία και τους χάρτες καταλληλότητας
8. Αξιολόγηση οικονομικής αποδοτικότητας με χρήση πραγματικών δεδομένων λιπαντικών αναγκών από παραγωγούς της Αίγινας.

### **3.2.3 Υλοποίηση Στρατηγικής, Αξιολόγηση, Ανάλυση και Επεξεργασία Δεδομένων**

Αρχικά έγινε η προσαρμογή σε πέντε κλάσεις καταλληλότητας για την περίπτωση αποβλήτων οινοποίησης για την αξιολόγηση των εδαφών κατά FAO (1976). Ακολούθησε ο προσδιορισμός των ιδιοτήτων των αποβλήτων που έχουν τη μεγαλύτερη επίδραση στα εδάφη. Βάσει αυτών των ιδιοτήτων, όπως προέκυψε από τη βιβλιογραφική έρευνα, αναπτύχθηκαν δύο συστήματα αξιολόγησης εδαφών, ένα για τα υγρά απόβλητα οινοποίησης και ένα για τα στερεά. Στη συνέχεια, και πριν την ανάπτυξη του μοντέλου αξιολόγησης, προσδιορίστηκαν οι εδαφικές παραμέτροι που έπρεπε να συμπεριληφθούν σε αυτό.

Το επόμενο βήμα ήταν η ανάπτυξη του μοντέλου σε συνεργασία με την επιστημονική ομάδα του έργου LIFE Agrostat. Για τον χαρακτηρισμό των χαρτογραφικών εδαφικών μονάδων (XEM) και την κατάταξή τους στις πέντε κλάσεις καταλληλότητας οι οποίες ορίζονται από το σύστημα αξιολόγησης κατά FAO, χρησιμοποιήθηκαν τα εδαφικά δεδομένα τη νήσου Αίγινας. Η διαδικασία του χαρακτηρισμού των XEM έγινε δύο φορές, μία για τα υγρά απόβλητα οινοποίησης και μία για τα στερεά.

Στη συνέχεια, έγινε η ανάπτυξη σε περιβάλλον GIS όλων των χαρτών καταλληλότητας για κάθε ιδιότητα ξεχωριστά, ενός χάρτη καταλληλότητας λαμβάνοντας μόνο τις φυσικές ιδιότητες και τέλος ενός χάρτη καταλληλότητας όλων των ιδιοτήτων που συμπεριλήφθηκαν στο σύστημα αξιολόγησης. Η προηγούμενη διαδικασία έγινε δύο φορές μία για τα υγρά και μία για τα στερεά απόβλητα.

Τέλος, αναπτύχθηκαν οι εξισώσεις που υπολογίζουν τις κατάλληλες ποσότητες των υγρών ή στερεών αποβλήτων οινοποίησης τις οποίες μπορούν να δεχθούν τα εδάφη και

η αξιολόγηση της οικονομικής αποδοτικότητας χρησιμοποιώντας πραγματικά δεδομένα λιπαντικών αναγκών αγρών.

### 3.3 Αξιολόγηση Εδαφών κατά FAO

Το σύστημα αξιολόγησης της καταλληλότητας των εδαφών για τη διάθεση αποβλήτων οινοποίηση το οποίο εφαρμόστηκε στην παρούσα διατριβή είναι αυτό κατά (FAO, 1976). Σύμφωνα με το σύστημα αυτό, η αξιολόγηση των εδαφών (land evaluation) είναι η διαδικασία υπολογισμού της δυνατότητας του εδάφους να ανταποκριθεί σε διάφορες χρήσεις ώστε οι πιθανές συνέπειες να μπορούν να προβλεφθούν. Η εδαφική καταλληλότητα (land suitability) είναι φυσική κατάσταση μιας συγκεκριμένης περιοχής για το είδος της χρήσης γης ή του βαθμού ικανοποίησης που μπορεί να δώσει. Σύμφωνα με το σύστημα FAO η καταλληλότητα περιγράφεται με εδαφικές κλάσεις, οι οποίες στο σύστημα αυτό είναι πέντε (Πίνακας 3).

Πίνακας 3, Κλάσεις Καταλληλότητας Εδαφών κατά FAO (van Gool *et al.*, 2008).

Κλάσεις Καταλληλότητας κατά FAO	
Κλάσεις Καταλληλότητας	Περιγραφή
<b>S1</b> Κατάλληλη	<ul style="list-style-type: none"><li>• Δεν υπάρχουν σημαντικοί περιορισμοί που εμποδίζουν τη δεδομένη χρήση γης.</li><li>• Ελάχιστη έως καμία οικονομική, περιβαλλοντική ή/και κοινωνική επίπτωση.</li></ul>
<b>S2</b> Μετρίως κατάλληλη	<ul style="list-style-type: none"><li>• Υπάρχουν περιοριστικοί παράγοντες οι οποίοι εμποδίζουν σε μέτριο βαθμό τη δεδομένη χρήση γης. Τα συνολικά πλεονεκτήματα της κλάσης S2 εκτιμώνται κατώτερα από αυτά της κλάσης S1.</li><li>• Πιθανές αρνητικές οικονομικές, περιβαλλοντικές ή/και κοινωνικές επιπτώσεις αν δε διαχειριστούν ικανοποιητικά.</li></ul>
<b>S3</b> Οριακά κατάλληλη	<ul style="list-style-type: none"><li>• Υπάρχουν περιοριστικοί παράγοντες οι οποίοι, επιδρώντες ως σύνολο, εμποδίζουν τη δεδομένη χρήση γης.</li><li>• Μέτριος ως υψηλός κίνδυνος για αρνητικές</li></ul>

	οικονομικές, περιβαλλοντικές ή/και κοινωνικές επιπτώσεις αν δε διαχειριστούν ικανοποιητικά.
<b>N1</b> Προσωρινά ακατάλληλη	<ul style="list-style-type: none"> <li>Υπάρχουν περιορισμοί οι οποίοι μπορούν να ξεπεραστούν σε κάποια χρονική στιγμή. Οι περιορισμοί είναι τόσο σοβαροί ώστε να αποκλείουν μια επιτυχημένη βιώσιμη χρήση γης.</li> <li>Πολύ υψηλός κίνδυνος αρνητικές οικονομικές, περιβαλλοντικές ή/και κοινωνικές επιπτώσεις αν δε διαχειριστούν.</li> </ul>
<b>N2</b> Ακατάλληλη	<ul style="list-style-type: none"> <li>Οι περιοριστικοί παράγοντες είναι τόσο σοβαροί, ώστε να αποκλείεται κάθε πιθανότητα επιτυχούς και συνεχούς χρησιμοποίησης των περιοχών για τη δεδομένη χρήση γης.</li> <li>Σχεδόν βέβαιος κίνδυνος σημαντικών αρνητικών οικονομικών, περιβαλλοντικά ή/και κοινωνικών επιπτώσεων.</li> </ul>

Το σημαντικό στη μεθοδολογία αξιολόγησης της καταλληλότητας των εδαφών κατά FAO είναι ότι έχει πολύ ευρύ φάσμα εφαρμογής και μπορεί να αναπτυχθεί λαμβάνοντας υπόψη πολλούς παράγοντες σχετικά με τις χρήσεις γης. Στην περίπτωση της διατριβής αυτής το επίκεντρο του ενδιαφέροντος είναι η εφαρμογή στο έδαφος των αποβλήτων οиноποίησης. Συνεπώς τα κριτήρια που ελήφθησαν υπόψη αφορούν τα χαρακτηριστικά των αποβλήτων που μπορεί να έχουν αρνητικές συνέπειες στα εδάφη, αλλά και οι ιδιότητες των εδαφών που μπορεί να επηρεασθούν. Όμως αυτές οι παράμετροι δεν είναι οι μόνες που θα μπορούσαν να ληφθούν υπόψη. Εάν, για παράδειγμα σε μια περιοχή με έντονη τουριστική ανάπτυξη ενδιαφέρουν και άλλοι παράγοντες, όπως η ύπαρξη οσμών ή η αισθητική υποβάθμιση του τοπίου, θα μπορούσαν να συμπεριληφθούν στο σύστημα αξιολόγησης και οι παράμετροι αυτές.

Το σύστημα αξιολόγησης κατά FAO είναι, δηλαδή ένα δυναμικό σύστημα αξιολόγησης, το οποίο κάθε φορά μπορεί να προσαρμοσθεί στα συγκεκριμένα δεδομένα και προτεραιότητες της περιοχής που εφαρμόζεται (Doula *et al.*, 2016).

### **3.4 Απόβλητα Οινοποίησης και Επιπτώσεις στα Εδάφη**

Στην παρούσα διατριβή χρησιμοποιήθηκε η σύσταση των υγρών αποβλήτων του Πίνακα 2. Δεν έγινε διάκριση λευκού ή κόκκινου κρασιού καθώς αυτό που ενδιαφέρει δεν είναι οι απόλυτες τιμές των χημικών παραμέτρων, αλλά το εάν είναι αρκετά υψηλές ώστε να προκαλέσουν υποβάθμιση της ποιότητας των εδαφών. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, το pH, το άζωτο και οι πολυφαινόλες είναι σε τιμές μη κατάλληλες για διασπορά στα εδάφη. Για το λόγο αυτό, οι παράμετροι αυτές καθώς και η ηλεκτρική αγωγιμότητα ελήφθησαν υπόψη στην ανάπτυξη του συστήματος αξιολόγησης των εδαφών. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι γενικά ένας παράγοντας, η εκτίμηση του οποίου, δίνει συμπεράσματα για το βαθμό αλάτωσης και υποβάθμισης των εδαφών. Στις περιπτώσεις κατά τις οποίες εφαρμόζονται στο έδαφος πρόσθετα, όπως κόμποστ, κοπριάς, οργανικά απόβλητα γεωργικής παραγωγής, η ηλεκτρική αγωγιμότητα πρέπει να παρακολουθείται και συνεπώς να συμπεριλαμβάνεται πάντα στα προγράμματα ελέγχου της ποιότητας και της υποβάθμισης του εδάφους (Doula *et al.*, 2016).

Για τα στερεά απόβλητα οινοποίησης χρησιμοποιήθηκαν αποτελέσματα του Ευρωπαϊκού έργου INTERREG BalkanROAD “Towards farms with zero carbon-, water- and waste footprint. Roadmap for sustainable management strategies for Balkan agricultural sector” (<https://balkanroad.eu/>). Στο πλαίσιο του έργου, στο οποίο εταίρος είναι και το Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου, οι ομάδες εργασίες συνεργάστηκαν με το οινοποιείο Κτήμα Κυρ Γιαννη στη Νάουσα Ημαθίας. Τα απόβλητα συλλέχθηκαν τον Σεπτέμβριο 2018 και αναλύθηκαν στο εργαστήριο Μη Παρασιτικών Ασθενειών του Μπενακείου Φυτοπαθολογικού Ινστιτούτου. Πρόκειται για απόβλητα τα οποία συλλέχθηκαν αμέσως μετά το στάδιο του εκραγηστηρίου, χωρίς να έχουν εκτεθεί πριν σε περιβαλλοντικές συνθήκες (Εικόνα 4). Στον Πίνακα 4 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της χημικής ανάλυσης των στερεών αποβλήτων από το Κτήμα Κυρ Γιάννη. Όσον αφορά στις παραμέτρους των στερεών αποβλήτων, οι οποίες μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα στα εδάφη, αυτές είναι το pH, η ηλεκτρική αγωγιμότητα, οι

πολυφαινόλες, το άζωτο, το κάλιο και ο σίδηρος. Συνεπώς, αυτές οι παράμετροι ελήφθησαν υπόψη για την ανάπτυξη του πολυκριτηριακού μοντέλου για τη διάθεση στο έδαφος στερών αποβλήτων οινοποίησης.

**Πίνακας 4**, Χαρακτηριστικά των αποβλήτων οινοποίησης μετά το εκραγηστήριο, (Ημερομηνία δειγματοληψίας 19/09/2018).

Παράμετρος	Στέμφυλα φρέσκα (μετά το εκραγηστήριο)
Υγρασία (%)	58,3
pH	3,4
Ηλεκτρική Αγωγιμότητα (μS/cm)	1410
C/N	22,7
Οργανική Ουσία (%)	89,7
Ολικός Άνθρακας, C (%)	52,8
Ολικό Άζωτο, N (%)	2,33
Ολικός Φώσφορος, P (%)	0,28
Ολικό Κάλιο, K (%)	1,58
Ολικό Ασβέστιο, Ca (%)	0,03
Ολικό Μαγνήσιο, Mg (%)	0,01
Ολικό Νάτριο, Na (%)	0,03
Ολικός Σίδηρος, Fe (mg/Kg)	1239
Ολικός Χαλκός, Cu (mg/Kg)	75
Ολικός Ψευδάργυρος, Zn (mg/Kg)	8
Ολικός Μαγγάνιο, Mn (mg/Kg)	63
Πολυφαινόλες (g/Kg)	1,26



**Εικόνα 4**, Στερεά απόβλητα οινοποίησης μετά το εκραγηστήριο.

Όσο αφορά στις φυσιολογικές τιμές των εδαφικών παραμέτρων, αυτές δίνονται στον Πίνακα 5 που ακολουθεί (Doula *et al.*, 2013)

**Πίνακας 5**, Φυσιολογικές τιμές αζώτου, εναλλακτικού καλίου, διαθέσιμου σιδήρου, πολυφαινών και ηλεκτρικής αγωγιμότητας εδαφών (Kanvadias *et al.*, 2011; Doula *et al.*, 2013).

Παράμετρος	Χαμηλή	Φυσιολογική	Υψηλή	Πολύ υψηλή	Υπερβολικά υψηλή
Ολικό Άζωτο, %	< 0.1	0.1-0.3	> 0.3		
Εναλλακτικό Κάλιο, cmol/kg	< 0.26	0.26-1.2	1.2-2.0	> 2.0	> 2.0
Διαθέσιμος σίδηρος, mg/kg	<11	11-24	25-50	51-100	> 100
Ολικές πολυφαινόλες, mg/kg	<50			> 50	
Ηλεκτρική αγωγιμότητα, dS/cm	< 2	2-4	4-8	>8	

Είναι σημαντικό να διευκρινισθεί ότι κάποιες από τις παραμέτρους του Πίνακα 5 δεν ανήκουν στους συνήθως οριζόμενους ρύπους, με την κλασσική έννοια του όρου ρύπος. Στην πραγματικότητα πρόκειται για θρεπτικά στοιχεία (κάλιο, σίδηρος). Γενικά αυτές οι παράμετροι δεν συμπεριλαμβάνονται στους κοινώς οριζόμενους ρύπους, και τα όρια που δίνονται στον Πίνακα 5 έχουν προκύψει από μελέτες πεδίου (Kanvadias *et al.*, 2011; Doula *et al.*, 2013). Για το άζωτο υπάρχει σχετική νομοθεσία περί αποφυγής νιτρορύπανσης η οποία ορίζει μέγιστη ποσότητα διασποράς στο έδαφος 17 κιλα αζώτου/στρέμμα (Ευρωπαϊκή Ένωση, 1991). Για την ηλεκτρική αγωγιμότητα και περιεκτικότητα σε πολυφαινόλες δεν υπάρχει σχετική νομοθεσία.

## 3.5 Εδαφικές Παράμετροι

### 3.5.1 Χαρτογραφικές Εδαφικές Μονάδες (XEM)

Οι XEM είναι φυσικές μονάδες που καθορίζονται από ένα σύνολο μετρούμενων μορφολογικών χαρακτηριστικών και μπορούν να συσχετισθούν με τα φυσικά χαρακτηριστικά της γης, όπως είναι η γεωλογία και η μορφολογία του εδάφους, η τοπογραφία, οι συνθήκες αποστράγγισης του εδάφους και η βλάστηση.

Στον Πίνακα 6 εμφανίζονται τα εδαφικά δεδομένα που απαιτούνται για τη περιγραφή και χαρακτηρισμό των ΧΕΜ, με μερικά από αυτά να έχουν καθοριστικό ρόλο στην ταξινόμηση για αυτόν το λόγο θα πρέπει να γίνεται ο προσδιορισμός τους με μεγάλη προσοχή (Κοσμάς, 2006).

**Πίνακας 6**, Εδαφικά δεδομένα που απαιτούνται για την χαρτογράφηση των εδαφών

ΔΕΔΟΜΕΝΑ		ΣΚΟΠΟΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΟΠΟΙΟ ΑΠΑΙΤΟΥΝΤΑΙ
<b>A.</b>	<b>Φυσικές Ιδιότητες</b>	
1	Βάθος εδάφους	Καθορίζει το χώρο για την ανάπτυξη των ριζών, για τη συγκράτηση νερού και θρεπτικών, τη δυνατότητα ισοπέδωσης, στράγγισης και παίζει ρόλο στο σχεδιασμό των αρδευτικών δικτύων.
2	Παρουσία οργανικού ορίζοντα	Επηρεάζει την κατάσταση γονιμότητας, τη συγκράτηση του νερού και τη σταθερότητα των εδαφικών συσσωματωμάτων.
3	Κοκκομετρική σύσταση	Καθορίζει πολλά χαρακτηριστικά του εδάφους, όπως αποθηκευτική ικανότητα σε νερό, κατάσταση γονιμότητας, ταχύτητα διήθησης του νερού, διαβρωσιμότητα κ.λπ.
4	Υδρομορφία	Επηρεάζει την ανάπτυξη των φυτών και το διαθέσιμο νερό.
5	Πέτρες και χαλίκια	Επηρεάζουν τη διάβρωση του εδάφους και τη διατήρηση της εδαφικής υγρασίας.
6	Κλίση της επιφάνειας τους εδάφους	Επηρεάζει τη διάβρωση, την άρδευση, τη χρήση των γεωργικών μηχανημάτων.
7	Βαθμός διάβρωσης	Καθορίζει τα μέτρα προστασίας των εδαφών που σχετίζονται με την υποβάθμιση.
8	Δομή και πορώδες Φαινόμενο ειδικό βάρος, όγκος πόρων και κατανομή τους, αεροπερατότητα, σταθερότητα συσσωματωμάτων	Καθορίζει το περιβάλλον των ριζών, τη διαχείριση των λιπασμάτων, νερού και εδάφους, τη στράγγιση και την υδατοπερατότητα του εδάφους, ειδικά στα αλατούχα εδάφη την ευκολία κατεργασίας, τη διαβρωσιμότητα.

