

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

# **ΡΥΠΑΝΣΗ ΑΠΟ ΤΑ ΕΛΑΙΟΤΡΙΒΕΙΑ**



**ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ: ΜΙΧΑΛΑΤΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ**

**ΦΑΚΟΥΤΣΟΣ ΑΝΤΩΝΙΟΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: ΘΕΟΔΩΡΟΠΟΥΛΟΥ ΜΑΡΙΑ**

**ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΣΥΝΕΡΓΑΤΙΣ**

**ΠΑΤΡΑ 2011**

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την Πτυχιακή Εργασία που εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολογίας του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πάτρας και αναφέρεται στην ρύπανση που προκαλείται εξαιτίας των αποβλήτων από τα ελαιοτριβεία, τα οποία είναι μια πηγή ρύπανσης που προκαλούν σοβαρά προβλήματα στις ελαιοπαραγωγικές χώρες. Οι σημαντικές επιπτώσεις που μπορεί να έχουν τα απόβλητα των ελαιουργείων οφείλονται στο μεγάλο οργανικό φορτίο τους, στην τοξικότητά τους και στην αδυναμία βιοαποικοδόμησης των συστατικών τους.

Στην αρχή μελετάται ο ρόλος των ελαιοτριβείων βλέποντας την υφιστάμενη κατάσταση στην Ευρώπη και στην Ελλάδα, καθώς επίσης και η πρώτη υλη των ελαιοτριβείων, ο ελαιόκαρπος. Στην συνέχεια γίνεται μια αποτίμηση των αποβλήτων με τον σαφή διαχωρισμό αυτών σε στερεά, υγρά και αέρια καθώς και την επίδραση τους στο έδαφος στο νερό και την ατμόσφαιρα. Στο τέλος γίνεται λόγος για τις μεθόδους επεξεργασίας των αποβλήτων και δίνονται επίσης προτάσεις ορθής χρήσης των παραγόμενων αποβλήτων.

Ευχαριστούμε θερμά την επιβλέπουσα καθηγήτρια μας κα. Θεοδωροπούλου, Επιστημονική Συνεργάτις του Τμήματος Μηχανολογίας, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση που μας προσέφερε για την πραγματοποίηση της Εργασίας.

ΙΟΥΝΙΟΣ 2011

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα Πτυχιακή Εργασία αναφέρεται στην εξέταση των τριών μορφών ελαιοτριβείων που υπάρχουν, η ανάλυση των περιβαλλοντικών προβλημάτων που προκαλούν τα απορρίμματά τους, η αναφορά των διαφορετικών μεθόδων διαχείρισης των αποβλήτων αλλά και το κατά πόσο διενεργείται σωστά η διαχείρισή τους.

Η ανάπτυξη του θέματος γίνεται σε επτά Κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά για τον ρόλο των ελαιοτριβείων στην αγορά και την υφιστάμενη κατάσταση που επικρατεί γενικότερα στην Ευρώπη και ειδικότερα στην Ελλάδα. Μελετάται επίσης και το Νομοθετικό Πλαίσιο και η Κοινή Αγροτική Πολιτική (ΚΑΠ) που ακολουθείται στα πλαίσια της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Στο δεύτερο Κεφάλαιο γίνεται ιστορική αναδρομή του ελαιόκαρπου, πότε και πού τον συναντάμε για πρώτη φορά, καθώς επίσης και τις πρώτες τεχνικές για την επεξεργασία της ελιάς. Στη συνέχεια μελετάται η μορφολογία του ελαιόκαρπου και τα συστατικά του μέρη καθώς επίσης και τα διάφορα στάδια ωρίμανσης του και τους παράγοντες που τα επηρεάζουν.

Στο τρίτο Κεφάλαιο στην αρχή εξετάζονται οι μέθοδοι παραγωγής του ελαιοκάρπου και γίνεται ο σαφής διαχωρισμός τους σε παραδοσιακά ελαιοτριβεία, σε φυγοκεντρικά ελαιοτριβεία δύο φάσεων και τριών φάσεων. Στη συνέχεια αναπτύσσονται οι κατηγορίες του ελαιόλαδου καθώς επίσης και η διαδικασία και τα στάδια παραγωγής του. Στο τέλος γίνεται σύγκριση των τριών μεθόδων επεξεργασίας του ελαιόλαδου και μελετώνται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της καθεμίας από αυτές ξεχωριστά.

Στο τέταρτο Κεφάλαιο γίνεται σαφής διαχωρισμός των αποβλήτων σε υγρά, αέρια και στερεά απόβλητα. Επίσης εξετάζονται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των τριών κατηγοριών αποβλήτων στο έδαφος, και γενικά στους υδάτινους αποδέκτες. Ειδικότερα μελετάται το φαινόμενο του ευτροφισμού.

Στο πέμπτο Κεφάλαιο εξετάζονται οι βασικές μέθοδοι επεξεργασίας υγρών και στερεών αποβλήτων. Ενδεικτικά θα δούμε κάποιες από αυτές που εξετάζονται στο πέμπτο Κεφάλαιο.

Έτσι λοιπόν για τα υγρά απόβλητα οι μέθοδοι επεξεργασίας που χρησιμοποιούνται είναι: Βιολογικές (λίμνες εξάτμισης, αναερόβια ζύμωση), Μηχανικές (καθίζηση, επίπλευση, διήθηση), Φυσικοχημικές (κροκίδωση, οξειδωσ η, ηλεκτρόλυση, αποτέφρωση) και Θερμικές (εξάτμιση, απόσταξη, πυρόλυση και καύση).

Για τα στερεά απόβλητα οι μέθοδοι επεξεργασίας είναι: Βιολογικές (διάθεση στο έδαφος, κομποστοποίηση, αναερόβια ζύμωση), Μηχανικές (ξήρανση, συμπίεση, συμπύκνωση) και Θερμικές (αεριοποίηση, πυρόλυση, αποτέφρωση).

Παρατηρούμε ότι πολλές από τις μεθόδους είναι κοινές και για υγρά και για στερεά απόβλητα.

Στο έκτο Κεφάλαιο γίνεται εκτενής αναφορά στις διάφορες εναλλακτικές μεθόδους επεξεργασίας των αποβλήτων των ελαιοτριβείων που εφαρμόζονται αλλά και στις παραλλαγές των τεχνικών που ήδη συζητήθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο αναλυτικά.

Τέλος στο έβδομο Κεφάλαιο βρίσκονται τα συμπεράσματα μας, τα οποία εν κατακλείδι περικλείουν ότι η συζήτηση γύρω από τα ελαιοτριβεία και τη γενικότερη λειτουργία τους φανερώνει τα τεράστια προβλήματα που δημιουργεί η συγκεκριμένη βιομηχανία αναφορικά με τα απόβλητά της και τη διαχείρισή τους, ότι το πρόβλημα είναι οξύ και στη χώρα μας καθώς η Ελλάδα είναι μια από τις μεγαλύτερες ελαιοπαραγωγικές χώρες παγκοσμίως.

Το πρόβλημα των αποβλήτων από τα ελαιοτριβεία δημιουργεί πολλά και δυσάρεστα προβλήματα όχι μόνο στο περιβάλλον αλλά και στην υγεία και την καθημερινότητα των κατοίκων διαφόρων περιοχών.

Επομένως, είναι φανερό η ανάγκη λήψης άμεσων και σοβαρών αποφάσεων προκειμένου να επιτευχθεί μια αποτελεσματικότερη λύση για τη διαχείριση των απορριμμάτων.

# Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Α

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

#### 1. Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΕΛΑΙΟΤΡΙΒΕΙΩΝ ΣΤΗΝ ΑΓΟΡΑ

1.1	Η υφιστάμενη κατάσταση στην Ευρώπη .....	3
1.2	Η υφιστάμενη κατάσταση στην Ελλάδα.....	6
1.3	Ευρωπαϊκό νομοθετικό πλαίσιο για τα ελαιοτριβεία .....	10

#### 2. ΕΛΑΙΟΚΑΡΠΟΣ, Η ΠΡΩΤΗ ΥΛΗ ΤΟΥ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ

2.1	Η μορφολογία του ελαιόκαρπου.....	13
2.2	Διαδικασία ωρίμανσης του ελαιόκαρπου.....	15
2.3	Συστατικά μέρη του ελαιόκαρπου.....	16

#### 3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ

3.1	Κατηγορίες ελαιόλαδου.....	19
3.2	Διαδικασία παραγωγής του ελαιόκαρπου.....	20
3.3	Στάδια παραγωγής του ελαιόκαρπου.....	21
3.4	Παραδοσιακό ελαιουργικό σύστημα.....	23
3.5	Φυγοκεντρικά ελαιουργικά συστήματα.....	24
	3.5.1 Φυγοκεντρικά συστήματα τριών φάσεων.....	25
	3.5.2 Φυγοκεντρικά συστήματα δύο φάσεων.....	26
3.6	Συγκριτική ανάλυση των τριών συστημάτων παραγωγής ελαιόλαδου.....	27
	3.6.1 Σύγκριση τριφασικής και διφασικής μεθόδου.....	28
	3.6.2 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των τριών μεθόδων.....	30
3.7	Παραγόμενα προϊόντα και παραπροϊόντα.....	31

#### 4. ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΕΛΑΙΟΤΡΙΒΕΙΩΝ

4.1	Χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων.....	34
4.2	Περιβαλλοντικές επιπτώσεις των υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων.....	36
	4.2.1 Διάβρωση εδάφους.....	40
	4.2.2 Επιπτώσεις υγρών αποβλήτων στην ατμόσφαιρα.....	41
	4.2.3 Επιπτώσεις υγρών αποβλήτων σε υδάτινους αποδέκτες.....	42
	4.2.4 Διαταράξεις στην πανίδα και τον άνθρωπο.....	45
4.3	Επιπτώσεις από τα στερεά απόβλητα των ελαιοτριβείων.....	45

4.4	Επιπτώσεις από τα αέρια απόβλητα των ελαιοτριβείων.....	47
-----	---	----

## **5. ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ**

5.1	Μέθοδοι διαχείρισης των υγρών απόβλητων ελαιοτριβείων .....	49
5.1.1	Βιολογικές μέθοδοι διαχείρισης υγρών αποβλήτων.....	51
5.1.2	Μηχανικές μέθοδοι διαχείρισης υγρών αποβλήτων.....	65
5.1.3	Φυσικοχημικές μέθοδοι διαχείρισης υγρών αποβλήτων.....	68
5.1.4	Θερμικές μέθοδοι διαχείρισης υγρών αποβλήτων.....	75
5.2	Μέθοδοι διαχείρισης των στερεών απόβλητων ελαιοτριβείων.....	77
5.2.1	Βιολογικές μέθοδοι διαχείρισης στερεών αποβλήτων.....	78
5.2.2	Μηχανικές μέθοδοι διαχείρισης στερεών αποβλήτων.....	83
5.2.3	Θερμικές μέθοδοι διαχείρισης υγρών αποβλήτων.....	86

## **6. ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ**

6.1	Τεχνολογίες που έχουν αναπτύξει διάφορες εταιρίες.....	89
6.2	Εναλλακτικές μέθοδοι και προτάσεις διαχείρισης.....	93
6.2.1	Δεξαμενές εξάτμισης με σκέπαστρο.....	94
6.2.2	Βιοδιυλιστήρια παραγωγής αιθανόλης.....	95
6.2.3	Υπεδάφια διάθεση αποβλήτων και φυτοεξυγίανση.....	95
6.2.4	Επιφανειακή διάθεση σε ελαιώνες.....	96
6.2.5	Εξατμισοδεξαμενή και απόσμηση.....	96

## **7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παραγωγή ελαιόκαρπων, κυρίως σε περιοχές όπως τα νότια κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, είναι ένας από τους σημαντικότερους τρόπους αποτελεσματικής χρήσης της γης, που όμως μαζί με την παραγωγή ελαιολάδου επιφέρει έντονες περιβαλλοντικές, κοινωνικές αλλά και οικονομικές επιπτώσεις.

Οι κύριες χώρες όπου παρατηρείται παραγωγή μεγάλης ποσότητας ελαιοκάρπων είναι η Ισπανία με  $2,4 \times 10^{10}$  m<sup>2</sup> ελαιοπαραγωγικής έκτασης, η Ιταλία με  $1,4 \times 10^{10}$  m<sup>2</sup>, η Ελλάδα με  $10^{10}$  m<sup>2</sup> και τέλος, η Πορτογαλία με  $0,5 \times 10^{10}$  m<sup>2</sup>. Όπως είναι φυσικό, η πολύ μεγάλη αυτή παραγωγή ελαιόκαρπων και κατ' επέκταση ελαιολάδου στις προαναφερθείσες χώρες, και ιδίως στην Ελλάδα που αποτελεί και αντικείμενο μελέτης της παρούσας εργασίας, συνοδεύεται και από έναν τεράστιο όγκο υγρών αποβλήτων που αποτελούν οξύ πρόβλημα στη σύγχρονη ζωή. Μάλιστα, η επιτακτική ανάγκη να ενσωματωθούν οι περιβαλλοντικές ανησυχίες στις διάφορες Ευρωπαϊκές πολιτικές, συμπεριλαμβανομένης και της αγροτικής πολιτικής, επισημαίνεται έντονα στις Ευρωπαϊκές Συνθήκες.

Ωστόσο, έως τώρα υπάρχουν σοβαρά εμπόδια στην προσπάθεια επίτευξης αυτής της ενσωμάτωσης. Σε αυτά τα εμπόδια, εμπεριέχεται η έλλειψη σαφούς και κατανοητούς πληροφόρησης αναφορικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις συγκεκριμένων τομέων, αλλά και η γενικότερη απουσία έρευνας. Αυτές οι ελλείψεις, είναι ιδιαίτερα εμφανείς στα γεωργικά συστήματα των περιοχών της Μεσογείου, όπως για παράδειγμα στα ελαιοτριβεία, των οποίων οι περιβαλλοντικές επιδράσεις έχουν μελετηθεί πολύ λιγότερο από εκείνες των γεωργικών συστημάτων των περιοχών της Κεντρικής και Βόρειας Ευρώπης.

Είναι γεγονός ότι η σωστή διαχείριση των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων στην Ελλάδα χωλαίνει, με αποτέλεσμα να προκαλείται σοβαρή περιβαλλοντική ρύπανση η οποία επηρεάζει και τους υδάτινους αποδέκτες. Το μεγάλο οργανικό φορτίο των αποβλήτων αυτών, η τοξικότητά τους, αλλά και η αδυναμία βιοαποικοδόμησης των επιμέρους συστατικών τους είναι οι ιδιότητες εκείνες που ευθύνονται για την περιβαλλοντική επιβάρυνση.

Ωστόσο, παρόλο που μέρα με τη μέρα αποδεικνύεται ανεπαρκής η υφιστάμενη πρακτική διαχείρισης των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων, η οποία συνίσταται στην νομικά μη αποδεκτή απόρριψη των εν λόγω αποβλήτων σε παρακείμενους επιφανειακούς υδάτινους αποδέκτες όπως ποτάμια, θάλασσες, λίμνες και χείμαρροι, η πρακτική αυτή δεν αλλάζει.

Ο βασικός λόγος είναι το ιδιαίτερα υψηλό κόστος εγκατάστασης των προτεινόμενων συστημάτων επεξεργασίας του κασιόγαρου, το οποίο δεν μπορούν να αντέξουν τα ελαιουργεία όντας επιχειρήσεις μικρής κλίμακας. Το σημαντικότερο πρόβλημα το οποίο είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με τα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων, είναι το γεγονός ότι περιέχουν υψηλές συγκεντρώσεις σε πολυφαινολικές ενώσεις, οι οποίες οδηγούν στην ποιοτική

υποβάθμιση του περιβάλλοντος, ενώ ταυτόχρονα ευθύνονται και για τη δημιουργία τοξικών φαινομένων στην υφιστάμενη χλωρίδα. Ακόμη, δεν είναι λίγες οι φορές που κάτοικοι σε περιοχές πλησίον ελαιοτριβείου ενοχλούνται από τις δυσάρεστες οσμές που αναδίδονται από τις δεξαμενές αποθήκευσης των υγρών αποβλήτων αλλά και από την παρουσία εντόμων που συγκεντρώνονται γύρω από αυτές.



# 1. Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΕΛΑΙΟΤΡΙΒΕΙΩΝ ΣΤΗΝ ΑΓΟΡΑ

Η χρήση του ελαιολάδου αλλά και των ελαιόκαρπων τα τελευταία χρόνια βρίσκεται σε έξαρση, καθώς δίνεται ολοένα και μεγαλύτερη σημασία στην υγιεινή διατροφή. Διάφοροι ειδικοί ανά τον κόσμο, χαρακτηρίζοντας το ελαιόλαδο ως καθοριστικό προϊόν για την ποιότητα ζωής των ανθρώπων έχουν συμβάλλει στην περαιτέρω διάδοσή του. Έτσι, έφτασε να είναι πασίγνωστη η μεσογειακή διατροφή, η οποία περιλαμβάνει ως βασικό συστατικό της την ελιά, αλλά και τα ευεργετικά της αποτελέσματα.

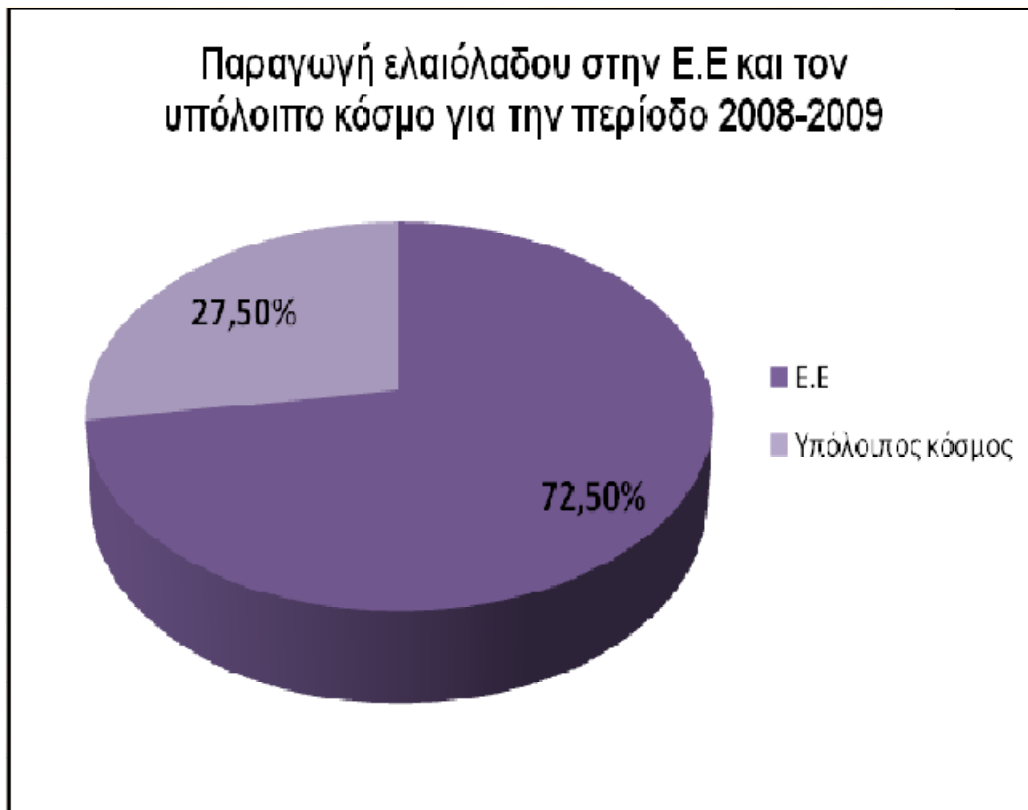
Οι καταναλωτές δείχνουν λοιπόν, ιδιαίτερη προτίμηση στην κατανάλωση ελαιολάδου και ελαιόκαρπων, καθώς έχουν συνδυάσει στο μυαλό τους την κατανάλωση αυτή με μια ισορροπημένη διατροφή. Όλη αυτή η αυξημένη ροπή προς την κατανάλωση ελαιολάδου, μπορεί να εξηγήσει το γεγονός ότι στις μέρες μας παράγονται 1,3 εκατομμύρια τόνοι ελαιόλαδου παγκοσμίως, τη στιγμή που το αντίστοιχο ποσό για τη δεκαετία του 1990 ανέρχεται στο μόλις 1 εκατομμύριο τόνων. Παράλληλα, η μεγάλη ζήτηση ελαιόκαρπων συνέβαλλε κατά κάποιον τρόπο στην ανάπτυξη διαφόρων ποικιλιών επιτραπέζιας ελιάς, όπως για παράδειγμα ελιές γεμιστές, ροδέλες, ελιές ολόκληρες κλπ.

Βέβαια, η μεγάλη παραγωγή επιτραπέζιων ελιών, όπως είναι φυσικό, παρουσιάζει και διακυμάνσεις από έτος σε έτος, λόγω κυρίως της μεταβλητότητας των καιρικών συνθηκών. Πρέπει να σημειωθεί στο σημείο αυτό, ότι οι επιτραπέζιες ελιές είναι άρρηκτα συνδεδεμένες στην αγορά με το ελαιόλαδο, καθώς ένα μεγάλο ποσοστό των παραγόμενων ελιών χρησιμοποιείται στην παραγωγή του ελαιόλαδου.

## 1.1 Η ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ

Η ζήτηση του ελαιόλαδου έχει σχεδόν διπλασιαστεί τα τελευταία είκοσι χρόνια, όχι μόνο στις Ευρωπαϊκές αλλά και στις υπόλοιπες χώρες, με αποτέλεσμα ο ελαιοπαραγωγικός κλάδος να είναι ένας από τους ταχύτερα αναπτυσσόμενους οικονομικούς κλάδους.

Όπως ήδη αναφέρθηκε και στην εισαγωγή, χώρες όπως η Ισπανία, η Ιταλία, η Ελλάδα και η Πορτογαλία αποτελούν τις κυριότερες ελαιοπαραγωγικές χώρες στην Ευρώπη με την παραγωγή του ελαιόλαδου που τους αναλογεί να αποτελεί μεγάλο ποσοστό της παγκόσμιας παραγωγής. Στην Εικόνα 1.1 που ακολουθεί στην επόμενη σελίδα, φαίνεται ξεκάθαρα ότι για την περίοδο 2008-2009, η Ευρώπη παρήγαγε το 75% του συνολικού, παγκόσμιου ελαιόλαδου, ενώ μόλις το 25% παρήχθη από μη Ευρωπαϊκές χώρες. Αξίζει εδώ να αναφερθεί ότι σε αυτές τις μη Ευρωπαϊκές ελαιοπαραγωγικές χώρες συμπεριλαμβάνονται και η Τουρκία, οι Η.Π.Α, το Μαρόκο, η Αίγυπτος αλλά και η Συρία.

