

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑΣ ΕΔΑΦΩΝ ΓΙΑ ΔΙΑΘΕΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΕΛΑΙΟΥΡΓΕΙΟΥ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ GIS

Ελένη Γουνελά¹, Χρόνης Κολοβός², Αντώνιος Παπαδόπουλος², Μαρία Ντούλα², Σίδερης Θεοχαρόπουλος³, Διονύσιος Καλύβας¹

¹Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Ιερά Οδός 75, 11855, Αθήνα

²Μπενάκειο Φυτοπαθολογικό Ινστιτούτο, Τμήμα Φυτοπαθολογίας, Εργαστήριο Μη Παρασιτικών Ασθενειών, Στεφάνου Δέλτα 8, 14561, Κηφισιά

³ΕΛΓΟ ΔΗΜΗΤΡΑ, Ινστιτούτο Εδαφοϋδατικών Πόρων, Τμήμα Εδαφολογίας Αθηνών, Σοφ. Βενιζέλου 1,14123, Λυκόβρυση

*E-mail: e.gounela12@gmail.com, Tel.: +30 210 8180232, Fax: +30 210 8077506

Περίληψη

Μεγάλος αριθμός μελετών διεθνώς έχει καταδείξει ότι η ελεγχόμενη διάθεση γεωργικών αποβλήτων σε εδάφη μπορεί να αποτελέσει σημαντική λύση για τη διαχείριση τέτοιου είδους υλικών, ιδιαίτερα σε περιοχές με εδάφη φτωχά σε οργανική ουσία. Για τις περιοχές της Μεσογείου, και υπό την απειλή της προοδευτικής υποβάθμισης των εδαφών λόγω της κλιματικής αλλαγής, η ανακύκλωση οργανικών αποβλήτων στο έδαφος φαίνεται να είναι μια πρακτική άμβλυνσης της επιτελούμενης υποβάθμισης, υπό την προϋπόθεση ότι λαμβάνονται υπόψη και εφαρμόζονται όλα τα απαραίτητα μέτρα για την προστασία του εδάφους.

Στα πλαίσια του προγράμματος LIFE Agrostrat (<http://www.agrostrat.gr>), αναπτύχθηκε σε περιβάλλον GIS, ένα σύστημα αξιολόγησης καταλληλότητας εδαφών, βασισμένο στη μεθοδολογία του FAO (<http://www.fao.org/>), με στόχο την ορθολογική επαναχρησιμοποίηση των αποβλήτων κατεργασίας κελυφωτών φιστικιών στην Αίγινα. Για την ανάπτυξη του συστήματος και προκειμένου να διασφαλιστεί η ποιότητα του εδάφους, οι παράγοντες που ελήφθησαν υπόψη είναι α) τα φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά των εδαφών του νησιού, β) οι εδαφικοί δείκτες ποιότητας εδάφους, οι οποίοι προσδιορίστηκαν στη διάρκεια του έργου ότι επηρεάζονται περισσότερο από τη διάθεση του αποβλήτου και γ) τα χαρακτηριστικά του αποβλήτου.

Στόχος της προκείμενης εργασίας είναι η προσαρμογή του συστήματος αξιολόγησης εδαφών που αναπτύχθηκε για τη διάθεση αποβλήτων κατεργασίας κελυφωτών φιστικιών, στα χαρακτηριστικά των αποβλήτων ελαιουργείου, ώστε να προκύψει ένα σύστημα αξιολόγησης για τη διάθεση αυτού του τύπου αποβλήτου. Τα δεδομένα αυτά εισήχθησαν στο σύστημα αξιολόγησης και προέκυψαν οι αντίστοιχοι χάρτες GIS. Επιπλέον, αναπτύχθηκαν και οι κατάλληλες εξισώσεις με βάση τις οποίες θα υπολογίζεται η ποσότητα αποβλήτου που μπορεί να διατεθεί ετησίως στα εδάφη της

Αίγινας.

Λέξεις - κλειδιά: Σύστημα αξιολόγησης εδαφών, απόβλητα ελαιουργείου, έδαφος, διάθεση αποβλήτων, GIS χάρτες καταλληλότητας εδαφών.

Εισαγωγή

Η καλλιέργεια της ελιάς είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη στις χώρες της Μεσογείου, οι οποίες κατέχουν το 98% της συνολικά καλλιεργούμενης με ελαιόδεντρα έκτασης και στις οποίες παράγεται το 99% της παγκόσμιας παραγωγής ελαιολάδου. Πρώτη ελαιοπαραγωγός χώρα είναι η Ισπανία με καλλιεργούμενη έκταση 2.400.000 εκτ. Ακολουθεί η Ιταλία με 1.140.685 εκτ., ενώ η Ελλάδα είναι η τρίτη ελαιοπαραγωγός χώρα παγκοσμίως, με συνολική καλλιεργούμενη έκταση ελαιόδεντρων που κατέχει 765.000 εκτ. Η Ευρωπαϊκή Ένωση κατέχει την πρώτη θέση παγκοσμίως στην παραγωγή ελαιόλαδου με ποσοστό 80,2%. Στο σύνολο της παραγωγής στην Ε.Ε., η Ισπανία συμμετέχει με 47,6%, η Ιταλία με 30,8% και η Ελλάδα με 19,7%.

Η συνεχώς αυξανόμενη παραγωγή ελαιόλαδου επιτείνει το πρόβλημα της παραγωγής και της διάθεσης μεγάλων ποσοτήτων αποβλήτων. Τα απόβλητα ελαιουργείου προκαλούν σημαντικές επιπτώσεις στο έδαφος, κυρίως λόγω του υψηλού οργανικού και ανόργανου φορτίου τους. Η ετήσια παραγωγή υγρών αποβλήτων ελαιουργείου (ΥΑΕ) στις ελαιοπαραγωγικές χώρες της Μεσογείου κυμαίνεται μεταξύ $7 \times 10^6 \text{ m}^3$ και $30 \times 10^6 \text{ m}^3$ (Κανναδίας et al., 2010). Επομένως, το ζήτημα της ορθής διαχείρισης και διάθεσης αυτών των υλικών είναι μείζον, έτσι ώστε να διασφαλιστεί η διατήρηση της ποιότητας των εδαφικών πόρων της Μεσογείου και η προστασία τους από την περιβαλλοντική υποβάθμιση. Στις μεσογειακές χώρες, οι μεγαλύτερες ποσότητες των ΥΑΕ παράγονται από τους παραδοσιακούς και τους φυγοκεντρικούς τύπους ελαιουργείων μεταξύ Νοεμβρίου και Φεβρουαρίου, ενώ η συνολική ποσότητα αυτών ξεπερνά τα 30 εκατομμύρια κυβικά μέτρα ετησίως.