9	Διηθητικότητα	Επηρεάζει την εισροή νερού της βροχής και της άρδευσης στο έδαφος καθώς και το βαθμό απορροής, το σύστημα άρδευσης και τη διαβρωσιμότητα.
10	Υδραυλική αγωγιμότητα	Επηρεάζει τη στράγγιση, την απομάκρυνση της περίσσειας νερού και αλάτων.
11	Διαθέσιμο νερό	Καθορίζει το ισοζύγιο του νερού, το νερό που συγκρατείται στο έδαφος μεταξύ δύο ποτισμάτων, την επιλογή της αρδευτικής μεθόδου.
12	Πλαστικότητα και συνεκτικότητα	Παρέχουν ενδείξεις της ορυκτολογικής σύστασης και της φυσικής συμπεριφοράς του εδάφους.
13	Μηχανική αντοχή εδάφους-συντελεστής διαστολής και συστολής εδάφους	Μηχανική αντοχή για κατασκευαστικές εργασίες-διαστολή και συστολή, σεισδυσση ριζών.
<b>B. Χημικές Ιδιότητες</b>		
1	pH	Καθορίζει την αντίδραση του εδάφους (αλκαλικότητα ή οξύτητα), το επίπεδο αλκαλίωσης ή αλάτωσης, πιθανές τοξικότητες και τροφοπενίες που μπορεί να εμφανιστούν.
2	C/N	Καθορίζει την περιεκτικότητα σε οργανική ουσία και παρέχει ενδείξεις για τη διαχείριση του εδάφους
3	Ανθρακικό ασβέστιο	Ενδεικτικό της ύπαρξης αδιαπέρατων οριζόντων, των απαιτήσεων σε γύψο των αλατούχων εδαφών.
4	Ηλεκτρική αγωγιμότητα	Καθορίζει την συγκέντρωση των αλάτων και τον κίνδυνο αλατότητας.
5	Διαλυτά άλατα (Na, K, Ca, Mg, Cl, SO <sub>4</sub> , CO <sub>3</sub> , HCO <sub>3</sub> )	Συμβάλει στην ερμηνεία του κινδύνου αλατότητας.
6	Ικανότητας Ανταλλαγής Κατιόντων (CEC), Βαθμός κορεσμού με βάσεις	Καθορίζει την ικανότητα συγκράτησης θρεπτικών και τη γονιμότητα του εδάφους

7	Ανταλλάξιμο Νάτριο (%) (ESP), Λόγος προσρόφησης Νατρίου (SAR)	Ενδεικτικός προβλημάτων αλκαλικότητας.
8	Ανταλλάξιμα κατιόντα (K, Ca, Mg, H)	Καθορίζει το βαθμό κορεσμού με βάσεις, ESP.
9	Διαθέσιμος Φώσφορος	Καθορίζει τις φωσφορικές λιπάνσεις.
10	Ολικής περιεκτικότητα σε P, K, Mg, Na, Cu, Mn, Zn, B, Fe, Al, As, Ni, Cr	Χαρακτηρίζει την περιεκτικότητα σε μακροστοιχεία, ιχνοστοιχεία και τοξικά στοιχεία.
<b>Γ. Ορυκτολογικά δεδομένα</b>		
1	Σύσταση άμμου και λύος	Ενδεικτικός του μητρικού υλικού και του βαθμού αποσάθρωσης.
2	Σύσταση των αργιλιοπυριτικών ορυκτών, οξειδίων και υδροξειδίων του σιδήρου και αργίλου	Τα 1/1 ορυκτά της αργίλου είναι λιγότερο κολλώδη, συστέλλονται-διαστέλλονται λιγότερο και έχουν μικρότερη επιφάνεια από τα ½ ορυκτά της αργίλου. Η περιεκτικότητα των εδαφών σε αυτά καθορίζει και τη γονιμότητα αυτών αλλά και την ευκολία ή τη δυσκολία διαχείρισής τους.
3	Ανθρακικό ασβέστιο και ανθρακικό μαγνήσιο	Δημιουργούν αδιαπέραστους ορίζοντες που περιορίζουν το βάθος ανάπτυξης των ριζών. Μεγάλες ποσότητες περιορίζουν τη συγκράτηση θρεπτικών και τη γονιμότητα του εδάφους. Εδάφη με περισσότερο από 60% CaCO <sub>3</sub> μπορούν να αρδευτούν επιτυχώς αλλά η επιλογή καλλιέργειας είναι γενικά περιορισμένη. Η δημιουργία κρούστας επηρεάζει την έκπτυξη των φυταρίων και τη διηθητικότητα. Επηρεάζει τις τροποφενίες που δημιουργούνται λόγω του ασβεστίου. Τα εδάφη που είναι πλούσια σε ανθρακικό μαγνήσιο είναι συνήθως πολύ γόνιμα.
4	Γύψος	Οι αδιαπέραστοι ορίζοντες που είναι πλούσιοι σε γύψο περιορίζουν την ανάπτυξη ριζών και δημιουργούν προβλήματα στην κατασκευή

		στραγγιστικών και αρδευτικών δικτύων. Οι κρύσταλλοι γύψου μπορεί να αντισταθμίσουν προβλήματα αλατότητας στο έδαφος. Εάν η συγκέντρωση σε γύψο είναι πολύ υψηλή δημιουργούνται προβλήματα πρόσληψης θρεπτικών στοιχείων, λόγω των μη ευνοϊκών αναλογιών K/Ca, Mg/Ca και του επιπλέον κόστους για λίπανση/διαχείριση αυτών των εδαφών.
--	--	---

Για τον καθορισμό των ΧΕΜ της Αίγινας στο πλαίσιο του έργου LIFE ArgoStrat χρησιμοποιήθηκαν εδαφικές ιδιότητες που έχουν πρακτική σημασία στη χρήση των εδαφών για καλλιεργητικούς σκοπούς και συγκεκριμένα:

- Κατάσταση υδρομορφίας
- Κοκκομετρική σύσταση έως τα 150 cm
- Κλίση της επιφάνειας
- Βάθος
- Περιεκτικότητα σε αδρομερή υλικά (πέτρες, χαλίκια)
- Μητρικό υλικό
- Βαθμός διάβρωσης
- Παρουσία ανθρακικών αλάτων
- Περιοριστικός ορίζοντας
- Ηλεκτρική αγωγιμότητα
- Αλκαλίωση
- Εδαφογενετική ταξινόμηση

### 3.5.2 Κλάσεις Υδρομορφίας

Η παρουσία εξανθήσεων σιδήρου, μαγγανίου καθώς και το χρώμα του υπεδάφους λαμβάνονται υπόψη για τον χαρακτηρισμό της υδρομορφίας. Καλώς ή μετρίως καλώς αποστραγγισμένα εδάφη εμφανίζονται κοκκινωπά εν αντιθέσει με τα κακώς αποστραγγισμένα εδάφη που εμφανίζονται γκρίζα. Οι κλάσεις υδρομορφίας που χρησιμοποιούνται στο σύστημα εμφανίζονται στο Πίνακα 7:

**Πίνακας 7, Κλάσεις υδρομορφίας (drainage) εδαφών και τα χαρακτηριστικά τους.**

<b>Κλάση</b>	<b>Χαρακτηριστικά</b>
A	<i>Εδάφη πολύ καλώς αποστραγγιζόμενα</i> Το έδαφος έχει πάρα πολύ υψηλή υδραυλική αγωγιμότητα και χαμηλή ικανότητα συγκράτησης του νερού, ενώ το έδαφος εμφανίζεται καστανωπό.
B	<i>Εδάφη καλώς αποστραγγιζόμενα</i> Το έδαφος έχει πολύ υψηλή υδραυλική αγωγιμότητα και χαμηλή ικανότητα συγκράτησης του νερού. Χαρακτηρίζονται από την παρουσία εξανθήσεων σιδήρου και μαγγανίου ή γκρίζες εξανθήσεις σε βάθος μεταξύ 100 και 150 cm από την επιφάνεια του εδάφους.
C	<i>Εδάφη καλώς αποστραγγιζόμενα</i> Χαρακτηρίζονται από την παρουσία εξανθήσεων σιδήρου και μαγγανίου ή γκρίζες εξανθήσεις σε βάθος μεταξύ 50 και 100 cm από την επιφάνεια του εδάφους. Ενδέχεται σε μερικά από τα εδάφη της κλάσης αυτής να υπάρχουν σε ποσοστό μικρότερο από 2%, εξανθήσεις σε βάθος μικρότερο των 50 cm. Τα εδάφη αυτά απαιτούν στράγγιση για ευαίσθητες καλλιέργειες.
D	<i>Εδάφη ατελώς αποστραγγιζόμενα</i> Τα εδάφη αυτά χαρακτηρίζονται από τη μεγάλη υγρασία για μακρά περίοδο του έτους κοντά στην επιφάνεια. Χαρακτηρίζονται από την παρουσία εξανθήσεων σιδήρου και μαγγανίου ή γκρίζων εξανθήσεων σε βάθος μεταξύ 30 και 50 cm από την επιφάνεια με το ποσοστό των εξανθήσεων να είναι μικρότερο του 20%.
E	<i>Εδάφη κακώς αποστραγγιζόμενα</i> Τα εδάφη αυτά έχουν υψηλή στάθμη υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα κατά τη διάρκεια των υγρών μηνών του έτους. Χαρακτηρίζονται από την παρουσία εξανθήσεων σιδήρου και μαγγανίου σε βάθος μικρότερο των 30 cm από την επιφάνεια του εδάφους.
F, G	<i>Εδάφη πολύ κακώς αποστραγγιζόμενα</i> Τα εδάφη αυτά έχουν μόνιμη στάθμη υπόγειου ύδατος σε βάθος συνήθως μεγαλύτερο των 75 cm από την επιφάνεια του εδάφους. Εάν επικρατούν αναγωγικές συνθήκες σε ποσοστό μεγαλύτερο από το 50 %

	και σε βάθος από 75-150 cm, το έδαφος χαρακτηρίζεται με F υδρομορφία. Αν επικρατούν αναγωγικές συνθήκες σε βάθος μικρότερο των 75 cm, τότε χαρακτηρίζεται με G υδρομορφία.
--	--

### 3.5.3 Κλάσεις Κοκκομετρικής Σύστασης

Η κοκκομετρική σύσταση σχετίζεται με την ποσοστιαία περιεκτικότητα του εδάφους σε:

- χονδρόκοκκα υλικά (αμμώδη-S και πηλοαμμώδη-LS),
- μετρίως χονδρόκοκκα (αμμοπηλώδη-SL),
- μέσης κοκκομετρικής σύστασης (πηλώδη-L, ιλοπηλώδη-SiL, ιλυώδη-Si και λεπτώς αμμοπηλώδη-fSL),
- μετρίως λεπτόκοκκα (αμμοαργιλοπηλώδη-SCL, αργιλοπηλώδη-CL και ιλοαργιλοπηλώδη-SiCL) και
- λεπτόκοκκα υλικά (ιλοαργιλοπηλώδη-SiC, αργιλώδη-C και αμμοαργιλώδη-SC).

### 3.5.4 Κλάσεις Κλίσεων

Ο προσδιορισμός της κλίσης του εδάφους γίνεται με τη χρήση κλισίμετρου, τοπογραφικού χάρτη ή εμπειρικά. Στον Πίνακα 8 παρουσιάζονται οι κλάσεις για την φυσική ιδιότητα της κλίσης.

Πίνακας 8, Κλάσεις κλίσεων

Κλάση (%)	Κλίση	Περιγραφή
0-2	A	Σχεδόν επίπεδη
2-6	B	Ελαφρώς κεκλιμένη
6-12	C	Μετρίως κεκλιμένη
12-18	D	Ισχυρώς κεκλιμένη
18-25	E	Μετρίως απότομη
25-35	F	Απότομη
>35	G	Πολύ απότομη

### 3.5.5 Κλάσεις Βάθους Εδάφους

Οι κλάσεις του βάθους των εδαφών για την ανάπτυξη του ριζώματος των φυτών διακρίνονται στον παρακάτω Πίνακα 9.

**Πίνακας 9, Κλάσεις βάθους εδάφους**

Κλάση	Βάθος	Περιγραφή
1	< 15 cm	Πολύ ρηχά εδάφη
2	15-30 cm	Ρηχά εδάφη
3	30-60 cm	Μετρίως βαθειά εδάφη
4	60-100 cm	Βαθειά εδάφη
5	100-150 cm	Πολύ βαθειά εδάφη
6	> 150 cm	Πάρα πολύ βαθειά εδάφη

### 3.5.6 Κλάσεις Αδρομερών Υλικών

Στα αδρομερή υλικά συμπεριλαμβάνονται τα χαλίκια και οι πέτρες, τα οποία έχουν ιδιαίτερη σημασία στη προστασία του εδάφους και του εδαφικού νερού. Τα χαλίκια στην επιφάνεια του εδάφους μειώνουν σημαντικά την επιφανειακή απορροή του νερού και προστατεύουν το γυμνό έδαφος από την βροχή, αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να προστατεύονται τα κεκλιμένα εδάφη από την διάβρωση. Επιπλέον θετικές επιδράσεις είναι η μείωση της εξάτμισης του εδαφικού νερού με την συνεπακόλουθη αύξηση της παραγωγής των καλλιεργούμενων φυτών και την αύξηση τη θερμοκρασία του εδάφους με αποτέλεσμα την πρωΐμιση των καλλιεργειών. Οι αρνητικές επιπτώσεις των αδρομερών υλικών είναι η μείωση της κατεργασιμότητας, η μείωση της αρδευσιμότητας και η μείωση του ενεργού βάθους τους εδάφους. Στον Πίνακα 10 παρουσιάζονται οι κλάσεις των αδρομερών υλικών.

**Πίνακας 10, Κλάσεις αδρομερών υλικών**

Κλάση	Περιγραφή	Φάση
1	Μέχρι 15% της ολικής επιφάνειας τους εδάφους καλύπτεται με πέτρες	Πετρώδης
2	13-30% της επιφάνειας του εδάφους καλύπτεται με πέτρες	Πολύ πετρώδης
3	Περισσότερο από 30% της συνολικής επιφάνειας του εδάφους καλύπτεται με πέτρες	Πάρα πολύ πετρώδης

### 3.5.7 Κλάσεις διάβρωσης

Ο ορισμός των κλάσεων του βαθμού διάβρωσης ορίζεται με βάση τη παρουσία ή απουσία οριζόντων και χαραδρώσεων. Οι κλάσεις διάβρωσης αναλύονται στον Πίνακα 11.

Πίνακας 11, Κλάσεις διάβρωσης

Κλάση	Περιγραφή
0	Καμία διάβρωση
1	Εδάφη που έχουν χάσει μέρος του A ορίζοντα, αλλά κατά μέσο όρο λιγότερο από το 25% του αρχικού A ορίζοντα. Ενδείξεις για κλάση διάβρωσης 1 είναι: α) λιγότερες αυλακώσεις (rills), β) συγκέντρωση υλικών στην βάση μιας κλίσης ή σε ένα κοίλωμα, γ) διάσπαρτες κηλίδες όπου ο ορίζοντας καλλιέργειας περιέχει υλικά από τον υποκείμενο ορίζοντα,
2	Εδάφη που έχουν χάσει κατά μέσο όρο 25-75% του αρχικού A ορίζοντα. Στην κλάση διάβρωσης 2 η επιφανειακή στρώση αποτελείται από μείγμα υλικών του A ορίζοντα και του υποκείμενου ορίζοντα. Σε ορισμένες περιοχές μπορεί να υπάρχει μία σύνθετη κατάσταση από κηλίδες χωρίς καμία διάβρωση μέχρι κηλίδες όπου όλος ο A ορίζοντας έχει απομακρυνθεί. Όπου ο A ορίζοντας είναι αρκετά παχύς, ελάχιστη ή καμία ανάμειξη υλικών του A ορίζοντα με τον υποκείμενο έχει λάβει χώρα.
3	Εδάφη που έχουν χάσει όλο τον A ορίζοντα και μερικούς από τους βαθύτερους ορίζοντες στη μεγαλύτερη έκταση. Το αρχικό έδαφος μπορεί να αναγνωρισθεί μόνο σε μεμονωμένες κηλίδες.
4	Εδάφη που έχουν χάσει όλο τον A ορίζοντα και μερικούς ή όλους τους βαθύτερους ορίζοντες στη μεγαλύτερη έκταση. Το αρχικό έδαφος μπορεί να αναγνωρισθεί μόνο σε μεμονωμένες κηλίδες. Παρατηρείται στην επιφάνεια ένα πολύπλοκο σύστημα αυλακώσεων και χαραδρώσεων.

### 3.5.8 Κλάσεις Ηλεκτρικής Αγωγιμότητα Εδάφους

Η καταγραφή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) στον αγρό σχετίζεται με την παρουσία ή μη συσσώρευσης υδατοδιαλυτών αλάτων και δημιουργία λευκής κρούστας

ή με τον εργαστηριακή μέτρηση της. Οι κλάσεις της ηλεκτρικής αγωγιμότητας διακρίνονται σε αυτές του Πίνακα 12.

**Πίνακας 12, Κλάσεις ηλεκτρικής αγωγιμότητας εδάφους.**

<b>Κλάση</b>	<b>Ηλεκτρική Αγωγιμότητα Εδάφους</b>
A	0-4 dS/m
B	4-8 dS/m
C	8-15 dS/m
D	>15 dS/m

### **3.5.9 Κλάσεις Διηθητικότητας**

Η διηθητικότητα του εδάφους είναι η τελική ταχύτητα με την οποία το νερό διηθείται δια μέσου των πόρων του. Οι κλάσεις της ηλεκτρικής αγωγιμότητας διακρίνονται σε αυτές του Πίνακα 13.

**Πίνακας 13, Κλάσεις διηθητικότητας**

<b>Κλάση</b>	<b>Διηθητικότητα</b>
A	2-8 cm/h
B	8-16 cm/h
C	16-50 cm/h

### **3.5.9 Αλκαλικότητα**

Αυτό που καθορίζει την αλκαλικότητα του εδάφους είναι το ποσοστό του ανταλλάξιμου νατρίου (ESP) και η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων.

Η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (ΙΑΚ) ορίζεται ως το σύνολο των κατιόντων τα οποία βρίσκονται στις ανταλλάξιμες θέσεις του εδαφικού κολλοειδούς και συνεπώς αυτά που είναι εύκολα διαθέσιμα στα φυτά, μέσα ιονανταλλακτικών αντιδράσεων. Τα κυριότερα εναλλακτικά κατιόντα που καθαρίζουν την ΙΑΚ είναι το κάλιο, το νάτριο, το μαγνήσιο, το ασβέστιο και το υδρογόνο για τα όξινα εδάφη. Το ποσοστό ανταλλάξιμου

(ή εναλλακτικού) νατρίου-ESP, είναι το ποσοστό του νατρίου στο σύνολο των εναλλακτικών κατιόντων του εδάφους, δηλαδή της IAK (Doula and Sarris, 2016).

Σε αλκαλιωμένα εδαφή η ποσότητα του νατρίου που συγκρατείται από τα αργιλικά ορυκτά είναι 15% ή μεγαλύτερη από τη συνολική ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (CEC). Στον Πίνακα 14 διακρίνονται οι κλάσεις της αλκαλικότητας με βάση το ποσοστό ανταλλάξιμου νατρίου.

**Πίνακας 14, Κλάσεις αλκαλικότητας με βάση το ESP.**

<b>Κλάση</b>	<b>Ποσοστό ανταλλάξιμου νατρίου (ESP)</b>
A	<6 %
B	6-10 %
C	10-15 %
D	15-25 %
E	>25 %

### **3.6 Κριτήρια Αξιολόγησης Καταλληλότητας Εδαφών για τη Διάθεση Αποβλήτων Οινοποίησης**

Για την ανάπτυξη του συστήματος και προκειμένου να διασφαλισθεί η ποιότητα των εδαφών, οι παράγοντες που συμπεριλαμβάνονται στην αξιολόγηση είναι (Γουνελά *et al.*, 2017):

- α) φυσικές ιδιότητες του εδάφους (υδρομορφία, κλίση, βάθος, βαθμός διάβρωσης) και
- β) οι χημικές ιδιότητες του εδάφους οι οποίες προσδιορίστηκαν ότι μπορεί να επηρεασθούν από τη διάθεση των αποβλήτων.

#### **3.6.1 Σύστημα Αξιολόγησης Εδαφών για Υγρά Απόβλητα Οινοποιείων**

Για την κατηγοριοποίηση των εδαφών οι φυσικές και χημικές ιδιότητες του εδάφους που λαμβάνονται υπόψη για τη διάθεση των υγρών αποβλήτων οινοποιείων παρουσιάζονται στον Πίνακα 15.

**Πίνακας 15,** Παράμετροι για την αξιολόγηση εδάφους σχετικά με την καταλληλότητα τους για τη διασπορά υγρών αποβλήτων οινοποίησης.

Παράμετροι	Κλάσεις καταλληλότητας				
	S1	S2	S3	N1	N2
Υδρομορφία	A	B, C	D	E	F, G
Κλίση, %	A	B	C	D	E
Βάθος Εδάφους	6, 5	4	3	2	1
Διάβρωση	0	1	2	3	4
On-site wastewater management	A	B	C	D	D
Αγωγιμότητα, dS/m	A	B	C	D	
Διηθητικότητα, cm/h	A	B	C		
ESP, %	A	B	C	D	E
Ολικό Άζωτο, %	<0.1	0.1-0.3	>0.3		
Πολυφαινόλες, mg/kg	<50			>50	
pH	>7,4	6,6-7,3	6,0-6,5	5,6-6,0	<5,6

Ειδικά για την περίπτωση της διάθεσης των υγρών αποβλήτων έχει επιπλέον ληφθεί υπόψη και μία ακόμη παράμετρος, η οποία διεθνώς χαρακτηρίζεται ως on-site wastewater management (Northern Territory Government, 2013). Πρόκειται για μία παράμετρο η οποία έχει νόημα να αξιολογείται στην περίπτωση διάθεσης υγρών αποβλήτων και περιλαμβάνει επιπλέον φυσικά εδαφικά χαρακτηριστικά, σημαντικά για την αξιολόγηση του εάν ενδείκνυται ή όχι διάθεση υγρών αποβλήτων στο έδαφος, όπως για παράδειγμα η περιεκτικότητα σε άργιλο, υψηλές τιμές της οποίας δρουν προστατευτικά εμποδίζοντας την κίνηση των υγρών αποβλήτων προς τα βαθύτερα στρώματα. Η αξιολόγησή τους και η κατάταξή τους σε κλάσεις δίνονται στον παρακάτω Πίνακα 16.

**Πίνακας 16, On-site wastewater management προαπαιτούμενα.**

<b>On-site wastewater management</b>	<b>Σύμβολο</b>
Καλά αποστραγγιζόμενα εδάφη με >35% άργιλο, βάθος εδάφους >1.0 m, χαλίκια <10%, κλίση < 5%	A
Μετρίως καλά αποστραγγιζόμενα εδάφη με >20% άργιλο, μετρίως βαθειά εδάφη 0.5-1.0 m, χαλίκια 25-50%, κλίση 5-10%	B
Ατελώς αποστραγγιζόμενα εδάφη με >15 % άργιλο, αβαθή 0.25 -0.5 m, χαλίκια >50%, κλίση >10%	C
κακώς έως πολύ κακώς αποστραγγιζόμενα ή πλημμυρισμένα. Η απόθεση αποβλήτων δε συνιστάται κατά τη διάρκεια πλημμύρων.	D

Τέλος, όσον αφορά στο pH και επειδή τα υγρά απόβλητα έχουν όξινο χαρακτήρα, οι κλάσεις που θεωρήθηκαν στην αξιολόγηση του Πίνακα 15 προέκυψαν από τον χαρακτηρισμό των εδαφών ανάλογα με το pH τους όπως φαίνεται στον παρακάτω Πίνακα 17 (Norton *et al.*, 1999).