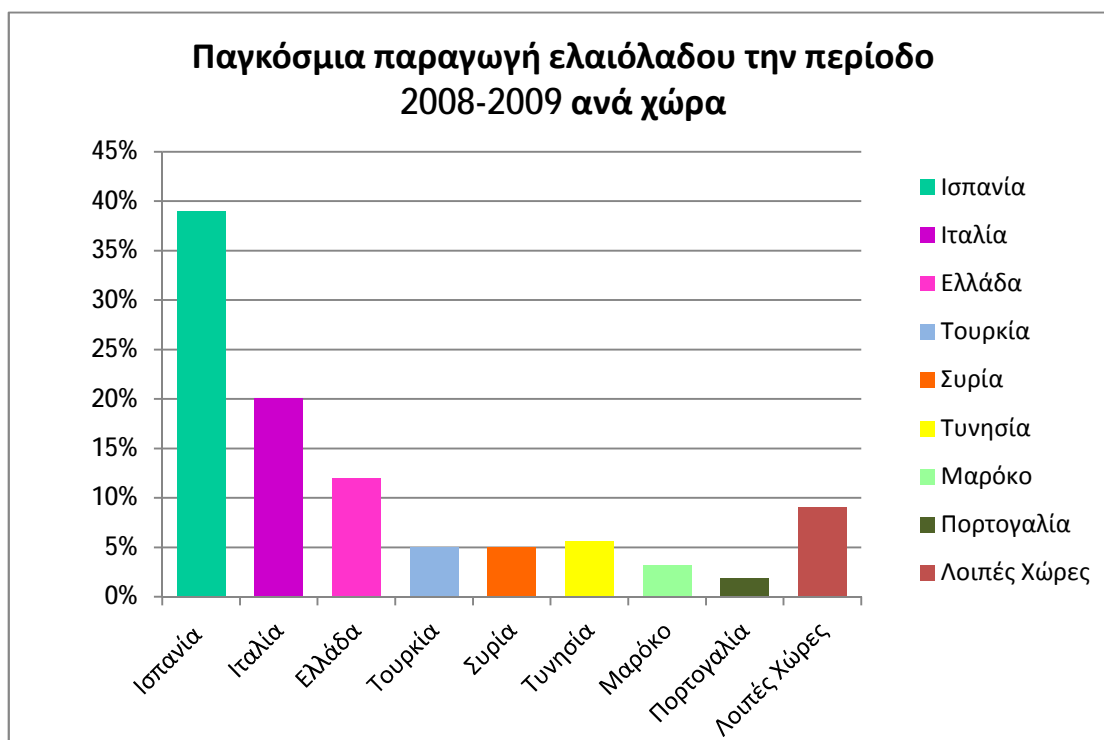


**Εικόνα 1.1:** Παραγωγή ελαιόλαδου στην Ε.Ε. και τον υπόλοιπο κόσμο

Κατά την ελαιοπαραγωγική περίοδο 2008-2009, σύμφωνα με τα στοιχεία του Διεθνούς Συμβουλίου Ελαιολάδου (International Olive Oil Council – I.O.O.C.), τα οποία αποτυπώνονται στην Εικόνα 1.2 που παρατίθεται παρακάτω, η παραγωγή ελαιόλαδου στην Ελλάδα, τοποθετεί την χώρα μας στην τρίτη θέση παγκοσμίως με ποσοστό παραγωγής ελαιόλαδου επί του παγκόσμιου συνόλου 12%.

Η Ισπανία, η οποία κατέχει την πρωτιά, φαίνεται να είναι η παραγωγός χώρα στην οποία ανήκει το μισό σχεδόν του συνόλου της παραγωγής ελαιόλαδου. Οι κυριότερες περιοχές της Ισπανίας όπου υπάρχει μεγάλη παραγωγή ελαιόλαδου είναι οι πόλεις Χαέν, Κόρδοβα στην ευρύτερη περιοχή της Ανδαλουσίας. Στην Εικόνα1.2 βέβαια, εμφανίζονται και χώρες εκτός της Ευρωπαϊκής Ένωσης οι οποίες συγκεντρώνουν ένα μικρό μεν, αλλά διόλου αμελητέο, ποσοστό παραγωγής ελαιόλαδου, όπως η Τουρκία και η Τυνησία με ποσοστό γύρω στο 5%, και το Μαρόκο με ποσοστό περίπου 3,5%. Θα πρέπει εδώ να τονισθεί ότι τα ποσοστά και οι στατιστικοί υπολογισμοί γενικότερα, ποικίλλουν ανάλογα με την πηγή των δεδομένων και τα διάφορα κριτήρια που χρησιμοποιήθηκαν για τις μετρήσεις.

Στοιχεία για παράδειγμα που προέρχονται από τις ίδιες τις ελαιοπαραγωγικές χώρες, καταλήγουν πολλές φορές να είναι παραπλανητικά και ασυνεπή. Τα στοιχεία που παρατίθενται στην παρούσα εργασία, έχουν συλλεχθεί από Διεθνές Συμβούλιο Ελαιολάδου (I.O.O.C).



**Εικόνα 1.2:** Παγκόσμια παραγωγή ελαιολάδου ανά χώρα, για την περίοδο 2008-2009

Βέβαια δεν πρέπει να λησμονείται και το γεγονός ότι ανεξάρτητα από την ελαιοπαραγωγό χώρα, η παραγωγή ελαιολάδου παρουσιάζει διακυμάνσεις, οι περισσότερες εκ των οποίων οφείλονται πρωταρχικά στις καιρικές συνθήκες και ιδίως στην απότομη εναλλαγή τους. Στον Πίνακα 1.1, παρουσιάζονται στοιχεία για την ελαιοπαραγωγή των χωρών στην Ευρωπαϊκή Ένωση για το έτος 2000 (Πηγή: I.O.O.C).

Συγκριτικά λοιπόν και με την Εικόνα 1.2 μπορούμε να εξάγουμε κάποια συμπεράσματα αναφορικά με τη διακύμανση της ελαιοπαραγωγής. Αρχικά, θα πρέπει να σημειωθεί ότι η ελαιοπαραγωγή την περίοδο 2008-2009 ήταν 2.665.500 τόνοι ελαιολάδου, ενώ η αντίστοιχη για το 2000 ήταν, όπως διαπιστώνουμε και από τη δεύτερη στήλη του Πίνακα 1.1, 1.436.000 τόνοι.

**Πίνακας :1.1** Στοιχεία ελαιοπαραγωγής στην Ε.Ε το 2000

Γεωγραφική περιοχή	Ελαιοπαραγωγική έκταση	Παραγωγή ελαιόλαδου σε τόνους	Παραγωγοί	Ποσοστό επί της παγκόσμιας παραγωγής ελαιολάδου
Ισπανία	$2.423.841 \times 10^4$	535.000	386.899	28%
Ιταλία	$1.430.589 \times 10^4$	467.000	998.219	24%
Ελλάδα	$1.025.748 \times 10^4$	307.000	780.609	16%
Πορτογαλία	$529.436 \times 10^4$	35.000	117.000	2%
Γαλλία	$39.421 \times 10^4$	2.000	19.271	<0,1%
Ε.Ε	$5.449.035 \times 10^4$	1.436.000	2.311.998	70%

Έτσι, προχωρώντας στην εξαγωγή κάποιων συμπερασμάτων, μπορεί να αναφερθεί ότι παρόλο που η παραγωγή ελαιολάδου σε όλες τις χώρες παρουσίασε αύξηση, η Ισπανία ήταν εκείνη που διπλασίασε την παραγωγή της.

Αριθμητικά, η Ισπανία από 535.000 τόνους το 2000 έφτασε την παραγωγή της στο 1.039.545 (ο υπολογισμός προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό του ποσοστού της Ισπανίας το 2008 που φαίνεται στην Εικόνα 1.2 και ισούται με 39% με το ύψος της συνολικής παγκόσμιας παραγωγής που όπως αναφέραμε, ανήλθε σε 2.665.500 τόνους). Αντίστοιχα, η Ιταλία αύξησε την παραγωγή της από 467.000 σε 506.447 τόνους, η Ελλάδα από 307.000 σε 319.860 και η Πορτογαλία από 35.000 σε 85.296 τόνους.

Τέλος, συνολική παραγωγή ελαιολάδου στην Ευρώπη αυξήθηκε από 1.436.000 τόνους το 2000 σε 2.265.500 τόνους το 2008, μια αύξηση της τάξεως του 85,62%.

## **1.2 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ**

Η συνολική ελαιοπαραγωγική έκταση στην Ελλάδα, έχει αυξηθεί σημαντικά κατά τη διάρκεια των 25 τελευταίων χρόνων, ως αποτέλεσμα της καλλιέργειας νέων εκτάσεων με φυτά υψηλής πυκνότητας. Στην ίδια χρονική περίοδο, η παραγωγή ελαιολάδου αυξήθηκε αισθητά, ενώ υπήρξε μικρή μόνον αύξηση της παραγωγής επιτραπέζιων ελιών. Τα ελαιοτριβεία για την παραγωγή ελαιολάδου έχουν εξαπλωθεί ιδιαίτερα στις ημιορεινές και τις παράκτιες περιοχές κυρίως στην Κρήτη και την Πελοπόννησο. Σε μικρότερα νησιά αλλά και σε πιο ορεινές περιοχές, η παραγωγή ελαιόκαρπων δεν είναι έντονη, λόγω του ηλικιωμένου πληθυσμού που κατοικεί σε αυτά, της αστικοποίησης, του γεγονότος ότι η καλλιέργεια δεν είναι αγαπημένη δραστηριότητα των μικρότερων σε ηλικία πληθυσμών, του ανταγωνισμού από την τουριστική βιομηχανία για το εργατικό δυναμικό και τις επενδύσεις και τέλος, των άσχημων αγροτικών και κλιματικών συνθηκών (έλλειψη νερού για άρδευση, βραχώδεις εκτάσεις, μικρό μέγεθος των εκτάσεων και δυσκολίες μηχανοποίησης κλπ).

Σε αυτές τις περιοχές, η παραγωγή ελαιόκαρπων μπορεί να χαρακτηριστεί χαμηλή και τα ελαιοτριβεία είναι συχνά παραμελημένα. Για παράδειγμα, αυτό συμβαίνει στην Κέρκυρα, τη Λέσβο και τα νησιά του Αιγαίου, όπου οι αγροτικές εκτάσεις είναι σχετικά μικρές συγκριτικά με τον ιδιαίτερα ανεπτυγμένο τουρισμό τους.

Η καλλιέργεια της ελιάς είναι μια από σημαντικότερες οικονομικές δραστηριότητες των κατοίκων της Ελλάδας, και ιδιαίτερα των αγροτικών περιοχών, οι οποίες την χρησιμοποιούν ως επί το πλείστον, ως την καθοριστικότερη πηγή ανάπτυξής τους. Άλλωστε, τα προϊόντα από την παραγωγή της ελιάς είναι και προϊόντα τα οποία η χώρα μας εξάγει, γεγονός το οποίο συνεπάγεται την εισροή επιπλέον εισοδήματος στις παραγωγικές περιοχές.

Ωστόσο, η οικονομικές συνέπειες από την ύπαρξη και λειτουργία των ελαιοτριβείων δεν είναι οι μόνες που θα πρέπει να μας απασχολούν. Μια

σειρά από περιβαλλοντικές αλλά και ευρύτερα κοινωνικές επιπτώσεις θα πρέπει επίσης να συζητηθούν.

Στην Ελλάδα υπάρχουν και λειτουργούν, σύμφωνα με τα στοιχεία που επισημαίνει ο Πίνακας 1.2, περίπου δυο χιλιάδες ελαιοτριβεία σε διάφορες περιοχές της επικράτειας. Είναι χαρακτηριστικό ότι από τους 52 νομούς που διαθέτει η χώρα μας, οι 40 ασχολούνται με κάποιο τρόπο με την καλλιέργεια ελιάς.

**Πίνακας 1.2:** Αριθμός ελαιοτριβείων ανά νομό και γεωγραφικό διαμέρισμα για την περίοδο 2003-2004

Γεωγραφικό Διαμέρισμα / Νομός	Αριθμός ελαιοτριβείων 2003-2004	Γεωγραφικό Διαμέρισμα / Νομός	Αριθμός ελαιοτριβείων 2003-2004
Αιτωλοακαρνανίας	67	Δράμας	2
Αττικής-Πειραιά	37	Ημαθίας	-
Βοιωτίας	36	Θεσσαλονίκης	5
Ευβοίας	60	Καβάλας	18
Ευρυτανίας	2	Καστοριάς	-
Φθιώτιδας	46	Κιλκίς	-
Φωκίδας	18	Κοζάνης	-
<b>Σύνολο Στερεάς Ελλάδας</b>	<b>266</b>	Πέλλας	1
Αργολίδας	61	Πιερίας	6
Αρκαδίας	30	Σερρών	9
Αχαΐας	102	Φλώρινας	-
Ηλείας	137	Χαλκιδικής	33
Κορίνθου	74	Αγίου Όρους	4
Λακωνίας	121	<b>Σύνολο Μακεδονίας</b>	<b>78</b>
Μεσσηνίας	239	Έβρου	4
<b>Σύνολο Πελοποννήσου</b>	<b>764</b>	Ξάνθης	2
Ζακύνθου	43	Ροδόπης	-
Κερκύρας	83	<b>Σύνολο Θράκης</b>	<b>6</b>
Κεφαλληνίας	13	Δωδεκανήσων	28
Λευκάδας	15	Κυκλάδων	25
<b>Σύνολο Νησιών Ιονίου</b>	<b>154</b>	Λέσβου	60
Άρτας	7	Σάμου	18
Θεσπρωτίας	19	Χίου	12
Ιωαννίνων	-	<b>Σύνολο Νησιών Αιγαίου</b>	<b>143</b>
Πρέβεζας	23	Ηρακλείου	241
<b>Σύνολο Ηπείρου</b>	<b>49</b>	Λασιθίου	75
Καρδίτσας	-	Ρεθύμνου	82
Λάρισας	14	Χανίων	121
Μαγνησίας	27	<b>Σύνολο Κρήτης</b>	<b>519</b>
Τρικάλων	1	<b>ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>2021</b>
<b>Σύνολο Θεσσαλίας</b>	<b>42</b>		

Συνοψίζοντας τα δεδομένα του παραπάνω Πίνακα στην πίτα της Εικόνας 1.3 που ακολουθεί, διαπιστώνεται και πιο ξεκάθαρα ότι οι νομοί εκείνοι που παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη ενασχόληση με την ελαιοκαλλιέργεια είναι ο νομός Πελοποννήσου και ο νομός Κρήτης.

Το ελαιόδεντρο καλλιεργείται σε αυτές τις περιοχές, χάρη στα κλιματικά και εδαφολογικά χαρακτηριστικά που επικρατούν στις εν λόγω περιοχές. Υπάρχει δηλαδή η δυνατότητα του ελαιόδεντρου να ευδοκιμεί και να αναπτύσσεται σε δύσκολες συνθήκες και σε εδάφη που εμφανίζουν περιορισμένες δυνατότητες άρδευσης, προσφέροντας έτσι εισόδημα σε πάρα πολλές οικογένειες που ασχολούνται με τον συγκεκριμένο τομέα.

Αυτή η ενασχόληση είναι καθοριστικής κοινωνικής σημασίας όχι μόνο για την ευημερία των ανθρώπων που εργάζονται στον τομέα αυτό, αλλά και για το μέλλον των νησιωτικών και ορεινών αυτών περιοχών. Κι αυτό γιατί, αν οι συγκεκριμένες ομάδες ατόμων δεν απολάμβαναν την εισοδηματική κάλυψη που τους παρέχει η ελαιοκαλλιέργεια, οι περιοχές που προαναφέρθηκαν θα οδηγούνταν σε βέβαιη εγκατάλειψη και ερήμωση.

Επομένως, το ελαιόδεντρο, και συνακόλουθα η παραγωγή ελαιολάδου, πέρα από την οικονομική επίπτωση που επιφέρει, συμβάλλει και στην ευρύτερη κοινωνική συνοχή, κατανέμοντας τον πληθυσμό σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας. Αντίθετα με την Πελοπόννησο και την Κρήτη, στους νομούς Ηπείρου και Θράκης παρατηρείται η μικρότερη ενασχόληση με την ελαιοκαλλιέργεια και την παραγωγή ελαιόλαδου.



**Εικόνα 1.3:** Η ελαιοκαλλιέργεια στην Ελλάδα ανά γεωγραφικό διαμέρισμα.

Η ελαιοκαλλιέργεια, εκτός από τα θετικά που επιφέρει στη ζωή των ανθρώπων ως βασικός μοχλός αγροτικής ανάπτυξης, επιφυλάσσει και πλήθος αρνητικών επιπτώσεων. Τα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων (στο εξής Υ.Α.Ε), είναι τοξικά και διαταράσσουν ανεπανόρθωτα την περιβαλλοντική ισορροπία.

Λόγω του υψηλού οργανικού φορτίου αλλά και των πολυφαινολικών ενώσεων που εμπεριέχουν τα Υ.Α.Ε., ρυπαίνουν και δημιουργούν σοβαρότατα προβλήματα. Ως εκ τούτου, απαιτείται προσαρμογή των ελαιοπαραγωγών στα νέα δεδομένα αλλά και εφαρμογή πιο υπεύθυνων και πιο κατάλληλων πρακτικών σχετικά με τη διαχείριση των προερχόμενων από τα ελαιοτριβεία υγρών αποβλήτων.

Τέλος, πρέπει να τονισθεί ότι δεν είναι μόνον το περιβάλλον το οποίο υποφέρει από τρέχουσες εφαρμοζόμενες πολιτικές· πολλαπλά έτη εντατικοποιημένης και επεκταμένης παραγωγής συντελούν στο να αντιμετωπίζουν οι αγρότες εμπορικά πλεονάσματα και ενίοτε πεσμένες τιμές.

### 1.3 ΕΥΡΩΠΑΙΚΟ ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΑ ΕΛΑΙΟΤΡΙΒΕΙΑ

Η ελαιοκαλλιέργεια θα μπορούσε άνετα να αποτελεί ένα μοντέλο βιώσιμης χρήσης της γης των Μεσογειακών περιοχών, δημιουργώντας πολλά περιβαλλοντικά οφέλη, παράγοντας προϊόντα υψηλής ποιότητας και συντελώντας στη διατήρηση πληθυσμών στις κάπως πιο περιθωριοποιημένες κοινωνίες.

Ωστόσο, η Κοινή Αγροτική Πολιτική (ΚΑΠ) που εφαρμόζεται στα πλαίσια της Ευρωπαϊκής Ένωσης, οδηγεί δυστυχώς τον τομέα σε λάθος κατεύθυνση. Σχεδόν το σύνολο του προϋπολογισμού της ΚΑΠ για τον ελαιουργικό τομέα (περίπου 2.250 εκατομμύρια €) διοχετεύεται ως επιδοτήσεις παραγωγής. Αυτό, βεβαίως, ενθαρρύνει τους αγρότες να εντείνουν την παραγωγή τους, ώστε νατύχουν και μεγαλύτερης επιδότησης, χρησιμοποιώντας ανορθόδοξες πολλές φορές μεθόδους όπως η υπερβολική χρήση άρδευσης.

Η εντατικοποιημένη ελαιοκαλλιέργεια είναι μια από τις πιο σοβαρές αιτίες ενός από τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά προβλήματα εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης: αυτό της διάσπαρτη εδαφικής διάβρωσης αλλά και της ερημοποίησης στην Ισπανία, την Ιταλία, την Ελλάδα και την Πορτογαλία. Στην Ελλάδα, η αυξημένη χρήση αρδευτικών μεθόδων στην ελαιοκαλλιέργεια, έχει ως άμεσο αποτέλεσμα την αύξηση της υπερεκμετάλλευσης των υδατικών πόρων, οι οποίοι είναι ήδη διαβρωμένοι από άλλους αγροτικούς τομείς.



**Εικόνα1. 4:** Η εδαφική διάβρωση και η ερημοποίηση ως αποτέλεσμα κακής μεταχείρισης από τους ελαιοπαραγωγούς.



Στην Εικόνα 1.4, παραπάνω, βλέπουμε ότι η κακή εδαφική διαχείριση στην Ελλάδα είναι διάσπαρτη σε περιοχές ελαιοκαλλιιεργειών και οδηγεί σε εδαφική διάβρωση αλλά και σε ερημοποίηση. Σε ακραίες περιπτώσεις, η καλλιέργεια πρέπει να σταματήσει, επιτρέποντας έτσι στην περιοχή να επιστρέψει στη δασική της μορφή ή στη μορφή βοσκότοπου.

Η ευρωπαϊκή νομοθεσία έχει θεσπίσει Συνθήκες, οι οποίες αποτελούν και την αρχική Νομοθεσία γύρω από τις ελαιοκαλλιιεργειες και την παραγωγή ελαιόλαδου, και τους Νόμους, που αποτελούν την λεγόμενη δευτερεύουσα νομοθεσία.

Οι Συνθήκες έχουν ως σκοπό τους τον προσδιορισμό των στόχων και τον καθορισμό των αρμοδιοτήτων των Ευρωπαϊκών Φορέων.

Η δευτερεύουσα Νομοθεσία, οι Νόμοι δηλαδή, διακρίνονται σε δυο κατηγορίες, τις Οδηγίες και τους Κανονισμούς. Βέβαια οι Οδηγίες είναι εκείνες που κυριαρχούν στην ευρωπαϊκή νομοθεσία. Οι Οδηγίες έχουν ως στόχο να θέτουν στα κράτη μέλη προθεσμίες αλλά και στόχους, δίνοντάς τους ταυτόχρονα την ελευθερία να μπορούν να προσαρμόσουν τον εκάστοτε στόχο στην εθνική νομοθεσία. Εν αντιθέσει με τις Οδηγίες, οι Κανονισμοί πρέπει να εφαρμόζονται άμεσα, δίχως να υπάρχει η ευελιξία προσαρμογής για τα κράτη μέλη, όπως συμβαίνει στην περίπτωση των Οδηγιών.

Η ΚΑΠ για την ελαιοκαλλιιεργεια που αναφέρθηκε και παραπάνω προτείνει περιβαλλοντικά μέτρα με τα οποία όμως η χώρα μας δεν έχει εναρμονιστεί πλήρως παρόλο που έχει τη δυνατότητα να μειώσει τις περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις για τις οποίες είναι υπεύθυνη. Η ΚΑΠ είναι η πιο σημαντική πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης η οποία επηρεάζει άμεσα την ελαιοκαλλιιεργεια στις ευρωπαϊκές χώρες. Περιλαμβάνει δυο ομάδες μέτρων, τα οποία αντιστοιχούν στους δυο βασικούς πυλώνες της:

- ✓ Τη ρύθμιση της «αγοράς» για τις ελιές, η οποία περιλαμβάνει μια επιδότηση για τους αγρότες ανά κιλό παραγόμενων ελιών και περιορισμούς για εισαγωγές από χώρες εκτός της Ευρωπαϊκής Ένωσης.
- ✓ «Δομικά και λοιπά συνοδευτικά» μέτρα, που περιλαμβάνουν και αγροτικά κίνητρα, βοήθεια για τους αγρότες σε λιγότερο-Ευνοημένες-Περιοχές, και χορηγίες για αναφύτευση και άρδευση.

Τέλος, για να διασφαλιστεί επαρκής έλεγχος των επιδοτήσεων στους παραγωγούς, τα κράτη μέλη είναι υποχρεωμένα να πραγματοποιήσουν κατανοητές καταγραφές των ελαιοκαλλιιεργειών, χρησιμοποιώντας απαραίτητως αεροφωτογραφίες.



## 2. ΕΛΑΙΟΚΑΡΠΟΣ, Η ΠΡΩΤΗ ΥΛΗ ΤΩΝ ΕΛΑΙΟΤΡΙΒΕΙΩΝ

Η βρώσιμη ελιά, φαίνεται να συνυπάρχει με τους ανθρώπους για περίπου 5000-6000 χρόνια, πηγαίνοντας πίσω στην Εποχή του Χαλκού (3150 έως 1200 π.Χ). Αν και η προέλευσή της σύμφωνα με την παράδοση φαίνεται να ανήκει στην Τουρκία και τη Συρία, η ελιά δεν απουσιάζει από το πεδίο των εθίμων, των παραδόσεων, των μύθων αλλά και της γενικότερης ιστορίας των Ελλήνων.