Στην Ελλάδα, η συνολική παραγωγή ΥΑΕ είναι περίπου 1,5 εκατομμύριο κυβικά μέτρα ετησίως, καθώς υπάρχουν περίπου 2.500 ελαιουργεία σε όλη τη χώρα. Τουλάχιστον το 20% των αποβλήτων ελαιουργείου καταλήγουν στα εδάφη, δηλαδή διατίθενται στο έδαφος (κυρίως σε εξατμισοδεξαμενές), αλλά συνήθως προηγείται κάποιου είδους επεξεργασία (Νιαounakis and Halvadakis, 2006).

Ο εντοπισμός κατάλληλης θέσης για τη διάθεση αποβλήτων ελαιουργείου, καθώς και ο προσδιορισμός των απαραίτητων κριτηρίων για την αξιολόγηση εδαφών για το σκοπό αυτό αποτέλεσαν αντικείμενο έρευνας τα τελευταία χρόνια.

Στο παρόν πόνημα, το σύστημα αξιολόγησης εδαφών για διάθεση αποβλήτων ελαιουργείου το οποίο αναπτύσσεται έχει ως βασικό γνώμονα την αξιολόγηση της καταλληλότητας των εδαφών με βάση κάποιες εδαφικές παραμέτρους (φυσικές και χημικές) στοχεύοντας επίσης ταυτόχρονα και στη διασφάλιση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του εδάφους και των υπόγειων υδάτων που δέχονται υγρά απόβλητα ελαιουργείου.

Υλικά και Μέθοδοι

Υγρά απόβλητα ελαιουργείων και επίδρασή τους στο έδαφος

Τα ΥΑΕ παράγονται κυρίως από φυγοκεντρικά ελαιοτριβεία τριών φάσεων και προέρχονται από το υγρό κλάσμα του χυμού του ελαιοκάρπου και του νερού που προστίθενται στην πλύση του καρπού, τη μάλαξη, τη φυγοκέντρωση στον οριζόντιο φυγοκεντρικό διαχωριστήρα και στον ελαιοδιαχωριστήρα κατά το διαχωρισμό του ελαιόλαδου. Η επεξεργασία τους είναι ιδιαίτερα δύσκολη λόγω των μεγάλων ποσοτήτων τους, της εποχικότητας παραγωγής τους και του υψηλού οργανικού φορτίου τους.

Τα απόβλητα ελαιουργείου αποτελούν υλικά που χρήζουν ιδιαίτερης διαχείρισης λόγω των ιδιοτήτων τους, καθώς η λανθασμένη χρήση τους μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα. Τα χαρακτηριστικά που τα διέπουν είναι: το έντονο σκούρο καφέ έως μαύρο χρώμα, η έντονη χαρακτηριστική δυσάρεστη οσμή, το υψηλό οργανικό φορτίο (η αναλογία COD/BOD₅ κυμαίνεται μεταξύ 2,5 και 5), το χαμηλό pH (4,5 έως 6), η υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα, η υψηλή περιεκτικότητα σε πολυφαινόλες, η υψηλή περιεκτικότητα σε στερεά σώματα και η υψηλή περιεκτικότητά τους σε έλαια.

Η υπό προϋποθέσεις διάθεση των αποβλήτων ελαιουργείου στο έδαφος, όπως και άλλων οργανικών αποβλήτων, μπορεί να έχει θετικές επιδράσεις στο έδαφος, όπως:

- Αυξάνουν την περιεκτικότητα των εδαφών σε οργανική ουσία.
- Αναπληρώνουν μερικώς τα θρεπτικά συστατικά που απομακρύνονται με τη συγκομιδή (κυρίως K, P, Mg, Fe) και συνεπώς μειώνουν τις δόσεις των ανόργανων λιπασμάτων.
- Βελτιώνουν τη δομή του εδάφους, με αποτέλεσμα τον καλύτερο αερισμό και συγκράτηση υγρασίας.
- Αυξάνουν τη σταθερότητα των εδαφικών συσσωματωμάτων, με αποτέλεσμα τη μικρότερη απώλεια επιφανειακού εδάφους λόγω διάβρωσης.
- Περιορίζουν την ανάγκη για επεξεργασία των αποβλήτων.

Οι δυσκολίες της διάθεσης των αποβλήτων του ελαιουργείου στα εδάφη οφείλονται στα εξής:

1. Η σύσταση των αποβλήτων δεν είναι σταθερή, αλλά εξαρτάται από παράγοντες όπως η ποικιλία του ελαιόκαρπου, ο τρόπος καλλιέργειας και φροντίδας, το κλίμα και οι καιρικές συνθήκες, το έδαφος του ελαιώνα, η χρήση φυτοπροστατευτικών και λιπασμάτων και το στάδιο ωριμότητας του ελαιόκαρπου.
2. Η παραγωγή των αποβλήτων είναι εποχική και έτσι, σε διάρκεια 3-4 μηνών, παράγονται μεγάλες ποσότητες αποβλήτων.
3. Τα ελαιοτριβεία είναι πολλά σε αριθμό και χωρικά διασκορπισμένα σε διάφορες περιοχές. Η μικρή αυτή δυναμικότητα των ελαιοτριβείων καθιστά τη διαχείριση των αποβλήτων οικονομικά ασύμφορη επένδυση. Έτσι, πολλοί ελαιοπαραγωγοί τα διαθέτουν ανεξέλεγκτα στο έδαφος και σε άλλους επιφανειακούς ή και υπόγειους αποδέκτες.
4. Η χρήση των φυγοκεντρικών διαχωριστήρων τριών φάσεων μετέβαλε την αναλογία παραγόμενου αποβλήτου ως προς τον καρπό που επεξεργάζεται σχεδόν 40-50% σε σχέση με αυτή που ίσχυε στα ελαιοτριβεία κλασικού τύπου.
5. Στην αντικατάσταση των κλασικών ελαιοτριβείων από φυγοκεντρικά, με αποτέλεσμα ο όγκος των αποβλήτων να αυξάνεται διαρκώς. Τα παραδοσιακά ελαιουργεία παράγουν 3,25 m³ OMW/tn ελαιόλαδου, ενώ τα φυγοκεντρικά παράγουν 5 m³ OMW/tn ελαιόλαδου (Kapellakis, 2006).