**Πίνακας 17, Χαρακτηρισμός εδαφών με βάση την τιμή του pH.**

<b>pH</b>	<b>Χαρακτηρισμός</b>
< 4.5	Εξαιρετικά όξινο
4.5 – 5.0	Πολύ ισχυρά όξινο
5.1 – 5.5	Ισχυρά όξινο
5.6 – 6.0	Μετρίως όξινο
6.1 – 6.5	Ελαφρώς όξινο
6.6 – 7.3	Ουδέτερο
7.4 – 7.8	Ελαφρώς αλκαλικό
7.9 – 8.4	Μετρίως αλκαλικό
8.5 – 9.0	Ισχυρά αλκαλικό
>9.1	Πολύ ισχυρά αλκαλικό

### **3.6.2 Σύστημα Αξιολόγησης Εδαφών για Στερεά Απόβλητα Οινοποιείων**

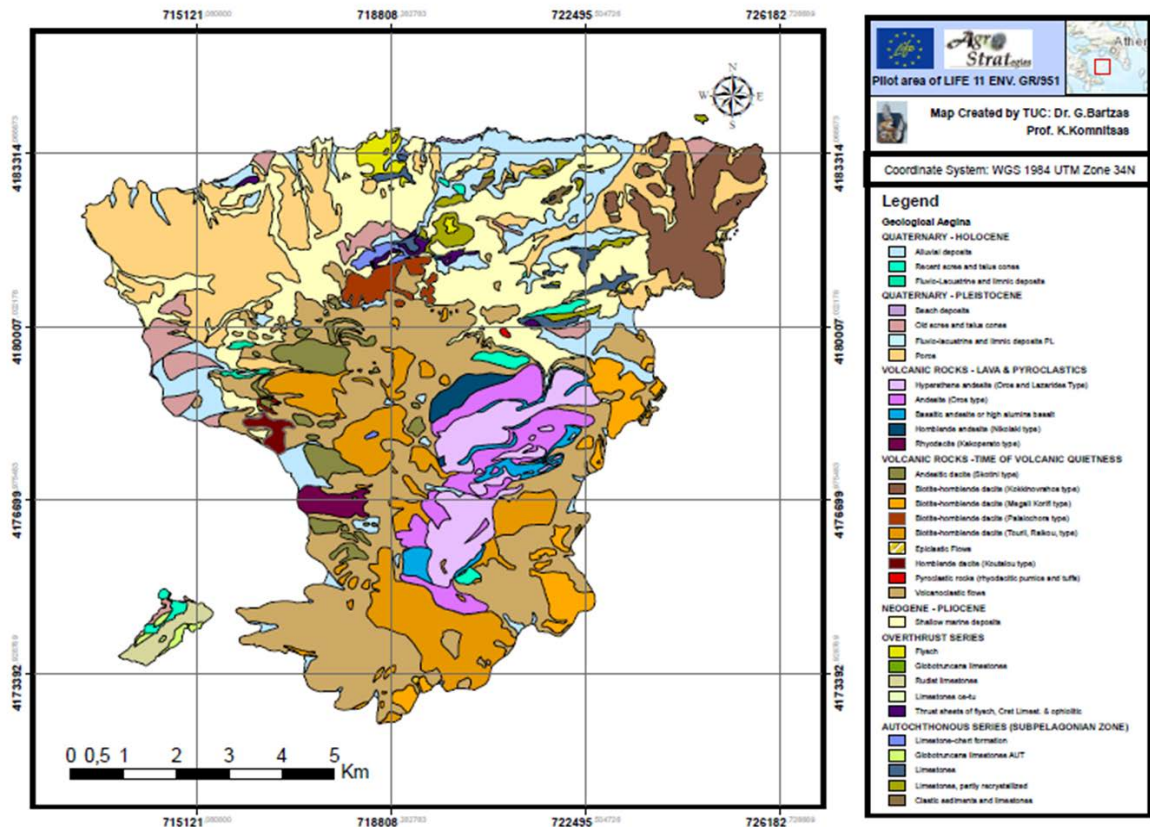
Για την κατηγοριοποίηση των εδαφών οι φυσικές και χημικές ιδιότητες του εδάφους που λαμβάνονται υπόψη για τη διάθεση των στερεών αποβλήτων οινοποιείων παρουσιάζονται στον Πίνακα 18.

**Πίνακας 18,** Παράμετροι για την αξιολόγηση εδάφους σχετικά με την καταλληλότητα τους για τη διασπορά στερεών αποβλήτων οινοποίησης

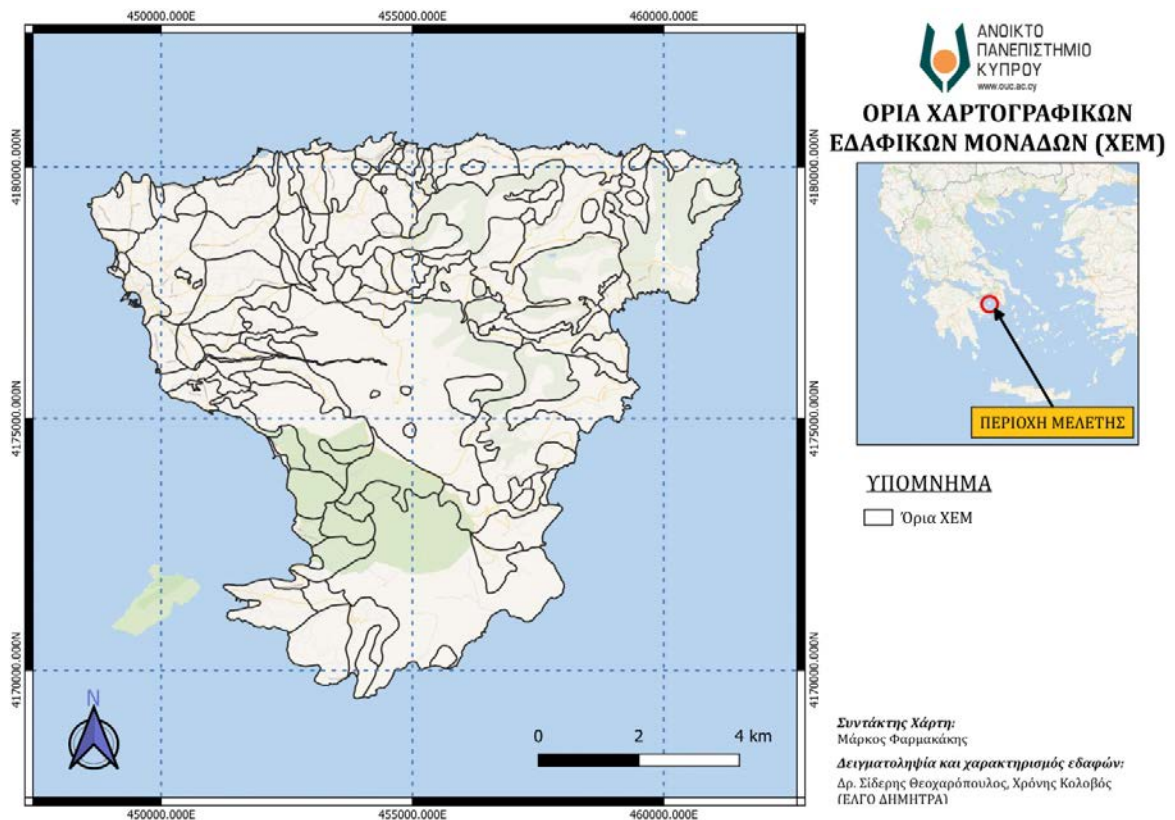
Παράμετροι	Κλάσεις καταλληλότητας				
	S1	S2	S3	N1	N2
Υδρομορφία	A, B	C	D, E	F	G
Κλίση, %	A, B	C	D	E	E
Βάθος Εδάφους	6, 5, 4	3	2	1	1
Διάβρωση	0, 1	2	3	4	4
Αγωγιμότητα, dS/m	A	B	C	D	
Διηθητικότητα, cm/h	A	B	C		
ESP, %	A	B	C	D	E
Ολικό Άζωτο, %	<0.1	0.1-0.3	>0.3		
Πολυφαινόλες, mg/kg	<50			>50	
pH	>7,4	6,6-7,3	6,0-6,5	5,6-6,0	<5,6
Εναλλακτικό Κάλιο, cmol(+)/kg	<0.26	0.26-1.2	1.2-2.0	>2.0	>2.0
Διαθέσιμος Σίδηρος, mg/kg	<11	11-24	25-50	51-100	>100

### 3.7 Εφαρμογή του Συστήματος Αξιολόγησης στα Εδαφικά Δεδομένα της Αίγινας-Ανάπτυξη GIS Χαρτών Καταλληλότητας

Το σύστημα αξιολόγησης κατά FAO εφαρμόστηκε στα εδάφη της Αίγινας, λεπτομερής χαρτογράφηση της οποίας (Χάρτης 1) πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του έργου (LIFE Agrostrat, 2017) με βάση τις ιδιότητες των εδαφών, όπως παρουσιάστηκαν στην παράγραφο 3.5. Στον Χάρτη 2 απεικονίζονται τα όρια των ΧΕΜ για την Αίγινα.



**Χάρτης 1**, Γεωλογικός χάρτης της Αίγινας, ο οποίος δημιουργήθηκε στη διάρκεια του έργου LIFE Agrostrat από το Πολυτεχνείο Κρήτης.



**Χάρτης 2**, Όρια Χαρτογραφικών Εδαφικών Μονάδων

Η γεωβάση με τις εδαφικές ιδιότητες ανά ΧΕΜ χρησιμοποιήθηκε για την εφαρμογή σε κάθε μία ΧΕΜ των κριτηρίων αξιολόγησης των εδαφών. Κάθε ΧΕΜ αξιολογήθηκε για όλες τις παραμέτρους των Πινάκων 15 και 18 και τέλος η συνολική αξιολόγηση οδήγησε στην κατάταξη κάθε ΧΕΜ σε κάποια από τις κλάσεις καταλληλότητας S1, S2, S3, N1, N2.

Ακολούθησε ανάπτυξη των χαρτών καταλληλότητας χρησιμοποιώντας την έκδοση 3.12.1 'București' της ελεύθερης πλατφόρμας QGIS.

### **3.8 Υπολογισμός της Κατάλληλης Ποσότητας Αποβλήτων για Διάθεση στα Εδάφη**

Λαμβάνοντας υπόψη τους χάρτες καταλληλότητας διασποράς αποβλήτων οινοποίησης αναπτύχθηκε ένα σύστημα εξισώσεων για τον υπολογισμό των δόσεων εφαρμογής τόσο των υγρών όσο και των στερεών αποβλήτων στα εδάφη του νησιού. Σκοπός είναι η προστασία των εδαφών από υπερβολικές δόσεις αποβλήτων και η διατήρηση της ποιότητας του εδάφους. Επιπλέον, το σύστημα αυτό θα μπορεί να αποτελέσει ένα εργαλείο για τους παραγωγούς του νησιού, με το οποίο θα προσδιορίζεται με ακρίβεια η δόση αποβλήτου που ενδείκνυται να διατεθεί στο χωράφι τους.

Για τον προσδιορισμό των δόσεων αποβλήτων που επιτρέπεται να διατεθούν στα εδάφη λαμβάνονται υπόψη οι παρακάτω εδαφικές παράμετροι και αντίστοιχα οι συγκεντρώσεις τους στα απόβλητα:

Υγρά απόβλητα (Πίνακας 15)

- Άζωτο
- Πολυφαινόλες

Στερεά απόβλητα (Πίνακας 18)

- Άζωτο
- Πολυφαινόλες
- Εναλλακτικό κάλιο
- Διαθέσιμος σίδηρος

Για τον υπολογισμό των ενδεδειγμένων δόσεων δεν ελήφθησαν υπόψη οι φυσικές εδαφικές ιδιότητες (π.χ. κλίση, βαθμός διάβρωσης, διηθητικότητα, κ.λπ.), καθώς για αυτές θεωρείται ότι οι χάρτες καταλληλότητας παρέχουν τις ΧΕΜ εκείνες που μπορεί να γίνει διασπορά αποβλήτων. Στην προκειμένη περίπτωση ενδιαφέρει να αναπτυχθούν οι εξισώσεις υπολογισμού της δόσης των αποβλήτων για τις περιοχές εκείνες που ενδείκνυται η διασπορά (κλάσεις S1, S2, S3).

### **3.8.1 Εκτίμηση Ενδεδειγμένων Δόσεων Εφαρμογής Υγρών Αποβλήτων Οινοποίησης στα Εδάφη**

Η διασπορά των αποβλήτων θεωρείται ότι θα γίνει με ενσωμάτωση σε βάθος 30 εκατοστών στο έδαφος. Προκειμένου να υπολογιστεί η ποσότητα του υγρού αποβλήτου που ενδείκνυται να διατεθεί στην εκάστοτε περιοχή, πρέπει να ληφθούν υπόψη τα αποτελέσματα της χημικής ανάλυσης του αποβλήτου για τις εξής ιδιότητες:

- Για το άζωτο, οι αναλύσεις για νιτρικά ( $\text{NO}_3^-$ ) και αμμωνιακά ( $\text{NH}_4^+$ ) ιόντα
- Πολυφαινόλες

Για το έδαφος, είναι απαραίτητο να είναι διαθέσιμα αποτελέσματα των παραμέτρων:

- Ολικό Άζωτο (N)
- Ολικές Πολυφαινόλες

Σε περίπτωση που δεν υπάρχουν διαθέσιμες εργαστηριακές αναλύσεις για τον υπό μελέτη αγρό, συνιστάται να ληφθούν οι τιμές των εδαφικών ιδιοτήτων όπως αυτές προσδιορίζονται σε κάθε ΧΕΜ των χαρτών για τους εδαφικούς δείκτες.

### **3.8.2 Εξίσωση Υπολογισμού Αζώτου**

Για τον υπολογισμό του Αζώτου λαμβάνεται ως ανώτατη τιμή διασποράς αυτή που καθορίζεται από την Οδηγία για τη Νιτρορύπανση (Ευρωπαϊκή Ένωση, 1991), δηλαδή ότι ετησίως μπορεί να διατεθεί στα εδάφη ποσότητα αποβλήτου η οποία παρέχει έως 170 kg N/ha ή 17 kg/στρέμμα.

Αν το Ολικό Άζωτο (%)  $\geq 0,3\%$  (Πίνακας 15), τότε η συγκέντρωση αζώτου είναι πολύ υψηλή στην περιοχή που πρόκειται να διατεθεί το απόβλητο και αντενδείκνυται η διασπορά αυτού.

Αν το Ολικό Άζωτο (%) < 0,3% , ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία υπολογισμού:

Έστω E mg/L η τιμή NO<sub>3</sub><sup>-</sup> και Σ mg/L η τιμή NH<sub>4</sub><sup>+</sup> στο απόβλητο. Η μέγιστη ποσότητα N που μπορεί να διατεθεί σε αγρό έκτασης, έστω B στρεμμάτων είναι:

$$\text{Max N} = B \cdot 17 = 17B \text{ kg}$$

Έστω Θ η ποσότητα αποβλήτου που περιέχει τα 17B κιλά Άζωτο.

Αν το απόβλητο έχει συγκέντρωση E mg/L NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, τότε το άζωτο που προέρχεται από τα νιτρικά σε kg N/L είναι:

$$(10^{-6} \cdot 14 \cdot E) / 62 = X \quad [1]$$

Αν το απόβλητο έχει συγκέντρωση Σ mg/L NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, τότε το άζωτο που προέρχεται από τα αμμωνιακά σε kg N/L είναι:

$$(10^{-6} \cdot 14 \cdot \Sigma) / 18 = \Pi \quad [2]$$

Συνολική ποσότητα N (kg) σε 1 L αποβλήτου = X+Π = Φ από [1]+[2]

Άρα μπορούν να διατεθούν στο έδαφος:

$$K = 17B / (1000\Phi) \text{ m}^3 \text{ αποβλήτου ή } K = 17 / (1000\Phi) \text{ m}^3 / \text{στρέμμα} \quad [3]$$

### 3.8.3 Εξίσωση Υπολογισμού Πολυφαινολών

Έστω Δ mg/kg η τιμή των φαινολών από τη χημική ανάλυση του εδάφους. Αν δεν είναι διαθέσιμη χημική ανάλυση του εδάφους, θεωρούμε τη βιβλιογραφική συγκέντρωση πολυφαινολών 50mg/kg (Kavvadias *et al.*, 2011). [4]

Έστω E mg/L η τιμή των φαινολών για το απόβλητο. [5]

Θεωρούμε ως ανώτατη συγκέντρωση φαινολών στο έδαφος τα 100 mg/kg, δηλαδή η προσθήκη των αποβλήτων δεν επιτρέπεται να αυξήσει τις φαινόλες στο έδαφος πάνω από το όριο των 100mg/kg.

$$\max \text{Φαινόλες} = 100 \text{ mg/kg. [6]}$$

Συνεπώς μπορούν να διατεθούν επιπλέον στο έδαφος (από [4], [6]):

$$100 - \Delta = Z \text{ mg/kg εδάφους [7]}$$

Αν  $Z < 0$ , το απόβλητο δεν μπορεί να διατεθεί στο έδαφος λόγω της υψηλής συγκέντρωσης φαινολών στο έδαφος.

Αν  $Z > 0$ , συνεχίζουμε στον υπολογισμό της δόσης αποβλήτου με βάση τις πολυφαινόλες.

Έστω ότι το χωράφι είναι  $B$  στρέμματα, δηλαδή  $1000B \text{ m}^2$ , και προσθέτουμε το απόβλητο ενσωματώνοντάς το έως τα  $30 \text{ cm}$  βάθος. Ο όγκος του εδάφους που θα δεχθεί το απόβλητο είναι  $1000B \text{ m}^2 * 0,3 \text{ m} = 300B \text{ m}^3$ . [8]

Σε συνδυασμό με τη φαινόμενη πυκνότητα του εδάφους που είναι  $1,2 \text{ gr/cm}^3$  ή  $1200 \text{ kg/m}^3$ , βρίσκουμε το βάρος του εδάφους (από [8]):

$$1200 \text{ kg/m}^3 * 300B \text{ m}^3 = 360.000B \text{ kg εδάφους ή } 360B \text{ τόνοι εδάφους [9]}$$

Επομένως, η ποσότητα φαινολών που μπορεί να προστεθεί είναι (από [7], [9]):

$$Z \text{ (mg/kg)} * 360.000B \text{ kg} * 10^{-6} \text{ (kg/mg)} = 0,36 * Z * B = H \text{ kg Φαινολών [10]}$$

Αν το απόβλητο έχει συγκέντρωση  $E \text{ mg/L}$ , μπορούν να πέσουν  $1000H/E = \Theta \text{ m}^3$  απόβλητου. [11]

Τέλος, γίνεται σύγκριση των ποσοτήτων αποβλήτου που προκύπτει από τις εξισώσεις [3] και [11]. Η μικρότερη ποσότητα αποβλήτου εκ των δύο, είναι η ενδεδειγμένη για διασπορά.

### 3.8.4 Εκτίμηση Ενδεδειγμένων Δόσεων Εφαρμογής Στερεών Αποβλήτων Οινοποίησης στα Εδάφη

Αντίστοιχα για τα στερεά απόβλητα οι χημικές ιδιότητες που θα πρέπει να ληφθούν υπόψη για τον υπολογισμό της ενδεικνυόμενης ποσότητας είναι οι εξής:

- Ολικό άζωτο
- Κάλιο
- Σίδηρος
- Πολυφαινόλες

Για το έδαφος, είναι απαραίτητο να συμπεριληφθούν τα αποτελέσματα των παρακάτω χημικών αναλύσεων:

- Ολικό Άζωτο
- Ανταλλάξιμο Κάλιο
- Διαθέσιμος Σίδηρος
- Ολικές Πολυφαινόλες

### 3.8.5 Εξίσωση Υπολογισμού Καλίου

Έστω  $\Delta$  cmol(+)/kg η τιμή από τη χημική ανάλυση του εδάφους.

Έστω  $E$  % η τιμή Καλίου στο απόβλητο (αν δίνεται σε  $K_2O$  το μετατρέπεται σε  $K=K_2O*0,83$ ).

Ως ανώτατη συγκέντρωση εναλλακτικού καλίου στο έδαφος θεωρείται σύμφωνα και τον Πίνακα 18 τα 2,0 cmol(+)/kg. Για ασφαλέστερη εκτίμηση υπολογίζεται 10% μικρότερη συγκέντρωση καλίου, δηλαδή  $Max K = 1,8$  cmol(+)/kg.

Συνεπώς, μπορούν να διατεθούν επιπλέον στο έδαφος:

$$Max K - \Delta = 1,8 - \Delta = Z \text{ cmol(+)/kg εδάφους [12]}$$

Όπου  $\Delta$ : τιμή Καλίου στο έδαφος.

Αν  $Z < 0$ , η συγκέντρωση καλίου είναι πολύ υψηλή στην περιοχή που πρόκειται να διατεθεί το απόβλητο και επομένως δεν ενδείκνυται η διασπορά του.

Αν  $Z > 0$ , υπολογίζεται η δόση αποβλήτου με βάση το κάλιο.