Όντας ένα από τα κυρίαρχα προϊόντα της ελληνικής διατροφής, ο ελαιόκαρπος αποτέλεσε σημαντικό παράγοντα της οικονομικής και κοινωνικής πραγματικότητας των Ελλήνων.

Ωστόσο, πολύ λίγα είναι αυτά που γνωρίζουμε για τις διάφορες τεχνικές επεξεργασίας της ελιάς.

Μπορεί όμως, με βεβαιότητα να ειπωθεί ότι, η κατανάλωσή της επέρχονταν μόνο όταν ωρίμαζε αρκετά, ενώ οι πρώτες ελιές που καταναλώθηκαν ήταν οι θρούμπες οι οποίες είχαν ωριμάσει με τον πλέον παραδοσιακό τρόπο· πέφτοντας δηλαδή από τα δέντρα στο έδαφος. Βέβαια οι ελιές δεν μπορούσαν να διατηρηθούν για αρκετό διάστημα, ήταν όμως απαραίτητο συστατικό στη διατροφή των Ελλήνων.

Έτσι, οι κάτοικοι της Κρήτης πρώτοι, ανέπτυξαν διάφορες τεχνικές ούτως ώστε να διατηρήσουν τις ελιές για μεγάλο χρονικό διάστημα. Τα υλικά που χρησιμοποίησαν κυρίως ήταν το αλάτι, το μέλι, το ξύδι, ο μούστος και η μέντα. Με το πέρασμα των χρόνων, οι τεχνικές και τα υλικά αυτά άλλαξαν, με αποτέλεσμα να χρησιμοποιηθούν πιο μοντέρνοι τρόποι επεξεργασίας όπως αυτός που περιλαμβάνει τη χρήση του ασβέστη. Ο ασβέστης χρησιμοποιείται αρκετά ακόμη και σήμερα για το ξεπίκρισμα της ελιάς.

Έτσι, με την κατάργηση των παραδοσιακών υλικών και την εισαγωγή καινούριων, σηματοδοτήθηκε το πέρασμα από την οικοτεχνική στην βιομηχανική παραγωγή.

### 2.1 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΕΛΑΙΟΚΑΡΠΟΥ

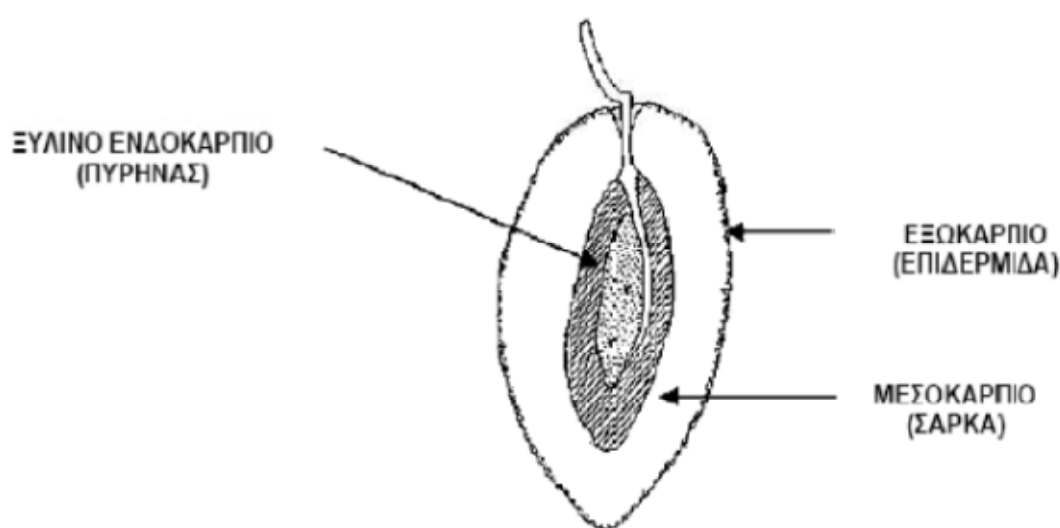
Ως επιτραπέζια ελιά ορίζεται, σύμφωνα με το Διεθνές Συμβούλιο Ελαιόλαδου (1991), ο υγιής καρπός καθορισμένων ποικιλιών του καλλιεργούμενου ελαιόδεντρου, που συλλέγεται αφού έχει διαπιστωθεί η ωριμότητά του και εφόσον η ποιότητά του είναι τέτοια ώστε μετά από κατάλληλη επεξεργασία να είναι σε θέση να δώσει ένα προϊόν εδώδιμο και καλά διατηρούμενο.

Στην επεξεργασία αυτή μπορούμε πάντοτε να προσδώσουμε στην ελιά ένα ιδιαίτερο και χαρακτηριστικό άρωμα, προσθέτοντας διάφορα μπαχαρικά καλής ποιότητας. Η επεξεργασία της ελιάς, έχει ως βασικό στόχο την

απομάκρυνση της ελευρωπαΐνης, ενός φαινολικού γλυκοζίτη στην παρουσία του οποίου οφείλεται η πικρή γεύση των ελαιοκάρπων.

Η χημική σύσταση των ελαιοκάρπων περιλαμβάνει τα εξής συστατικά: νερό σε πολύ μεγάλο ποσοστό που πολλές φορές αγγίζει και το 70% του βάρους του, πρωτεΐνες, υδατάνθρακες, κυτταρίνη, ανόργανα συστατικά, πηκτίνες, οργανικά οξέα, γλυκοζίδια των φαινολών και χρωστικές όπως χλωροφύλλες, καροτενοειδή και ανθοκυάνες.

Σε πολλές περιπτώσεις, στους ελαιοκάρπους έχουν ανιχνευτεί και διάφορα ένζυμα. Αναφορικά τώρα με την μορφολογία ενός ελαιοκάρπου, πρέπει να αναφερθεί ότι έχει ελλειπτικό σχήμα ή και σφαιρικό σε κάποιες περιπτώσεις και αποτελείται από το ενδοκάρπιο και το περικάρπιο. Στην Εικόνα 2.1, βλέπουμε και σχηματικά την απεικόνιση της μορφολογίας ενός ελαιοκάρπου [Μπαλατσούρας Γ.Δ., 1986].



**Εικόνα 2.1:** Μορφολογία ελαιοκάρπου

Στο ενδοκάρπιο, ή αλλιώς πυρήνα, περιλαμβάνονται πρώτον, το ενδοσπέρμιο ή αμύγδαλο, το οποίο περιβάλλεται από μια ελαστική και λεπτή μεμβράνη και είναι πλούσιο σε λάδι και πρωτεΐνη, και δεύτερον, ένα σκληρό ξυλώδες περίβλημα.

Το περικάρπιο, από την άλλη μεριά, διακρίνεται από το εξωκάρπιο ή αλλιώς μεμβράνη και το μεσοκάρπιο ή αλλιώς σάρκα. Το 70-90% του βάρους του περικαρπίου το καλύπτει η σάρκα, η οποία είναι πλούσια σε νερό και λάδι, ενώ το υπόλοιπο το καλύπτει η μεμβράνη.

Πρέπει στα όσα αναφέρθηκαν για τη μορφολογία του ελαιοκάρπου να προστεθεί και το γεγονός ότι το περίβλημά του είναι το οποίο διακρίνεται από εξαιρετική ανομοιομορφία, είναι το κριτήριο με βάση το οποίο γίνεται ο προσδιορισμός της ποικιλίας στην οποία ανήκει η ελιά.

## 2.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ ΤΟΥ ΕΛΑΙΟΚΑΡΠΟΥ

Οι ελαιόκαρποι είναι κατάλληλοι για βρώση μόνο εφόσον έχει επέλθει η πλήρης ωρίμανσή τους. Η διαδικασία προς την ωρίμανση των ελαιόκαρπων και συνακόλουθα, προς την καταλληλότητα τους για κατανάλωση, είναι μακρόχρονη και αρκετά αργή. Πολλές φορές μπορεί να διαρκέσει αρκετούς μήνες. Αυτό θα εξαρτηθεί από μια πληθώρα παραγόντων όπως:

- ✓ Το γεωγραφικό πλάτος της καλλιεργήσιμης περιοχής
- ✓ Την ποικιλία στην οποία ανήκει ο ελαιόκαρπος
- ✓ Τη διαθεσιμότητα του νερού
- ✓ Το φως
- ✓ Τη θερμοκρασία
- ✓ Την ηλικία και το πόσο υγιές είναι το ελαιόδεντρο
- ✓ Τη μέθοδο καλλιέργειας, και
- ✓ Τη χρήση λιπασμάτων

Καθώς προχωράμε στο δεύτερο στάδιο της ωρίμανσης, κατά τη διάρκεια δηλαδή του διμήνου Αυγούστου-Σεπτεμβρίου, η ωρίμανση είναι πιο αργή, ενώ αντίθετα κατά τη διάρκεια του πρώτου σταδίου είναι πιο ταχεία. Τέλος, στο τρίτο και τελευταίο στάδιο, η ωρίμανση είναι επίσης γρήγορη και συμπίπτει με τη μεταβολή του χρώματος από πράσινο σε κόκκινο, μαύρο και κίτρινο [Kiritsakis, 1990].

Στο σημείο αυτό, θα πρέπει να γίνει αναφορά στις διάφορες αλλαγές που επέρχονται στον ελαιόκαρπο καθώς προχωράει η διαδικασία ωρίμανσής του. Πρώτα απ' όλα, καθώς εξελίσσεται η διαδικασία της ωρίμανσης, η περιεκτικότητα του ελαιόκαρπου σε λιπαρές ουσίες αυξάνεται αισθητά, πράγμα το οποίο σημαίνει και ότι οι άγουροι ή αλλιώς πράσινοι καρποί έχουν πολύ χαμηλότερη περιεκτικότητα λιπαρών ουσιών.

Στην Εικόνα 2.2, παρακάτω απεικονίζονται μερικοί άγουροι ελαιόκαρποι, που έχουν πράσινο χρώμα και κάποιοι πιο ώριμοι που έχουν προχωρήσει περισσότερο στο στάδιο της ωρίμανσης και ως εκ τούτου έχουν μαύρο χρώμα.



**Εικόνα 2.2:** Άγουροι και ώριμοι ελαιόκαρποι

Εκτός από την αλλαγή στο χρώμα των ελαιόκαρπων, αλλά και την περιεκτικότητα τους σε λιπαρά, που όπως είπαμε αλλάζουν καθώς εξελίσσεται η διαδικασία ωρίμανσης, επέρχονται και άλλες αλλαγές. Πιο συγκεκριμένα, η σύνθεση των λιπαρών επίσης μεταβάλλεται.

Καθώς η ωρίμανση εξελίσσεται το ποσοστό διαφόρων οξέων του ελαιόκαρπου όπως είναι το παλμιτικό, το λινελαϊκό και λινολενικό οξύ ελαττώνεται ενώ άλλων, όπως το στεατικό και το ελαϊκό αυξάνεται. Παράλληλα, η συγκέντρωση σακχάρων μειώνεται καθώς προχωρά η διαδικασία της ωρίμανσης, γεγονός ιδιαίτερης σημασίας όσον αφορά τη διαδικασία της ζύμωσης όλων των επιτραπέζιων ελιών, αφού συνιστά την βασικότερη πηγή άνθρακα για τη μικροβιακή ανάπτυξη.

Τέλος, η συγκέντρωση των ελιών σε μια ένωση που ονομάζεται ελευρωπαΐνη, και η οποία όπως έχουμε ήδη αναφέρει στην παρούσα εργασία ευθύνεται για την πικρή γεύση των επιτραπέζιων ελιών, μειώνεται καθώς πλησιάζει η ωρίμανση, επιτρέποντας έτσι στους ανθρώπους να τις καταναλώσουν άφοβα. Πρέπει σε αυτό το σημείο να γίνει και μια αναφορά στο βάρος του ελαιόκαρπου, το οποίο μέχρι τον Οκτώβριο-Νοέμβριο αυξάνεται και στη συνέχεια ελαττώνεται λόγω της μείωσης της υγρασίας του καρπού. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, το περιεχόμενο του καρπού σε λάδι να μεγαλώνει κατά το διάστημα Οκτωβρίου-Δεκεμβρίου.

### **2.3 ΤΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΜΕΡΗ ΤΟΥ ΕΛΑΙΟΚΑΡΠΟΥ**

Ο ελαιόκαρπος όπως είδαμε και στην εισαγωγική υποενότητα 2.1, όπου σχολιάστηκε η μορφολογία του, αποτελείται από μια σειρά συστατικών μεταξύ των οποίων συμπεριλαμβάνονται το νερό σε πολύ μεγάλο ποσοστό, πρωτεΐνες, υδατάνθρακες, κυτταρίνη, ανόργανα συστατικά, πηκτίνες, φλαβονοειδή, οργανικά οξέα, γλυκοζίδια των φαινολών και χρωστικές ουσίες όπως χλωροφύλλες, καροτενοειδή και ανθοκυάνες.

Στην πρώτη στήλη του Πίνακα 2.1 που ακολουθεί, παρουσιάζονται τα βασικά συστατικά των ελαιόκαρπων, ενώ στη διπλανή στήλη αναφέρονται κάποια πολύ σημαντικά χαρακτηριστικά των συστατικών αυτών.

**Πίνακας 2.1:** Τα συστατικά του ελαιόκαρπου και τα χαρακτηριστικά τους

<b>ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΤΟΥ ΕΛΑΙΟΚΑΡΠΟΥ</b>	<b>ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ</b>
Νερό	50-60% του νωπού βάρους του καρπού
Ελαιόλαδο	15-30% του νωπού βάρους του καρπού, αδιάλυτο στο νερό
Σάκχαρα	όπως γλυκόζη, γαλακτόζη, φρουκτόζη και μανόζη
Πολυσακχαρίτες	όπως η κυτταρίνη που καταλαμβάνει 3-6% της ελαιομάζας, αδιάλυτα στο νερό
Φαινολικά συστατικά	όπως φυτικές φαινόλες κάποιες διαλυτές σε οργανικούς διαλύτες και κάποιες σε νερό
Φλαβονοειδή	όπως λουτεολίνη, απιγενίνη και ρουτίνη
Ελευρωπαΐνη	δίνει την πικρή γεύση αλλά και το μαύρο χρώμα στον καρπό
Πρωτεΐνες	2-5% του ελαιοπυρήνα
Πηκτίνες	κυρίως η πρωτοπηκτίνη σε 1,5% του ελαιόκαρπου
Οργανικά οξέα	διάσπαρτα σε μικρές ποσότητες σε όλον τον καρπό με pH 4,5-5
Χρωστικές	λιποδιαλυτές όπως χλωροφύλλη και υδροδιαλυτές όπως οι ανθοκυάνες
Τανίνες	1,5-2% του νωπού βάρους της ελαιομάζας, δίνουν τη στυφή γεύση στον καρπό
Βιταμίνες	όπως θειαμίνη, νιασίνη, ριβοφλαβίνη και ασκορβικό οξύ
Ανόργανα άλατα	όπως Ca, P, Fe, Na, K

Παρατηρούμε λοιπόν, ότι το νερό είναι το κυριότερο συστατικό των ελαιόκαρπων, ενώ αμέσως μετά είναι το λάδι. Πρέπει εδώ, να επισημανθεί πως το νερό και οι λιπαρές ουσίες, δηλαδή το λάδι, είναι δυο ουσίες οι οποίες βρίσκονται σε ανταγωνισμό. Αυτό σημαίνει πως, όταν αυξάνεται η περιεκτικότητα του ενός, τότε η περιεκτικότητα του άλλου μειώνεται, ούτως ώστε το άθροισμα και των δυο να είναι πάντοτε σχεδόν σταθερό.





### 3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ

Εδώ και χιλιάδες χρόνια παρατηρείται η διαδικασία παραγωγής ελαιόλαδου από τους ελαιόκαρπους. Είναι μια διαδικασία η οποία λάμβανε, και συνεχίζει να λαμβάνει χώρα, λόγω της ζήτησης του ελαιόλαδου με σκοπό την τελική του κατανάλωση από τον άνθρωπο. Παλαιότερα, το λάδι επεξεργαζόταν σε πολλές και διάσπαρτες μονάδες, με πολύ μικρή κλίμακα παραγωγής και με εξαιρετικά περιορισμένα μέσα. Τα πρώτα ελαιοτριβεία για την εξαγωγή του ελαιόλαδου ήταν τα πιεστικά τα οποία εστίαζαν πρώτα στη μηχανική έκθλιψη του ελαιοκάρπου και έπειτα στην εκχύλιση με πίεση. Επειδή, όμως, η ανάγκη για περισσότερη παραγωγή μεγάλωνε, άρχισαν σιγά σιγά να εμφανίζονται τα φυγοκεντρικά ελαιοτριβεία τα οποία είναι περισσότερο αποδοτικά χάρη στην αυξημένη τους δυναμικότητα. Έτσι, μπορούμε να διακρίνουμε τρεις μεθόδους επεξεργασίας του ελαιόλαδου. Αυτές είναι οι εξής:

- ✓ Παραδοσιακή μέθοδος
- ✓ Φυγοκεντρική μέθοδος δύο φάσεων
- ✓ Φυγοκεντρική μέθοδος τριών φάσεων

Σήμερα, η παραδοσιακή μέθοδος (πιεστικά ελαιοτριβεία) σχεδόν έχει εκλείψει ενώ από τις φυγοκεντρικές μεθόδους, τα φυγοκεντρικά ελαιοτριβεία τριών φάσεων είναι τα περισσότερο διαδεδομένα ακολουθούμενα από τα φυγοκεντρικά ελαιοτριβεία δύο φάσεων. Ειδικά στην Ελλάδα, επικρατούν τα φυγοκεντρικά τριών φάσεων.

#### 3.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ

Το 1985 το Διεθνές Συμβούλιο Ελαιολάδου καθιέρωσε διάφορες κατηγορίες ελαιολάδου, οι οποίες ισχύουν μέχρι σήμερα. Οι κατηγορίες αυτές είναι το παρθένο ελαιόλαδο και το πυρηνέλαιο, συμπεριλαμβανομένων και των υποκατηγοριών τους.

Ξεκινώντας με το παρθένο ελαιόλαδο, πρέπει να αναφέρουμε ότι ορίζεται ως το λάδι που παραλαμβάνεται από τον καρπό της ελιάς με μηχανικά ή φυσικά μέσα και κατά την παραλαβή του εφαρμόζονται συνθήκες οι οποίες δεν προκαλούν αλλοιώσεις στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του και οι υποκατηγορίες του είναι οι παρακάτω:

- ✓ Παρθένο ελαιόλαδο κατάλληλο για κατανάλωση με διακρίσεις:

- ü Εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδο
- ü Εκλεκτό ή φίνο παρθένο ελαιόλαδο
- ü Κουράντε ή κανονικό παρθένο ελαιόλαδο
- ✓ Παρθένο ελαιόλαδο Λαμπάντε (lampante)
- ✓ Εξευγενισμένο ελαιόλαδο (refined olive oil)
- ✓ Ελαιόλαδο γνήσιο ή κουπέ ή αγνό (pure olive oil)

Στα παραπάνω πρέπει να σχολιάσουμε ότι όλες οι υποκατηγορίες παρθένου ελαιόλαδου είναι βρώσιμες εκτός από το Λαμπάντε το οποίο προορίζεται συνήθως για βιομηχανική χρήση λόγω της οξύτητάς του που αγγίζει τους 3,3 βαθμούς. Επίσης, το γνήσιο ελαιόλαδο είναι μίγμα παρθένου και εξευγενισμένου ελαιόλαδου. Τέλος, οι υποκατηγορίες του πυρηνέλαιου είναι οι εξής:

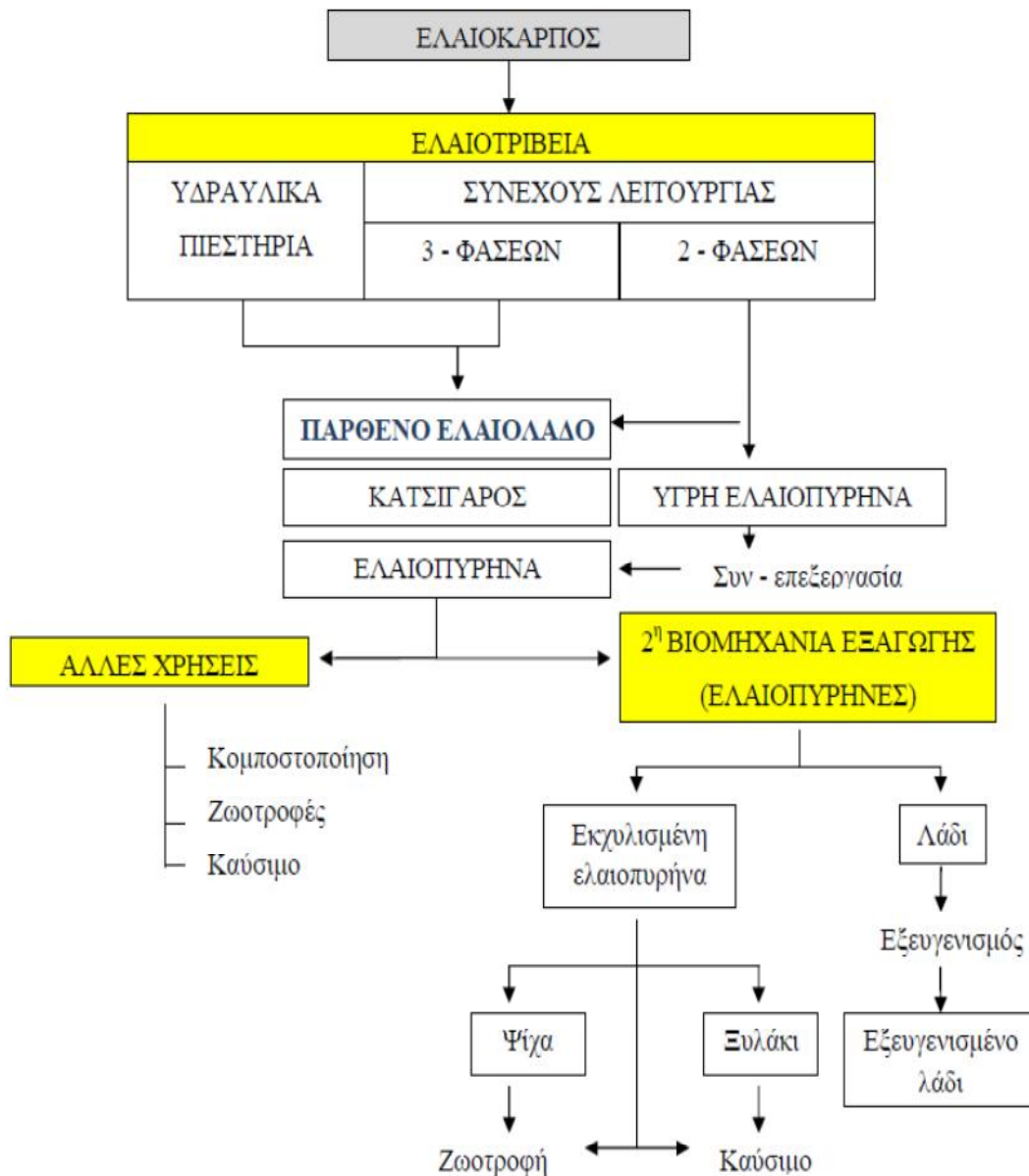
- ✓ Ακατέργαστο πυρηνέλαιο
- ✓ Εξευγενισμένο πυρηνέλαιο
- ✓ Πυρηνέλαιο

### 3.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ

Αρχίζοντας από την πρώτη ύλη, τον ελαιόκαρπο, το πρώτο και κύριο στάδιο της μεταποίησης γίνεται στα ελαιοτριβεία. Σήμερα χρησιμοποιούνται ευρέως, όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή του τρίτου κεφαλαίου, δύο διαφορετικές διαδικασίες εξαγωγής ελαιόλαδου οι οποίες βασίζονται στην τεχνική της φυγοκέντρισης.