Λόγω της υψηλής ρυπογόνου δράσης τους, τα απόβλητα ελαιουργείου έχουν και αρνητικές επιδράσεις κατά τη διάθεσή τους στα εδάφη. Αρχικά, παρατηρείται μείωση του πορώδους του εδάφους, λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς τους σε λιπαρές ουσίες. Επίσης, τα απόβλητα παρέχουν υπερβολικά μεγάλες ποσότητες σε ανόργανα στοιχεία (κάλιο, σίδηρο, φώσφορο, κλπ.), με αποτέλεσμα την αύξηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους. Επιπρόσθετα, προκαλούν φυτοτοξικότητες σε φυτικούς οργανισμούς, λόγω της υψηλής συγκέντρωσής τους σε πολυφαινόλες.

Επίσης, η διάθεση των υγρών αποβλήτων στο έδαφος μπορεί να οδηγήσει σε ακινητοποίηση του διαθέσιμου αζώτου, που δείχνει την ανάγκη για ταυτόχρονη αζωτούχο λίπανση (Kalivas and Ehaliotis, 2008). Το φαινόμενο δικαιολογείται από το σχετικά υψηλό λόγο άνθρακα προς άζωτο που έχουν όλα τα απόβλητα.

Η διαχείρισή τους μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους. Η διάθεσή τους σε εξατμισοδεξαμενές ή στο έδαφος και σε υδάτινους αποδέκτες είναι συνήθεις πρακτικές.

Επίσης, μπορούν να υποστούν κάποια κατεργασία σε ειδικές εγκαταστάσεις, με σκοπό την παραγωγή εδαφοβελτιωτικών και τη χρήση του επεξεργασμένου υγρού μέρους στην άρδευση των καλλιεργειών ή ακόμα και την ανάκτηση των φαινολών.

Προσδιορισμός εδαφικών παραμέτρων

Τα απόβλητα ελαιουργείου απαιτούν ειδικό χειρισμό, ακόμα και μετά από κατεργασία, και η χρήση τους καθορίζεται από τη νομοθεσία. Η Οδηγία-Πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Waste Framework Directive 75/442/EEC, Article 4), θέτει ως προϋπόθεση την επίτευξη κάποιου οφέλους από τη διάθεση αποβλήτων στο έδαφος, δηλαδή τη βελτίωση των εδαφικών συνθηκών ώστε να ευνοείται η ανάπτυξη των καλλιεργειών και την ταυτόχρονη διασφάλιση της προστασίας του περιβάλλοντος.

Η διάθεση των αποβλήτων στο έδαφος εξαρτάται από: α) τα χαρακτηριστικά της περιοχής και β) τον τύπο του αποβλήτου.

Αναφορικά με τον τύπο του αποβλήτου, σημειώνεται ότι διαφορετικοί τύποι αποβλήτου επηρεάζουν διαφορετικές εδαφικές παραμέτρους. Όπως προέκυψε από δύο προγράμματα LIFE (Agrostrat και Prosodol-<http://www.prosodol.gr>), για τα απόβλητα κατεργασίας κελυφωτών φιστικιών βρέθηκε ότι οι εδαφικές παράμετροι αυτές (δείκτες) είναι η ηλεκτρική αγωγιμότητα, η οργανική ουσία, το ολικό άζωτο, ο διαθέσιμος φώσφορος, οι ολικές πολυφαινόλες, το ανταλλάξιμο κάλιο και ο διαθέσιμος ψευδάργυρος και χαλκός. Για τα απόβλητα ελαιουργείου οι εδαφικές ιδιότητες που προσδιορίστηκαν κατά τη διάρκεια του προγράμματος LIFE Prosodol, είναι το pH, η ηλεκτρική αγωγιμότητα, η οργανική ουσία, το ολικό άζωτο, ο διαθέσιμος φώσφορος, οι ολικές πολυφαινόλες, το ανταλλάξιμο κάλιο και ο διαθέσιμος σίδηρος.

Συνεπώς για τη δημιουργία ενός συστήματος αξιολόγησης εδαφών για διάθεση αποβλήτων ελαιουργείου, τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά αυτού του αποβλήτου πρέπει να ληφθούν υπόψη σε συνδυασμό με τις εδαφικές παραμέτρους που αναμένεται να επηρεαστούν από τη διάθεσή του.

Αξιολόγηση εδαφών

Τα χαρακτηριστικά της περιοχής, δηλαδή αν είναι κατάλληλη να δεχθεί απόβλητα, αξιολογήθηκαν με βάση το Σύστημα Αξιολόγησης Καταλληλότητας των Εδαφών του Παγκόσμιου Οργανισμού Τροφίμων και Γεωργίας (FAO, <http://www.fao.org>), το οποίο προβλέπει πέντε κλάσεις καταλληλότητας.