Έστω ότι το απόβλητο θα διατεθεί σε  $B$  στρέμματα, δηλαδή σε  $1000B \text{ m}^2$  και θα γίνει ενσωμάτωση στα 30 εκατοστά του εδάφους, τότε έχουμε με βάση και τις εξισώσεις [8] και [9], υπολογίζεται ότι μπορούν να διατεθούν επιπλέον στο έδαφος

$$1000B \text{ m}^2 * 0,3 \text{ m} = 300B \text{ m}^3 \text{ εδάφους [2]}$$

$$Z * 360.000B * 10^{-2} * 39,1 * 10^{-3} = 141 * Z * B = H \text{ kg Καλίου [13]}$$

Αν το απόβλητο έχει συγκέντρωση  $E \%$ , δηλαδή  $E \text{ kg}/100\text{kg}$ , μπορούν διατεθούν  $\text{kg}$  αποβλήτου  $= H / (0,01E) = \Theta$ , και σε τόνους/στρέμμα  $= \Theta / 1000B$ . [14]

### 3.8.6 Εξίσωση Υπολογισμού Σιδήρου

Ως ανώτατη συγκέντρωση διαθέσιμου σιδήρου στο έδαφος θεωρούνται τα  $50 \text{ mg}/\text{kg}$ . Για ασφαλέστερη εκτίμηση θεωρείται 10% μικρότερη συγκέντρωση σιδήρου, δηλαδή  $\text{Max Fe} = 45 \text{ mg}/\text{kg}$ .

Συνεπώς, μπορούν να διατεθούν επιπλέον στο έδαφος

$$\text{Max Fe} - \Delta = 45 - \Delta = Z \text{ mg}/\text{kg [15]}$$

Όπου  $\Delta \text{ [mg}/\text{kg}]$ : η συγκέντρωση σιδήρου στο έδαφος

$E \text{ [mg}/\text{kg}]$ : η συγκέντρωση σιδήρου στο απόβλητο

Αν  $Z < 0$ , το απόβλητο δεν μπορεί να προστεθεί στο έδαφος λόγω της μεγάλης περιεκτικότητάς του σε σίδηρο.

Αν  $Z > 0$ , δόση του αποβλήτου με βάση το σίδηρο υπολογίζεται με χρήση των εξισώσεων [8] και [9] όπως παρακάτω:

$$Z \text{ (mg}/\text{kg}) * 360B \text{ kg} * 10^{-6} \text{ (kg}/\text{mg}) = N \text{ kg σιδήρου [16]}$$

Αν το απόβλητο έχει συγκέντρωση  $E \text{ mg/L}$ , μπορούν να πέσουν  $1000N/E = K \text{ m}^3$  αποβλήτου.

### 3.8.7 Εξίσωση Υπολογισμού Αζώτου

Για τον υπολογισμό του Αζώτου λαμβάνεται και σε αυτήν την περίπτωση ως ανώτατη τιμή διασποράς αυτή που καθορίζεται από την Οδηγία για τη Νιτρορύπανση (Ευρωπαϊκή Ένωση, 1991), δηλαδή ότι ετησίως μπορεί να διατεθεί στα εδάφη ποσότητα αποβλήτου η οποία παρέχει έως  $170 \text{ kg N/ha}$  ή  $17 \text{ kg/στρέμμα}$ .

Αν το Ολικό Άζωτο (%)  $\geq 0,3\%$  (Πίνακας 18), τότε η συγκέντρωση αζώτου είναι πολύ υψηλή στην περιοχή που πρόκειται να διατεθεί το απόβλητο και αντενδείκνυται η διασπορά αυτού.

Αν το Ολικό Άζωτο (%)  $< 0,3\%$ , ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία υπολογισμού:

Εστω  $E \%$  η τιμή αζώτου στο στερεό απόβλητο. Η μέγιστη ποσότητα  $N$  που μπορεί να διατεθεί στα  $B$  στρέμματα του αγρού είναι:

$$\text{Max } N = B \times 17 = 17B \text{ kg [18]}$$

Συνεπώς η ποσότητα του αποβλήτου που περιέχει αυτά τα  $17B$  κιλα άζωτο είναι

$$\theta = \text{kg Αποβλήτου} = (1700B)/E \text{ [19]}$$

και σε τόνους/στρέμμα  $=\theta/1000B$  [20].

### 3.8.8 Εξίσωση Υπολογισμού Πολυφαινολών

Έστω  $\Delta \text{ mg/kg}$  η τιμή των φαινολών από τη χημική ανάλυση του εδάφους. Αν δεν είναι διαθέσιμη χημική ανάλυση του εδάφους, θεωρούμε τη βιβλιογραφική συγκέντρωση των πολυφαινολών στα εδάφη, δηλαδή ότι το έδαφος έχει συγκέντρωση πολυφαινολών  $50 \text{ mg/kg}$  (Kavvadias *et al.*, 2011).

Εστω  $E \text{ mg/kg}$  η συγκέντρωση των φαινολών στο απόβλητο.

Θεωρούμε και σε αυτήν την περίπτωση ως ανώτατη συγκέντρωση πολυφαινολών στο έδαφος τα 100 mg/kg, δηλαδή

$$\max \Phi_{\text{αιν}} = 100 \text{ mg/kg}$$

Συνεπώς μπορούν να διατεθούν επιπλέον στο έδαφος

$$100 - \Delta = Z \text{ mg/kg εδάφους [21]}$$

Αν  $Z < 0$ , το απόβλητο δεν μπορεί να προστεθεί στο έδαφος λόγω της μεγάλης περιεκτικότητάς του σε πολυφαινόλες.

Αν  $Z > 0$ , η δόση του αποβλήτου με βάση τις πολυφαινόλες υπολογίζεται με χρήση των εξισώσεων [8] και [9] όπως παρακάτω:

$$Z \times 360.000B \times 10^{-6} = 0,36 \times Z \times B = H \text{ Kg φαινολών [22]}$$

Αν το απόβλητο έχει συγκέντρωση πολυφαινολών  $E \text{ mg/kg}$ , τότε μπορούν να διατεθούν σε αυτό:

$$\text{kg απόβλητου} = H / (10^{-6} E) = \Theta. \text{ [23], και σε τόνους/στρέμμα} = \Theta / 1000B \text{ [24].}$$

Τέλος, γίνεται σύγκριση των ποσοτήτων αποβλήτου που προκύπτει από τις εξισώσεις [14], [17], [20] και [24]. Η μικρότερη ποσότητα αποβλήτου εξ αυτών είναι η ενδεδειγμένη για διασπορά.

### **3.9 Οικονομική Αποδοτικότητα Χρήσης Αποβλήτων στα Εδάφη για Λιπαντικούς Σκοπούς**

Προκειμένου να διερευνηθεί το οικονομικό όφελος από τη χρήση των αποβλήτων ως συμπλήρωμα της βασικής χημικής λίπανσης, αξιολογήθηκαν δεδομένα καλλιέργειας φιστικόδενδρων στην Αίγινα, χρησιμοποιώντας ως παράδειγμα τη διασπορά στερεών αποβλήτων οινοποίησης.

Συγκεκριμένα, εφαρμόστηκαν οι παραπάνω εξισώσεις σε πραγματικές συνθήκες ενός αγρού στην Αίγινα λαμβάνοντας υπόψη τις χημικές αναλύσεις εδάφους, τη σύσταση των αποβλήτων του Πίνακα 3, οι λιπάνσεις που εφαρμόζει ο παραγωγός, τις τιμές των λιπασμάτων καθώς και τους χάρτες καταλληλότητας διασποράς.

Ο αγρός έχει έκταση ενός στρέμματος, περιλαμβάνει τριάντα δένδρα ηλικίας περίπου 70 ετών και βρίσκεται στη θέση όπως φαίνεται στις Εικόνες 5 και 6.



**Εικόνα 5,** Ο αγρός στην Αίγινα έκτασης ενός στρέμματος.



**Εικόνα 6,** Η θέση του αγρού στο νησί της Αίγινας.

Τα αποτελέσματα της χημικής ανάλυσης του εδάφους δίνονται στον παρακάτω Πίνακα 19.

**Πίνακας 19**, Αποτελέσματα χημικής ανάλυσης εδάφους του αγρού.

Βάθος	N	K	P	Fe	Mn	B	Mg	Zn	Cu	pH	OM*	EC*
	mg/g	cmol/g	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g	cmol/g	mg/g	mg/g		mg/g	mS/cm
0-30 cm	1,3	1,1	70	5,3	5,3	0,8	4,5	7,2	22	7,6	4,1	3,45

OM\*: Οργανική ουσία, EC: Ηλεκτρική αγωγιμότητα.

Όπως φαίνεται από τον παραπάνω πίνακα οι τιμές για το άζωτο, το κάλιο και τον σίδηρο δεν είναι απαγορευτικές για διασπορά στερεών αποβλήτων. Αντίθετα η τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας είναι υψηλή.

Οι ετήσιες λιπάνσεις που εφαρμόζει ο παραγωγός δίνονται στον παρακάτω Πίνακα 20.

**Πίνακας 20**, Ετήσιο πρόγραμμα λίπανσης του αγρού και το αντίστοιχο κόστος.

Λιπάσματα	Τιμή €/kg	Αναλογία εφαρμογής λιπάσματος (kg/0,1 ha)	Κόστος (€/0,1ha)
<b>Θεική Αμμωνία (21-0-0)</b>	0,31	40	12,40
<b>Ουρία (46-0-0)</b>	0,32	8	2,56
<b>Θεικό Κάλιο (0-0-50)</b>	1,22	25	30,50
<b>Νιτρικό Κάλιο (13-0-46)</b>	1,50	15	22,50
<b>Συνολικό Κόστος</b>			<b>67,96</b>

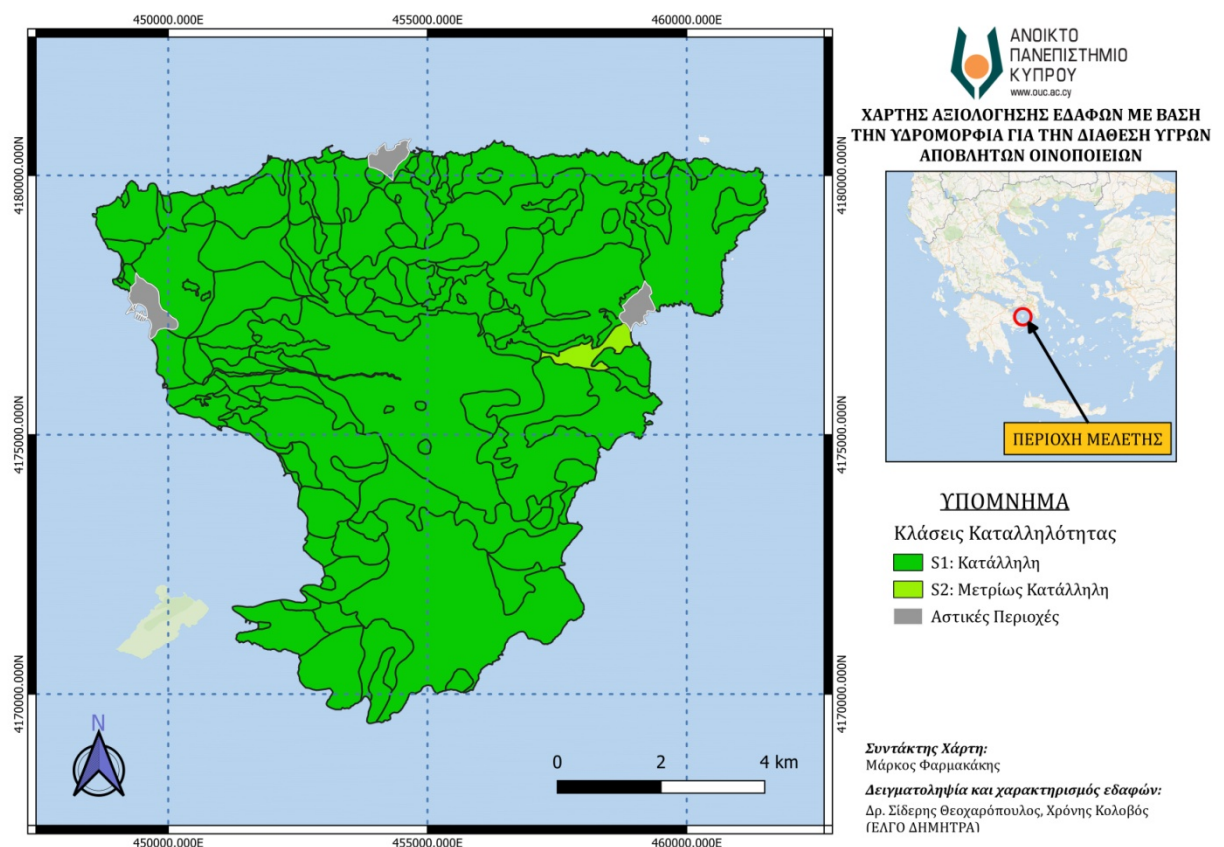
Με βάση τα παραπάνω υπολογίσθηκαν οι ποσότητες του αποβλήτου που θα μπορούσε να προστεθεί στο έδαφος και το αντίστοιχο οικονομικό όφελος.

# Κεφάλαιο 4

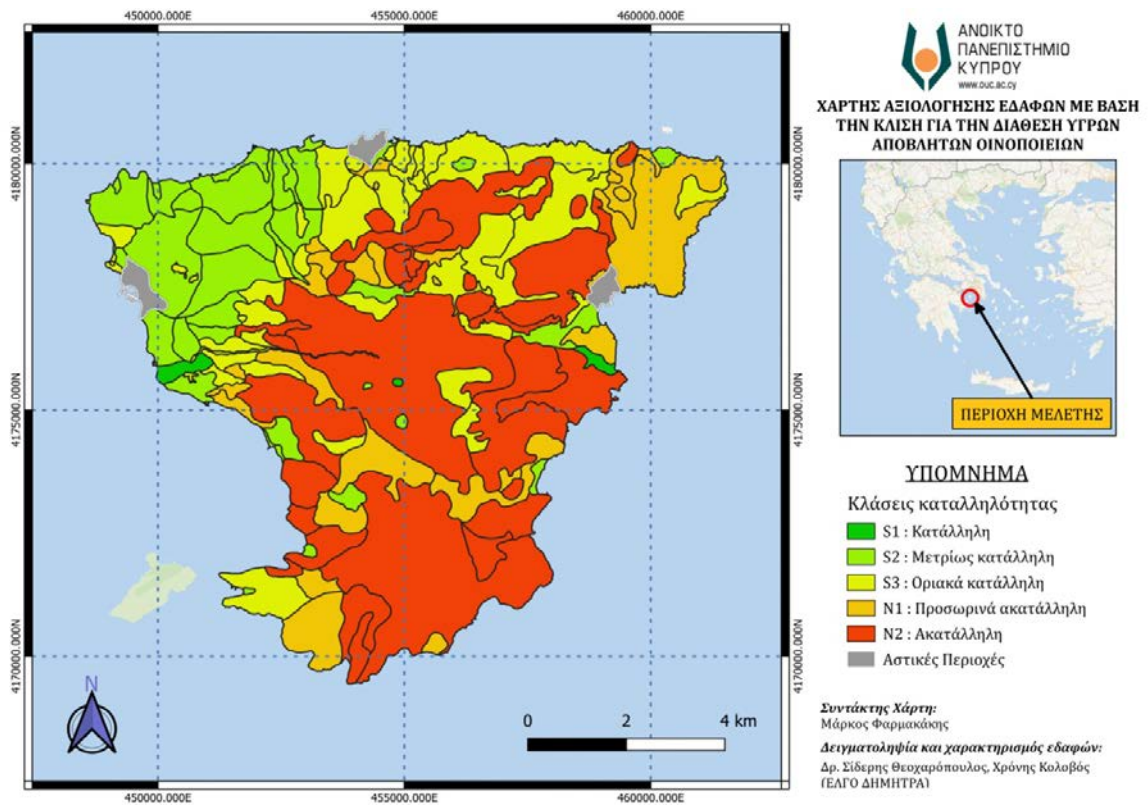
## Αποτελέσματα

### 4.1 Υγρά Απόβλητα - Χάρτες Καταλληλότητας Εδαφών

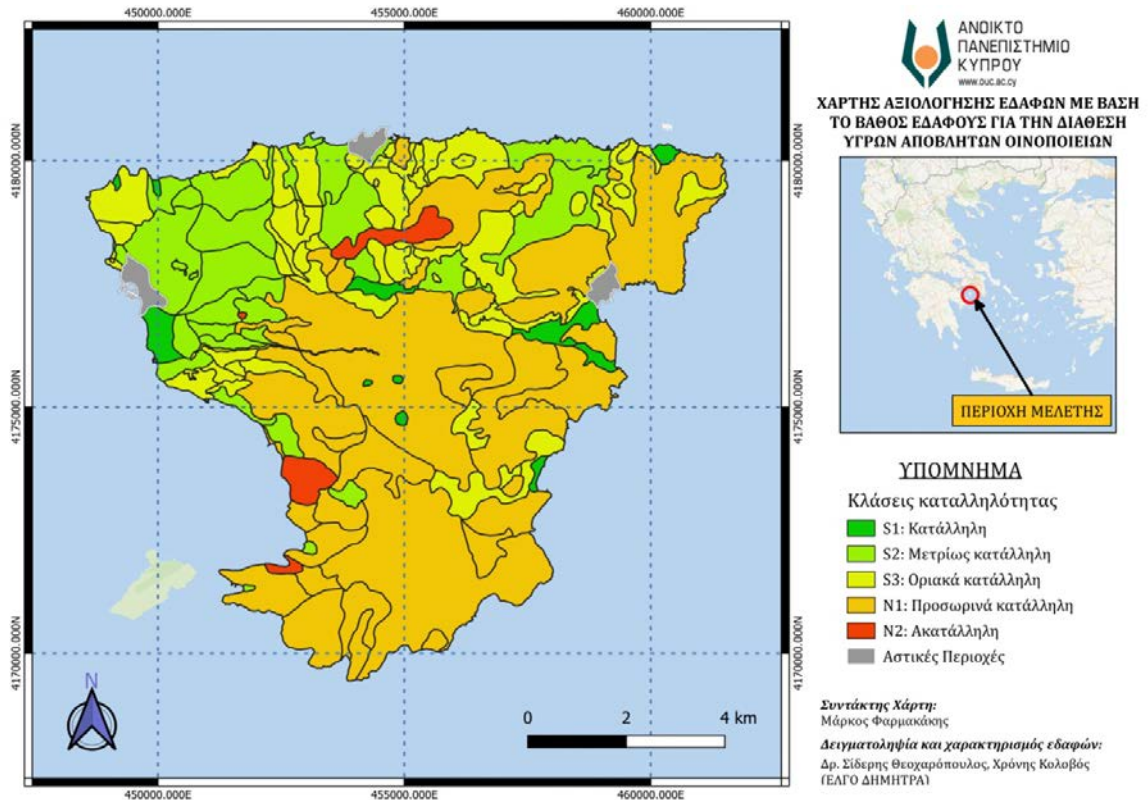
Σύμφωνα με τον Πίνακα 15, έγινε η αξιολόγηση για τη διάθεση υγρών αποβλήτων με βάση τις φυσικές και χημικές ιδιότητες του εδάφους. Στους Χάρτες 3 έως 14, παρουσιάζεται η αξιολόγηση των εδαφών.



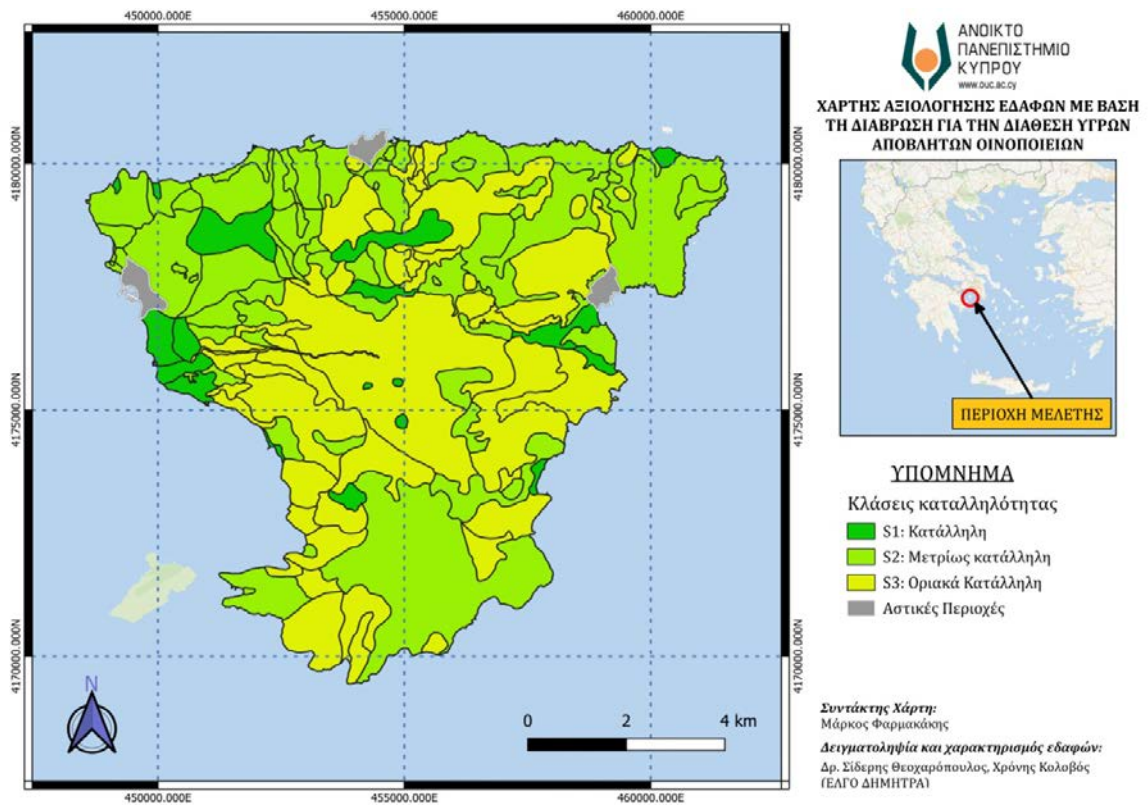
**Χάρτης 3**, Θεματικός χάρτης καταλληλότητας για τη διάθεση υγρών αποβλήτων οινοποιείων με βάση την υδρομορφία.