Στην Εικόνα 3.1 που απεικονίζεται παρακάτω, δίνεται μια συνοπτική παρουσίαση της διαδικασίας παραγωγής του ελαιόλαδου, των κυριότερων μεθόδων παραγωγής και των παραγόμενων προϊόντων, υποπροϊόντων και αποβλήτων, με τις κυριότερες χρήσεις τους.

Στα παραδοσιακά ελαιοτριβεία το ελαιόλαδο εξάγεται με πίεση στα υδραυλικά πιεστήρια, ενώ στα πιο μοντέρνα ελαιοτριβεία χρησιμοποιούνται τα φυγοκεντρικά ελαιουργικά συγκροτήματα τριών ή δύο φάσεων ανάλογα με τα προϊόντα που δίνουν στο τέλος της επεξεργασίας. Κάθε μέθοδος διαφέρει από την άλλη και εμφανίζει συγκριτικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα τα οποία αναλύονται εκτενέστερα στην υποενότητα 3.6.2.



**Εικόνα 3.1:** Συνοπτική παρουσίαση βιομηχανίας παραγωγής ελαιολάδου

### 3.3 ΣΤΑΔΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ

Η διαδικασία παραγωγής ελαιόλαδου από τους ελαιόκαρπους περιλαμβάνει οκτώ βήματα.

Πρώτο βήμα συνιστά η συλλογή, ή όπως είναι ευρέως γνωστή, η συγκομιδή των καρπών. Αφού, λοιπόν συλλεχθούν οι ελιές, παραδίδονται το ταχύτερο δυνατόν στις επιμέρους μονάδες μεταποίησης, όπου και θα λάβει χώρα η επεξεργασία τους. Η παράδοση προϋποθέτει φυσικά τη μεταφορά των καρπών, η οποία τις περισσότερες φορές γίνεται σε πλαστικές σακούλες ή σε ειδικά καφάσια όπως είναι αυτά της Εικόνας 3.2.



**Εικόνα 3.2:** Καφάσια για τη μεταφορά των ελιών

Υπάρχουν ωστόσο και ειδικές αντλίες για ευκολότερη μεταφορά των ελιών. Μια τέτοια αντλία απεικονίζεται στην Εικόνα 3.3.



**Εικόνα 3.3:** Αντλία για τη μεταφορά των ελιών

Στο δεύτερο βήμα, θα πραγματοποιηθεί η αφαίρεση των φύλλων, η οποία αποτελεί και την πρώτη επεξεργασία που υφίσταται ο καρπός αλλά και ένα πολύ βασικό σημείο της επεξεργασίας, καθώς αν δεν απομακρυνθούν τα φύλλα, η τυχόν σύνθλιψή τους με τους ελαιόκαρπους θα αποδώσει στο παραχθέν ελαιόλαδο ιδιαίτερα πικρίζουσα γεύση.

Στο επόμενο στάδιο, λαμβάνει χώρα το πλύσιμο. Το πλύσιμο διαδραματίζεται στο πλυντήριο, το οποίο είναι και απαραίτητο εξάρτημα σε κάθε είδους ελαιουργείο. Με το πλύσιμο, επιτυγχάνεται η έγκαιρη αφαίρεση του χώματος, της σκόνης αλλά και άλλων, επιβλαβών για το παραχθέν ελαιόλαδο, ουσιών. Στην παρακάτω Εικόνα 3.4 παρουσιάζεται ένα πλυντήριο από αυτά που χρησιμοποιούνται ευρέως στα ελαιοτριβεία.



**Εικόνα 3.4:** Πλυντήριο καθαρισμού ελαιόκαρπων

Ο ελαιόκαρπος αφού πλυθεί, τοποθετείται σε μια ειδική λεκάνη υποδοχής καθαρού καρπού. Στο επόμενο στάδιο γίνεται η άλεση και η μάλαξή του. Πιο συγκεκριμένα, αφού ολοκληρωθεί η άλεση των καρπών, η ελαιοζύμη που προκύπτει αναμιγνύεται στο μαλακτήρα με ζεστό νερό και θερμαίνεται στους 28-30°C. Στη συνέχεια, ακολουθεί η παραλαβή του ελαιόλαδου και των αποβλήτων, υγρών και στερεών.

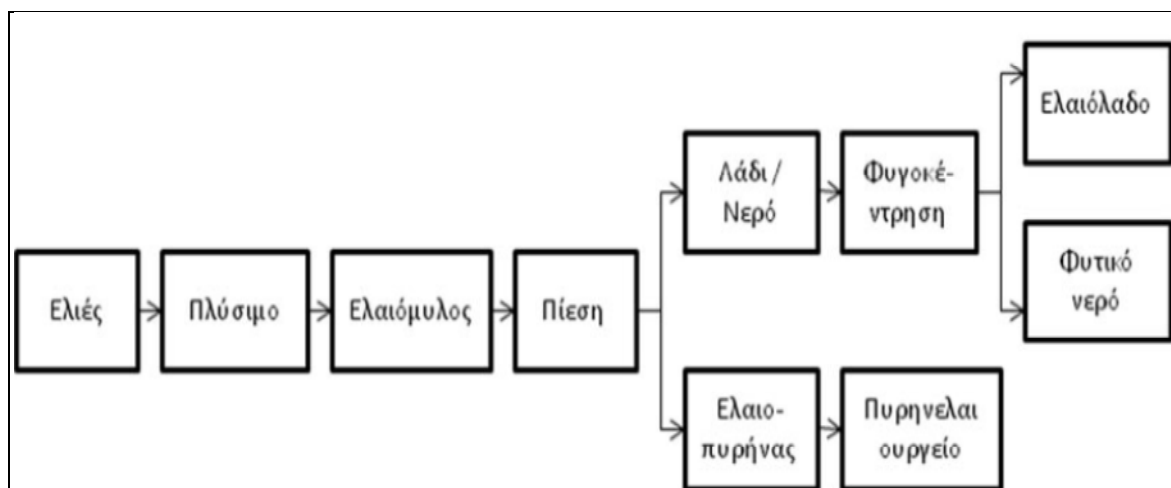
Έπειτα, θα γίνει ο καθαρισμός του ελαιόλαδου και ο τελικός διαχωρισμός του από το φυτικό νερό το οποίο όπως θα δούμε παρακάτω ονομάζεται και απόνερο και αποτελεί συστατικό των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων τα οποία προκαλούν τεράστιες περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

### **3.4 ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΟ ΕΛΑΙΟΥΡΓΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ**

Στις περισσότερες σχεδόν ελαιοπαραγωγικές χώρες, τα κλασσικά ή παραδοσιακά ελαιουργικά συστήματα ήταν τα πρώτα που εμφανίστηκαν και εφαρμόστηκαν. Βέβαια, καθώς ο χρόνος περνούσε, ο εξοπλισμός σε κάθε ένα από αυτά τα συστήματα αλλά και ο τρόπος με τον οποίο αυτά χρησιμοποιούνταν εξελισσόταν συνεχώς, όπως είναι φυσικό.

Στα παραδοσιακά ελαιουργεία, ακολουθείται μια καθαρά ασυνεχής διαδικασία η οποία περιλαμβάνει δύο φάσεις αναφορικά με τη συμπίεση του ελαιόκαρπου, την υγρή και τη στερεή. Στην υγρή φάση γίνεται ο αναγκαίος διαχωρισμός για να παραληφθεί το ελαιόλαδο. Σε αυτά τα συστήματα, τα παραδοσιακά ή αλλιώς κλασσικά, εφαρμόζεται έπειτα αρκετή πίεση για το διαχωρισμό του λαδιού και των φυτικών υγρών από την ελαιοπυρήνα. Κατά

την διάρκεια μάλιστα της μετατροπής αυτής, υπολογίζεται ότι από έναν τόνο ελαιόκαρπου, παράγονται περίπου 350 κιλά ελαιοπυρήνας, η οποία έχει σημειωτέον περιεκτικότητα σε υγρασία ~25%, και περίπου 450 κιλά υγρά απόβλητα ή αλλιώς απόνερα. Έτσι, η τεχνική αυτή, ασυνεχής καθώς είναι, αποτελεί μειονεκτική μέθοδο για τη σύγχρονη βιομηχανία παράλο που είναι περισσότερο οικολογική. Ένα παραδοσιακό και πλήρως εξοπλισμένο πιεστήριο στην σημερινή του μορφή και με όλα τα μηχανήματα που το συνοδεύουν περιλαμβάνει μια χοάνη συλλογής ελαιόκαρπου, έναν μεταφορικό ιμάντα για τον ελαιόκαρπο, ένα αποφυλλωτήριο, ένα πλυντήριο ελαιόκαρπου, ένα συγκρότημα άλεσης με πέτρες, μια διάταξη μαλακτήρα με δοσομετρητή, έναν κατακόρυφο ελαιοδιαχωριστήρα και έναν λέβητα με καυστήρα πυρηνόξυλου. Στην Εικόνα 3.5 που ακολουθεί, παρουσιάζεται σχηματικά το διάγραμμα ροής της παραγωγικής διαδικασίας ενός παραδοσιακού ελαιουργικού συγκροτήματος. Θα πρέπει βέβαια να διευκρινιστεί, ότι η ελαιοπυρήνα που προκύπτει από την διαδικασία που περιγράφηκε παραπάνω, οδηγείται στα πυρηνελαιουργεία για την περαιτέρω επεξεργασία της.



**Εικόνα 3.5:** Διάγραμμα ροής του παραδοσιακού συστήματος παραγωγής ελαιολάδου (Πηγή: [www.tdcolive.net](http://www.tdcolive.net))

### 3.5 ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΑ ΕΛΑΙΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Στα πλαίσια της εξέλιξής τους και καθώς το παραδοσιακό ελαιουργικό σύστημα άρχισε να καθίσταται παρωχημένο, οι άνθρωποι επιδόθηκαν στην αναζήτηση νέων, πιο αποτελεσματικών τρόπων μετατροπής του ελαιόκαρπου σε ελαιόλαδο.

Πιο συγκεκριμένα, θέλοντας να μειώσουν στο ελάχιστο δυνατό το χρόνο επεξεργασίας του ελαιόκαρπου αλλά και να εξαλείψουν παντελώς τους νεκρούς χρόνους στη διαδικασία της επεξεργασίας, οδηγήθηκαν στην δημιουργία των φυγοκεντρικών ελαιοτριβείων. Υπάρχουν δύο είδη φυγοκεντρικών ελαιοτριβείων τα οποία θα μελετήσουμε στις υποενότητες που ακολουθούν. Στην υποενότητα 3.4.1 γίνεται μια περιγραφή των

φυγοκεντρικών ελαιουργείων τριών φάσεων, ενώ η υποενότητα 3.4.2 δίνει μια παρουσίαση των φυγοκεντρικών ελαιουργείων δύο φάσεων.

### **3.5.1 Φυγοκεντρικά ελαιουργικά συστήματα τριών φάσεων**

Η διαδικασία που ακολουθείται στα τριφασικά φυγοκεντρικά ελαιουργεία είναι, σε αντίθεση με αυτήν των παραδοσιακών ελαιουργείων, μια συνεχής διαδικασία. Χρονολογικά τοποθετείται στη δεκαετία του 1970, ενώ με την ανακάλυψή του σχεδόν αντικατέστησε την παραδοσιακή μέθοδο λόγω κάποιων πλεονεκτημάτων που προσέφερε.

Πιο συγκεκριμένα τα πλεονεκτήματα της τριφασικής φυγοκεντρικής μεθόδου έναντι της παραδοσιακής συνοψίζονται στα εξής:

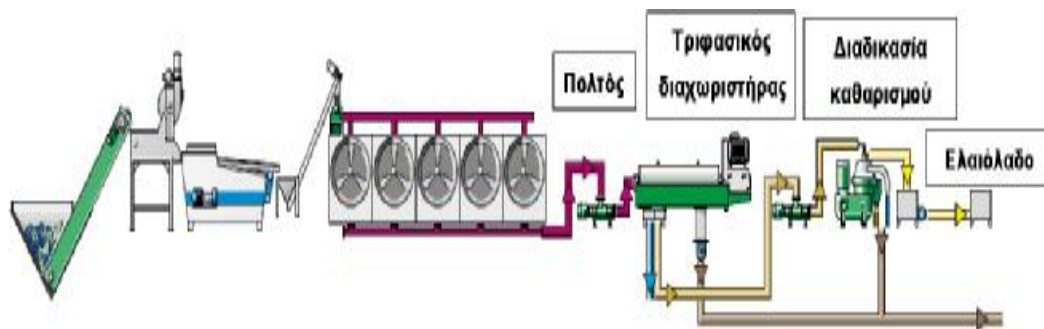
- ✓ απλοποίηση μηχανικών διαδικασιών
- ✓ μείωση των απαιτήσεων εργατικού δυναμικού
- ✓ εφαρμογή συνεχούς διαδικασίας
- ✓ μείωση της εδαφικής επιφάνειας των ελαιουργείων

Η παραγωγή του ελαιόλαδου στα τριφασικά αυτά ελαιουργεία γίνεται, όπως προϋποθέτει και το όνομά τους, φυγοκεντρικά και περιλαμβάνει τα εξής επιμέρους στάδια:

- ✓ παραλαβή του ελαιόκαρπου
- ✓ τροφοδοσία
- ✓ αφαίρεση φύλλων
- ✓ πλύσιμο
- ✓ σπάσιμο και άλεση του ελαιόκαρπου
- ✓ μάλαξη του καρπού
- ✓ παραγωγή του ελαιόλαδου

Από όλη τη διαδικασία προκύπτουν διάφορα υγρά τα οποία φυσικά περιλαμβάνονται στα υγρά απόβλητα των ελαιουργείων. Το νερό πλυσίματος του καρπού αλλά και το νερό πλυσίματος του εξοπλισμού, ο χυμός του ελαιόκαρπου και το νερό που προστίθεται στο στάδιο της μάλαξης είναι μερικά από αυτά τα υγρά απόβλητα.

Παρακάτω, στην Εικόνα 3.6, δίνεται μια σχηματική απεικόνιση όλης της διαδικασίας που ακολουθείται κατά την παραγωγή ελαιόλαδου με βάση την φυγοκεντρική τριφασική μέθοδο.

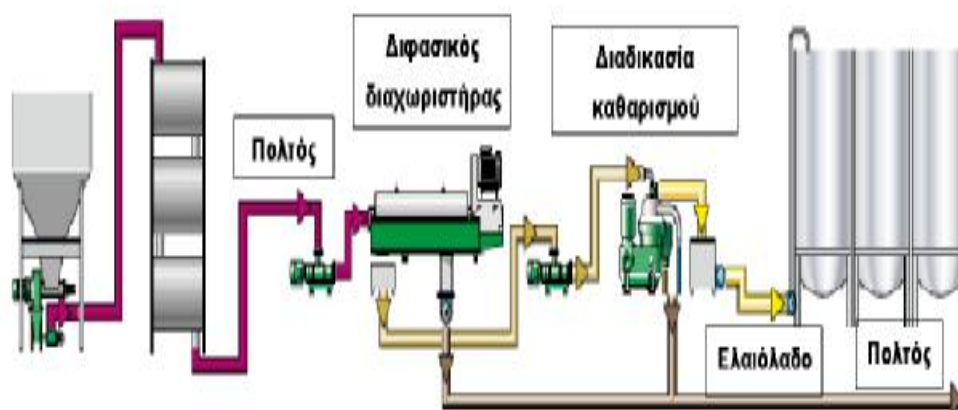


**Εικόνα 3.6:** Τριφασική διαδικασία παραγωγής ελαιόλαδου

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονίσουμε ότι η τριφασική μέθοδος μειονεκτεί σημαντικά λόγω της τεράστιας ποσότητας ύδατος που είναι απαραίτητη για την υλοποίησή της, αλλά και των τεράστιων όγκων υγρών αποβλήτων που προκύπτουν ως αποτέλεσμα της υπερβολικής αυτής ποσότητας νερού που χρησιμοποιείται. Δημιουργείται έτσι, μια τεράστια περιβαλλοντική ανησυχία για τη ρυπαντική επίδραση της μεθόδου αυτής.

### 3.5.2 Φυγοκεντρικά ελαιουργικά συστήματα δύο φάσεων

Ο πιο σύγχρονος τρόπος παραγωγής ελαιόλαδου είναι μέσω της φυγοκέντρησης δύο φάσεων. Τα μειονεκτήματα της τριφασικής μεθόδου οδήγησαν στην ανάπτυξη της διφασικής η οποία πολλές φορές καλείται και «οικολογική» μέθοδος. Τα ελαιουργεία αυτού του τύπου καλούνται και ελαιουργεία νέας γενιάς, λόγω της ιδιαίτερης τεχνολογίας που εφαρμόζουν. Στην Εικόνα 3.7 παρακάτω, παρουσιάζεται ένα φυγοκεντρικό ελαιουργείο δύο φάσεων.



**Εικόνα 3.7:** Διφασική διαδικασία παραγωγής ελαιόλαδου

Παρατηρούμε λοιπόν, ότι ως τελικά προϊόντα από τη διφασική μέθοδο προκύπτουν το ελαιόλαδο αλλά και πολτός. Ο πολτός αυτός που απεικονίζεται ως τελικό προϊόν στην Εικόνα 3.3, είναι ελαιοπυρήνα αναμεμιγμένη με νερό. Από τη διφασική μέθοδο, η οποία περιλαμβάνει τα ίδια



στάδια με την τριφασική, προκύπτουν συγκριτικά πολύ μικρότερες ποσότητες υγρών αποβλήτων. Έτσι, τα πλεονεκτήματα της μεθόδου αυτής συνοψίζονται στα παρακάτω:

- ✓ αποταμίευση νερού και ενέργειας
- ✓ μείωση περιβαλλοντικών ρυπαντικών επιπτώσεων

Ωστόσο, αυτό σε καμία περίπτωση δεν σημαίνει ότι η μέθοδος αυτή στερείται μειονεκτημάτων. Η πολύ δύσκολη διαχείριση των στερεών αποβλήτων που προέρχονται από τη διαδικασία αυτή, είναι το κυριότερο όλων.

### 3.6 ΣΥΓΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΤΡΙΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ

Το παραδοσιακό σύστημα παραγωγής ελαιολάδου είναι ασυνεχές σύστημα συγκριτικά με τα άλλα δύο. Ωστόσο, η συνεχής τριφασική διαδικασία εισήγαγε το μεγαλύτερο μειονέκτημα της παραγωγής τεράστιων ποσοτήτων φυτικού νερού. Παράλληλα, η συνεχής διφασική διαδικασία είναι μια παραλλαγή της τριφασικής μεθόδου και δημιουργεί σχετικά μικρές ποσότητες φυτικού νερού. Ο Πίνακας 3.1, παρουσιάζει μια συγκριτική ανάλυση των τριών συστημάτων αναφορικά με τις εισροές και τις εκροές υλικών και ενέργειας.

**Πίνακας 3.1:** Συγκριτική ανάλυση των συστημάτων παραγωγής ελαιολάδου

ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	ΕΙΣΡΟΗ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΕΚΡΟΗ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ
<b>ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ</b>	Ελαιόκαρπος	1 τόνος	Ελαιόλαδο	200 κιλά
	Νερό πλυσίματος	100-200 λίτρα	Πολτός	400-600 κιλά
	Ενέργεια	40-60 kWh	Φυτικό νερό	400-600 λίτρα
<b>ΤΡΙΦΑΣΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ</b>	Ελαιόκαρπος	1 τόνος	Ελαιόλαδο	200 κιλά
	Νερό πλυσίματος	100-120 λίτρα	Πολτός	500-600 κιλά
	Προστιθέμενο νερό Ενέργεια	700-1000 λίτρα 90-117 kWh	Φυτικό νερό	1000-1200 λίτρα
<b>ΔΙΦΑΣΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ</b>	Ελαιόκαρπος	1 τόνος	Ελαιόλαδο	200 κιλά
	Νερό πλυσίματος	100-120 λίτρα	Πολτός	800 κιλά
	Ενέργεια	< 90-117 kWh	Φυτικό νερό	100-150 λίτρα

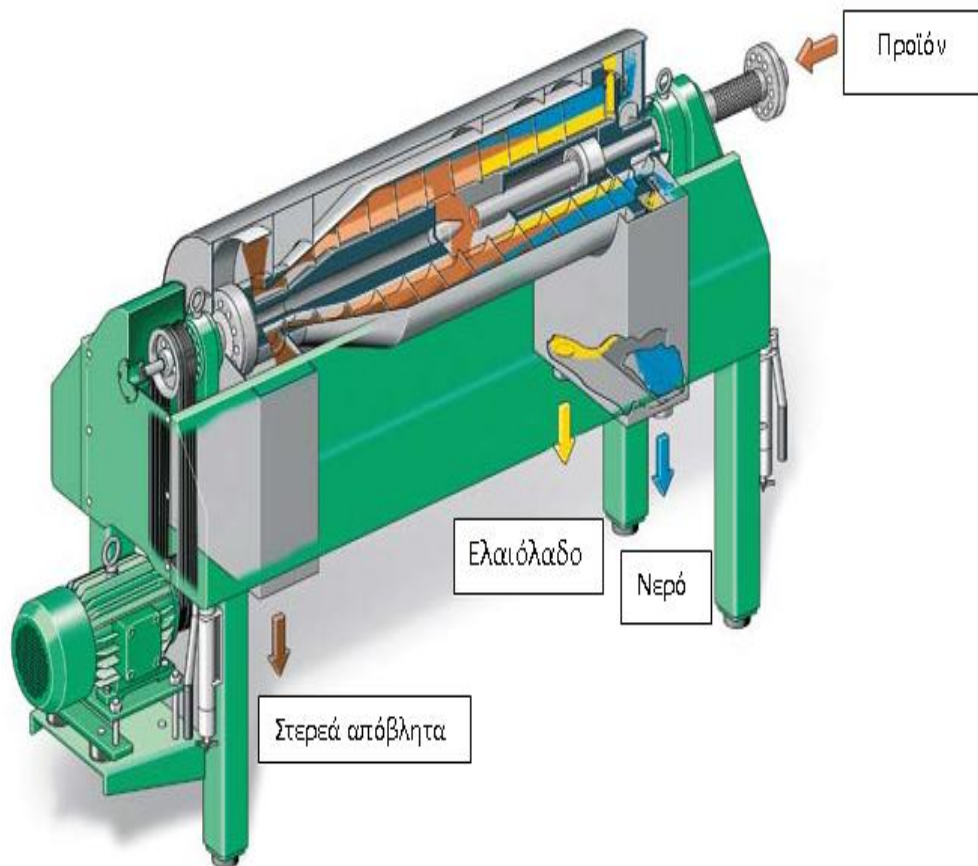
Γίνεται, λοιπόν, για άλλη μια φορά φανερό ότι η τριφασική μέθοδος είναι εκείνη που παράγει την μεγαλύτερη ποσότητα φυτικού νερού.