Πίνακας 1. Κλάσεις Καταλληλότητας Εδαφών κατά FAO

Κλάσεις Καταλληλότητας κατά FAO	
Κλάσεις Καταλληλότητας	Περιγραφή
S1 Κλάση πολύ κατάλληλη	Δεν υπάρχουν σημαντικοί περιορισμοί που εμποδίζουν τη διάθεση αποβλήτων.
S2 Κλάση μετρίως κατάλληλη	Υπάρχουν περιορισμοί οι οποίοι ως σύνολο εμποδίζουν σε μέτριο βαθμό τη διάθεση αποβλήτων. Τα συνολικά πλεονεκτήματα της κλάσης S2 εκτιμώνται ως κατώτερα από αυτά της κλάσης S1.
S3 Κλάση οριακά κατάλληλη	Υπάρχουν περιοριστικοί παράγοντες οι οποίοι, επιδρώντες ως σύνολο, εμποδίζουν έντονα τη διάθεση αποβλήτων.
N1 Κλάση προσωρινά ακατάλληλη	Υπάρχουν περιορισμοί οι οποίοι μπορεί να ξεπεραστούν σε κάποια χρονική στιγμή, αλλά δεν είναι εφικτό να βελτιωθούν με τις υπάρχουσες γνώσεις και την υπάρχουσα τεχνολογία με μία αποδεκτή δαπάνη. Οι περιορισμοί είναι τόσο σοβαροί, ώστε αποκλείουν συνεχή και επιτυχημένη χρησιμοποίηση των πόρων για διάθεση αποβλήτων.
N2 Κλάση μόνιμα ακατάλληλη	Οι περιοριστικοί παράγοντες είναι τόσο σοβαροί, ώστε να αποκλείεται κάθε πιθανότητα επιτυχούς και συνεχούς χρησιμοποίησης των περιοχών για διάθεση αποβλήτων.

Η αξιολόγηση έγινε για τα εδάφη της νήσου Αίγινας και για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε ο εδαφολογικός χάρτης του νησιού που συντάχθηκε για τις ανάγκες του προγράμματος LIFE Agrostrat (<http://www.agrostrat.gr>) από τους Σ. Θεοχαρόπουλο και Χ. Κολοβό. Τα εδάφη είναι χωρισμένα σε 140 Χαρτογραφικές Εδαφικές Μονάδες, από τις οποίες χρησιμοποιήθηκαν οι εξής ιδιότητες του χαρτογραφικού συμβόλου: κλίση, υδρομορφία, βάθος εδάφους, διάβρωση, ηλεκτρική αγωγιμότητα, ESP, pH, διηθητικότητα. Για τις ανάγκες του έργου έγιναν εδαφολογικές αναλύσεις στο Ινστιτούτο ΕΛΓΟ Δήμητρα, από τις οποίες χρησιμοποιήθηκαν τα αποτελέσματα για Ολικό Άζωτο, Φώσφορο, Κάλιο, Σίδηρο.

Στον Πίνακα 2 εξηγούνται τα σύμβολα των εδαφικών παραμέτρων του χαρτογραφικού συμβόλου που χρησιμοποιήθηκαν για τις ανάγκες της αξιολόγησης.

Πίνακας 2. Εδαφικές παράμετροι και τα αντίστοιχα σύμβολα.

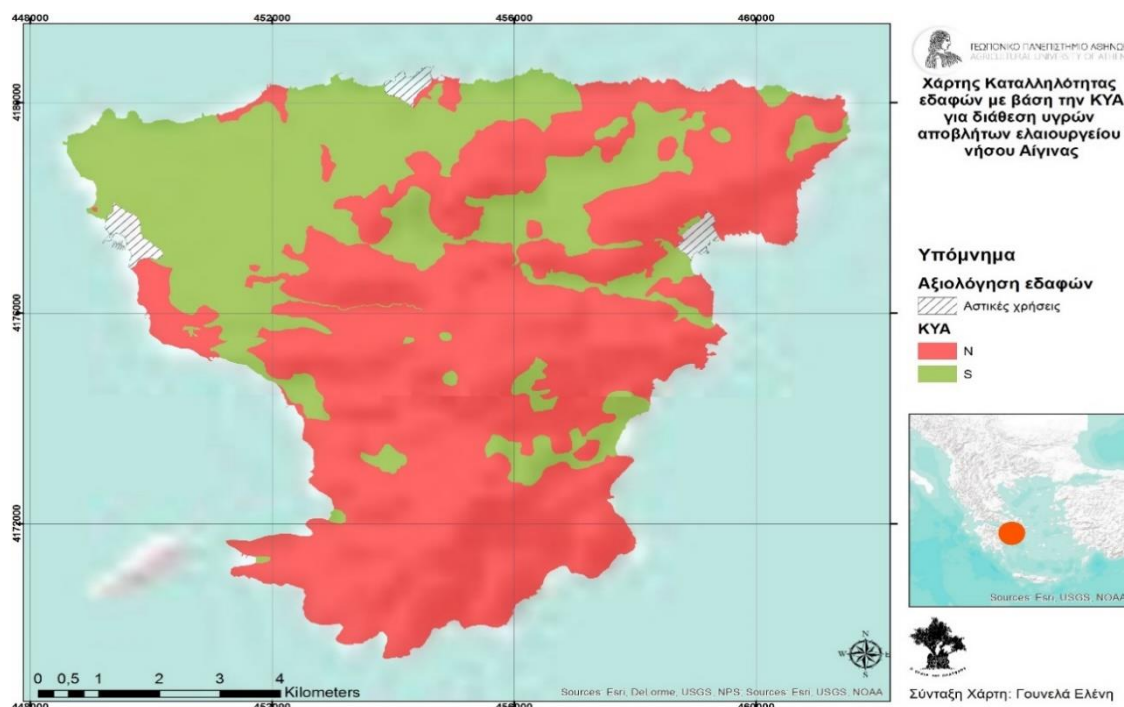
<u>ΕΛΑΦΙΚΕΣ</u> <u>ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ</u>	<u>ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ</u>					
<u>Κλίση</u>	<u>A</u> 0-3%	<u>B</u> 3-6%	<u>C</u> 6-12%	<u>D</u> 12-15%	<u>E</u> >15%	
<u>Υδρομορφία</u>	<u>A</u> <u>Πολύ</u> <u>καλώς</u> <u>αποστραγ-</u> <u>γιζόμενα</u>	<u>B</u> <u>Καλώς</u> <u>αποστραγ-</u> <u>γιζόμενα</u>	<u>C</u> <u>Μετρίως</u> <u>καλώς</u> <u>αποστραγ-</u> <u>γιζόμενα</u>	<u>D</u> <u>Ατελώς</u> <u>αποστραγ-</u> <u>γιζόμενα</u>	<u>E</u> <u>Κακώς</u> <u>αποστραγ-</u> <u>γιζόμενα</u>	<u>F, G</u> <u>Πολύ</u> <u>κακώς</u> <u>αποστραγ-</u> <u>γιζόμενα</u>
<u>Βάθος</u> <u>εδάφους (cm)</u>	<u>10-15</u> <u>Πολύ</u> <u>αβαθές</u>	<u>15-30</u> <u>Αβαθές</u>	<u>30-60</u> <u>Μετρίως</u> <u>αβαθές</u>	<u>60-100</u> <u>Μετρίως</u> <u>βαθύ</u>	<u>100-150</u> <u>Βαθύ</u>	<u>>150</u> <u>Πολύ</u> <u>βαθύ</u>
<u>Διάβρωση</u>	<u>0</u> <u>Καμία</u> <u>διάβρωση</u>	<u>1</u> <u>Ελαφρά</u> <u>διαβρωμένο</u>	<u>2</u> <u>Μέτρια</u> <u>διαβρωμένο</u>	<u>3</u> <u>Ισχυρά</u> <u>διαβρωμένο</u>	<u>4</u> <u>Πολύ</u> <u>ισχυρά</u> <u>διαβρωμένο</u>	