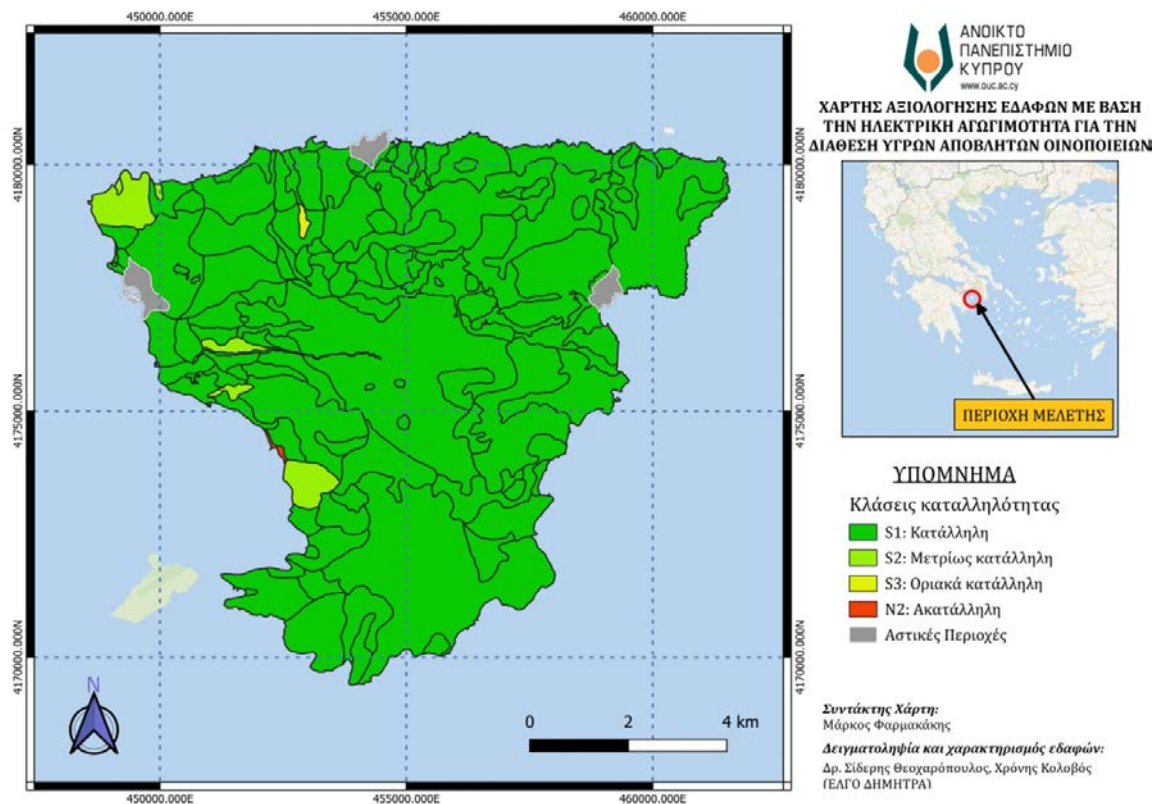
**Χάρτης 4,** Θεματικός χάρτης καταλληλότητας για τη διάθεση υγρών αποβλήτων οινοποιείων με βάση την κλίση.



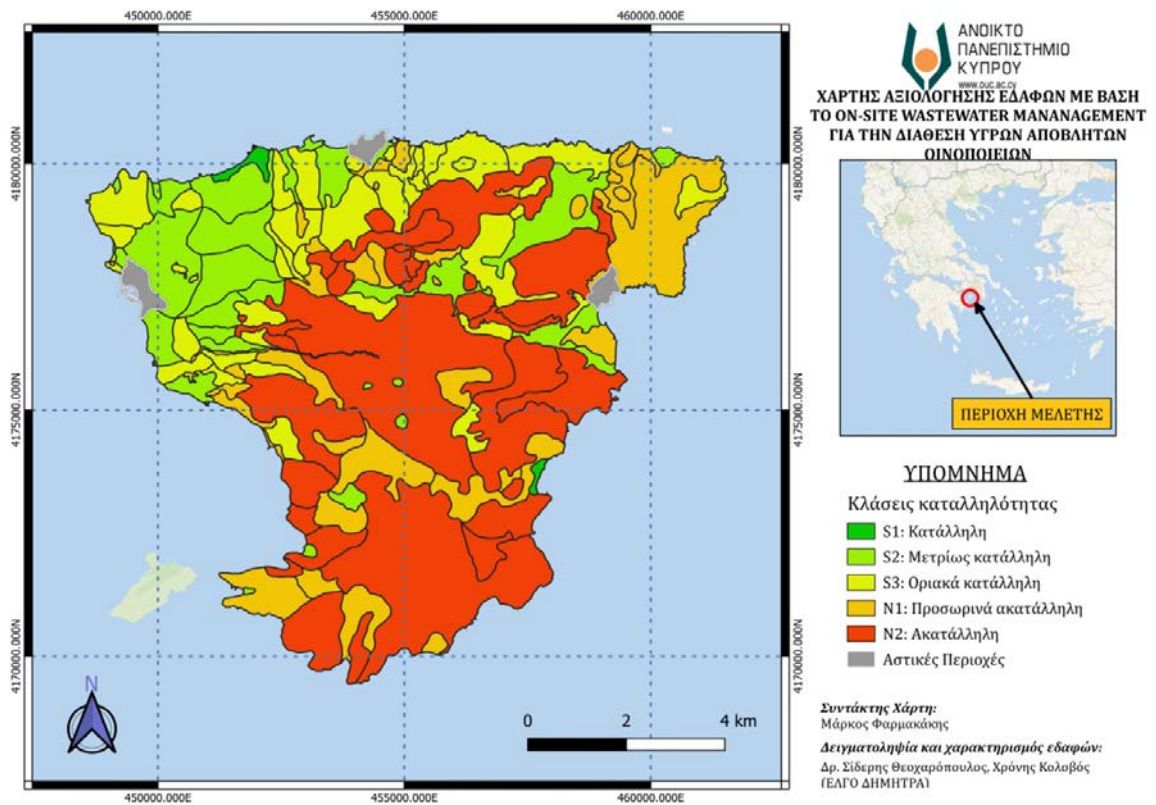
**Χάρτης 5,** Θεματικός χάρτης καταλληλότητας για τη διάθεση υγρών αποβλήτων οινοποιείων με βάση το βάθος εδάφους.



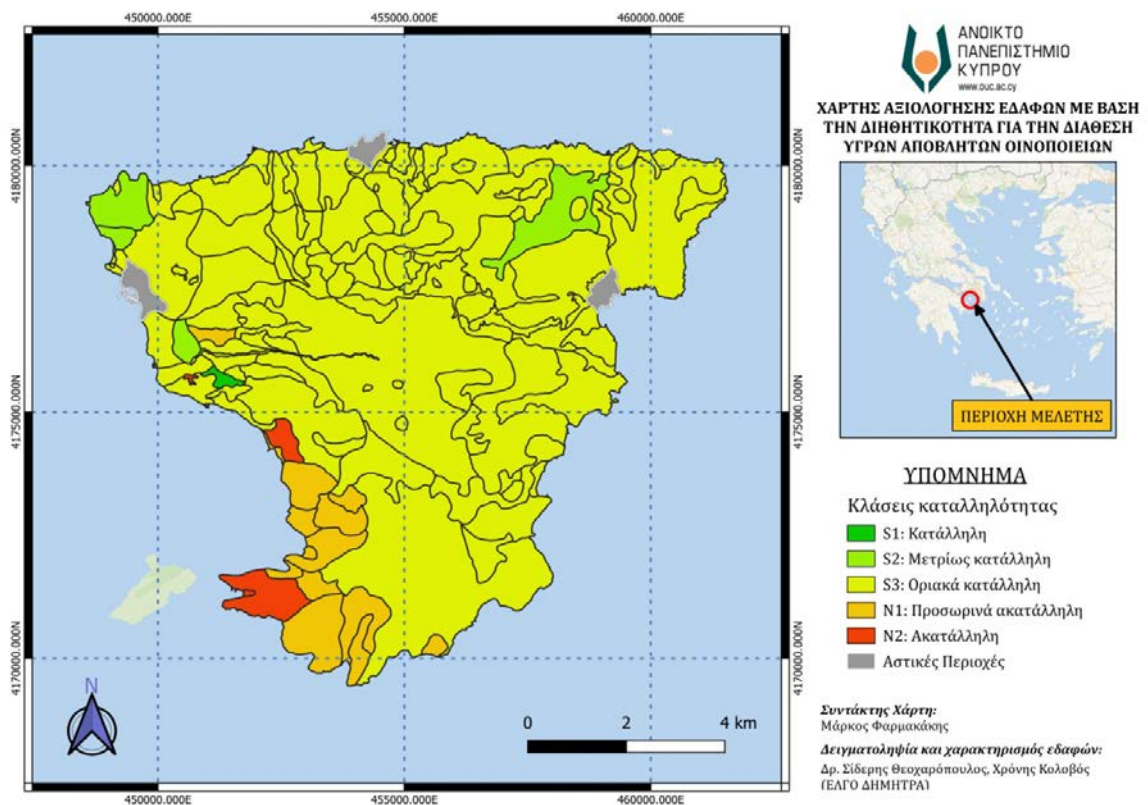
**Χάρτης 6**, Θεματικός χάρτης καταλληλότητας για τη διάθεση υγρών αποβλήτων οινοποιείων με βάση το βαθμό διάβρωσης.



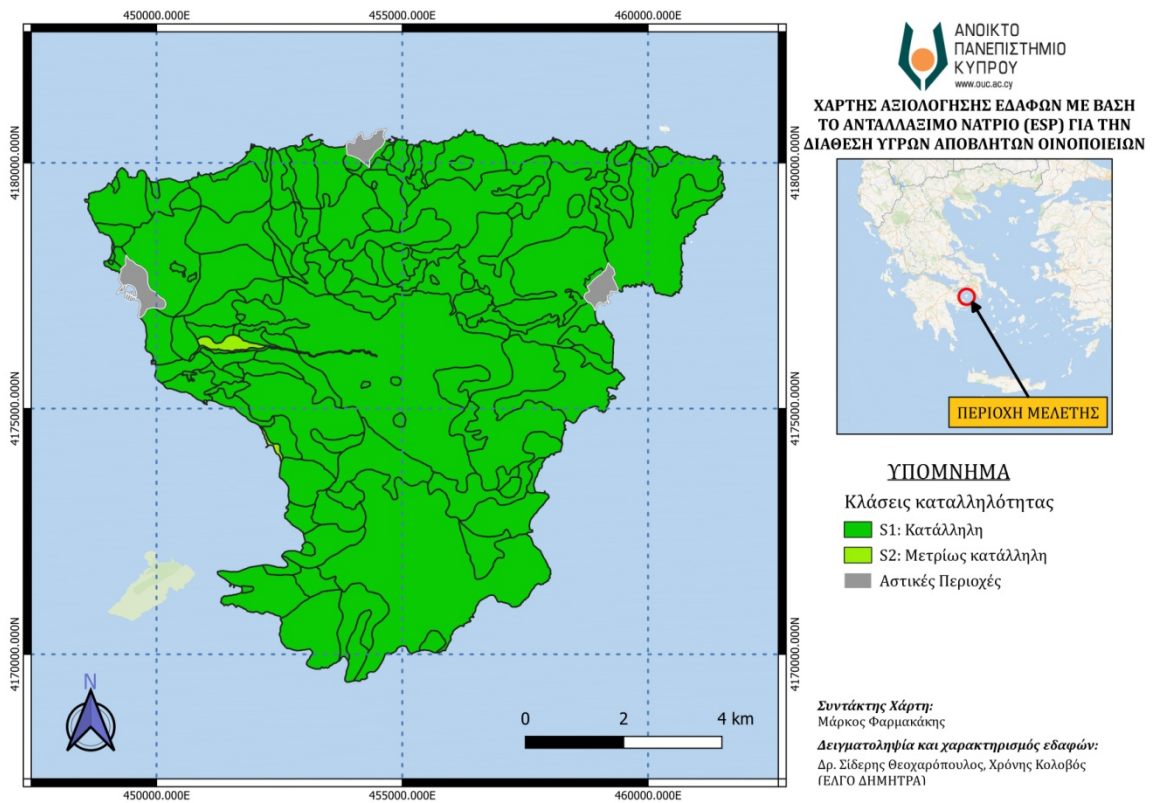
**Χάρτης 7**, Θεματικός χάρτης καταλληλότητας για τη διάθεση υγρών αποβλήτων οινοποιείων με βάση την ηλεκτρική αγωγιμότητα.



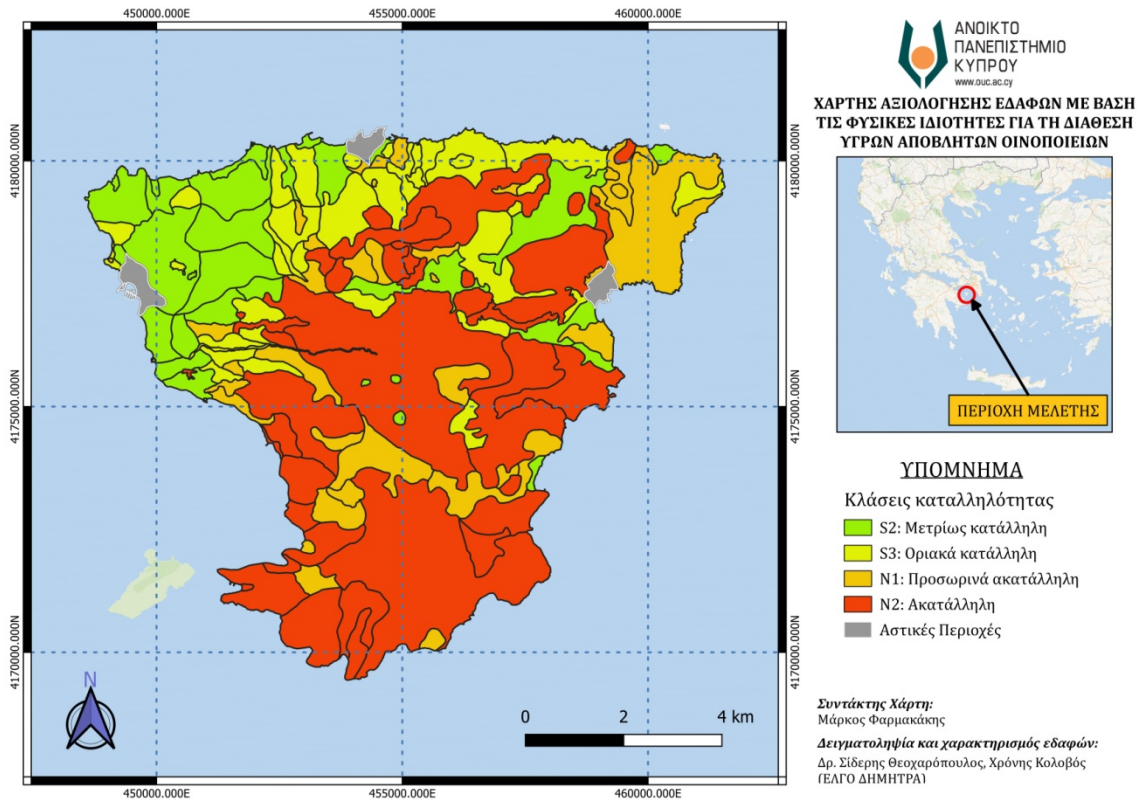
**Χάρτης 8**, Θεματικός χάρτης καταλληλότητας για τη διάθεση υγρών αποβλήτων οινοποιείων με βάση την παράμετρο on-site wastewater management.



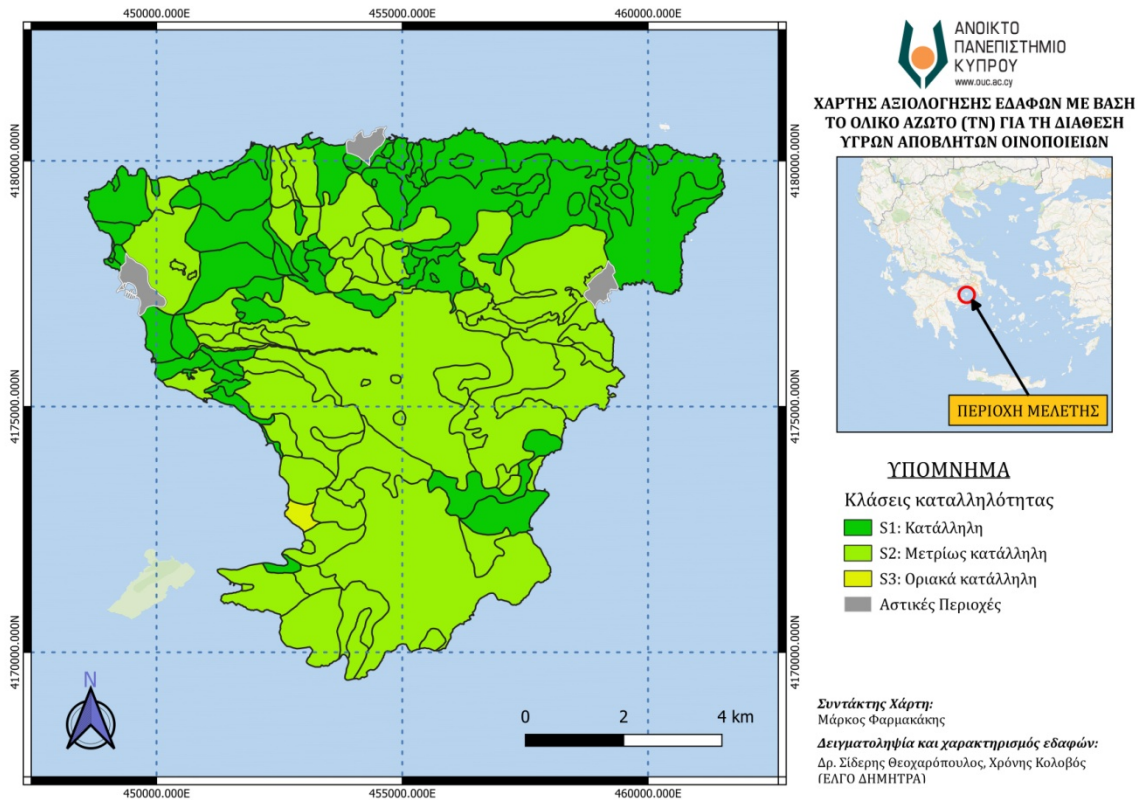
**Χάρτης 9**, Θεματικός χάρτης καταλληλότητας για τη διάθεση υγρών αποβλήτων οινοποιείων με βάση τη διηθητικότητα.