### 3.6.1 Σύγκριση τριφασικής και διφασικής μεθόδου

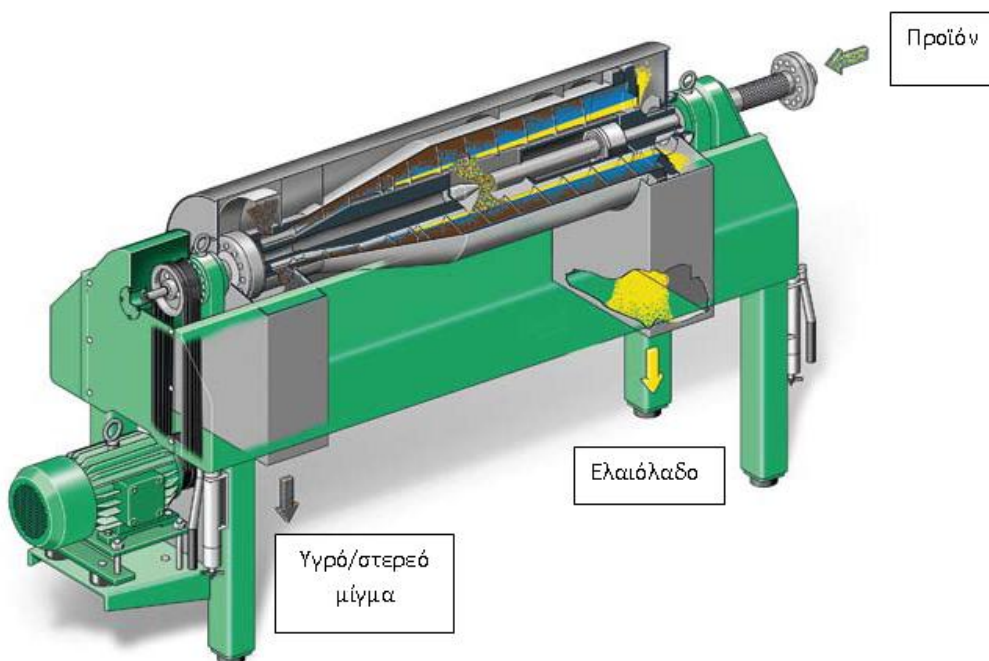
Οι δύο αυτές μέθοδοι αν και εκ πρώτης όψεως φαίνεται να διαφέρουν σημαντικά, εμφανίζουν και πολλά κοινά. Η παρούσα υποενότητα έχει ως σκοπό τη σύγκριση των δύο αυτών κυριότερων μεθόδων παραγωγής ελαιολάδου -μιας και η παραδοσιακή έχει σχεδόν εκλείψει- και την παρουσίαση των πλεονεκτημάτων της κάθε μίας.

Αρχικά, αυτό που οι δύο μέθοδοι έχουν ως κοινό χαρακτηριστικό, είναι το γεγονός ότι και στις δύο διαδικασίες που ακολουθούνται, ο ελαιόκαρπος (οι ελιές) μειώνονται στον λεγόμενο πολτό. Με την τριφασική τεχνολογία, αυτός ο πολτός θα πρέπει να διαλυθεί με ζεστό νερό έτσι ώστε να δημιουργηθεί ένα στρώμα ανάμεσα στο ελαιόλαδο και στα στερεά του διαχωριστήρα. Αυτός είναι ο μόνος τρόπος να επιτύχουμε τον επακόλουθο διαχωρισμό σε ελαιόλαδο, πολτό και υγρά απόβλητα. Ο απαιτούμενος όγκος νερού, ο οποίος εξαρτάται από τον τύπο του ελαιόκαρπου, κυμαίνεται από 15 έως 20% και σε σπάνιες περιπτώσεις έως και 50%. Η ποσότητα νερού σε μορφή αποβλήτων που παράγεται από αυτή τη διαδικασία είναι αρκετά υψηλό. Ο καθαρισμός δε, του νερού αυτού είναι πολύ απαιτητική και ακριβή διαδικασία. Στην περιβαλλοντικά φιλική διφασική μέθοδο, η αρχική διαχείριση των ελαιόκαρπων είναι ουσιαστικά η ίδια με την τριφασική μέθοδο.

Ωστόσο, οι καρποί διαλύονται σε πολύ μικρότερα κομμάτια και μαλάσσονται για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Οι δύο μέθοδοι διαφέρουν και ως προς τον διαχωριστήρα που χρησιμοποιείται στην κάθε μια. Στην τριφασική μέθοδο χρησιμοποιείται ο τριφασικός διαχωριστήρας (decanter) ενώ στη διφασική μέθοδο ο διφασικός. Στις Εικόνες 3.8 και 3.9 που ακολουθούν απεικονίζονται αντίστοιχα, ένας τριφασικός και ένας διφασικός διαχωριστήρας.



**Εικόνα 3.8:** Τριφασικός διαχωριστήρας



**Εικόνα 3.9:** Διφασικός διαχωριστήρας

Τα πλεονεκτήματα της διφασικής μεθόδου είναι τα παρακάτω:

- ✓ μη αναγκαία προσθήκη επιπλέον νερού διάλυσης
- ✓ το ελαιόλαδο που προκύπτει περιέχει όλα τα φυσικά συστατικά του λαδιού (πολυφαινόλες) που δίνουν στο λάδι μια πιο έντονη γεύση
- ✓ το στερεό/υγρό μίγμα μπορεί να επεξεργαστεί σχετικά εύκολα
- ✓ δεν υπάρχει ξεχωριστή φάση διαχωρισμού των υγρών αποβλήτων στο διαχωριστήρα

Από την άλλη μεριά, τα πλεονεκτήματα της τριφασικής μεθόδου είναι τα εξής:

- ✓ υπάρχει υποδομή για την επεξεργασία των στερεών στην παραδοσιακή βιομηχανία
- ✓ η στερεή ποσότητα είναι μόνο το 50% της ποσότητας τροφοδοσίας
- ✓ τα ξηρά στερεά είναι πολύ εύκολα στη μεταφορά.

### **3.6.2 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των τριών μεθόδων**

Όπως είναι φυσικό, η κάθε προαναφερθείσα μέθοδος παραγωγής ελαιόλαδου έχει και τα δικά της πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα.

Από όσα έχουμε ήδη αναφέρει έως τώρα, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η μέθοδος εκείνη που παρουσιάζει τα μέγιστα και σημαντικότερα μειονεκτήματα από όλες είναι η τριφασική φυγοκεντρική μέθοδος. Στα αρνητικά της μεθόδου αυτής συμπεριλαμβάνονται η υψηλή ενεργειακή κατανάλωση, η χρησιμοποίηση μεγάλης ποσότητας θερμού νερού καθώς και η παραγωγή μεγάλης ποσότητας υγρών αποβλήτων.

Αυτό βέβαια, όπως έχουμε ξανά επισημάνει δεν σημαίνει ότι οι άλλες δύο μέθοδοι, η παραδοσιακή και η διφασική φυγοκεντρική, στερούνται μειονεκτημάτων. Για να διαπιστωθούν καλύτερα, τα θετικά και τα αρνητικά τις κάθε μεθόδου, παρατίθεται στην επόμενη σελίδα ο Πίνακας 3.2, όπου γίνεται καταγραφή των πλεονεκτημάτων και των μειονεκτημάτων της κάθε μιας μεθόδου.

**Πίνακας 3.2:** Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των τριών μεθόδων

<b>Μέθοδος παραγωγής</b>	<b>Πλεονεκτήματα</b>	<b>Μειονεκτήματα</b>
<b>Παραδοσιακή</b>	Χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση	Χείριστης ποιότητας υγρά απόβλητα
	Χαμηλή προσθήκη νερού	
	Παραγωγή ελάχιστου υγρού πολτού	
<b>Τριφασική</b>	Ελάχιστος υγρός πολτός	Μεγαλύτερη ποσότητα υγρών αποβλήτων
	Βέλτιστης ποιότητας υγρά απόβλητα	Μεγαλύτερη ποσότητα κατανάλωσης καυτού νερού
		Υψηλή ενεργειακή κατανάλωση
<b>Διφασική</b>	Χαμηλότερη ποσότητα κατανάλωσης καυτού νερού	Μεγαλύτερη ποσότητα υγρού πολτού
	Χαμηλότερη ποσότητα υγρών αποβλήτων	Υψηλή ενεργειακή κατανάλωση

### **3.7 ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΚΑΙ ΠΑΡΑΠΡΟΪΟΝΤΑ ΕΛΑΙΟΥΡΓΕΙΩΝ**

Στην υποενότητα 3.3 περιγράψαμε τα διάφορα στάδια μέχρι την τελική παραγωγή ελαιόλαδου. Ωστόσο, από όλη τη διαδικασία της επεξεργασίας των ελαιόκαρπων ως την τελική παραγωγή ελαιόλαδου, παράγονται διάφορα προϊόντα και παραπροϊόντα τα οποία θα αναλύσουμε στην παρούσα υποενότητα με την οποία ολοκληρώνεται το τρίτο κεφάλαιο.

Αρχικά, από την επεξεργασία που υφίστανται οι ελαιόκαρποι στα ελαιουργεία παράγεται, όπως είναι φυσικό, παρθένο ελαιόλαδο.

Έπειτα, παρατηρείται και παραγωγή υγρών αποβλήτων ή απόνερων που είναι γνωστά ως κασίγαρος και αποτελούνται από τα φυτικά υγρά του καρπού και το επιπλέον νερό που προσθέτουμε κατά το στάδιο της μάλαξης. Τα υγρά αυτά απόβλητα έχουν ιδιαίτερα υψηλό ρυπαντικό φορτίο. Ειδικά στα τριφασικά φυγοκεντρικά ελαιοτριβεία, δημιουργείται η λεγόμενη ελαιοπυρήνα και διάφορα άλλα στερεά απόβλητα, τα οποία ωστόσο μπορούν να χρησιμοποιηθούν πολλές φορές ως στερεό καύσιμο ή ως ζωοτροφή.

Τέλος, παράγονται και προϊόντα όπως το λεγόμενο ξυλάκι, το οποίο λόγω της υψηλής θερμογόνου δυνάμεως του προσφέρεται για χρήση ως καύσιμο.



## 4. ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΕΛΑΙΟΤΡΙΒΕΙΩΝ

Από όλη τη διαδικασία της έκθλιψης του ελαιόκαρπου, με στόχο την παραγωγή ελαιολάδου, παράγονται μεγάλες ποσότητες υγρών, αέριων και στερεών αποβλήτων.

Τα υγρά απόβλητα αποτελούνται από το νερό που χρησιμοποιείται κατά τη διαδικασία ξεπλύματος των καρπών καθώς και από το υγρό που προκύπτει από το διαχωρισμό των φυτικών υγρών του ελαιοκάρπου από το ελαιόλαδο.

Τα στερεά από την άλλη, αποτελούνται από τη λεγόμενη ελαιοπυρήνα, που προκύπτει κατά το διαχωρισμό των υγρών από τα στερεά μέρη του ελαιόκαρπου μέσα στον ειδικό διαχωριστήρα, από τη λάσπη που εγκλωβίζεται στις δεξαμενές εξάτμισης των υγρών αποβλήτων καθώς και από φύλλα και διάφορα άλλα κλαδάκια.

Από διάφορες μελέτες έχει εκτιμηθεί ότι το ποσό των υγρών αλλά και στερεών αποβλήτων των ελαιοτριβείων ανέρχεται σε 30 εκατομμύρια τόνους. Τα απόβλητα αυτά έχουν άκρως ρυπαντική επίπτωση στο περιβάλλον, ενώ ταυτόχρονα αποτελούν για τις χώρες που εμφανίζουν ελαιοπαραγωγική δραστηριότητα, σοβαρό πρόβλημα της σύγχρονης ζωής. Σε κάθε περίπτωση, ο παράγοντας που καθορίζει τη σοβαρότητα των επιπτώσεων των υγρών αποβλήτων στο περιβάλλον, είναι ο τύπος του ελαιοτριβείου, αν πρόκειται δηλαδή για παραδοσιακό, διφασικό ή τριφασικό.

Πιο συγκεκριμένα, έχει διαπιστωθεί ότι οι μεγαλύτερες ποσότητες υγρών αποβλήτων παράγονται από τα φυγοκεντρικά ελαιοτριβεία τριών φάσεων που αποτελούν και τον κατεξοχήν τύπο σύγχρονου ελαιοτριβείου που χρησιμοποιείται.

Ο Πίνακας 4.1 που ακολουθεί απεικονίζει τα χαρακτηριστικά των αποβλήτων για κάθε τύπο ελαιοτριβείου χωριστά. Πρώτα για τα διφασικά φυγοκεντρικού τύπου, έπειτα για τα τριφασικά και τέλος, για τα απόβλητα των παραδοσιακών ελαιοτριβείων.

**Πίνακας 4.1:** Συγκριτική απεικόνιση των συστατικών των υγρών αποβλήτων για κάθε τύπο ελαιοτριβείου

Παράμετρος ( % w/w )	Απόβλητα 2-φάσεων	Απόβλητα 3-φάσεων	Απόβλητα πιεστηρίου
Λιπίδια	4,34	0,5-2,3	0,03-10
Πρωτεΐνες	13,56		
Σάκχαρα	1,30-2,31	1	2-8
Τανίνες	1,25-2,70	0,37	1
Άζωτο	2,48-3,16	0,28	2-5
Φαινόλες		1-2,4	0,5
Ολικά Στερεά		3	12

Αναφορικά τώρα με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων οι οποίες θα αναλυθούν στην παρούσα ενότητα συνίστανται στην αισθητική ρύπανση τοπίων, στη μόλυνση του υδροφόρου ορίζοντα και κατ' επέκταση στη ρύπανση του πόσιμου νερού. Βεβαίως πέρα από τα υγρά απόβλητα, σημαντική επίπτωση ασκούν στο περιβάλλον και τα στερεά απόβλητα των ελαιοτριβείων.

Στην παρούσα εργασία θα γίνει ξεχωριστή αναφορά στα στερεά και στα υγρά απόβλητα ελαιοτριβείων. Εκείνο που πρέπει να τονισθεί, είναι ότι σχεδόν το 75% του συνόλου των αποβλήτων που παράγονται σε μέρη όπου διενεργείται επεξεργασία της επιτραπέζιας ελιάς και μετατροπή της σε ελαιόλαδο προέρχεται από τη λειτουργία των ελαιοτριβείων.

Τέλος, θα πρέπει να αναφερθεί πως ο ελαιοπυρήνας, δηλαδή το στερεό απόβλητο των ελαιοτριβείων περιέχει νερό σε ποσοστό 25% περίπου και μεγάλη ποσότητα λιγνίτη. Παρόλα αυτά τα πιο επιζήμια παραπροϊόντα από τη λειτουργία των ελαιοτριβείων είναι τα υγρά απόβλητα τα οποία προκαλούν πολυάριθμα περιβαλλοντικά προβλήματα. Λόγω της διαφορετικότητας μεταξύ των υγρών και στερεών αποβλήτων, στη σύσταση αλλά και στις επιπτώσεις που επιφέρουν, τα δύο είδη αποβλήτων μαζί με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους μελετώνται σε ξεχωριστές υποενότητες.

#### 4.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΕΛΑΙΟΤΡΙΒΕΙΩΝ

Τα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων (ΥΑΕ), που αλλιώς είναι γνωστά ως κασίγαρος ή αλλιώς μούργα, θεωρείται πως προκαλούν τη μέγιστη περιβαλλοντική ρύπανση λόγω της ιδιότυπης χημικής τους σύνθεσης.





**Εικόνα 4.1:** Κατσίγαρος ελαιοτριβείου

Από το νερό που διαθέτει ο καρπός της ελιάς αλλά και από το σαρκώδες μέρος του, προκύπτει ένα υδατικό διάλυμα το οποίο συνδυαστικά με το νερό που χρησιμοποιείται στη διαδικασία επεξεργασίας του ελαιόλαδου, έχει καθιερωθεί με το όνομα “υγρό απόβλητο ελαιοτριβείων” ή αλλιώς oil mill wastewater (OMW) στην αγγλική βιβλιογραφία. Τα υγρά απόβλητα ελαιοτριβείων αποτελούνται από νερό σε ποσοστό περίπου 80-83%, από οργανικά συστατικά σε ποσοστό 15-18% και τέλος, από ανόργανα συστατικά σε ποσοστό 2%

**Πίνακας 4.2:** Χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων 3-φάσεων

Παράμετρος	Τιμή g/L
pH	3 έως 6
COD	40 έως 220
BOD	23 έως 100
Ολικά Στερεά (TS)	1 έως 102,5
Οργανικά Ολικά Στερεά (OTS)	16,7 έως 81,6
Λίπη	1 έως 23
Πολυφαινόλες	0,002 έως 80
Πτητικά Οργανικά Οξέα	0,78 έως 10
Ολικό Άζωτο	0,3 έως 1,2

Στον Πίνακα 4.2 παραπάνω, απεικονίζονται τα γενικότερα χαρακτηριστικά των ΥΑΕ για τα φυγοκεντρικά ελαιοτριβεία τριών φάσεων. Όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή της ενότητας 4, τα απόβλητα είναι διαφορετικά ανάλογα με τον τύπου του ελαιοτριβείου. Εδώ, παρατίθενται στοιχεία για τα φυγοκεντρικά τριφασικά ελαιοτριβεία, καθώς είναι ο κατεξοχήν χρησιμοποιούμενος τύπος σύγχρονου ελαιοτριβείου. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι τιμές του BOD και COD των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων αποτελούν ένα μέτρο της οργανικής ρύπανσης που προκαλούν.

Επομένως, μεγαλύτερες τιμές μεταφράζονται σε μεγαλύτερη πρόκληση περιβαλλοντικής ρύπανσης. Παράλληλα, γίνεται αντιληπτό από τα στοιχεία του Πίνακα 4.2, ότι τα ΥΑΕ εμπεριέχουν μικρή ποσότητα αζώτου αλλά μεγάλη ποσότητα φαινόλων. Οι φαινόλες εμπεριέχονται σε μεγάλες ποσότητες στα φύλλα και στους καρπούς του ελαιόδεντρου. Ακόμη, τα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων τα οποία είναι θολά υγρά υψηλής πυκνότητας, είναι ελαφρώς όξινα, με pH το οποίο κυμαίνεται μεταξύ 3 - 6 και έχουν σκούρο χρώμα σε αποχρώσεις που κυμαίνονται από κίτρινο-πράσινο έως σκούρο κόκκινο-καφέ ή ακόμα και μαύρο. Ο παράγοντας που καθορίζει το ακριβές χρώμα των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων είναι η αναλογία μεταξύ των ταννινών, δηλαδή φαινολικών ενώσεων μικρού μοριακού βάρους και των φλαβονοειδών, δηλαδή φαινολικών ενώσεων το πολύ 15 ατόμων άνθρακα. Έχουν πολύ χαρακτηριστική οσμή και υψηλή ρυπαντική επίδραση η οποία διαφαίνεται και από τη χαμηλή τιμή του δείκτη βιοαποδομησιμότητας, ο οποίος ορίζεται ως το πηλίκο COD/BOD. Τέλος, εμπορική αξία που αποδίδεται σήμερα στα ΥΑΕ είναι μηδενική.

#### **4.2 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΤΩΝ ΕΛΑΙΟΤΡΙΒΕΙΩΝ**

Οι κυριότεροι λόγοι για τους οποίους αξίζει να σχολιαστούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων είναι μεταξύ άλλων και το γεγονός ότι, όπως προείπαμε στην υποενότητα 4.1, έχουν πολύ χαμηλό δείκτη βιοαποδόμησης.

Παράλληλα, λόγω των φαινόλων αλλά και των οργανικών οξέων που εμπεριέχουν, εμφανίζουν υψηλό δείκτη τοξικότητας για υδρόβιους οργανισμούς αλλά και για διάφορα φυτά, ενώ πολλές φορές ευθύνονται και για την καταστροφή ολόκληρων, χερσαίων και υδάτινων, οικοσυστημάτων. Ακόμη, η μεγάλη συγκέντρωση πρωτεϊνών στα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων, τα κάνει προσφιλή για τη χρήση τους ως λίπασμα ιδιαίτερα χαμηλού κόστους, προσδίδοντάς τους έτσι, μεγάλη λιπασματική αξία.

Στον παρακάτω Πίνακα 4.3 απεικονίζονται οι επιμέρους αρνητικές περιβαλλοντικές συνέπειες για κάθε ένα από τα συστατικά των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων. Διαπιστώνεται πολύ εύκολα ότι κάθε ένα από τα χαρακτηριστικά των ΥΑΕ ευθύνεται για την πρόκληση διαφορετικών περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων. Όλες όμως οι επιβαρύνσεις αυτές είναι ικανές να καταστρέψουν την ισορροπία των οικοσυστημάτων, προκαλώντας ταυτόχρονα διαταραχές σε τόσο σε φυτικούς όσο και σε ζωικούς οργανισμούς. Η παρεμπόδιση της οξυγόνωσης των νερών, τα φαινόμενα ευτροφισμού σε ποτάμια, θάλασσες και λίμνες, ο περιορισμός της φωτοσύνθεσης καθώς και η

μείωση του πορώδους του εδάφους, είναι μερικές από τις περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις που μπορούν να προκληθούν από τα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων.

**Πίνακας 4.3:** Περιβαλλοντικές επιπτώσεις των υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων

α/α	Χαρακτηριστικά ΥΑΕ	Περιβαλλοντικές επιπτώσεις
1	Υψηλή περιεκτικότητα σε χρωστικές	Περιορισμός φωτοσύνθεσης στα νερά λιμνών, θαλασσών και ποταμών, παρεμπόδιση ορατότητας ψαριών και αισθητική υποβάθμιση του περιβάλλοντος
2	Υψηλή περιεκτικότητα σε ελαιόλαδο και άλλες λιπαρές ενώσεις	Παρεμπόδιση της οξυγόνωσης των νερών και μείωση του πορώδους του εδάφους
3	Περιεκτικότητα σε πολυφαινόλες	Βιοτοξικότητα, φυτοτοξικότητα αλλά και βιοαποδόμηση από μικροοργανισμούς
4	Υψηλό ποσοστό άλλων τοξικών ουσιών	Αποξυγόνωση υδάτων και ευτροφισμός
5	Χαμηλό pH, υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα	Διάβρωση εδάφους και αδυναμία άρδευσης

Ένας ακόμη λόγος για τον οποίο τα ΥΑΕ αποτελούν τόσο μεγάλο και ιδιαίτερα ανησυχητικό περιβαλλοντικό ζήτημα είναι το γεγονός ότι η πλέον διαδεδομένη μέθοδος διάθεσής τους είναι η απλή απόρριψή τους σε θάλασσες, ποτάμια, λίμνες και χείμαρρους. Αυτή η τακτική επισύρει πάμπολλες επιπτώσεις στο περιβάλλον διαταράσσοντας ακόμα και την ισορροπία των οικοσυστημάτων.