Αποτελέσματα και Συζήτηση

Στα πλαίσια της Νομοθεσίας για τη διάθεση προκατεργασμένων υγρών αποβλήτων ελαιουργείων, η νέα ΚΥΑ 3924/7.12.2016 δεν ορίζει πλήρως διακριτά όρια για την αξιολόγηση των εδαφικών ιδιοτήτων (Πίνακας 2). Επομένως, δεν μπορούν να κατηγοριοποιηθούν τα εδάφη στις πέντε κλάσεις του FAO και προκύπτουν μόνο εδάφη κατάλληλα ή ακατάλληλα (Χάρτης 1). Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να δυσχεραίνεται η λήψη της απόφασης για τη διάθεση αποβλήτων.

Πίνακας 3. Τάξεις Καταλληλότητας Εδαφών σύμφωνα με τους περιορισμούς της ΚΥΑ

ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	Τάξεις Καταλληλότητας	
	Κατάλληλα	Ακατάλληλα
Βάθος υδροφόρου, m	>10	<10
Βάθος εδάφους, m	>0,5	<0,5
Κορεσμός σε νερό	Ακόρεστα	Κορεσμένα
Κλίση, %	<15	>15
Υδραυλική Αγωγιμότητα, mm/h	<5	>5
Μηχανική Συσταση	Τα υπόλοιπα	Αμμώδη, ελαφράς σύστασης
pH	>5,6	<5,6
Ηλεκτρική Αγωγιμότητα, dS/m	<4	>4



Χάρτης 1. Χάρτης Καταλληλότητας Εδαφών με βάση την ΚΥΑ για διάθεση υγρών αποβλήτων ελαιουργείου νήσου Αίγινας

Για την ανάπτυξη του συστήματος αξιολόγησης καταλληλότητας εδαφών για τη διάθεση αποβλήτων ελαιουργείου χρησιμοποιήθηκαν και οι πέντε κλάσεις καταλληλότητας που ορίζει ο FAO. Προσδιορίστηκαν οι εδαφικές παράμετροι που επηρεάζονται από τη διάθεσή τους στο έδαφος καθώς και τα όρια των τιμών καθεμιάς εξ αυτών στις πέντε κλάσεις καταλληλότητας από τα αποτελέσματα του προγράμματος LIFE Prosodol (<http://www.prosodol.gr>) και από τη διεθνή βιβλιογραφία (CCME, 2007; McDowell and Sharpley, 2001; Carrow et al., 2004; Mitra et al., 2009; Swartjes, 1999)

Οι φυσικές ιδιότητες του εδάφους που λαμβάνονται υπόψη για την αξιολόγηση των εδαφών για διάθεση υγρών αποβλήτων ελαιουργείου παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 4).

Πίνακας 4. Πίνακας αξιολόγησης του εδάφους για διάθεση υγρών αποβλήτων ελαιουργείου με βάση τις φυσικές ιδιότητες του εδάφους

ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	Τάξεις Καταλληλότητας κατά FAO				
	S1	S2	S3	N1	N2
Κλίση	A	B	C	D	E
Υδρομορφία	A	B, C	D	E	D/F, D/G, E/F, E/G
Διάβρωση	0	1	2	3	4

Βάθος εδάφους	6, 5	4	3	2	1
On-site wastewater management	A	B	C	D	D
Διηθητικότητα, (cm/h)	0,5-16	0,125-0,5 , 16-50	<0,125, >50		
ESP (%)	0-6	6-10	10-15	15-25	>25

Η παράμετρος «on-site wastewater management» είναι μία σύνθετη παράμετρος και περιλαμβάνει τους εξής παράγοντες: υδρομορφία του εδάφους, περιεκτικότητά του σε άργιλο, βάθος του εδάφους, ποσοστό των χαλικιών στην επιφάνεια του εδάφους και κλίση του εδάφους.

On-site wastewater management	Σύμβολο
Καλώς αποστραγγιζόμενα εδάφη, με >35% άργιλο, βάθος>1,0 m, χαλίκια<10%, κλίση<5%.	A
Μετρίως καλά αποστραγγιζόμενα εδάφη, με >20% άργιλο, μέτρια βαθιά (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