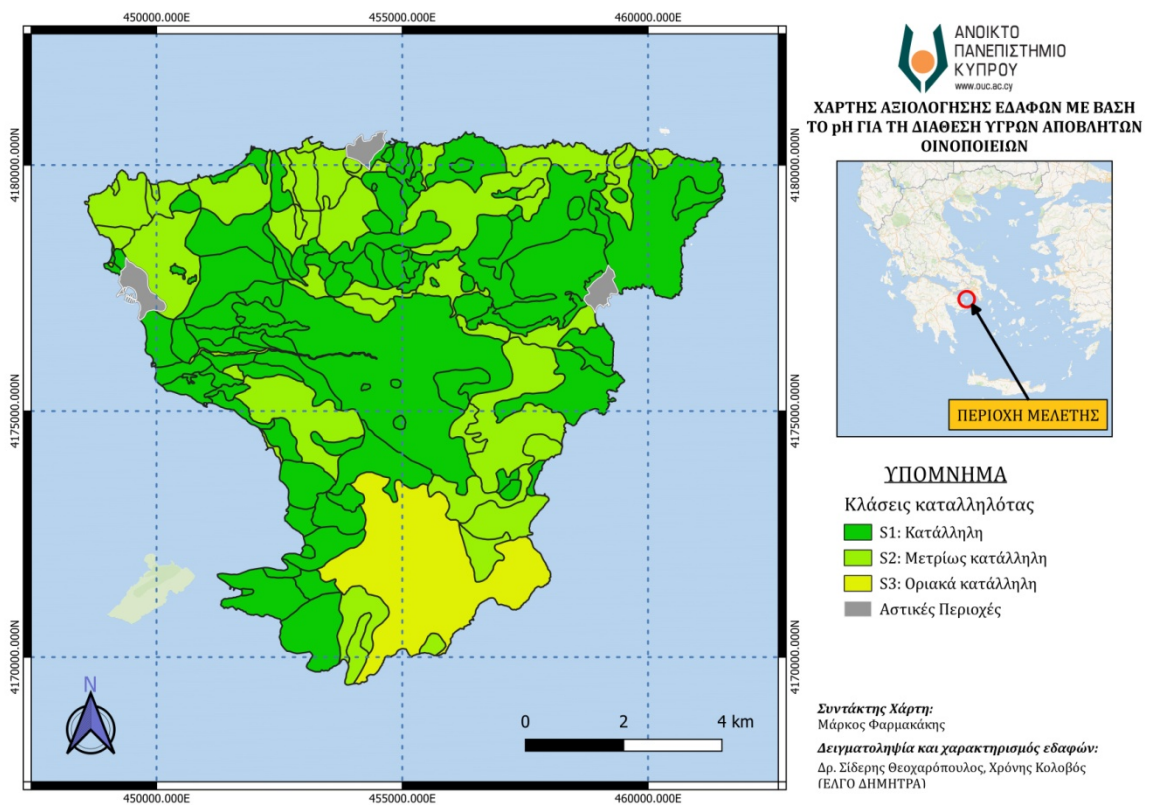
**Χάρτης 10,** Θεματικός χάρτης καταλληλότητας για τη διάθεση υγρών αποβλήτων οινοποιείων με βάση το ανταλλάξιμο νάτριο (ESP).



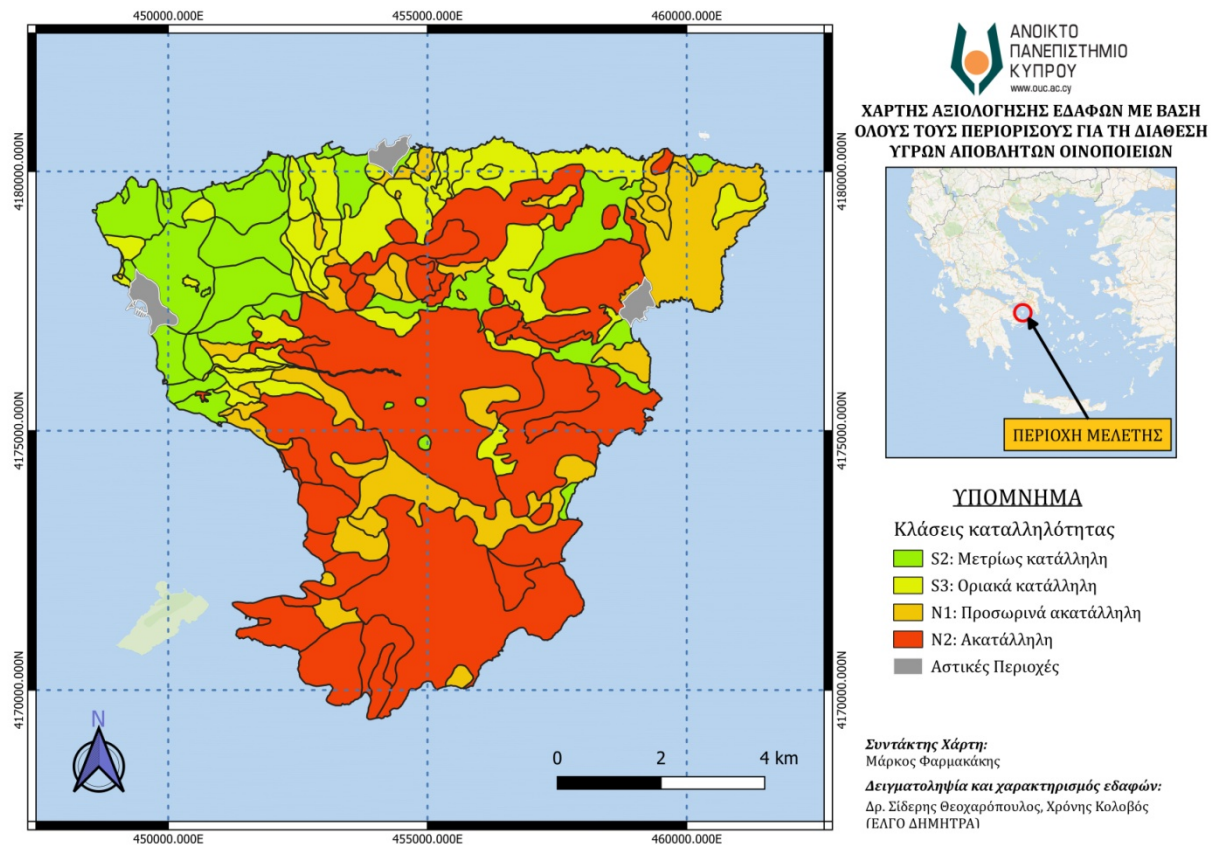
**Χάρτης 11,** Χάρτης αξιολόγησης εδαφών με βάση τις φυσικές ιδιότητες για τη διάθεση υγρών αποβλήτων οινοποιείων.



**Χάρτης 12,** Θεματικός χάρτης αξιολόγησης εδαφών με βάση το ολικό άζωτο για τη διάθεση υγρών αποβλήτων οινοποιείων.



**Χάρτης 13,** Θεματικός χάρτης αξιολόγησης εδαφών με βάση τις pH για τη διάθεση υγρών αποβλήτων οινοποιείων.

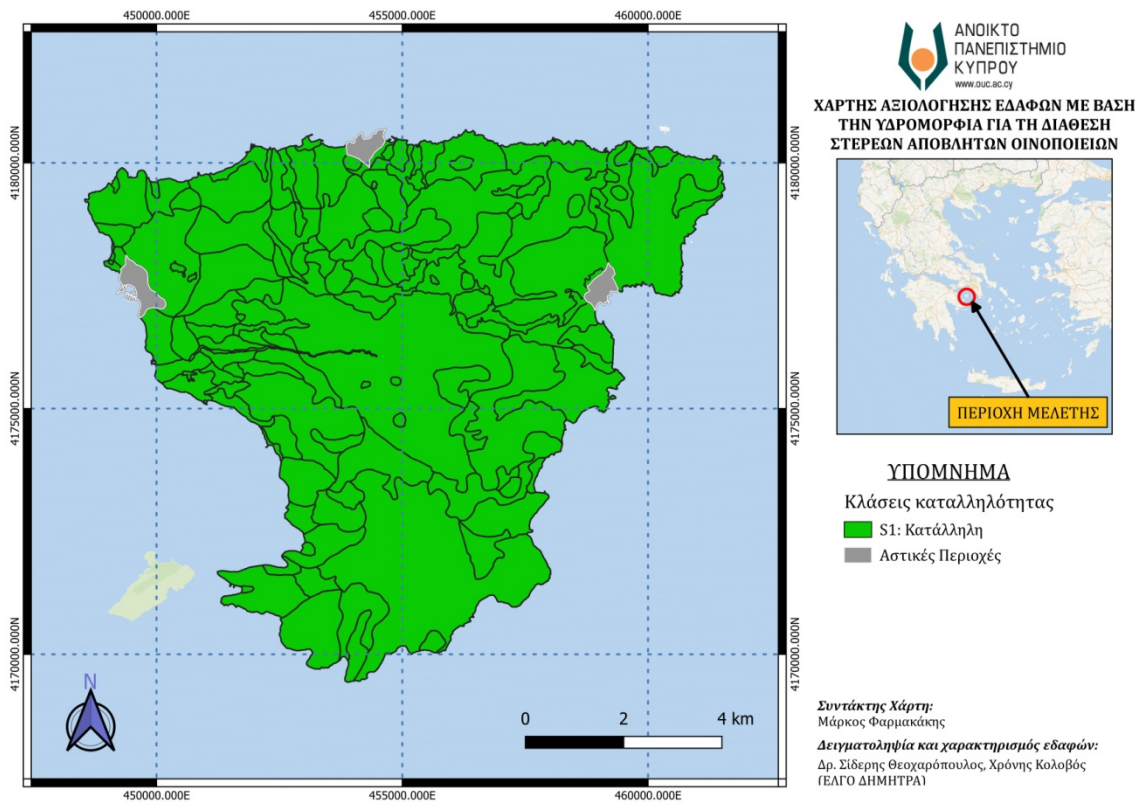


**Χάρτης 14,** Χάρτης αξιολόγησης εδαφών με βάση όλους τους περιορισμούς για τη διάθεση των υγρών αποβλήτων οινοποιείων.

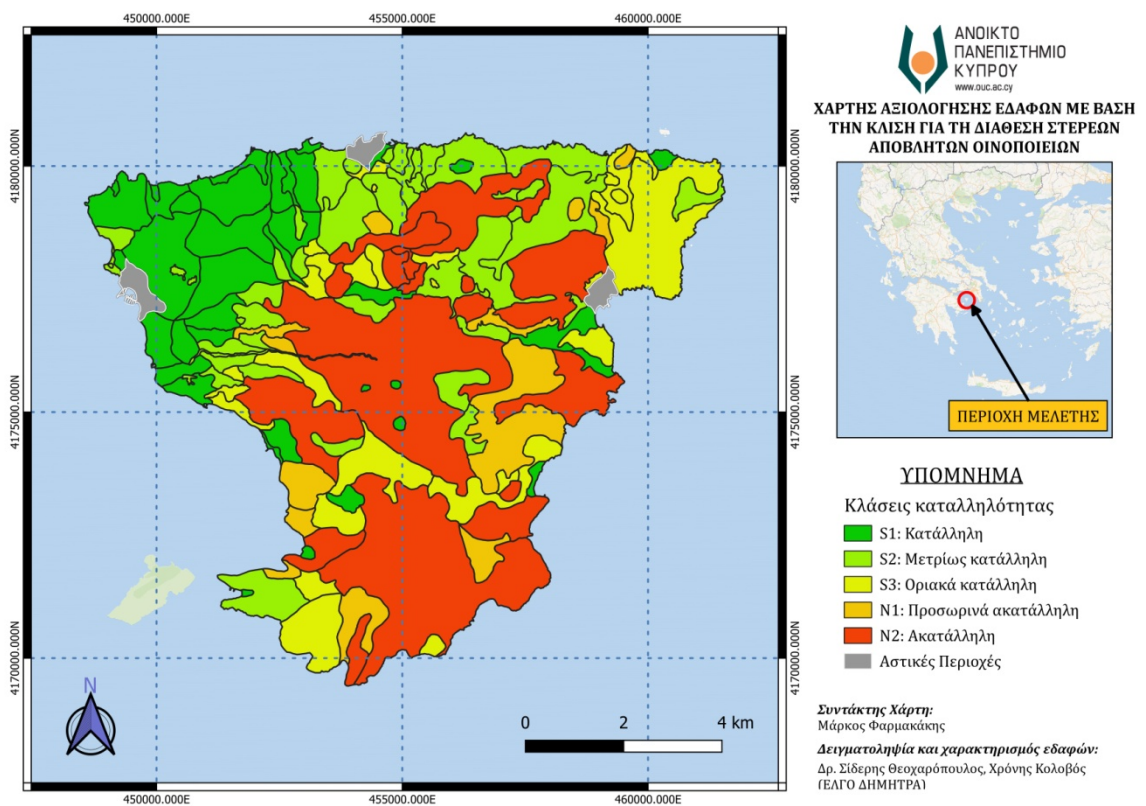
Στον Χάρτη 14 και με βάση το σύστημα αξιολόγησης το 60 με 70 % της συνολικής έκτασης του νησιού είναι ακατάλληλη για διάθεση υγρών αποβλήτων. Οι περιοχές που παρουσιάζουν μέτρια έως οριακή καταλληλότητα βρίσκονται στα βόρεια και δυτικά της Αίγινας.

## 4.2 Στερεά Απόβλητα - Χάρτες Καταλληλότητας Εδαφών

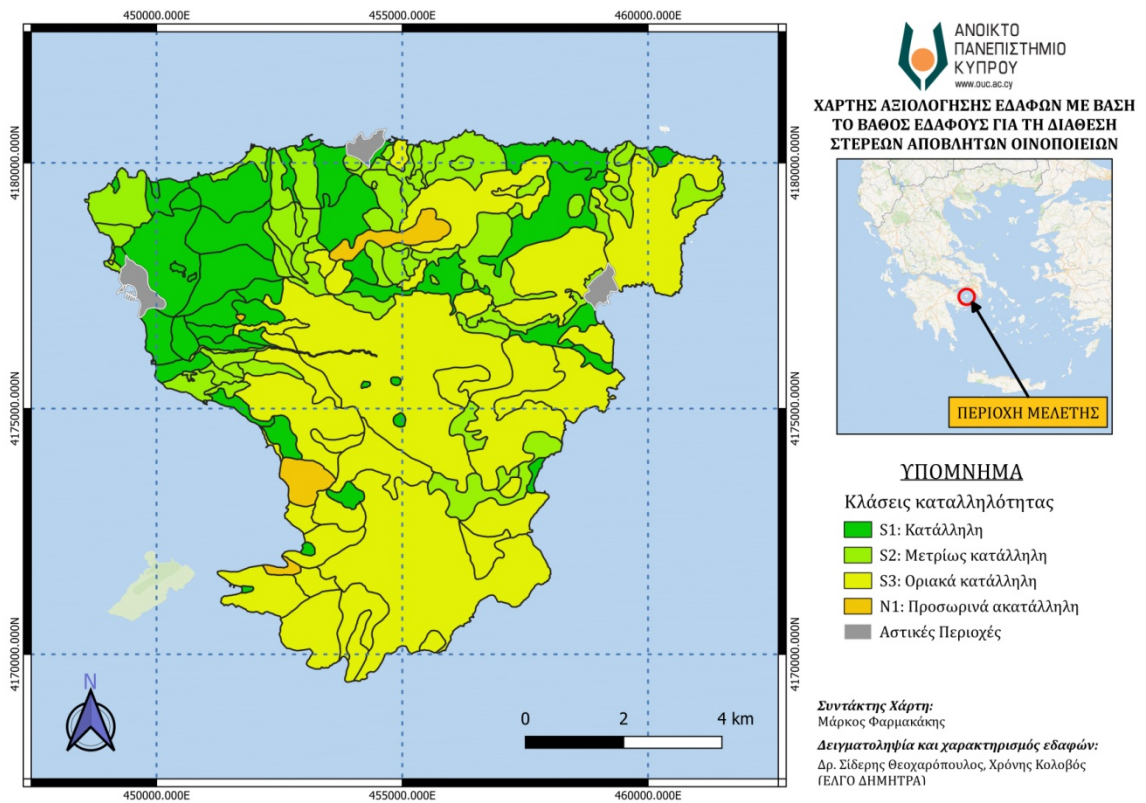
Σύμφωνα με τον Πίνακα 18, έγινε η αξιολόγηση για τη διάθεση υγρών αποβλήτων με βάση τις φυσικές και χημικές ιδιότητες του εδάφους. Στους Χάρτες 15 έως 27, παρουσιάζεται η αξιολόγηση των εδαφών.



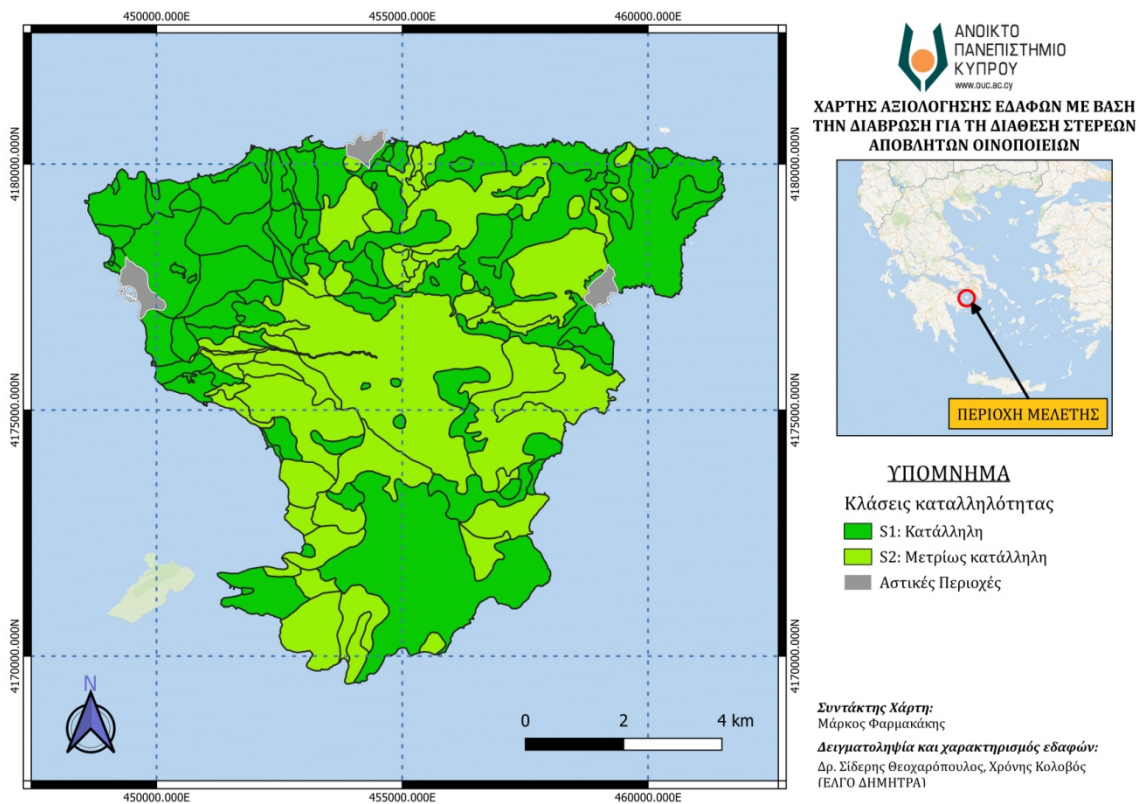
**Χάρτης 15,** Θεματικός χάρτης αξιολόγησης εδαφών με βάση την υδρομορφία για τη διάθεση στερεών αποβλήτων οινοποιείων.



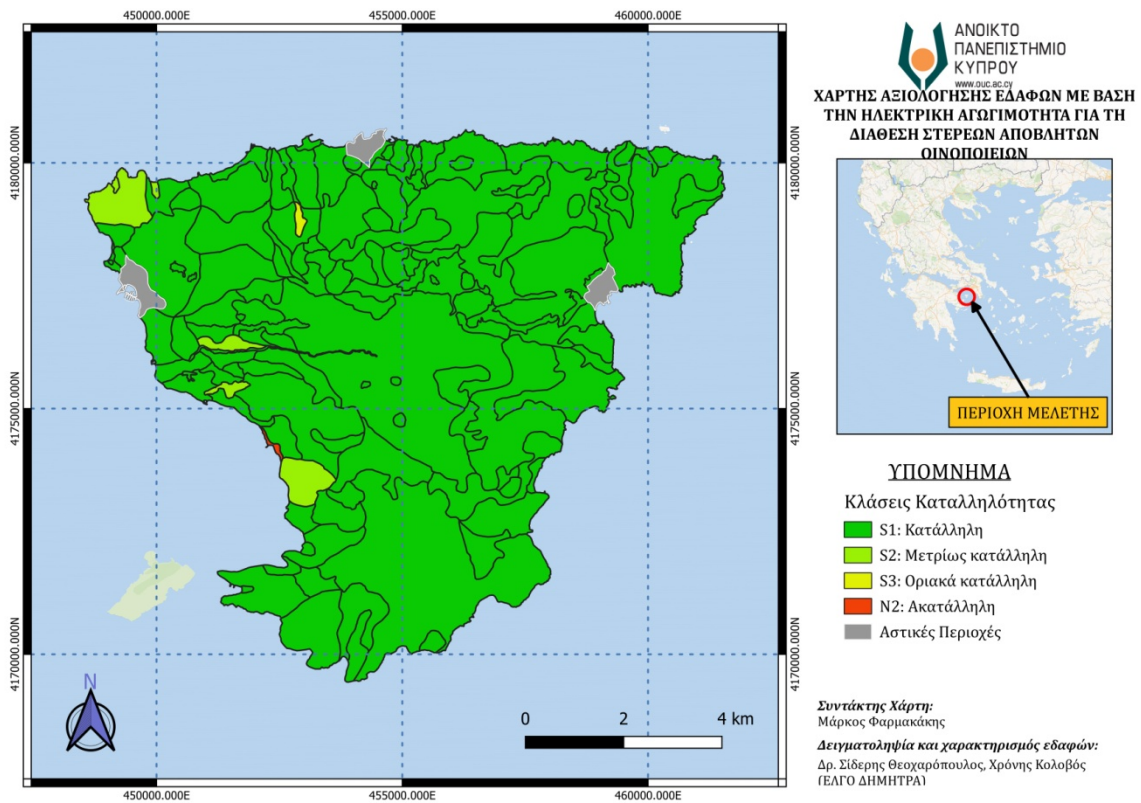
**Χάρτης 16,** Θεματικός χάρτης αξιολόγησης εδαφών με βάση την κλίση για τη διάθεση στερεών αποβλήτων οινοποιείων.