Τέλος, η αισθητή αύξηση της παραγωγής ελαιολάδου οδηγεί ταυτόχρονα, όπως είναι φυσικό, και σε σημαντική αύξηση των αποβλήτων από τη λειτουργία των ελαιοτριβείων. Αυτή, λοιπόν, η αύξηση συντελεί στην όξυνση του προβλήματος των ΥΑΕ και χρήζει προσοχής. Στον Πίνακα 4.4 που ακολουθεί παρατηρούμε την αύξηση της ελαιοκαλλιέργειας και της ελαιοπαραγωγής τη δεκαετία 1993-2003. Είναι φανερό ότι κατά τη δεκαετία αυτή υπάρχει μια αυξητική τάση στην καλλιέργεια ελαιόδεντρων και στην παραγωγή ελαιολάδου. Πιο συγκεκριμένα, ξεκινώντας από 106.248.762 ελαιόδεντρα το 1993, φτάσαμε στα 137.372.304 ελαιόδεντρα το 2003, μια αύξηση της τάξεως του 30%. Αντίστοιχα, σχετικά με την παραγωγή ελαιολάδου κατά το ίδιο χρονικό διάστημα, παρατηρήθηκε επίσης αυξητική τάση, καθώς από παραγωγή 268.000 τόνων ελαιόλαδου το 1993 φτάσαμε στους 306.940 τόνους το 2003. Βέβαια η αύξηση είναι συγκριτικά μικρότερη από εκείνη της καλλιέργειας ελαιόδεντρων και υπολογίζεται σε 14,5% περίπου. Τέλος, παρατηρείται από τα στοιχεία του Πίνακα 4.4 ότι ενώ ο αριθμός των

ελαιόδεντρων ακολούθησε μόνο αυξητική τάση τα δέκα αυτά χρόνια, η παραγωγή ελαιολάδου ακολούθησε αυξομειώσεις ,χωρίς μια σταθερά αυξανόμενη πορεία.

**Πίνακας 4.4:** Ελαιοκαλλιέργεια και παραγωγή ελαιολάδου στην Ελλάδα κατά τη διάρκεια της δεκαετίας 1993-2003

Έτος	Αριθμός ελαιόδεντρων	Παραγωγή ελαιολάδου (σε τόνους)
1993	106.248.762	268.000
1994	110.772.737	357.785
1995	114.003.029	407.450
1996	117.905.650	454.640
1997	121.182.101	453.000
1998	122.481.028	466.000
1999	130.769.382	413.000
2000	129.053.238	430.000
2001	135.951.606	360.000
2002	137.338.029	414.000
2003	137.372.304	306.940

Πριν αναφερθούμε λεπτομερώς στις επιμέρους επιπτώσεις των ΥΑΕ στο περιβάλλον, αξίζει να σημειώσουμε ότι υπάρχει διαφορά στον ετήσιο όγκο των αποβλήτων που παράγονται από κάθε τύπο ελαιοτριβείου.

Επομένως, διαφορετικός τύπος ελαιοτριβείου συντελεί και στην παραγωγή διαφορετικού όγκου αποβλήτων. Παρατηρώντας τον Πίνακα 4.5, διαπιστώνει κανείς εύκολα για ακόμη μια φορά, αυτό που έχει αναφερθεί πολλές φορές στην παρούσα εργασία· ότι δηλαδή, τα φυγοκεντρικού τύπου ελαιοτριβεία, και ιδίως τα πολύ μεγάλα που έχουν δυναμικότητα που ξεπερνά τα 2000 Kg/h, είναι εκείνα που παράγουν τον μεγαλύτερο όγκο αποβλήτων. Πιο συγκεκριμένα, από τη στήλη της συνολικής παραγωγής αποβλήτων (τελευταία στήλη του Πίνακα 4.5), διαπιστώνεται ότι τα κλασσικού τύπου ελαιοτριβεία παράγουν συγκριτικά πολύ μικρότερες ποσότητες υγρών αποβλήτων από τα φυγοκεντρικά, ενώ παράλληλα, για ένα πολύ μεγάλο φυγοκεντρικό ελαιοτριβείο, ο όγκος των υγρών αποβλήτων που παράγει μπορεί να φτάσει έως και τα 5500 m<sup>3</sup>.

Ωστόσο, αυτό δεν καθιστά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τα υγρά απόβλητα των παραδοσιακών ελαιοτριβείων λιγότερο σημαντικές, απλά μπορεί να ειπωθεί ότι δεν είναι τόσο επιβλαβή όσο τα ΥΑΕ που προέρχονται από τα

φυγοκεντρικά ελαιοτριβεία και ιδίως τα φυγοκεντρικά πολύ μεγάλης δυναμικότητας.

**Πίνακας 4.5:** Παραγωγή αποβλήτων από ελαιοτριβεία

		Παροχή αποβλήτων			
Ελαιοτριβείο	Δυναμικότητα		Μέγιστη	Μέση	Συνολική παραγωγή
Τύπος	Μέγεθος	Kg/h	m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup>
Κλασσικός	Πολύ μικρό	500	7,8	0,78	75
	Μικρό	550-1000	7,3-15,6	1,17-2,34	112-225
	Μεσαίο	1000-1250	15,6-19,5	3,13-3,90	300-374
	Μεγάλο	1250-2000	19,5-31,2	5,46-9,74	524-837
	Πολύ μεγάλο	>2000	31,2-62,4	10,92-21,94	1048-2096
Φυγοκεντρικός	Μεσαίο	1000-1250	26,4-33	14,52-18,15	1394-1742
	Μεγάλο	1250-2000	33-52,8	18,15-29,04	1742-2788
	Πολύ μεγάλο	>2000	52,8-105,6	29,04-58	2788-5575

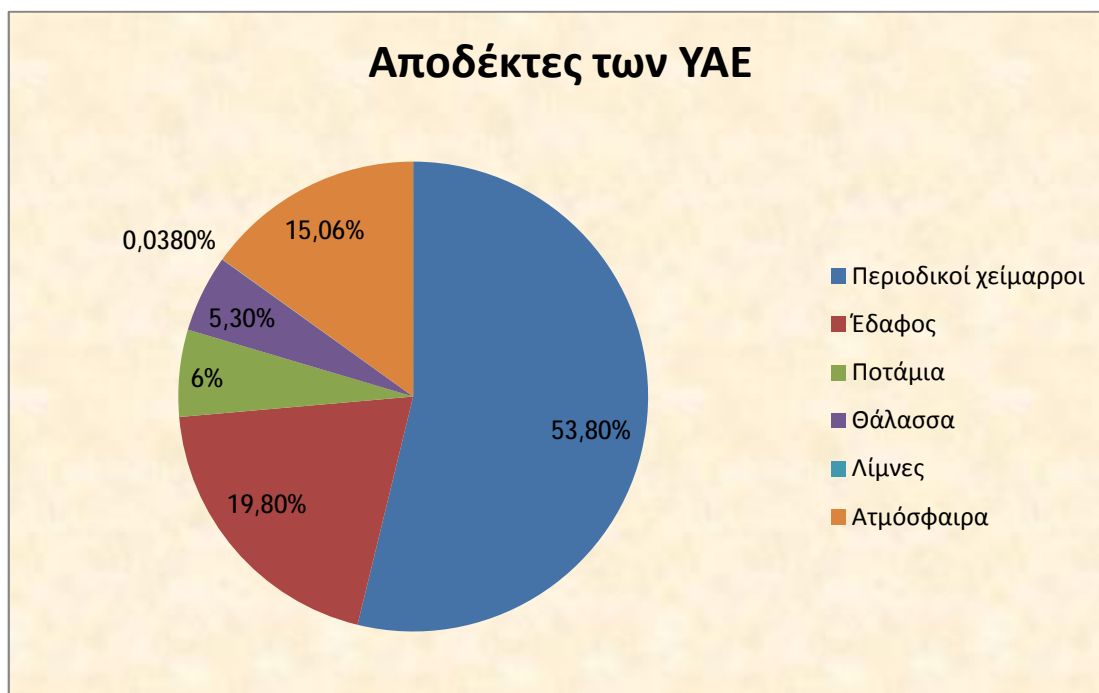
(Πηγή: Υπουργείο Γεωργίας)

Τα ΥΑΕ ευθύνονται για μια σειρά αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων, οι οποίες είναι ιδιαίτερα σοβαρές και η σημασία τους εντείνεται ακόμη περισσότερο αν συνυπολογίσει κανείς το γεγονός ότι τα μέτρα από πλευράς πολιτείας είναι ελάχιστα. Τα ΥΑΕ είναι πλούσια σε χρωστικές ουσίες οι οποίες πέρα από την αισθητική υποβάθμιση που προκαλούν, ευθύνονται και για την μειωμένη ορατότητα των ψαριών αλλά και για την παρεμπόδιση της διαδικασίας φωτοσύνθεσης στα νερά θαλασσών, ποταμών και λιμνών. Ταυτόχρονα, τα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων, καθώς περιέχουν ελαιόλαδο αλλά και διάφορες άλλες λιπαρές ουσίες, μειώνουν το πορώδες του εδάφους και παρακωλύουν την οξυγόνωση των νερών.

Ακόμη, με τα ΥΑΕ συνδέονται και φαινόμενα ευτροφισμού λόγω της τοξικότητάς τους. Τέλος, το χαμηλό pH των αποβλήτων τα καθιστά όξινα με αποτέλεσμα να προκαλείται σοβαρότατη διάβρωση του εδάφους και κατ' επέκταση ακαταλληλότητά του για άρδευση.

Στις υποενότητες που ακολουθούν θα μελετηθούν ξεχωριστά για κάθε αποδέκτη οι επιπτώσεις των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων. Ωστόσο πρέπει να επισημάνουμε το ποσοστό και την έκταση στην οποία κάθε αποδέκτης πλήττεται από τα ΥΑΕ. Στην Εικόνα 4.2 που ακολουθεί, παρατηρούμε το ποσοστό στο οποίο επηρεάζεται κάθε αποδέκτης από τα ΥΑΕ. Οι χείμαρροι που έχουν το μεγαλύτερο ποσοστό επηρεασμού από τα ΥΑΕ, ακολουθούμενοι από το έδαφος αλλά και την ατμόσφαιρα εμφανίζονται

να είναι πιο ευαίσθητοι στις ρυπαντικές ικανότητες των υγρών αποβλήτων των ελαιολιτριβείων. Οι επιμέρους επιπτώσεις που αφορούν κάθε αποδέκτη αναλύονται παρακάτω στις υποενότητες που ακολουθούν.



**Εικόνα 4.2:** Ποσοστό επίδρασης των υγρών αποβλήτων ελαιολιτριβείων (ΥΑΕ) στους διάφορους φυσικούς αποδέκτες

#### 4.2.1 Διάβρωση εδάφους

Ιδιαίτερα σημαντικές και ανησυχητικές είναι οι επιδράσεις των Υ.Α.Ε στο έδαφος. Πιο συγκεκριμένα, η διάβρωση του εδάφους είναι μια από τις κυριότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκαλεί η παραγωγή ελαιολάδου και η οποία αναφέρεται σε πολυάριθμες μελέτες, δημοσιεύσεις και άρθρα. Τα μοναδικά γεωλογικά και φυσικά χαρακτηριστικά του εδάφους καταστρέφονται ή επικαλύπτονται από την αλόγιστη και δίχως τον παραμικρό έλεγχο εναπόθεση των υγρών αποβλήτων των ελαιολιτριβείων. Αυτό δημιουργεί με τη σειρά του περαιτέρω αρνητικές επιπτώσεις καθώς, προκαλείται σημαντική μεταβολή της σχεδιασμένης για το μέλλον χρήσης της γης ενώ ταυτόχρονα, ζημιώνονται οι φυσικοί πόροι οι οποίοι αξιοποιούνται βραδύτερα, ή πολύ χειρότερα, δεν αξιοποιούνται καθόλου. Σε αυτή την κατηγορία των επιπτώσεων, μπορεί να συμπεριληφθεί και η αισθητική υποβάθμιση του τοπίου, αφού από την γενικότερη διάβρωση και παραμόρφωση των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών του εδάφους δημιουργείται ένα μη αποδεκτό αισθητικά θέαμα.

Παρακάτω στην Εικόνα 4.3, φαίνεται ξεκάθαρα η ρύπανση του εδάφους που προκαλούν τα υγρά απόβλητα των ελαιολιτριβείων. Τα οργανικά οξέα, αλλά και οι οργανικές και ανόργανες ενώσεις που περιέχουν τα ΥΑΕ, μειώνουν τη φυσική ικανότητα που έχει το έδαφος να ανταλλάσσει κατιόντα, με αποτέλεσμα την καταστροφή όλων των υπαρχόντων σε αυτό μικροοργανισμών και την περαιτέρω δραματική μείωση της γονιμότητάς του.

Πιο συγκεκριμένα, τα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων που διατίθενται χωρίς καμία επεξεργασία στο έδαφος, αυξάνουν τη συγκέντρωση ιόντων  $K^+$ ,  $Na^+$  και  $Mg^{+2}$ , τα οποία με τη σειρά τους αντικαθιστούν τον  $Ca$  του εδάφους. Τέλος, τα ΥΑΕ τα οποία παρειασφρέουν στο έδαφος, προκαλούν διάλυση των ανθρακικών του αλάτων και αυξάνουν το συνολικό αριθμό των μικροβίων.

Άλλωστε, έχει αποδειχθεί από ποικίλες μελέτες ότι η διάθεση του κασίγαρου στο έδαφος, αυξάνει τον πληθυσμό των βακτηρίων συγκριτικά με το πληθυσμό του φυσικού εδάφους χωρίς διάθεση κασίγαρου.



**Εικόνα 4.3:** Ρύπανση και αισθητική υποβάθμιση εδάφους από τη διάθεση των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων

#### **4.2.2 Επιπτώσεις των υγρών αποβλήτων στην ατμόσφαιρα**

Οι επιπτώσεις των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων στην ατμόσφαιρα είναι αρκετές. Το κυριότερο πρόβλημα είναι η ατμοσφαιρική ρύπανση αλλά και οι δυσάρεστες οσμές που αναδύονται.

Πιο συγκεκριμένα, οι οσμές αυτές μαζί με διάφορα αέρια όπως είναι το μεθάνιο και το υδρόθειο, διευκολύνουν την συγκέντρωση εντόμων στις περιοχές εναπόθεσης των ΥΑΕ με αποτέλεσμα την περαιτέρω αισθητική υποβάθμιση της φυσικής ομορφιάς του τοπίου.



#### 4.2.3 Οι επιπτώσεις των υγρών αποβλήτων στο νερό και τους γενικότερους υδάτινους αποδέκτες (θάλασσες, ποτάμια, υπόγεια νερά)

Ξεκινώντας από τα ποτάμια και τους χείμαρρους πρέπει να τονισθεί ότι η επίδραση των ΥΑΕ είναι ανεπανόρθωτη. Τα ΥΑΕ, που είναι πλούσια σε σάκχαρα, πέρα από την αλλαγή του χρώματος των φυσικών υδάτων που είναι η εμφανέστερη επίπτωση που προκαλούν λόγω της οξειδωσής τους, ευθύνονται και για την αύξηση συγκεκριμένων μικροοργανισμών στο εσωτερικό των ποταμών.

Πρόκειται για μικροοργανισμούς, συνηθέστερα βακτήρια, που χρησιμοποιούν τα προαναφερθέντα σάκχαρα και οποιοί ζώντας στο νερό μειώνουν αισθητά την ποσότητα οξυγόνου που είναι διαθέσιμη και για όλους τους άλλους έμβιους οργανισμούς. Από αυτό το γεγονός είναι ολοφάνερη η τεράστια ανισορροπία που μπορεί να προκληθεί στα διάφορα οικοσυστήματα. Ανισορροπία που αν εμφανιστεί είναι και εξαιρετικά δύσκολο αν όχι ακατόρθωτο πολλές φορές να αποκατασταθεί.

Επίσης, μια άλλη σοβαρή επίπτωση των ΥΑΕ στα ποτάμια, είναι το φαινόμενο του ευτροφισμού που προκαλείται κυρίως από την γρήγορη ανάπτυξη φυκιών στο εσωτερικό των ποταμών η οποία διευκολύνεται από την παρουσία φωσφόρου στα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων.

Πιο συγκεκριμένα, ο ευτροφισμός που ως όρος προέρχεται από την ελληνική λέξη καλοθρεμμένος (ευ + τροφή), λαμβάνει χώρα λόγω της συσσώρευσης θρεπτικών στοιχείων σε υδάτινους αποδέκτες όπως θάλασσες, ποτάμια και λίμνες. Οι γενικότερες επιδράσεις του φαινομένου του ευτροφισμού στο περιβάλλον και ειδικότερα στους υδάτινους αποδέκτες είναι οι εξής: θάνατος αλλά και εξαφάνιση πολλών ειδών ψαριών λόγω της έκλυσης στη θάλασσα αέριας τοξικής αμμωνίας από τα απόβλητα των ελαιοτριβείων και κατ' επέκταση μείωση και αλλοίωση της βιοποικιλότητας, υπέρμετρη ανάπτυξη φυτών μέσα στα ύδατα που προσδίδει σε αυτά ένα χαρακτηριστικό πράσινο χρώμα και οδηγεί σε ανάπτυξη μικροβίων (μικροοργανισμών) και τέλος, δυσσομία και κακή γεύση.

Ο ευτροφισμός ως διαδικασία είναι εξαιρετικά επιβλαβής καθώς δύναται να μεταβάλλει το pH του ποταμού ή ακόμα και την τιμή του διαλυμένου οξυγόνου που ενυπάρχει σε αυτό καθ' όλη τη διάρκεια του εικοσιτετραώρου.

Τέλος, στην Εικόνα 4.4 που εμφανίζεται παρακάτω, διαφαίνεται η μόλυνση που δύναται να προκληθεί στα ποτάμια εξαιτίας της αλόγιστης απόρριψης ανεπεξέργαστων αποβλήτων ελαιοτριβείων σε αυτά. Λόγω της εν λόγω μόλυνσης, ελαττώνεται σημαντικά και η ποσότητα νερού που θα ήταν διαθέσιμη στο κοινό για άλλες χρήσεις όπως για παράδειγμα για ύδρευση ή άρδευση.





**Εικόνα4.4:** Διάθεση των ανεπεξέργαστων υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων στα αριστερά της κοίτης του ποταμού Σέλα.

Έχουν μάλιστα παρατηρηθεί και αλλαγές στην ποσότητα απόπλυσης του εδάφους. Πολύ χαρακτηριστική περίπτωση μόλυνσης ποταμού από τα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων είναι ο ποταμός Γουαδαλκιβίρ (Guadalquivir) στην Ανδαλουσία της Ισπανίας, ο οποίος έχει καθιερωθεί ως το «μαύρο ποτάμι», λόγω του ανεπανόρθωτου αποχρωματισμού που έχουν υποστεί διαχρονικά τα νερά του.

Αναφορικά τώρα με την απόρριψη υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων σε θάλασσες και λίμνες, πέρα από τη μεταβολή της ποιότητας του νερού και την αισθητική υποβάθμιση, παρατηρείται και δημιουργία ασφυκτικών συνθηκών διαβίωσης για τους υδρόβιους οργανισμούς που κατοικούν σε αυτές. Δεν είναι λίγες οι επιστημονικές αναφορές ομαδικής θανάτωσης ψαριών από τα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων. Γίνεται δηλαδή διείδυση του στερεού τμήματος των ΥΑΕ στον οργανισμό των υδρόβιων όντων, με αποτέλεσμα οι πιο ευαίσθητοι από αυτούς να πεθαίνουν πολλές φορές από ασφυξία.

Αυτό το φαινόμενο είναι ακόμη πιο σοβαρό αν συνυπολογιστεί και το ότι τα περισσότερα υδάτινα οικοσυστήματα εμφανίζουν μια δυσκολία αυτοκαθαρισμού. Θα πρέπει σε αυτό το σημείο ωστόσο, να διευκρινιστεί ότι η απόρριψη των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων σε φυσικές λίμνες είναι παντελώς διαφορετική τακτική από την απόρριψη σε τεχνητές λίμνες εξάτμισης που σκοπό έχουν την εξάτμιση του κασιόγαρου με τη βοήθεια της ηλιακής ενέργειας. Στην Εικόνα 4.5 βλέπουμε τη διάθεση των ΥΑΕ σε μια λίμνη που προωθεί την εξάτμιση του κασιόγαρου.



**Εικόνα 4.5:** Διάθεση των ανεπεξεργαστων υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων σε τεχνητή λίμνη εξάτμισης.

Εκτενέστερη αναφορά στην τακτική απόρριψης των ΥΑΕ σε τεχνητές λίμνες εξάτμισης θα γίνει στην υποενότητα 5.1.1, όπου αναλύονται οι βιολογικές μέθοδοι επεξεργασίας των αποβλήτων των ελαιοτριβείων.

**Πίνακας 4.6:** Ανώτερα επιτρεπτά όρια κασιόγαρου σε Ελληνικούς (Ε), Ιταλικούς (Ι) και Κροατικούς (Κ) υδάτινους αποδέκτες

Στοιχείο	Διάθεση σε νερά			Διάθεση στη θάλασσα		Διάθεση στο αποχετευτικό δίκτυο		
	Ελλάδα (Ε)	Ιταλία (Ι)	Κροατία (Κ)	(Ε)	(Κ)	(Ε)	(Ι)	(Κ)
<b>pH</b>	6 έως 9	5,5 έως 9,5	6,5 έως 8	6 έως 9	6,5 έως 8	6 έως 9	5,5 έως 9,5	5 έως 9,5
<b>BOD</b>	40	≤ 40	25	40	25	500	≤ 250	250
<b>COD</b>	1	≤ 160	125	120	125	1000	≤ 500	700
<b>Ολικά αιωρούμενα στερεά</b>	40	≤ 80	35	50	35	500	≤ 200	80
<b>Λίπη και έλαια</b>	5		25	5	25	40	100	
<b>Φαινόλες</b>	0,5	≤ 0,5	0,1	0,5	0,1	5	≤ 1	10

Όσον αφορά τώρα, τα ανώτερα επιτρεπτά όρια για τη διάθεση των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων στους διάφορους υδάτινους αποδέκτες, θα πρέπει να αναφερθεί ότι στην Ευρωπαϊκή Ένωση δεν ακολουθείται μια ενιαία πολιτική.

Ωστόσο, στον Πίνακα 4.6 της προηγούμενης σελίδας, αποτυπώνονται τα επιτρεπτά όρια που επικρατούν στην Ελλάδα, την Ιταλία και την Κροατία αναφορικά με διάφορα συστατικά που εμπεριέχονται στα ΥΑΕ.

#### **4.2.4 Διαταράξεις στην πανίδα και τον άνθρωπο**

Οι ζωικοί οργανισμοί πλήττονται ανεπανόρθωτα από την υπερβολική απόρριψη υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων στο περιβάλλον.

Τα ΥΑΕ, λόγω των φαινολών και των τανινών που εμπεριέχουν, δρουν τοξικά πάνω στα έμβια όντα. Μάλιστα ανάμεσα στις τανίνες και τις φαινόλες εκείνες που δημιουργούν το μεγαλύτερο πρόβλημα είναι οι μικρής τοξικότητας φαινόλες, καθώς σε αντίθεση με τις τανίνες, δεν βιοαποικοδομούνται με ευκολία.