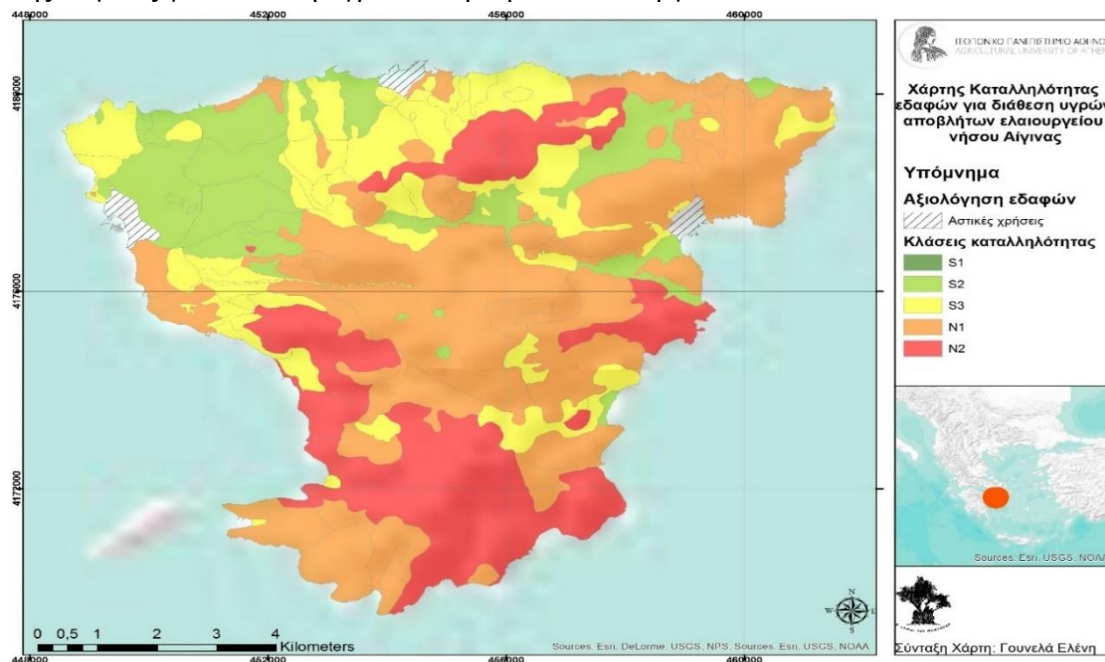
Αναφορικά με τους δείκτες εδάφους, η αξιολόγηση των εδαφών γίνεται σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 5):

Πίνακας 5. Πίνακας αξιολόγησης του εδάφους για διάθεση υγρών αποβλήτων ελαιουργείου με βάση τους δείκτες εδάφους

ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΔΑΦΟΥΣ	Τάξεις Καταλληλότητας κατά FAO				
	S1	S2	S3	N1	N2
pH	7,3-8,4	6,6-7,3	5,6-6,5	<5,6	<5,6
Ηλεκτρική Αγωγιμότητα (mmhos/cm)	<2	2-4	4-8	>8	>8
Ολικό Άζωτο(%)	<0,1	0,1-0,3	>0,3		

N-NO ₃ (mg/kg)	<10	10-20	20-30	>30	
Διαθέσιμος Φώσφορος (mg/kg)	<10	10-28	28-40	40-60	>60
Ανταλλάξιμο Κάλιο (cmol/kg)	<0,26	0,26-0,60	0,60-1,2	1,2-2,0	>2,0
Διαθέσιμος Σίδηρος (mg/kg)	0-12	12-24	25-50	>50	>50
Πολυφαινόλες(mg/kg)	<40			>40	

Σύμφωνα με τον πίνακα αξιολόγησης για διάθεση υγρών αποβλήτων ελαιουργείου με βάση τις φυσικές ιδιότητες του εδάφους (Πίνακας 4), έγινε αξιολόγηση όλων των χαρτογραφικών εδαφικών μονάδων της νήσου Αίγινας μέσω των Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων (ArcMap 10.4). Ταυτόχρονα έγινε αξιολόγηση κάθε ΧΕΜ για τους παράγοντες pH και ηλεκτρική αγωγιμότητα, καθώς θεωρούνται δύο από τις βασικότερες ιδιότητες του εδάφους και απαιτείται από τη Νομοθεσία να συμπεριληφθούν στην αξιολόγηση. Κάθε ΧΕΜ αξιολογήθηκε ξεχωριστά για κάθε ιδιότητα και στη συνέχεια προέκυψε η κλάση καταλληλότητας κατά FAO, στην οποία κατατάσσεται με βάση τον παράγοντα με το μεγαλύτερο περιορισμό. Από αυτή τη διαδικασία παρήχθη ο χάρτης καταλληλότητας των εδαφών της Αίγινας για διάθεση υγρών αποβλήτων ελαιουργείου.

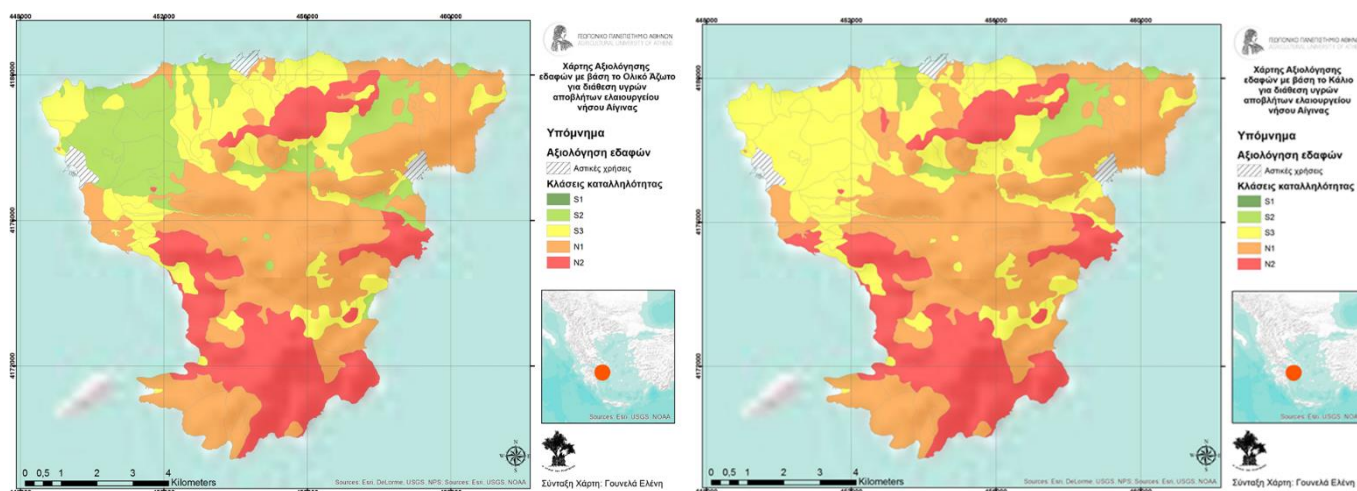


Χάρτης 2. Χάρτης Καταλληλότητας εδαφών για διάθεση υγρών αποβλήτων ελαιουργείου νήσου Αίγινας