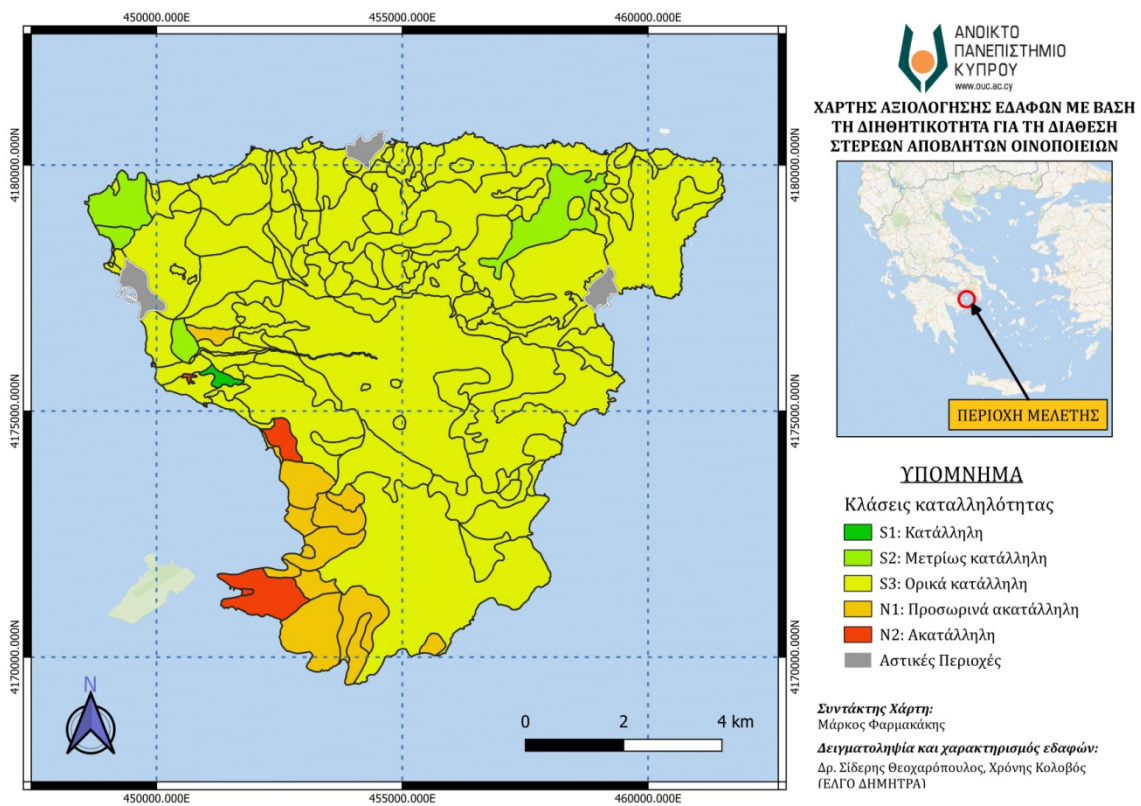
**Χάρτης 17,** Θεματικός χάρτης αξιολόγησης εδαφών με βάση το βάθος εδάφους για τη διάθεση στερεών αποβλήτων οινοποιείων.



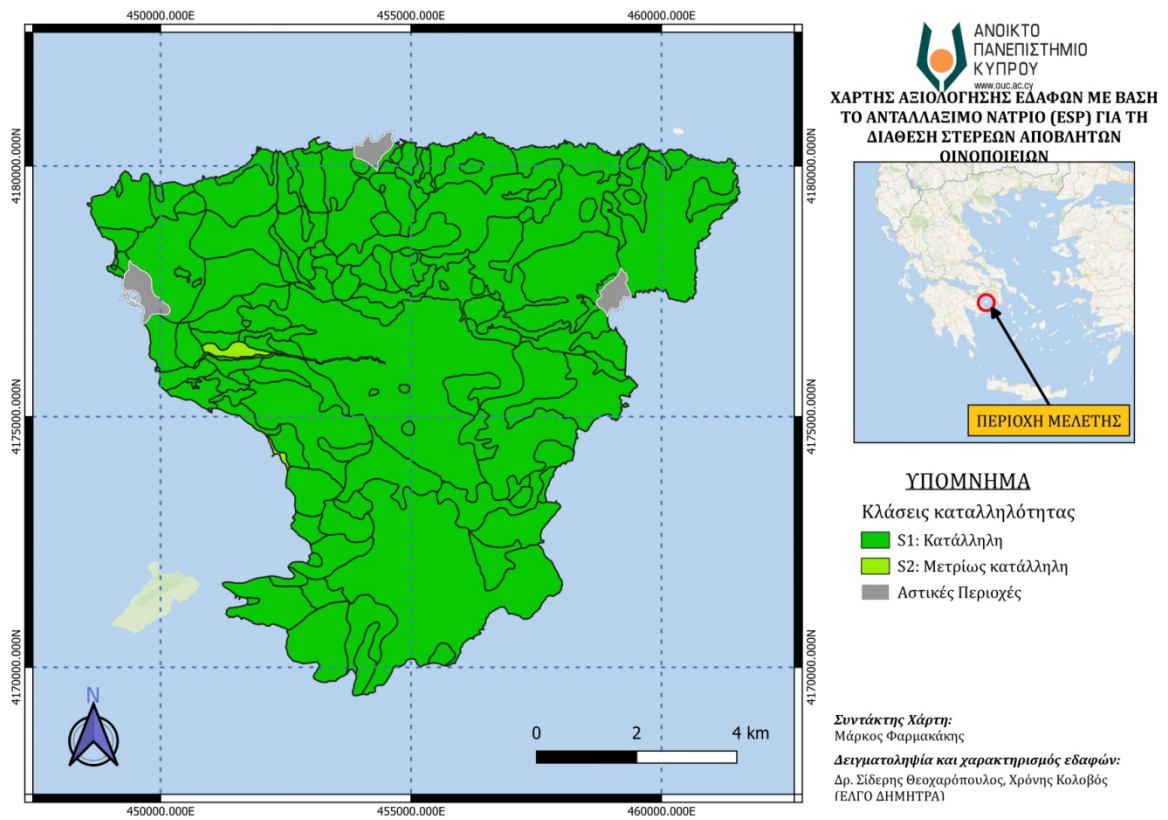
**Χάρτης 18,** Θεματικός χάρτης αξιολόγησης εδαφών με βάση το βαθμό διάβρωσης για τη διάθεση στερεών αποβλήτων οινοποιείων.



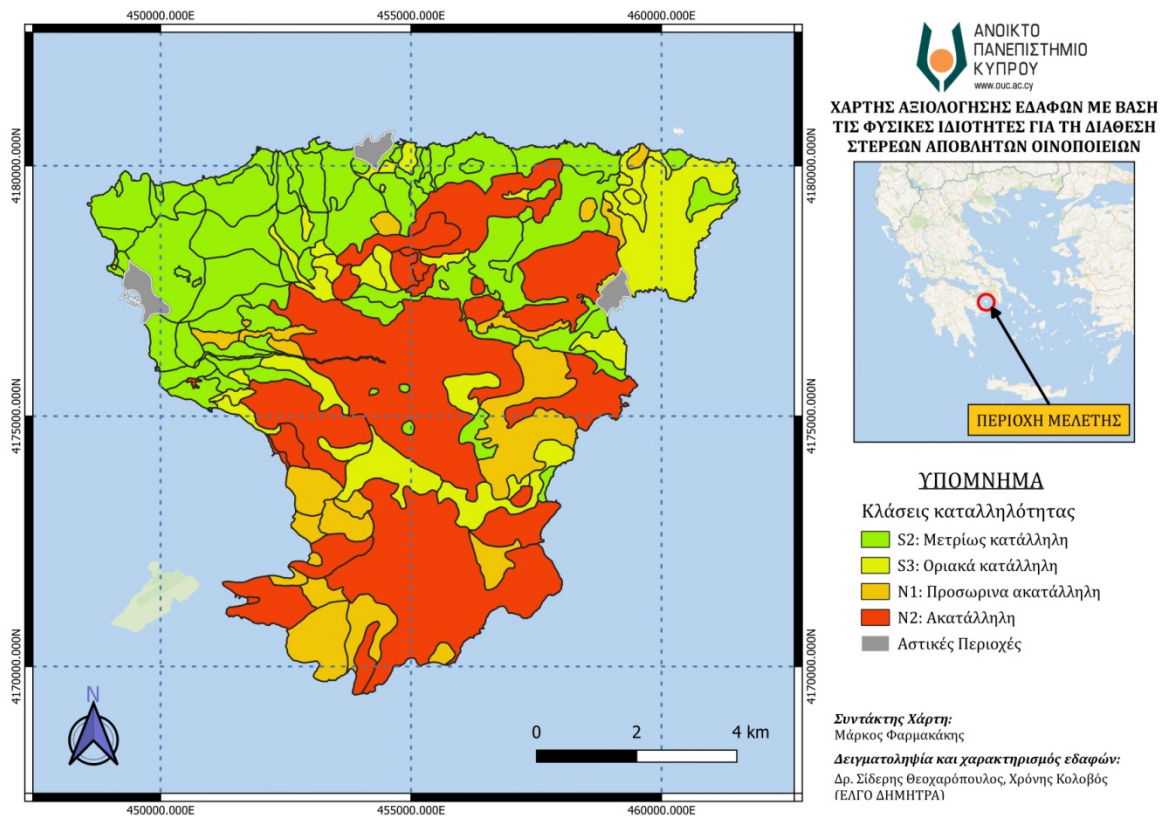
**Χάρτης 19**, Θεματικός χάρτης αξιολόγησης εδαφών με βάση την ηλεκτρική αγωγιμότητα για τη διάθεση στερεών αποβλήτων οινοποιείων.



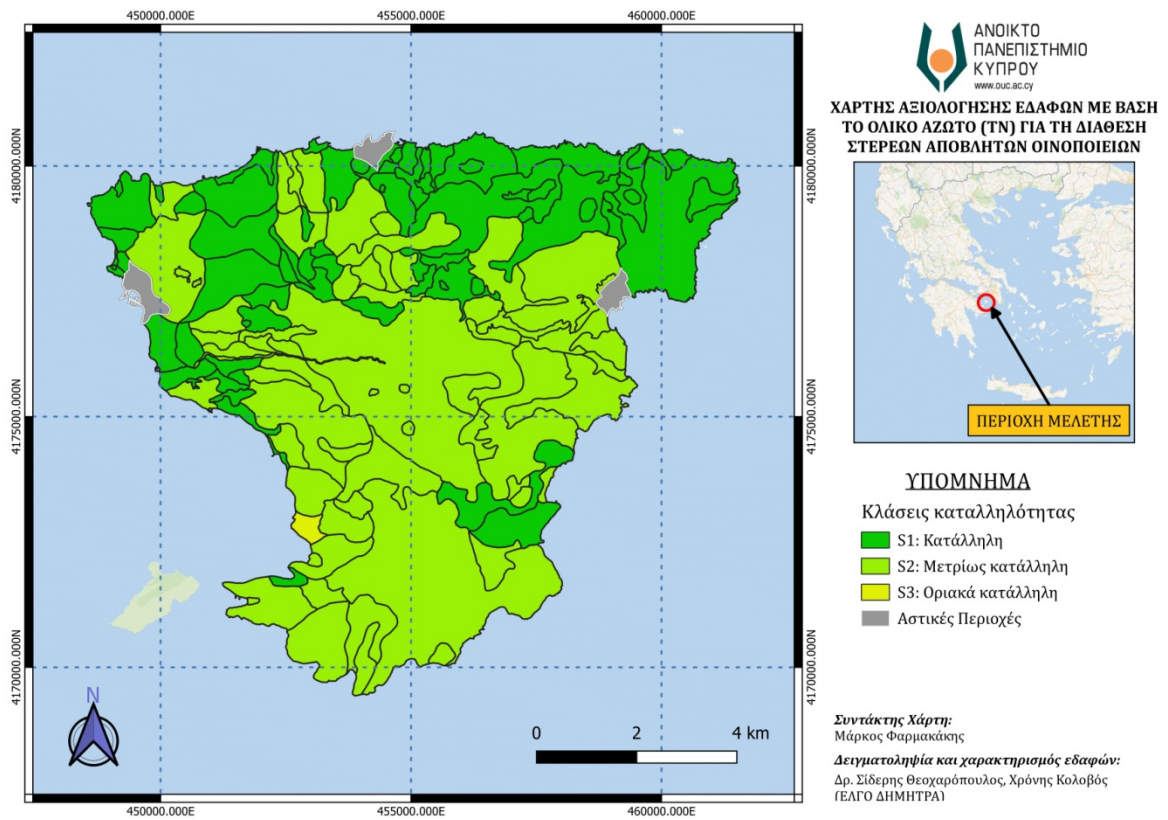
**Χάρτης 20**, Θεματικός χάρτης αξιολόγησης εδαφών με βάση τη διηθητικότητα για τη διάθεση στερεών αποβλήτων οινοποιείων.



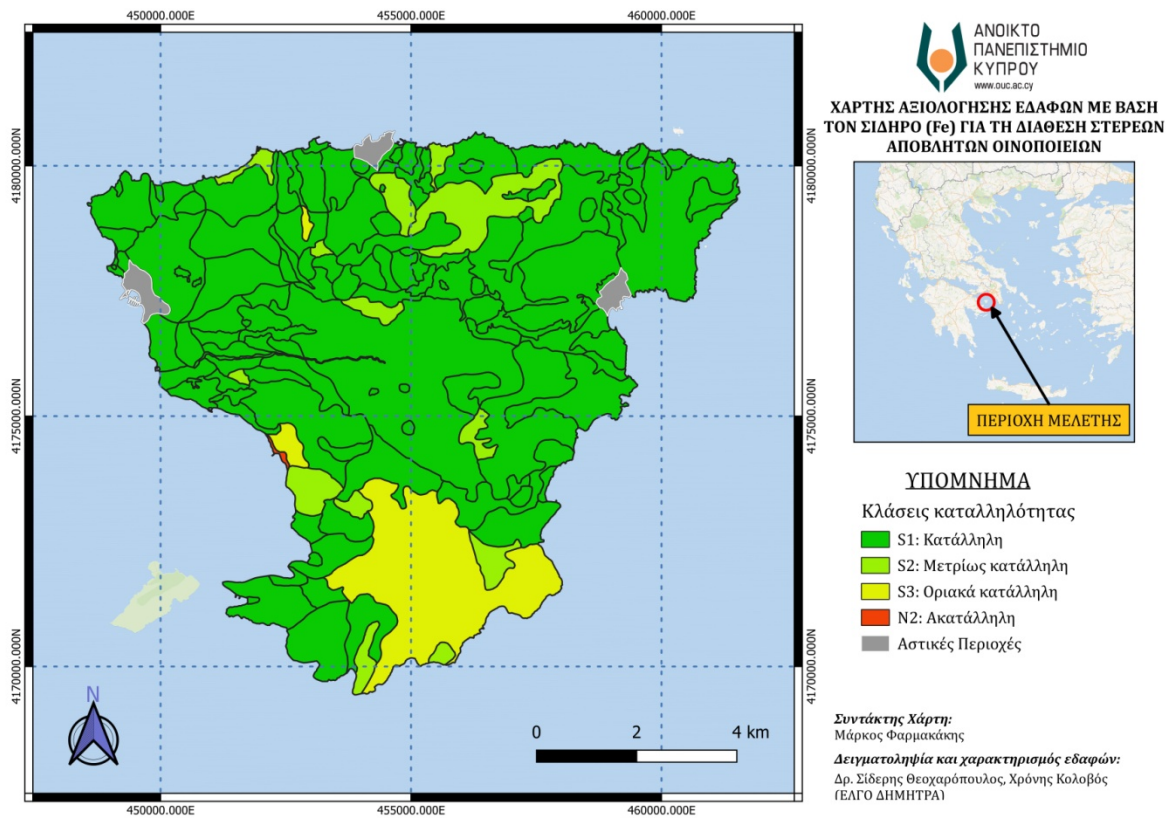
**Χάρτης 21,** Θεματικός χάρτης αξιολόγησης εδαφών με βάση το ανταλλάξιμο νάτριο (ESP) για τη διάθεση στερεών αποβλήτων οινοποιείων.



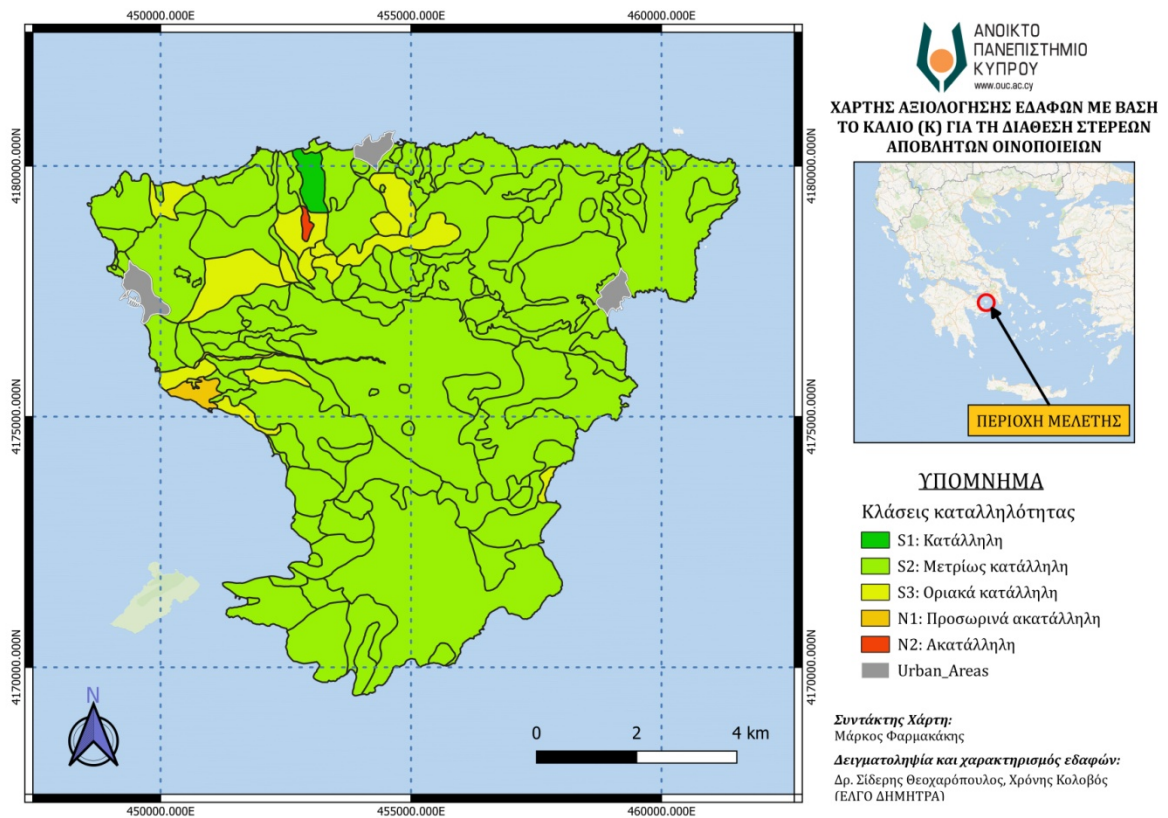
**Χάρτης 22,** Χάρτης αξιολόγησης εδαφών με βάση τις φυσικές ιδιότητες για τη διάθεση στερεών αποβλήτων οινοποιείων.



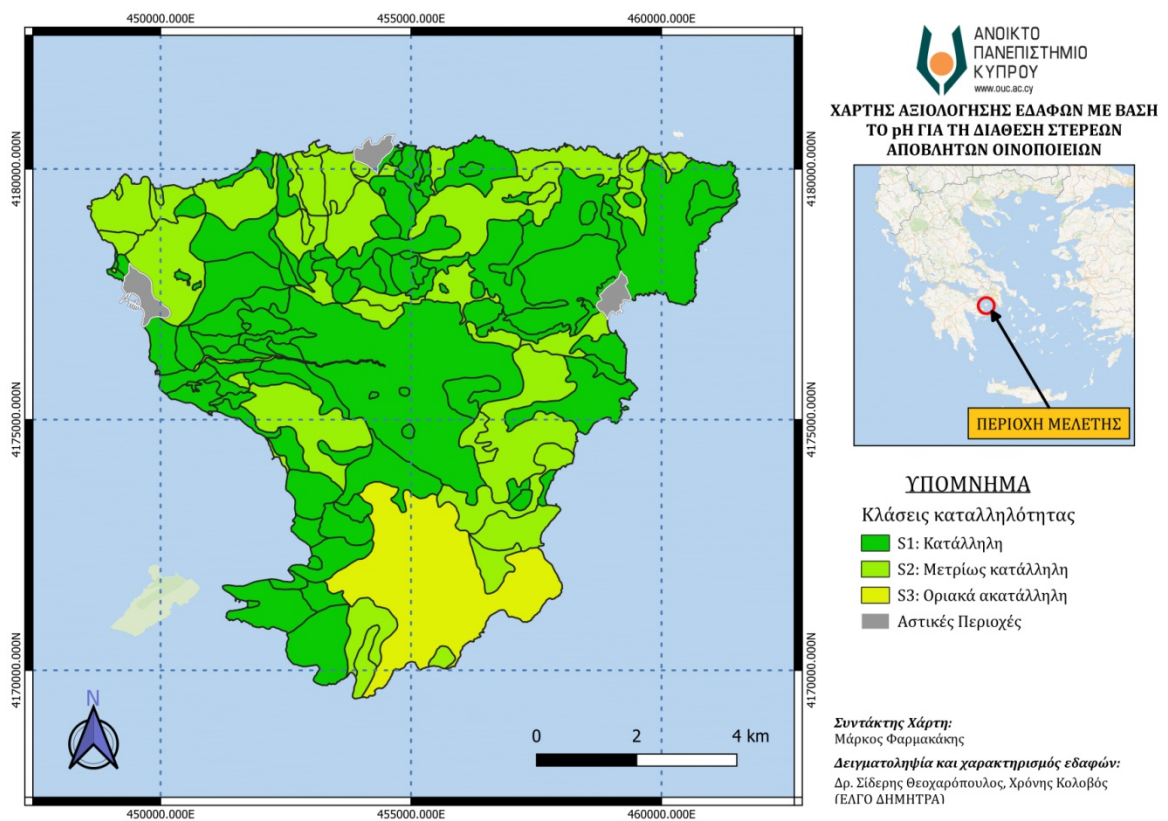
**Χάρτης 23**, Θεματικός χάρτης αξιολόγησης εδαφών με βάση το ολικό άζωτο για τη διάθεση στερεών αποβλήτων οινοποιείων.