Ο κασίγαρος, έχει πολύ ισχυρή παρεμποδιστική δράση σε διάφορα είδη βακτηρίων και μυκήτων προκαλώντας έτσι ζημία στον πληθυσμό των μικροοργανισμών αυτών. Ωστόσο, δεν θα πρέπει να παραβλέψουμε το γεγονός ότι μέσα στα ΥΑΕ εμπεριέχονται και κάποιες φαινολικές ενώσεις οι οποίες είναι ευεργετικές για τον άνθρωπο λόγω της αντιοξειδωτικής του δράσης.

Μερικά παραδείγματα τέτοιων ενώσεων είναι υδροξυτυροσόλη και η τυροσόλη, οι οποίες σύμφωνα με μελέτες, προστατεύουν την ανθρώπινη υγεία, παρακλύοντας την εμφάνιση σοβαρότατων ασθενειών όπως είναι η αθηροσκλήρωση αλλά και η στεφανιαία νόσος.

Βέβαια το γεγονός αυτό δεν μπορεί σε καμία περίπτωση να αντισταθμίσει τις αναρίθμητες περιβαλλοντικές ζημίες που προκαλούν τα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων στην πανίδα, τη χλωρίδα αλλά και τον άνθρωπο. Οι κάτοικοι μάλιστα των περιοχών όπου υπάρχουν και λειτουργούν ελαιοτριβεία είναι ιδιαίτερα εκτεθειμένοι στα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων. Για παράδειγμα, είχε παρατηρηθεί παλαιότερα στην περιοχή Σκαλανίου, έπειτα από πολυάριθμες καταγγελίες των κατοίκων, το φαινόμενο να τρέχει από τις βρύσες αντί για νερό κασίγαρος!

Τέλος, θα πρέπει να αναφερθεί και το γεγονός ότι οι κάτοικοι των ελαιοπαραγωγικών περιοχών ενοχλούνται από τη δυσσομία που αναδύεται από τις ανοιχτές δεξαμενές αποθήκευσης των ΥΑΕ, αλλά και από την ύπαρξη μεγάλου αριθμού εντόμων που αυτές οι δεξαμενές, όντας υπαίθριες, ελκύνουν.

### **4.3 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΑ ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΤΩΝ ΕΛΑΙΟΤΡΙΒΕΙΩΝ**

Πέρα από τα υγρά απόβλητα που συνοδεύουν τη δραστηριότητα των ελαιοτριβείων, σημαντικό είναι και το μέγεθος των στερεών αποβλήτων που παράγονται. Τα στερεά απόβλητα προέρχονται τις περισσότερες φορές από τον ελαιόκαρπο αλλά και το κουκούτσι της ελιάς και είναι ουσιαστικά ένα μίγμα στερεών συστατικών στο οποίο συμπεριλαμβάνονται ο ελαιοπυρήνας και τα

φύλλα και τα φύλλα τα οποία συλλέχτηκαν κατά τη συγκομιδή των ελαιόκαρπων. Τα απόβλητα εκείνα που προέρχονται από τα κουκούτσια των ελαιόκαρπων είναι γνωστά με το όνομα ξυλάκι. Τα στερεά απόβλητα των ελαιοτριβείων διαφέρουν ως προς τον όγκο και τη σύσταση σε δύο βασικές κατηγορίες:

- ✓ Σε εκείνα, όπως για παράδειγμα σε φύλλα ή πέτρες, που συλλέγονται κατά τα αρχικά στάδια της παραγωγικής διαδικασίας και επομένως είναι τα ίδια ανεξάρτητα με το εάν εφαρμόζεται η παραδοσιακή, η τριφασική ή η διφασική μέθοδος επεξεργασίας των ελαιόκαρπων, και
- ✓ Σε εκείνα που προκύπτουν κατά το τελικό πλέον στάδιο της όλης διαδικασίας που είναι το στάδιο της παραλαβής του ελαιόλαδου. Αυτού του είδους τα απόβλητα τα οποία ονομάζονται ελαιοπυρήνας αποτελούν το κύριο στερεό υπόλειμμα της παραγωγικής διεργασίας.

Ο ελαιοπυρήνας έχει διαφορετική περιεκτικότητα σε σάκχαρα και υγρασία ανάλογα με το αν προκύπτει από διφασική ή τριφασική επεξεργασία των ελαιόκαρπων.

Πιο συγκεκριμένα, από τα ελαιοτριβεία διφασικής φυγοκεντρικής επεξεργασίας των ελαιόκαρπων προκύπτει ελαιοπυρήνας μεγαλύτερης περιεκτικότητας τόσο σε υγρασία όσο και σε σάκχαρα. Συνήθως δε, ο ελαιοπυρήνας στοιβάζεται σε σωρούς έξω από τα ελαιοτριβεία, όπως φαίνεται στην Εικόνα 4.6, προκαλώντας πολλά προβλήματα και δημιουργώντας μεγάλη ανησυχία για πιθανές προκλήσεις περιβαλλοντικών μολύνσεων.



**Εικόνα 4.6:** Σωρός ελαιοπυρήνα στον εξωτερικό χώρο ελαιοτριβείου



Από την άλλη μεριά, το ξυλάκι που όπως προαναφέρθηκε αποτελείται κυρίως από τα απόβλητα που προέρχονται από τα κουκούτσια των ελαιόκαρπων, προσφέρεται και για χρήση ως καύσιμη ύλη. Μάλιστα, το γεγονός ότι η θερμιδική του αξία είναι πάνω κάτω 4000 χιλιοθερμίδες ανά κιλό (kcal/kg), το καθιστά εξαιρετικής ποιότητας καύσιμο.



**Εικόνα 4.7:** Σωρός από σπασμένα κουκούτσια του ελαιόκαρπου (ξυλάκι)

Τα στερεά απόβλητα που προκύπτουν από την επεξεργασία του ελαιόκαρπου είναι πλούσια σε οργανικές αλλά και ανόργανες ουσίες, οι οποίες είναι πολύ δύσκολο να διαχειριστούν, όπως ακριβώς συμβαίνει και στην περίπτωση των υγρών αποβλήτων από την επεξεργασία των ελιών με σκοπό την παραγωγή ελαιολάδου. Παράλληλα, τα στερεά απόβλητα έχουν υψηλό περιεχόμενο λιπαρών οξέων και όχι μόνο. Είναι επίσης πλούσια σε COD και BOD<sub>5</sub>, πολυφαινόλες οι οποίες παρακωλύουν σημαντικά τη δραστηριότητα βακτηρίων και μυκήτων.

Γίνεται λοιπόν αντιληπτό, ότι η απόρριψη των αποβλήτων στο περιβάλλον ή η ανεξέλεγκτη διάθεση τους στο έδαφος άνευ προηγούμενης επεξεργασίας, δεν αποτελεί σε καμία περίπτωση τη λύση του προβλήματος, τουναντίον καθιστά την κατάσταση ακόμη δυσχερέστερη, δεδομένου ότι ελλοχεύει πάντοτε κίνδυνος μόλυνσης του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα.

#### **4.4 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΑ ΑΕΡΙΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΤΩΝ ΕΛΑΙΟΤΡΙΒΕΙΩΝ**

Μέσα από την παραγωγική διαδικασία ελαιολάδου που λαμβάνει χώρα μέσα στο χώρο των ελαιοτριβείων, παράγονται όπως είναι φυσικό και αέρια απόβλητα. Πρόκειται για τα πάσης φύσεως καυσαέρια που προέρχονται τόσο από την καύση του ελαιοπυρήνα, όσο και από τα μηχανήματα εσωτερικής

καύσης. Ο λόγος για τον οποίο δεν θα γίνει εκτενής αναφορά στην περιβαλλοντική επιβάρυνση που αυτά επιφέρουν δεν είναι η διάθεση υποεκτίμησης της ρυπαντικής τους δράσης.

Αντίθετα, δίνεται μικρότερη έμφαση σε αυτά για δύο βασικούς λόγους. Αυτοί είναι πρώτον, το γεγονός ότι οι ποσότητες των καυσίμων είναι ιδιαίτερα μικρές συγκριτικά με τον συνολικό, τεράστιο όγκο του τελικού αποδέκτη που είναι η ατμόσφαιρα και δεύτερον, η πρακτική που θέλει τα ελαιοτριβεία να χωροθετούνται σε πολύ μεγάλο ποσοστό, εκτός αστικών και κατοικημένων περιοχών.

Έτσι, είναι φανερό ότι σε καμία περίπτωση δεν κινδυνεύουν κατοικημένες περιοχές από αέριους ρύπους ελαιοτριβείων, γεγονός το οποίο καθιστά τη γενικότερη επίδραση των καυσαερίων στο περιβάλλον αμελητέα.

## **5. ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΤΩΝ ΕΛΑΙΟΤΡΙΒΕΙΩΝ**

Όπως έχει αναφερθεί πολλές φορές στην παρούσα εργασία, η πιο διαδεδομένη υφιστάμενη πρακτική αναφορικά με τη διαχείριση των αποβλήτων των ελαιοτριβείων, υγρών και στερεών, είναι η άνευ επεξεργασίας απόρριψή τους σε ποικίλους υδάτινους αποδέκτες.

Η παρούσα ενότητα στόχο έχει την ολοκληρωμένη παρουσίαση των διαφόρων μεθόδων διαχείρισης των αποβλήτων των ελαιοτριβείων και το σχολιασμό των αποτελεσμάτων που επιφέρει η εν λόγω διαχείριση. Βέβαια, στην προσπάθεια αυτή της καταγραφής των μεθόδων διαχείρισης, λόγω της σπουδαιότητας του ζητήματος αυτού θα γίνει ξεχωριστή αναφορά στις μεθόδους διαχείρισης των υγρών και στερεών αποβλήτων. Η υποενότητα 5.1 αφορά τα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων ή αλλιώς ΥΑΕ, ενώ η επόμενη υποενότητα, η 5.2, εστιάζει στη διαχείριση των στερεών αποβλήτων των ελαιοτριβείων.

### **5.1 ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΕΛΑΙΟΤΡΙΒΕΙΩΝ**

Όπως εξετάστηκε και στην υποενότητα 4.1, τα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων εγκυμονούν πολυάριθμους περιβαλλοντικούς κινδύνους λόγω του υψηλού οργανικού τους φορτίου. Όχι μόνο διαταράσσουν την ισορροπία των οικοσυστημάτων, αλλά μολύνουν και ανεπανόρθωτα το περιβάλλον και ιδίως τους υδάτινους αποδέκτες.

Γίνεται λοιπόν φανερό, ότι πρέπει να ληφθούν σοβαρά μέτρα ούτως ώστε να σταματήσει η ανεξέλεγκτη και άνευ επεξεργασίας διάθεση των αποβλήτων στο περιβάλλον. Τα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων είναι απόβλητα προς διαχείριση. Αυτό σημαίνει ότι με τις κατάλληλες μεθόδους μπορούν να απομακρυνθούν οι τόσο βλαβερές συνέπειές τους για το περιβάλλον. Γι' αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό το θέμα της σωστής και αποτελεσματικής διαχείρισής τους.



**Εικόνα 5.1:** Μερικοί σοβαροί λόγοι που κάνουν επιτακτική την ανάγκη συντονισμένης διαχείρισης των ΥΑΕ (πόσιμο νερό, κολύμβηση, ψάρεμα, αποφυγή ευτροφισμού)

Εκτός όμως από απόβλητα προς διαχείριση, τα ΥΑΕ είναι και πηγή ανάκτησης. Ωστόσο, ακόμη και σήμερα δεν υπάρχει μια οικονομική εναλλακτική μέθοδος για τη διαχείρισή τους που να είναι ταυτόχρονα και 100% αποτελεσματική.

Έχουν προταθεί διάφορες μέθοδοι όπως χημικές, βιολογικές, μηχανικές, φυσικές και θερμικές. Παρόλα αυτά, η πλέον διαδεδομένη μέθοδος για τη διαχείριση των ΥΑΕ είναι η αποθήκευση και η εξάτμισή τους σε λίμνες. Η διαδικασία έχει ως εξής: τα υγρά απόβλητα αποθηκεύονται κατά το τρίμηνο περίπου της λειτουργίας του ελαιοτριβείου και έπειτα, κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, γίνεται η εξάτμιση του υγρού κλάσματος. Εν τούτοις, η μέθοδος δεν στερείται μειονεκτημάτων.

Πιο συγκεκριμένα, οι εκπομπές διαφόρων πτητικών υγρών προκαλούν τεράστια δυσοσμία, ενώ για την εφαρμογή της μεθόδου αυτής απαιτούνται σημαντικά μεγάλες εκτάσεις γης. Στη χώρα μας, η σημαντικότητα του προβλήματος των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων απορρέει κυρίως από τα εξής δύο γεγονότα:

- ✓ Από τη θεαματική αύξηση, στις περιοχές της Μεσογείου, της ελαιοπαραγωγής και παραγωγής ελαιολάδου η οποία συνεπάγεται και ταυτόχρονη θεαματική αύξηση των υγρών αποβλήτων καθώς και
- ✓ Από την παντελή έλλειψη και ανεπάρκεια εγκαταστάσεων για τη διαχείρισή τους.

Αναφορικά τώρα με τον πρώτο λόγο, αυτόν της τεράστιας αύξησης της ελαιοπαραγωγής, αξίζει να σημειωθεί ότι η παραγωγή ελαιόλαδου τα τελευταία σαράντα χρόνια τετραπλασιάστηκε [Μιχαλάκης, 2000].

Οι λόγοι για τους οποίους αδυνατεί να εξευρεθεί μια αποτελεσματική αλλά ταυτόχρονα οικονομική και βιώσιμη περιβαλλοντικά λύση είναι αρκετοί.

Οι κυριότεροι είναι πρώτον, το γεγονός ότι οι φαινολικές ενώσεις των ΥΑΕ αποδομούνται πολύ αργά, δεύτερον, οι οργανικές ενώσεις και τα οργανικά συστατικά που εμπεριέχονται στα ΥΑΕ απαιτούν για την αποικοδόμησή τους πολύ μεγάλη ποσότητα οξυγόνου και τρίτον, το δυσβάσταχτο κόστος αποθήκευσης, μεταφοράς και επεξεργασίας των αποβλήτων.



Έτσι, οι βασικότερες κατηγορίες μεθόδων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων είναι οι παρακάτω:

- ✓ Βιολογικές
- ✓ Μηχανικές
- ✓ Φυσικοχημικές και
- ✓ Θερμικές

Πιο συγκεκριμένα, οι επιμέρους μέθοδοι κάθε κατηγορίας παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.1 παρακάτω.

**Πίνακας 5.1:** Κύριες μέθοδοι επεξεργασίας των ΥΑΕ

<b>ΒΑΣΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΕΛΑΙΟΤΡΙΒΕΙΩΝ</b>	
<b>Βιολογικές</b>	Εξάτμιση σε ανοιχτές δεξαμενές, επεξεργασία ενεργού ιλύος, αναερόβια επεξεργασία, απευθείας διάθεση στο έδαφος.
<b>Μηχανικές</b>	Καθίζηση, απολίπωση, επίπλευση, διήθηση.
<b>Φυσικοχημικές</b>	Κατακρήμνιση ή συσσωμάτωση, οξειδωση/αναγωγή και αποτοξικοποίηση, προσρόφηση, ηλεκτρόλυση, αποτέφρωση, διαχωρισμός με μεμβράνες.
<b>Θερμικές</b>	Εξάτμιση και απόσταξη, καύση και πυρόλυση.

Κάθε μια από τις προαναφερθείσες κατηγορίες αναλύεται περαιτέρω στις υποενοότητες που ακολουθούν. Ωστόσο, θα πρέπει να τονισθεί ότι οι βιολογικές μέθοδοι επεξεργασίας ΥΑΕ προτιμώνται έναντι των χημικών μεθόδων λόγω συνδυασμού χαμηλότερης λειτουργικής τους δαπάνης αλλά και μεγαλύτερης αποτελεσματικότητας.

### **5.1.1 Βιολογικές μέθοδοι επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων**

Οι μέθοδοι αυτές, όπως υποδεικνύει και το όνομά τους, σχετίζονται με τη βιολογική επεξεργασία των υγρών αποβλήτων, ενώ κάποιες φορές εφαρμόζονται συνδυαστικά με τις φυσικοχημικές μεθόδους. Στοχεύουν φυσικά στη μείωση του ρυπαντικού φορτίου των ΥΑΕ και στην μετατροπή τους σε χρήσιμα προϊόντα τα οποία θα αποκαταστήσουν ένα μέρος της συνολικής δαπάνης που απαιτεί η ολοκληρωμένη διαχείρισή τους. Είναι μέθοδοι βασισμένες κυρίως στη δράση διαφόρων μικροοργανισμών οι οποίοι θα

αποικοδομήσουν τα οργανικά συστατικά των ΥΑΕ σε μικρότερα, σταθερότερα και λιγότερο επιβλαβή για το περιβάλλον προϊόντα. Οι μέθοδοι βιολογικής επεξεργασίας των προερχόμενων από τα ελαιοτριβεία υγρών αποβλήτων περιλαμβάνουν τις λίμνες εξάτμισης, την αερόβια επεξεργασία, την αναερόβια επεξεργασία και τη μέθοδο ενεργού ιλύος.

Παρακάτω αναλύονται διεξοδικότερα οι μέθοδοι αυτές κάθε μια ξεχωριστά ξεκινώντας από τις λίμνες εξάτμισης οι οποίες αποτελούν και την παλαιότερη χρονολογικά μέθοδο επεξεργασίας υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων.

#### ▼ Λίμνες εξάτμισης

Πρόκειται, όπως αναφέρθηκε, για μια από τις παλαιότερες εφαρμοζόμενες μεθόδους με σκοπό τη διαχείριση των ΥΑΕ.

Αρχικά, οι ελαιουργοί μέχρι και τη δεκαετία του '90 διέθεταν ανεξέλεγκτα τα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων τους στα κοντινότερα ποτάμια, τους χείμαρρους αλλά και τα εδάφη. Αυτή η τακτική όμως, είχε ως φυσικό επακόλουθο τη ρύπανση των περιοχών αυτών. Ωστόσο, ο νόμος 743/77 απαγόρευσε ουσιαστικά τη διοχέτευση του κασιόγαρου σε πάσης φύσεως υδάτινους αποδέκτες. Έτσι, βρέθηκε κατά κάποιον τρόπο μια λύση αναφορικά με τη διάθεση και την επεξεργασία του κασιόγαρου.

Η λύση αυτή δεν ήταν άλλη από την κατασκευή των λεγόμενων εξατμισοδεξαμενών. Οι εξατμισοδεξαμενές είναι τεχνητές λίμνες μέσα στο έδαφος στις οποίες πραγματοποιείται η απόρριψη των υγρών αποβλήτων των ελαιουργείων χωρίς όμως αυτά να έχουν προηγουμένως υποστεί κάποιου είδους επεξεργασία. Αφού απορριφθούν τα υγρά απόβλητα, επιτυγχάνεται εξάτμιση και αποξήρανσή τους με τη βοήθεια πάντοτε της ηλιακής ενέργειας. Με αυτόν τον τρόπο, τα όποια άλλα συστατικά, στερεά και μη, παραμένουν ως ίζημα στον πυθμένα. Πρέπει βέβαια να αναφερθεί ότι τα στερεά συστατικά που καθιζάνουν στον πυθμένα, προσφέρονται να χρησιμοποιηθούν και ως λίπασμα λόγω της ιδιαίτερης σύστασής τους.

Οι εξατμισοδεξαμενές είναι μια μέθοδος χαμηλού κόστους, τόσο κατασκευής όσο και λειτουργίας και διαχείρισης, που περιλαμβάνει τη χρήση λιμνοδεξαμενών εξάτμισης ούτως ώστε να μειωθούν οι επιβλαβείς περιβαλλοντικές επιδράσεις του κασιόγαρου.

Σήμερα, οι εν λόγω δεξαμενές χρησιμοποιούνται ευρέως σε διάφορα μέρη της Ελλάδας, κυρίως την Κρήτη, ενώ το βασικό τους μειονέκτημα είναι η μεγάλη περίοδος εξάτμισης (συνήθως περίπου 60 ημέρες) και επιπλέον, το γεγονός ότι απαιτούνται μεγάλες επιφάνειες για τις λίμνες εξάτμισης.

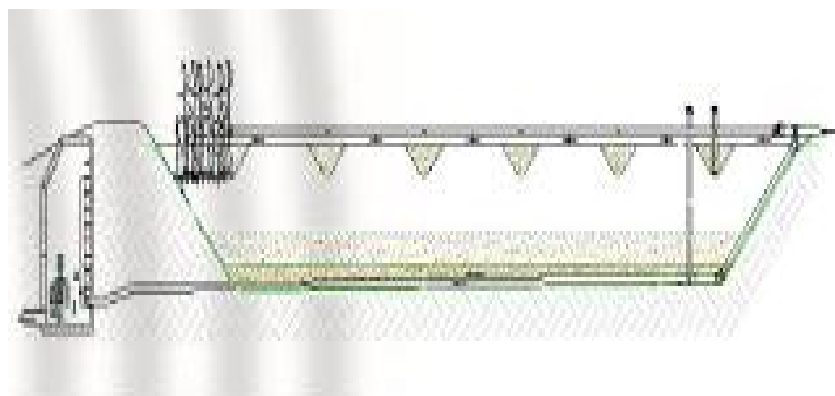
Πιο συγκεκριμένα, έχει υπολογιστεί από μελέτη ότι ειδικά στην Κρήτη, όπου υπάρχουν και λειτουργούν συνολικά 629 ελαιοτριβεία, τα 436 (ποσοστό σχεδόν 70%) εφαρμόζουν τη μέθοδο των λιμνών εξάτμισης για να διαχειριστούν τα υγρά απόβλητά τους [Μιχαλάκης, 2000]. Με τη διαδικασία της εξάτμισης έχει υπολογιστεί ότι η μεγαλύτερη ποσότητα υγρού κλάσματος που είναι δυνατόν να εξατμιστεί στις λίμνες εξάτμισης αγγίζει το  $1\text{m}^3$  ανά  $1\text{m}^2$  σε χρονικό διάστημα ενός μήνα.

Στις μέρες μας όμως, οι λιμνοδεξαμενές χρησιμοποιούνται πέρα από την εξάτμιση του υγρού κλάσματος και για το διαχωρισμό των στερεών μέσω καθίζησης. Τα στερεά που εναπομένουν δηλαδή μετά το πέρας της περιόδου εξάτμισης, διαχωρίζονται και προσφέρονται για περαιτέρω χρήση τους ως

λίπασμα για τα ελαιόδεντρα χάρη στη σύστασή τους. Τα κριτήρια τώρα με βάση τα οποία θα γίνει ο σχεδιασμός της δεξαμενής είναι τα παρακάτω:

- Ο ρυθμός ετήσιας βροχόπτωσης
- Το μέγεθος της παραγωγής ελαιόλαδου και
- Ο ρυθμός εξάτμισης

Στην Εικόνα 5.2 απεικονίζεται ο σχηματισμός μιας τεχνητής δεξαμενής.