Όπως φαίνεται από το Χάρτη 2, τα εδάφη του νησιού κρίνονται ως Μετρίως Κατάλληλα (S2), Οριακά Κατάλληλα (S3), Προσωρινά Ακατάλληλα (N1) ή Μόνιμα

Ακατάλληλα (N2). Μεγαλύτερη καταλληλότητα παρουσιάζουν τα εδάφη στο βόρειο τμήμα του νησιού, ενώ στο νότιο τμήμα είναι περισσότερο ακατάλληλα. Οι κύριοι περιοριστικοί παράγοντες είναι η κλίση του εδάφους, το βάθος του εδάφους και ο παράγοντας on-site wastewater management. Οι χαρτογραφικές εδαφικές μονάδες που χαρακτηρίζονται ως N1 και N2 αποκλείονται από την περαιτέρω αξιολόγηση για τους δείκτες εδάφους.

Η αξιολόγηση των χαρτογραφικών εδαφικών μονάδων της νήσου Αίγινας πραγματοποιείται για κάθε δείκτη εδάφους ξεχωριστά, έτσι ώστε να προκύψουν οι αντίστοιχοι χάρτες καταλληλότητας (μέσω του gis προγράμματος ArcMap 10.4) που



θα χρησιμοποιήσουν στον προσδιορισμό

των δόσεων εφαρμογής των υγρών αποβλήτων ελαιουργείου στα εδάφη. Ενδεικτικά, παραθέτονται οι παρακάτω χάρτες.

Χάρτες 3, 4. Χάρτες Αξιολόγησης εδαφών νήσου Αίγινας για διάθεση αποβλήτων ελαιουργείου με βάση το Ολικό Άζωτο (Χάρτης 3) και το Κάλιο (Χάρτης 4)

Με βάση το προτεινόμενο Σύστημα Αξιολόγησης, αναπτύχθηκαν και οι κατάλληλες εξισώσεις για τον υπολογισμό της ποσότητας αποβλήτου που μπορεί να διατεθεί ετησίως στα εδάφη της Αίγινας σε σχέση με τα εδαφικά χαρακτηριστικά, τη σύνθεση του αποβλήτου και τα όρια των εδαφικών δεικτών. Για το σκοπό αυτό λαμβάνονται υπόψη τα παρακάτω:

- Χάρτης καταλληλότητας ως προς τις φυσικές ιδιότητες
- Χημική σύσταση εδάφους ή χάρτες εδαφικών δεικτών
- Περιορισμός ΚΥΑ για μέγιστη ποσότητα διασποράς 8 m³/στρέμμα ετησίως
- Σύσταση αποβλήτου

Στόχος του συστήματος εξισώσεων για τον υπολογισμό της μέγιστης ποσότητας

αποβλήτου που μπορεί να διατεθεί στο έδαφος είναι η τιμή της εδαφικής παραμέτρου στο έδαφος να μην υπερβεί τις οριακές τιμές. Για κάθε εδαφικό δείκτη υπολογίζεται ξεχωριστά η ενδεικνύμενη ποσότητα αποβλήτου. Παρακάτω παρατίθεται ένα παράδειγμα υπολογισμού για το διαθέσιμο φώσφορο.

Έστω **P στο έδαφος** = X mg/kg (π.χ. 12 mg/Kg)

Έστω **P στο απόβλητο** = E g/L (0,18 g/L)

Οριακή τιμή P στο έδαφος = 60 mg/kg (για σιγουρότερη εκτίμηση υπολογίζουμε 10% χαμηλότερη συγκέντρωση = 54 mg/kg)

Ποσότητα Φωσφόρου που μπορεί να προστεθεί στο έδαφος: (54 – X) mg/kg εδάφους

- Αν $(54-X) < 0$, το απόβλητο δεν μπορεί να προστεθεί στο έδαφος.
- Αν $(54-X) > 0$, συνεχίζεται ο υπολογισμός ως εξής.

Έστω ότι η φαινόμενη πυκνότητα του εδάφους είναι $1,2\text{gr/cm}^3$, ή 1200kg/m^3 , ότι το χωράφι είναι **B m²** και προσθέτουμε το απόβλητο ενσωματώνοντάς το έως τα **30cm βάθος = 0,3m**

Ο όγκος του εδάφους που θα δεχτεί το απόβλητο είναι $B\text{ m}^2 \times 0,3\text{ m} = 0,3\text{ B m}^3$ που περιέχει: $1200 \times 0,3B = 360B\text{ kg}$ εδάφους.

Επομένως, η ποσότητα Φωσφόρου (Kg) που μπορεί να προστεθεί είναι:

$(54-X)\text{ (mg/kg)} \times 360B\text{ (kg)} \times 10^{-6}\text{ kg/mg}$

- Αν το απόβλητο περιέχει $E=0,18\text{g/L}$ και η συγκέντρωση του P στο έδαφος είναι $X=12\text{ mg/Kg}$, τότε η ποσότητα του αποβλήτου θα είναι:

$$\underline{[(54-12) \times 360 \times 10^{-6}] / [0,18\text{ kg/m}^3] \times 1000 = 84\text{ m}^3/\text{στρέμμα}}$$

- Αν $X = 50\text{ mg/Kg}$, $\underline{[(54-50) \times 360 \times 10^{-6}] / [0,18\text{ kg/m}^3] \times 1000 = 8\text{ m}^3/\text{στρέμμα}}$

Μετά την ολοκλήρωση των υπολογισμών, για κάθε εδαφικό δείκτη έχει προσδιοριστεί μία ποσότητα αποβλήτου και από αυτές επιλέγεται η μικρότερη. Στη συνέχεια, συγκρίνεται αυτή η ποσότητα με τη μέγιστη επιτρεπόμενη ποσότητα από τη Νομοθεσία ($8\text{ m}^3/\text{στρέμμα}$) και επιλέγεται η μικρότερη μεταξύ των δύο. Αυτή είναι η τελική δόση που θα διατεθεί στο έδαφος.