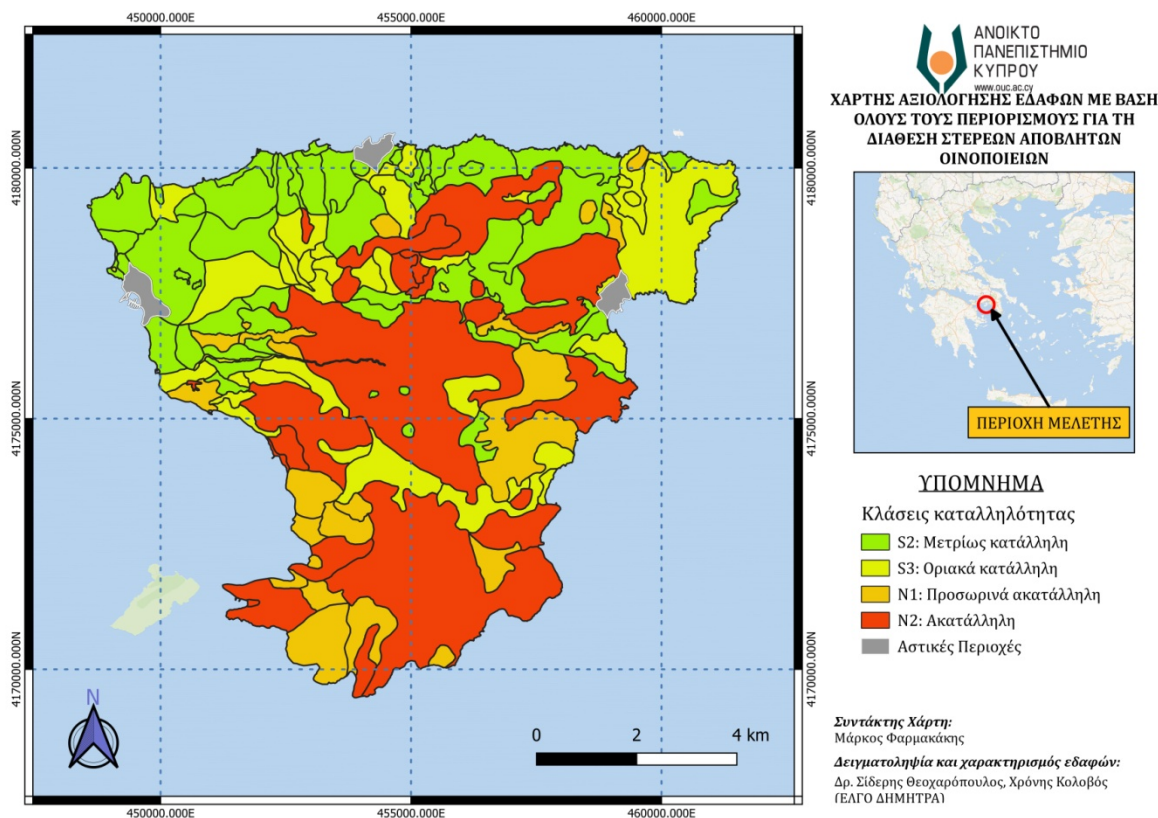
**Χάρτης 24**, Θεματικός χάρτης αξιολόγησης εδαφών με βάση τον σίδηρο (Fe) για τη διάθεση στερεών αποβλήτων οινοποιείων.



**Χάρτης 25,** Θεματικός χάρτης αξιολόγησης εδαφών με βάση το κάλιο (K) για τη διάθεση στερεών αποβλήτων οινοποιείων.



**Χάρτης 26,** Θεματικός χάρτης αξιολόγησης εδαφών με βάση το pH για τη διάθεση στερεών αποβλήτων οινοποιείων.



**Χάρτης 27**, Χάρτης αξιολόγησης εδαφών με βάση όλους τους περιορισμούς για τη διάθεση στερεών αποβλήτων οινοποιείων.

Όπως και στην περίπτωση για τη διάθεση των υγρών αποβλήτων έτσι και για τα στερεά, οι καταλληλότερες περιοχές εντοπίζονται στα βόρεια και δυτικά της νήσου Αίγινας.

### 4.3 Υπολογισμός Δόσης Αποβλήτου

Ο αγρός που χρησιμοποιήθηκε ως παράδειγμα στη μελέτη του οικονομικού οφέλους, βρίσκεται σε ΧΕΜ η οποία χαρακτηρίζεται ως S2 για τη διασπορά στερεών αποβλήτων. Συνεπώς προσοχή απαιτείται στο σχεδιασμό ενός προγράμματος χρήσης αποβλήτων, το οποίο θα πρέπει να περιλαμβάνει απαραίτητως έλεγχο της ποιότητας του εδάφους πριν και μετά τη διασπορά των αποβλήτων, τουλάχιστον ανά διετία.

Στον παρακάτω Πίνακα 21 υπολογίζονται με βάση τις εξισώσεις για το κάλιο, το άζωτο, το σίδηρο και τις πολυφαινόλες οι ποσότητες που μπορούν να διατεθούν στο έδαφος με βάση κάθε μία από τις περιοριστικές χημικές παραμέτρους του Πίνακα 18.

**Πίνακας 21**, Παράδειγμα υπολογισμού δόσης αποβλήτου για αγρό με χαρακτηρισμό S2.

	<b>Κάλιο</b>	<b>Σίδηρος</b>	<b>Άζωτο</b>	<b>Πολυφαινόλες</b>
<b>Δ</b>	1,1 cmol/kg	5,3 mg/kg		50 mg/kg
<b>Ε</b>	1,58 %	1239 mg/kg	2,33 %	1260 mg/kg
<b>Ζ</b>	0,7	39,7		50
<b>Θ</b>	6.246 kg/στρέμμα	11.535 kg/στρέμμα	730 kg/στρέμμα	14.286 kg/στρέμμα

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι η ποσότητα που μπορεί να διατεθεί στον συγκεκριμένο αγρό είναι 730 κιλά ανά στρέμμα, καθώς αυτή είναι η μικρότερη όλων.

## 4.4 Οικονομικό Όφελος

Εάν υποθέσουμε ότι θα διατεθούν στο έδαφος 730 κιλά στερεό απόβλητο, τότε από αυτήν την ποσότητα θα προστεθούν στο έδαφος άζωτο και κάλιο, τα οποία θα μπορούσαν να αφαιρεθούν ως ποσότητες από το πρόγραμμα λίπανσης του αγρού.

Τα 730 κιλά απόβλητο περιέχουν (Πίνακας 4):

$$\text{Κάλιο (Kg)} = (730 * 1,58)/100 = 11,5$$

$$\text{Άζωτο (Kg)} = (730 * 2,33)/100 = 17,0$$

**Πίνακας 22**, Το συνολικό κόστος λίπανσης ενός στρέμματος αγρού στην Αίγινα και η ολική ποσότητα του καλίου και αζώτου που εφαρμόζεται κάθε χρόνο.

<b>Λιπάσματα</b>	<b>Αναλογία</b>				
	<b>Τιμή €/kg</b>	<b>εφαρμογής λιπάσματος (kg/0,1 ha)</b>	<b>Κόστος (€/0,1ha)</b>	<b>Kg Αζώτου</b>	<b>Kg Καλίου</b>
Θεική Αμμωνία (21-0-0)	0,31	40	12,24	8,4	0
Ουρία (46-0-0)	0,32	8	2,56	3,7	0
Θεικό Κάλιο (0-0-50)	1,22	25	30,50	0	12,5
Νιτρικό Κάλιο (13-0-46)	1,50	15	22,50	1,95	6,9
Σύνολο Θρεπτικών, kg				14,0	19,4
<b>Συνολικό Κόστος</b>				<b>67,96 €</b>	

Στον παραπάνω Πίνακα 22 φαίνεται το πρόγραμμα λίπανσης, έχουν προστεθεί οι στήλες με την ολική ποσότητα αζώτου και καλίου που περιέχουν οι ποσότητες των λιπασμάτων που εφαρμόζονται κάθε χρόνο στο ένα στρέμμα του αγρού στην Αίγινα.

Στον Πίνακα 23 δίνεται πρόταση λίπανσης με χρήση 600 κιλών αποβλήτου οινοποίησης ώστε να καλυφθεί καταρχάς η απαίτηση σε άζωτο.

**Πίνακας 23**, Το συνολικό κόστος λίπανσης ενός στρέμματος αγρού στην Αίγινα μετά και την διάθεση 600 kg στερεών αποβλήτων οινοποίησης.

Λιπάσματα	Αναλογία				
	Τιμή €/kg	εφαρμογής λιπάσματος (kg/0,1 ha)	Κόστος (€/0,1ha)	Kg Αζώτου	Kg Καλίου
Θειικό Κάλιο (0-0-50)	1,22	20	24,4	0	9,9
Απόβλητο οινοποίησης	0	600	0	14	9,5
Σύνολο Θρεπτικών, kg				14	19,4
<b>Συνολικό Κόστος</b>			<b>24,40 €</b>		

Από τους παραπάνω πίνακες προκύπτει οικονομικό όφελος 43,56 € ανά στρέμμα, δηλαδή μείωση κόστους λίπανσης για τον συγκεκριμένο αγρό κατά 64%.

# Κεφάλαιο 5

## Συμπεράσματα

### 5.1 Συμπεράσματα

Από τους χάρτες αξιολόγησης εδαφών με βάση όλους τους περιορισμούς για τη διάθεση των υγρών και στερεών αποβλήτων οινοποίησης (Χάρτες 14 και 27), προκύπτει ότι τα πλέον κατάλληλα εδάφη για τη διάθεση αυτών εντοπίζονται στα δυτικά και βόρεια της Αίγινας. Η παράμετρος που έχει καθοριστική συμβολή στο αποτέλεσμα αυτό, τόσο στα υγρά όσο και στα στερεά, είναι αυτή της κλίσης, αφού με βάση το σύστημα αξιολόγησης περιοχές με μεγάλη κλίση  $> 18 \%$  (Πίνακες 15 και 18) χαρακτηρίζονται ως ακατάλληλες (N1 ή N2).

Το σύστημα αξιολόγησης γίνεται λιγότερο ή περισσότερο αυστηρό σύμφωνα με τις περιοριστικές παραμέτρους που λαμβάνονται υπόψη. Η σημασία του συστήματος εντοπίζεται στο ότι μπορεί να προσαρμοσθεί στα διαφορετικά εδαφικά χαρακτηριστικά, τους διάφορους τύπους αποβλήτων και τις εκάστοτε νομοθετικές απαιτήσεις.

Με βάση την χημική ανάλυση των στερεών αποβλήτων υπολογίστηκε ότι για ένα αγρό έκτασης ενός στρέμματος, οποίος βρίσκεται σε ΧΕΜ χαρακτηρισμένη S2 από το σύστημα αξιολόγησης η ενδεδειγμένη ποσότητα προς διάθεση του συγκεκριμένου αποβλήτου είναι τα 730 kg.

Με τη διάθεση 600 kg στερεών αποβλήτων οινοποίησης προκύπτει σημαντικό οικονομικό όφελος αφού το ετήσιο συνολικό κόστος ανά στρέμμα μειώνεται κατά 64 %. Συγχρόνως με το οικονομικό όφελος θα πρέπει να συνυπολογισθεί και το πολύ σημαντικό περιβαλλοντικό όφελος της επαναχρησιμοποίησης των οργανικών αποβλήτων στα εδάφη, όσον αφορά κυρίως στην αποφυγή φαινομένων ρύπανσης λόγω ανεξέλεγκτης διάθεσης, την προσθήκη άνθρακα στα εδάφη, την εξοικονόμηση φυσικών πόρων (ορυκτών για την παρασκευή λιπασμάτων), κα.

## 5.2 Προτάσεις

Το προτεινόμενο σύστημα αξιολόγησης, ως προς τις βασικές αρχές του, είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση και άλλων περιοχών για τη διάθεση αποβλήτων οινοποίησης αλλά και άλλων γεωργικών αποβλήτων. Είναι ένα χρήσιμο εργαλείο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τοπικούς και εθνικούς φορείς και σε άλλες οινοπαραγωγικές περιοχές της Ελλάδας και της Μεσογείου, με στόχο την ορθολογική διαχείριση των εν λόγω αποβλήτων λαμβάνοντας υπόψη τη διασφάλιση της ποιότητας των εδαφικών πόρων και την ελαχιστοποίηση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος των υλικών αυτών.

# Βιβλιογραφία

Ayers, R. S. and Westcot, D. W. (1985) *Water Quality for Agriculture*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available at: <http://www.fao.org/3/T0234E/T0234E00.htm#TOC>.

BalkanRoad (2019) 'Towards farms with zero carbon-, waste- and water-footprint. Roadmap for sustainable management strategies for Balkan agricultural sector'.

Barba, F. J. *et al.* (2016) 'Green alternative methods for the extraction of antioxidant bioactive compounds from winery wastes and by-products: A review', *Trends in Food Science and Technology*. Elsevier Ltd, 49, pp. 96–109. doi: 10.1016/j.tifs.2016.01.006.

Buelow, M. C. *et al.* (2015) 'Characterization of winery wastewater for reuse in California', *American Journal of Enology and Viticulture*, 66(3), pp. 302–310. doi: 10.5344/ajev.2015.14110.

Bustamante, M. A. *et al.* (2005) 'Uses of winery and distillery effluents in agriculture: Characterisation of nutrient and hazardous components', *Water Science and Technology*, 51(1), pp. 145–151. doi: 10.2166/wst.2005.0018.

Bustamante, M. A. *et al.* (2008) 'Agrochemical characterisation of the solid by-products and residues from the winery and distillery industry', *Waste Management*, 28(2), pp. 372–380. doi: 10.1016/j.wasman.2007.01.013.

Chartzoulakis, K. *et al.* (2010) 'Application of olive mill wastewater to a Cretan olive orchard: Effects on soil properties, plant performance and the environment', *Agriculture, Ecosystems and Environment*. Elsevier B.V., 138(3–4), pp. 293–298. doi: 10.1016/j.agee.2010.05.014.

Doula, M. K. *et al.* (2016) 'Building a strategy for soil protection at local and regional scale—the case of agricultural wastes landspreading', *Environmental Monitoring and Assessment*, 188(3), pp. 1–14. doi: 10.1007/s10661-016-5139-0.

Doula, M. K., Kavvadias, V. and Elaiopoulos, K. (2013) 'Proposed Soil Indicators for Olive Mill Waste (OMW) Disposal Areas', *Water, Air, & Soil Pollution*, 224(7), p. 1621. doi: 10.1007/s11270-013-1621-2.

Doula, M. K. and Sarris, A. (2016) 'Soil Environment', in Pouloupoulos, S. and Inglezakis, V. J. (eds) *Environment and Development*. Elsevier, pp. 213–286.

FAO (1976) 'A Framework for Land Evaluation.', *FAO Soil Bulletin No.32*. Rome.

van Gool, D., Maschmedt, D. J. and McKenzie, N. J. (2008) 'Conventional Land Evaluation', in McKenzie, N. J. et al. (eds) *Guidelines for Surveying Soil and Land Resources*. 2nd edn. Collingwood, Australia: CSIRO Publishing, pp. 427–452. doi: 10.1071/9780643095809.

Kavvadias, V. *et al.* (2015) 'Long-term application of olive-mill wastewater affects soil chemical and microbial properties', *Soil Research*, 53(4), pp. 461–473.

Kavvadias, V., Doula, M. and Theocharopoulos, S. (2014) 'Long-Term Effects on Soil of the Disposal of Olive Mill Waste Waters (OMW)', *Environmental Forensics*, 15(1), pp. 37–51. doi: 10.1080/15275922.2013.872713.

Kavvadias, V., Komnitsas, K. and Doula, M. K. (2011) 'Long term effects of Olive Mill Wastes disposal on soil fertility and productivity', in *Satinder Kaor Brar (ed.) Hazardous Materials: Types, Risks and Control*. Science Publishers, Inc.

LIFE Project (2012) 'ΔΙΟΝΥΣΟΣ: Ανάπτυξη μιας οικονομικά βιώσιμης διαδικασίας για την ολοκληρωμένη διαχείριση – μέσω χρησιμοποίησης - των οινοποιητικών αποβλήτων: Παραγωγή φυσικών προϊόντων υψηλής προστιθέμενης αξίας και οργανικού λιπάσματος', *LIFE 03 ENV/GR/000223*.

Moldes, A. B. *et al.* (2008) 'Negative effect of discharging vinification lees on soils', *Bioresource Technology*, 99(13), pp. 5991–5996. doi: 10.1016/j.biortech.2007.10.004.

Mosse, K. P. *et al.* (2013) 'Soluble organic components of winery wastewater and implications for reuse', *Agricultural Water Management*. Elsevier B.V., 120(1), pp. 5–10.

doi: 10.1016/j.agwat.2012.05.011.

Mosse, K. P. M. *et al.* (2012) 'Physicochemical and microbiological effects of long- and short-term winery wastewater application to soils', *Journal of Hazardous Materials*. Elsevier B.V., 201–202, pp. 219–228. doi: 10.1016/j.jhazmat.2011.11.071.

Northern Territory Government (2013) *Northern Territory Land Suitability Guidelines*. Darwin, Australia.

Norton, D. *et al.* (1999) 'Erosion and soil chemical properties', in Lal, R. (ed.) *Soil Quality and Soil Erosion*. Boca Raton, Florida: CRC Press, pp. 39–56.

Rodrigo Sener, A. and Pascual Vidal, A. (2001) 'Oportunidades de valorización de los residuos de la industria vinícola (Valorisation opportunities of the residues from the winery industry)'. I Encuentro Internacional de Gestión de residuos orgánicos en el ámbito rural mediterráneo. Catedra Zurich de Medio Ambiente de la Universidad de Navarra.

Rodríguez-Salgado, I. *et al.* (2017) 'Modification of chemical properties, Cu fractionation and enzymatic activities in an acid vineyard soil amended with winery wastes: A field study', *Journal of Environmental Management*, 202, pp. 167–177. doi: 10.1016/j.jenvman.2017.07.021.

Vlyssides, A. G., Barampouti, E. M. and Mai, S. (2005) 'Wastewater characteristics from Greek wineries and distilleries', *Water Science and Technology*, 51(1), pp. 53–60. doi: 10.2166/wst.2005.0007.

Γουνελά, E. *et al.* (2017) 'Αξιολόγηση Καταλληλότητας Εδαφών για Διάθεση Αποβλήτων Ελαιουργείου σε Περιβάλλον GIS', in *2ο Συνέδριο Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων και Χωρικής Ανάλυσης στη Γεωργία και στο Περιβάλλον, 25 & 26 Μαΐου 2017*. Αθήνα.

Ευρωπαϊκή Ένωση (1991) *Οδηγία του Συμβουλίου της 12ης Δεκεμβρίου 1991 για την προστασία των υδάτων από τη νιτρορρύπανση γεωργικής προέλευσης (91/676/ΕΟΚ)*.

Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2006) 'ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟ, ΤΟ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟ, ΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΩΝ - Θεματική στρατηγική για την προστασία του εδάφους'. Βρυξέλλες, pp. 1-14. Available at: <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2006/EL/1-2006-231-EL-F1-1.Pdf>.

Κοσμάς, Κ. (2006) *Τεχνικές σύνταξης εδαφολογικής μελέτης*. Αθήνα: Γεωπονικό Πανεπιστήμιο, Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων & Γεωργική Μηχανικής, Εργαστήριο Γεωργικής Χημείας & Εδαφολογίας.

Στυλιανού, Μ. (2018) 'Διαχείριση Φυσικών Πόρων: Έδαφος'. Λευκωσία: Ανοιχτό Πανεπιστήμιο Κύπρου, pp. 1-64.