Συμπεράσματα

Το προτεινόμενο σύστημα αξιολόγησης εφαρμόστηκε στα εδάφη της νήσου Αίγινας. Ως προς τις βασικές αρχές του, είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση και άλλων περιοχών για τη διάθεση αποβλήτων ελαιουργείου, καθώς

μπορεί να υιοθετηθεί από τοπικές, περιφερειακές και εθνικές αρχές, ενώ είναι ευέλικτο να προσαρμοστεί σε διάφορους νομοθετικούς περιορισμούς αλλά και τύπους αποβλήτων. Αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο που μπορεί να εφαρμοστεί σε ελαιοπαραγωγικές περιοχές τόσο της Ελλάδας όσο και των υπόλοιπων Μεσογειακών χωρών, με στόχο την ορθολογική διαχείριση των αποβλήτων ελαιουργείου με γνώμονα τη διασφάλιση της ποιότητας των εδαφικών πόρων και την ελαχιστοποίηση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος των υλικών αυτών.

EVALUATION OF LAND SUITABILITY FOR OLIVE MILL WASTE DISTRIBUTION ON SOIL

**E. Gounela¹, Ch. Kolovos², A. Papadopoulos², M.K. Doula², S. Theocharopoulos³,
D. Kalivas¹**

¹Agricultural University of Athens, 75 Iera Odos Str., 11855, Athens, Greece

²Benaki Phytopathological Institute, Department of Phytopathology, Laboratory of Non-Parasitic Diseases, 8 Stef. Delta Str., 14561, Kifissia, Greece

³ELGO DEMETER, Institute of Soil Resources, Department of Soil Science, Sof. Venizelou 1, 14123, Lykovrissi, Greece

*E-mail: elenigou@hotmail.com, Tel.: +30 210 8180232, Fax: +30 210 8077506

Abstract

Worldwide, several studies demonstrated that the controlled spreading of agricultural waste onto agricultural land could offer a significant solution for the management of such materials, especially in areas with soils poor in organic matter. For Mediterranean areas and under the threat of progressive soil degradation due to climate change, recycling organic waste on soil seems to be a mitigation practice under the precondition that all appropriate measures for soil protection will be considered and taken.

In this context, the main priority when considering waste addition on soil should be to ensure that soils are suitable to accept waste and furthermore, that no adverse effect of the procedure will affect future sustainability of the soil system.

In the framework of the LIFE Agrostrat project (<http://www.agrostrat.gr>), a land suitability system, based on FAO land classification method, was developed as decision-making process for pistachio waste recycling on the soils of Aegina island, Greece. To ensure soil quality protection, the proposed parameters to be considered for land

evaluation were a) physical and chemical characteristics of the areas of interest, b) specific soil parameters that are mostly affected by the disposal (i.e. soil indicators) and c) waste properties.

The aim of this study, therefore, was to conform the land evaluation system developed for the distribution of pistachio waste on soil to the distribution of OMW. For this purpose, the soil indicators for OMW distribution were considered and inserted in the evaluation system and the respective GIS maps were developed. Moreover, a process was developed for the calculation of the appropriate OMW amount to be added on soil in relation to soil properties, waste composition and soil indicators thresholds.

Keywords: Land suitability system, olive mill waste, soil, waste disposal, GIS land suitability maps.

Βιβλιογραφία

- Carrow, R. N., Stowell, L., Gelernter, W., Davis, S., Duncan, R. R., & Skorulski, J. (2004). Clarifying soil testing: III. SLAN sufficiency ranges and recommendations. *Golf Course Management*, 72, 194–198.
- CCME, 2007. Canadian Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health. Canadian Council of Ministers of the Environment.
- Doula, M.K., Kavvadias, V. and Theocharopoulos, S., 2015. Sustainable Strategies for the improvement of seriously degraded agricultural areas: the example of *Pistacia vera* L.- “Integrated Management Plan (IMaS)”.
- European Commission, EU Waste Legislation, Waste Framework Directive 75/442/EEC, Article 4 (<http://ec.europa.eu/environment/waste/legislation/a.htm>)
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO, <http://www.fao.org>)
- LIFE Agrostrat (<http://www.agrostrat.gr>)
- LIFE Prosodol (<http://www.prosodol.gr>)
- Kalivas, D.P. and Ehaliotis, C., 2008. A GIS-based land suitability model for the application of olive-mill wastewaters. A case study for the Messara plain, Crete island, Greece. *Soils and Agricultural Chemistry Lab., Department of Land Resources and Agricultural Engineering, Agricultural University of Athens*.
- Kapellakis, I.E., Tsagarakis, K.P., Avramaki, Ch. and Angelakis, A.N., 2006. Olive mill wastewater management in river basins: A case study in Greece. *Agricultural Water Management*, 82, p. 354-370.
- Kavvadias, V., Doula, M. K., Komnitsas, K., & Liakopoulou, N., 2010. Disposal of olive oil mill wastes in evaporation ponds: effects on soil properties. *Journal of Hazardous Materials*, 182, p. 144–155.
- McDowell, R. W., & Sharpley, A. N. (2001). Approximating phosphorus release from soils to surface runoff and subsurface drainage. *Journal of Environmental Quality*, 30, 508–520.
- Mitra, G.N., Sahu, S.K., & Nayak, R.K. (2009). Ameliorating effects of potassium on iron toxicity in soils of Orissa. In: *The role and benefits of potassium in improving*

2^ο Συνέδριο Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων και Χωρικής Ανάλυσης στη Γεωργία και στο Περιβάλλον, Αθήνα, 25 & 26 Μαΐου 2017. ISBN: 978-960-6806-21-6

nutrient management for food production, quality and reduced environmental damage. IPI-OUAT-IPNI International Symposium, 5–7 November 2009. Bhubaneswar, Orissa,

India: OUAT.

Niaounakis, M., and Halvadakis, C.P., 2006. Olive Processing Waste Management, Literature Review and Patent Survey (Second Edition), Elsevier, London UK.

Swartjes, F. (1999). Risk-based assessment of soil and groundwater quality in the Netherlands: standards and remediation urgency. *Risk Analysis*, 19, 1235–1249.