**Εικόνα 5.2:** Σχηματισμός μιας τεχνητής δεξαμενής

Παρότι οι λίμνες εξάτμισης είναι όπως προαναφέραμε εφαρμογές και λύσεις σχετικά χαμηλού κόστους, εμφανίζουν κάποια πολύ σημαντικά μειονεκτήματα. Τα κυριότερα εξ αυτών είναι τα παρακάτω:

- αυξάνουν το φόβο μόλυνσης του υδροφόρου ορίζοντα αν γίνει καμιά απρόβλεπτη διαρροή καθώς πολλές φορές δεν κατασκευάζονται τα κατάλληλα αδιαπέραστα τοιχώματα
- προκαλούν στην πλειότητα των περιπτώσεων έντονη και ενοχλητική δυσοσμία η οποία είναι δυνατόν να γίνει αισθητή στον άνθρωπο ακόμη και από σημαντικές αποστάσεις αφού οι εξατμίσεις αποτυγχάνουν ή καθυστερούν να συμβούν
- απαιτούν πρωτίστως σωστή μελέτη και κατασκευή και έπειτα σωστή διαχείριση
- προϋποθέτουν σημαντικά μεγάλη έκταση για την κατασκευή τους
- απαιτούν τη χρήση υλικών στεγανοποίησης
- συνεπάγονται μεγάλο κόστος των υγρών αποβλήτων στις δεξαμενές και τέλος,
- δεν εφαρμόζονται ικανοποιητικά σε μέρη όπου τα επίπεδα βροχόπτωσης είναι υψηλά.

Μάλιστα λόγω της ιδιαίτερης όχλησης που συνεπάγεται η αναδυόμενη από τα υγρά δυσοσμία, η μέθοδος αυτή είναι καταλληλότερη θα λέγαμε για τουριστικές περιοχές ή και για περιοχές που δεν είναι κοντά σε κατοικημένο πεδίο. Πρέπει λοιπόν σε κάθε περίπτωση κατασκευής λιμνών εξάτμισης για την επεξεργασία των ΥΑΕ, να γίνεται προσεκτική μελέτη τόσο κατασκευής

όσο και λειτουργίας τους. Δεν είναι λίγες οι φορές που λάθη στο μέγεθος της δεξαμενής προκάλεσε υπερσυσσώρευση αποβλήτων και ανεξέλεγκτα επίπεδα δυσσομίας λόγω αδυναμίας εξάτμισής τους. Στην Εικόνα 5.3 παρακάτω, βλέπουμε μια τυπική λίμνη εξάτμισης.



**Εικόνα 5.3:** Λίμνη εξάτμισης κασιγάρου

Κάνοντας ένα κοντινό στο κάτω αριστερό τμήμα της λίμνης εξάτμισης της Εικόνας 5.3, παίρνουμε την Εικόνα 5.4 παρακάτω, όπου φαίνεται ξεκάθαρα με το καφέ χρώμα η κρούστα που έχει σχηματιστεί πάνω από τα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων που έχουν διατεθεί εκεί με σκοπό την εξάτμισή τους.



**Εικόνα 5.4:** Σχηματισμένη κρούστα πάνω από τον κασιγάρο

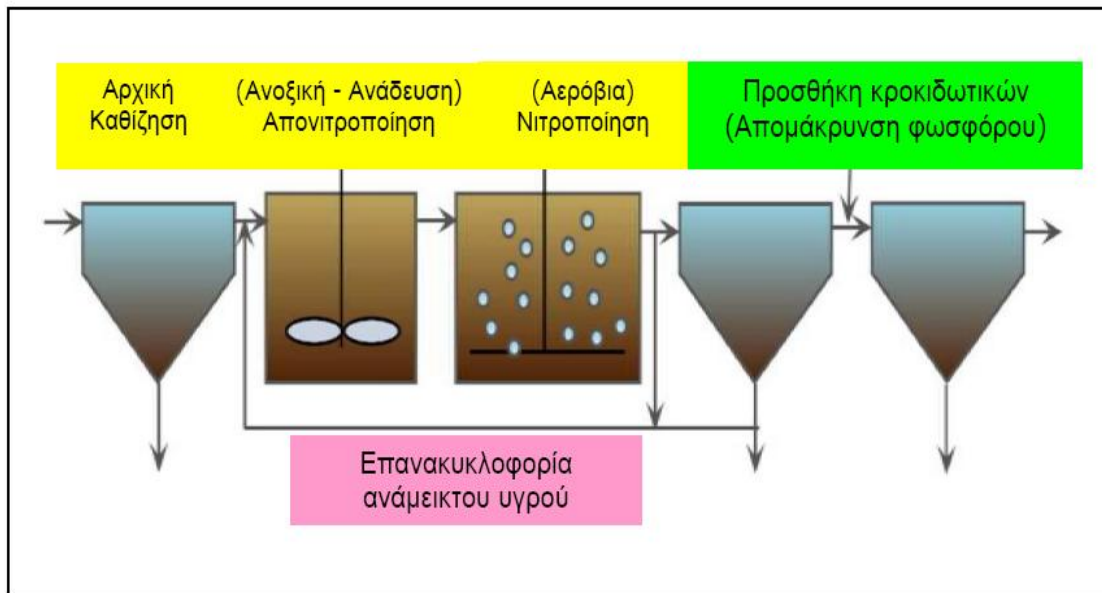
Γίνεται λοιπόν αντιληπτό ότι χωρίς τα κατάλληλα μέτρα και τη δέουσα προσοχή η μέθοδος των εξατμισοδεξαμενών είναι μια προβληματική λύση στο θέμα της επεξεργασίας του κασίγαρου.

#### ✓ Μέθοδος της ενεργού ιλύος

Η δεύτερη βιολογική μέθοδος επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων που θα εξετάσουμε στην παρούσα εργασία, είναι η μέθοδος της ενεργού ιλύος. Η επεξεργασία αυτή, για την οποία οι πρώτες εγκαταστάσεις εφαρμογής τοποθετούνται χρονολογικά στις αρχές της δεκαετίας του 1930, έχει ως βασικό στόχο την απομάκρυνση στερεών συστατικών όπως είναι η άμμος ή τα περιττώματα, τα οποία δεν είναι διαλυτά. Η μέθοδος ενεργού ιλύος είναι από τις βιολογικές μεθόδους επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων η πλέον διαδεδομένη, όχι μόνο στην Ελλάδα αλλά και σε ολόκληρο τον κόσμο. Μέσα από τη διαδικασία αποικοδόμησης που λαμβάνει χώρα από τα βακτήρια της βιομάζας, παράγονται μεγάλες ποσότητες ιλύος, νιτρικά ιόντα ( $\text{NO}_3^-$ ) αλλά και διοξείδιο του άνθρακα. Έπειτα γίνεται ανακύκλωση της ιλύος σε ειδικές δεξαμενές και ότι περισσεύει υποβάλλεται σε περεταίρω επεξεργασία. Κατά την επεξεργασία των ΥΑΕ με τη μέθοδο της ενεργού ιλύος, απομακρύνονται ανόργανα στοιχεία όπως ο φωσφόρος και το άζωτο.

Πιο συγκεκριμένα, ξεκινώντας από το άζωτο, πρέπει να αναφερθεί ότι οι ενώσεις που εμπεριέχουν άζωτο, όπως για παράδειγμα τα νιτρικά άλατα, εκτός από τις βλαβερές για την ανθρώπινη υγεία επιπτώσεις τους, ευθύνονται σε μεγάλο βαθμό και για το φαινόμενο του ευτροφισμού. Έτσι, η απομάκρυνση αυτών των στοιχείων, η οποία διαδραματίζεται σε δύο φάσεις, την νιτροποίηση και την απονιτροποίηση, είναι ιδιαίτερα σημαντική. Παράλληλα, με την προσθήκη κροκιδωτικών απομακρύνεται και ο φωσφόρος ο οποίος όπως προαναφέρθηκε δημιουργεί κατάλληλες συνθήκες για την ανάπτυξη του ευτροφισμού, μειώνοντας έτσι το διαλυμένο οξυγόνο που ενυπάρχει στους υδάτινους αποδέκτες και οδηγώντας στο θάνατο πολλούς υδρόβιους οργανισμούς.

Βέβαια, θα πρέπει να τονισθεί ότι απομακρύνεται μονάχα το πλεονάζον κομμάτι του φωσφόρου καθώς ένα μέρος αυτού είναι απαραίτητο συστατικό της κυτταρικής βιομάζας και ως τέτοιο ενσωματώνεται σε αυτήν. Στην Εικόνα 5.5 που ακολουθεί παρουσιάζεται η διαδικασία απομάκρυνσης του αζώτου και του φωσφόρου.



**Εικόνα 5.5:** Διαγραμματική απεικόνιση απομάκρυνσης αζώτου και φωσφόρου

Η μέθοδος ενεργού ιλύος είναι βιολογική μέθοδος που χρησιμοποιείται κυρίως για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων τα οποία έχουν τιμή  $BOD_5 < 3000 \text{ mg/L}$ . Είναι δηλαδή κατά κάποιον τρόπο μέθοδος επεξεργασίας που εφαρμόζεται αφού πρώτα έχει μειωθεί το πολύ υψηλό  $BOD_5$  των αποβλήτων που πολλές φορές φτάνει και τιμές περίπου  $20.000-35.000 \text{ mg/L}$ . Κατά την διαδικασία της επεξεργασίας των ΥΑΕ με τη μέθοδο της ενεργού ιλύος χρησιμοποιούνται διάφορα είδη μικροοργανισμών και κυρίως βακτηρίων, η επιλογή των οποίων θα πρέπει να γίνεται με πολύ μεγάλη προσοχή ούτως ώστε να προβλέπονται οι τυχόν αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους. Αυτοί οι μικροοργανισμοί οι οποίοι θρέφονται από τα απόβλητα, μπορούν να οξειδώνουν τους ρύπους που περιλαμβάνουν τα ΥΑΕ δημιουργώντας έτσι νέα βιομάζα. Η παραγόμενη ιλύς μπορεί μάλιστα να διατεθεί και ως λίπασμα.



**Εικόνα 5.6:** Διάθεση παραγόμενης ιλύος για λίπασμα



Τέλος, αναφορικά με τη μέθοδο αυτή θα πρέπει να αναφερθεί ότι τα μεγαλύτερα μειονεκτήματα είναι δύο. Το πρώτο είναι ότι λόγω της χημικής επεξεργασίας που διενεργείται υπάρχει αυξημένο κόστος ενώ παράλληλα δημιουργούνται τεράστια ποσά λάσπης, η οποία θα πρέπει να αφαιρεθεί. Το δεύτερο μειονέκτημα, είναι ότι πολλές φορές η μέθοδος αυτή αποδεικνύεται ακατάλληλη για την αποτελεσματική επεξεργασία αλλά και απομάκρυνση των βλαβερών συστατικών των ΥΑΕ, όπως των χρωστικών και των πολυφαινολών.

#### ✓ Αναερόβια ζύμωση

Η μέθοδος της αναερόβιας ζύμωσης που στοχεύει στην παραγωγή βιοαερίου είναι η τρίτη βιολογική μέθοδος επεξεργασίας των ΥΑΕ που θα εξεταστεί στην παρούσα εργασία.

Πρόκειται για μέθοδο καινοτόμα που επιδιώκει, όπως υποδεικνύει και το όνομά της, την εφαρμογή αναερόβιων διαδικασιών με σκοπό τον καθαρισμό των υγρών αποβλήτων και την ταυτόχρονη παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας από τη μετατροπή των διαφόρων οργανικών υλικών σε μεθάνιο. Μάλιστα, δεν είναι λίγες οι φορές που η θερμότητα που παράγεται χρησιμοποιείται για τη θέρμανση ενός θερμοκηπίου. Η αναερόβια επεξεργασία έτσι καθίσταται ιδανική μέθοδος για την περίπτωση των ΥΑΕ με υψηλό οργανικό φορτίο.

Πιο συγκεκριμένα, αυτού του είδους η επεξεργασία θεωρείται καταλληλότερη μέθοδος για υγρά απόβλητα με επίπεδα ρυπαντικού φορτίου (τιμή COD) που κυμαίνονται από 5.000 έως 40.000 mg/l. Για να έλθουν εις πέρας οι διαδικασίες της αναερόβιας ζύμωσης χρησιμοποιούνται βιοαντιδραστήρες στους οποίους εισάγονται διάφορα βακτήρια που δεν χρειάζονται οξυγόνο για να επιτελέσουν την αποικοδόμηση των οργανικών ενώσεων από τα ΥΑΕ. Αυτά τα βακτήρια μάλιστα, τα οποία καλούνται οξεογόνα, αναπτύσσονται σε τιμές pH 6 έως 9, όμως καθυστερούν την αποπεράτωση της αναερόβιας ζύμωσης καθώς έχουν ιδιαίτερα βραδεία μεταβολική δραστηριότητα και έτσι η αποικοδόμηση την οποία διενεργούν είναι χαμηλότερη από την αντίστοιχη την οποία διενεργούν οι αερόβιοι μικροοργανισμοί. Παρακάτω στην Εικόνα 5.7 απεικονίζεται μια πιλοτική μονάδα αναερόβιας επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων.



### Εικόνα 5.7: Μονάδα αναερόβιας ζύμωσης

Στην παράγραφο που ακολουθεί δίνεται λεπτομερής περιγραφή των σταδίων της μεθόδου. Αρχικά, θα πρέπει να αναφερθεί ότι η διαδικασία της αναερόβιας επεξεργασίας αποτελείται από τρία βασικά στάδια:

- Προ-επεξεργασία
- Μεθανοποίηση και,
- Μετά-επεξεργασία

Κατά το στάδιο της προ-επεξεργασίας γίνεται η υποδοχή και η αποθήκευση του κασίγαρου. Αρχικά αφού γίνει επεξεργασία του κασίγαρου μέσω των διαδικασιών κροκίδωσης, όξυνσης και ιζηματογένεσης, ο κασίγαρος παραδίδεται στη μονάδα αναερόβια ζύμωσης. Μετά, περίπου τα  $\frac{3}{4}$  της συνολικής ποσότητας του κασίγαρου αποθηκεύονται, ενώ το υπόλοιπο  $\frac{1}{4}$  οδηγείται στο επόμενο στάδιο, αυτό της μεθανοποίησης. Η αποθήκευση λαμβάνει χώρα σε υπέργειες ή υπόγειες δεξαμενές κλειστού τύπου, με μεμβράνες αλλά και σύστημα φιλτραρίσματος για τα διάφορα αέρια που προκύπτουν. Η αποθήκευση του κασίγαρου γίνεται διότι με αυτόν τον τρόπο η μονάδα αναερόβιας ζύμωσης μπορεί να λειτουργεί και μετά το πέρας της λειτουργίας του ελαιοτριβείου καθώς επίσης, μέσω της αποθήκευσης διασφαλίζεται και συνεχής ροή του προϊόντος στα επόμενα στάδια.

Με το στάδιο της μεθανοποίησης επιτυγχάνεται η μετατροπή του οργανικού φορτίου του κασίγαρου σε βιοαέριο. Αυτό βέβαια γίνεται με τη χρήση αντιδραστήρων στο εσωτερικό των οποίων απαιτείται σταθερή θερμοκρασία  $36^{\circ}$ . Η θερμοκρασία αυτή είναι ιδανική καθώς εξασφαλίζει την άριστη μετατροπή του υλικού σε βιοαέριο και τη μέγιστη δυνατή σταθερότητα όλου του συστήματος απέναντι στις πολυφαινόλες. Όπως προαναφέρθηκε, διάφορα οξεογόνα βακτηρίδια εισάγονται στους αντιδραστήρες όπου και τους παρέχονται οι κατάλληλες για την ανάπτυξή τους συνθήκες θερμοκρασίας ( $30^{\circ}$  -  $37^{\circ}$ ) και pH (6,9 - 7,5). Έτσι, απουσία οξυγόνου (αναερόβια) οι μικροοργανισμοί αυτοί μετατρέπουν τον κασίγαρο των υγρών αποβλήτων σε βιομάζα, βιοαέριο και νερό.



Εικόνα 5.8: Αντιδραστήρες μεθανοποίησης

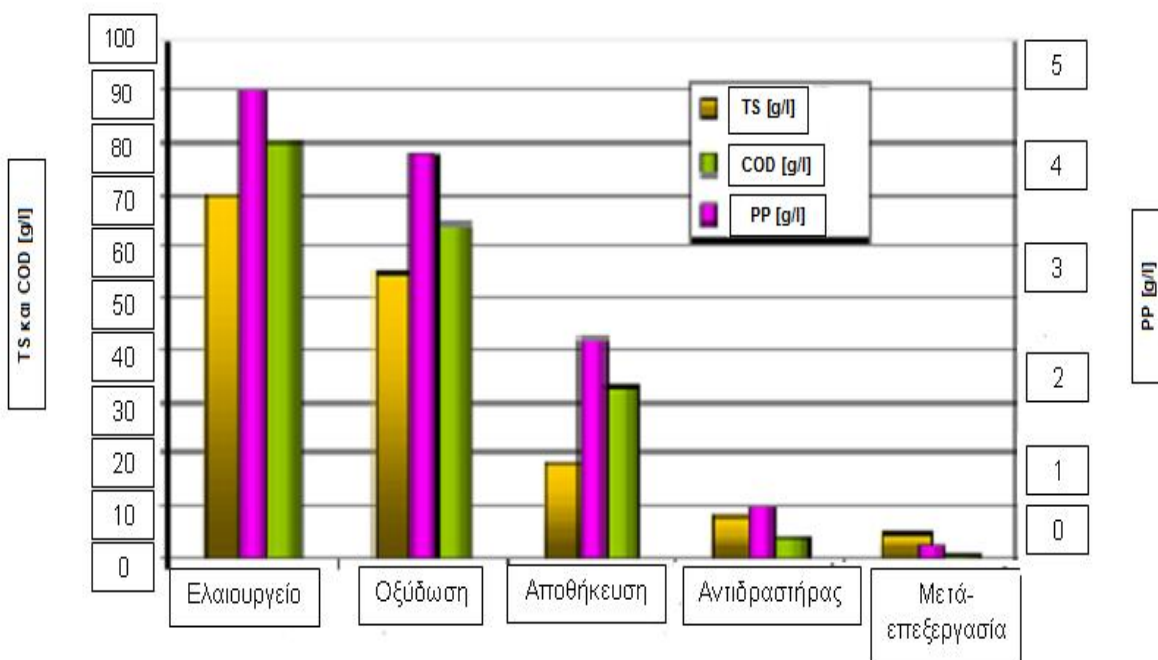


Η απόδοση βιοαερίου μπορεί να φτάσει έως και 0,4 m<sup>3</sup> ανά kg διασπασμένου COD και συγκέντρωση σε μεθάνιο έως 70%.

Τέλος, στη φάση της μετά-επεξεργασίας το νερό που εξάγεται από τον αντιδραστήρα υφίσταται κατάλληλη επεξεργασία. Αυτό γίνεται με τεχνητές δεξαμενές, με φιλτράρισμα ή τέλος, με κροκίδωση (αερόβιο στάδιο). Ο τρόπος που θα επιλεγεί εξαρτάται άμεσα από τα χαρακτηριστικά που πρέπει να εμφανίζει το τελικό προϊόν.

Στην Εικόνα 5.9 που ακολουθεί, φαίνονται διαγραμματικά τα επίπεδα COD, TS και PP στα διάφορα στάδια επεξεργασίας με τη μέθοδο της αναερόβιας ζύμωσης. Αυτό που διαπιστώνεται ξεκάθαρα είναι ότι καθώς προχωράει η διαδικασία της αναερόβιας ζύμωσης και φτάνουμε στο στάδιο της μετά-επεξεργασίας, τα επίπεδα περιεκτικότητας COD, TS και PP μετρημένα σε γραμμάρια ανά λίτρο, μειώνονται αισθητά. Από τη στιγμή λοιπόν, που ο κασιγάρος των υγρών αποβλήτων των ελαιουργείων εισάγεται στους βιοαντιδραστήρες με σκοπό να υποστεί επεξεργασία, έως τη στιγμή που εξέρχεται από αυτόν, οι βλαβερές και κυρίως ρυπαντικές του ιδιότητες που οφείλονται στα υψηλά επίπεδα συγκέντρωσης COD, PP και TS, ελαττώνονται σημαντικά.

Πιο συγκεκριμένα, αν εξεταστούν οι αριθμητικές τιμές των δεδομένων που αναπαρίστανται στην Εικόνα 5.9, παρατηρείται ότι και οι τρεις τιμές που μελετώνται εμφανίζουν μείωση καθώς προχωράει η διαδικασία της αναερόβιας ζύμωσης. Τη μεγαλύτερη μείωση την παρουσιάζει η συγκέντρωση του COD με επίπεδο μείωσης από το ελαιουργείο στην μετά-επεξεργασία 97,5%, ενώ η τιμή PP παρουσιάζει μείωση ύψους 95,5%. Τέλος, και η συγκέντρωση των ΥΑΕ σε TS μειώνεται σταδιακά αγγίζοντας το 95,5%.



**Εικόνα 5.9:** Επίπεδα συγκέντρωσης COD, TS και PP στα διάφορα στάδια επεξεργασίας των ΥΑΕ με αναερόβια ζύμωση

Στη χώρα μας έγιναν προσπάθειες παραγωγής βιοαερίου με αναερόβια ζύμωση από τον Νταλή (1989) και το Γεωργακάκη (1993) [Μπαλατσούρας 1997]. Η αναερόβια ζύμωση ως τρόπος για τη διαχείριση των υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων παρουσιάζει συγκεκριμένα πλεονεκτήματα, δεν στερείται όμως και μειονεκτημάτων.

Ανακεφαλαιώνοντας, τα πλεονεκτήματα της αναερόβιας ζύμωσης είναι τα εξής:

- Καταναλώνονται ελάχιστα ποσά ενέργειας, κυρίως για θέρμανση.
- Η όλη διαδικασία της αναερόβιας ζύμωσης δεν απαιτεί μεγάλες ποσότητες θρεπτικών συστατικών (π.χ. N και P)
- Παράγεται ενέργεια με τη μορφή βιοαερίου, η οποία μάλιστα μπορεί να χρησιμοποιηθεί από την ίδια την εγκατάσταση αναερόβιας ζύμωσης ή να αξιοποιηθεί για τη θέρμανση ενός θερμοκηπίου ή ακόμη και να ενταχθεί στο ηλεκτρικό δίκτυο, τιμολογούμενη ως ηλεκτρική ενέργεια από ανανεώσιμη πηγή ενέργειας.
- Παράγεται μικρή περίσσεια λάσπης ενώ ταυτόχρονα παράγεται και εδαφοβελτιωτικό το οποίο εξασφαλίζει τη γονιμότητα αλλά και τη δομή του εδάφους [Εικόνα 5.10].
- Παρέχεται το πλεονέκτημα της εξοικονόμησης του κόστους αερισμού.
- Τα αναερόβια βακτηρίδια μπορούν να διατηρηθούν για μεγάλο χρονικό διάστημα χωρίς τροφοδοσία, χωρίς να χάσουν μέρος της ενεργότητάς τους.
- Καθίσταται δυνατή η σταθεροποίηση ΥΑΕ υψηλού οργανικού φορτίου.



**Εικόνα 5.10:** Παραγωγή εδαφοβελτιωτικού

Τα κυριότερα μειονεκτήματα από την άλλη μεριά είναι τα παρακάτω:

- Για να έλθει εις πέρας η διαδικασία της αναερόβιας ζύμωσης, απαιτείται πολύπλοκος εξοπλισμός αλλά και κατάλληλα εκπαιδευμένο προσωπικό που θα είναι σε θέση να χειριστεί με αποτελεσματικό τρόπο αυτόν τον εξοπλισμό.
- Απαιτείται επίσης να γίνει η κατάλληλη αραίωση του κασιόγαρου που εισάγεται στους αντιδραστήρες με νερό έτσι ώστε να ελαττωθεί η περιεκτικότητα σε φαινόλες οι οποίες είναι τοξικές στα αναερόβια

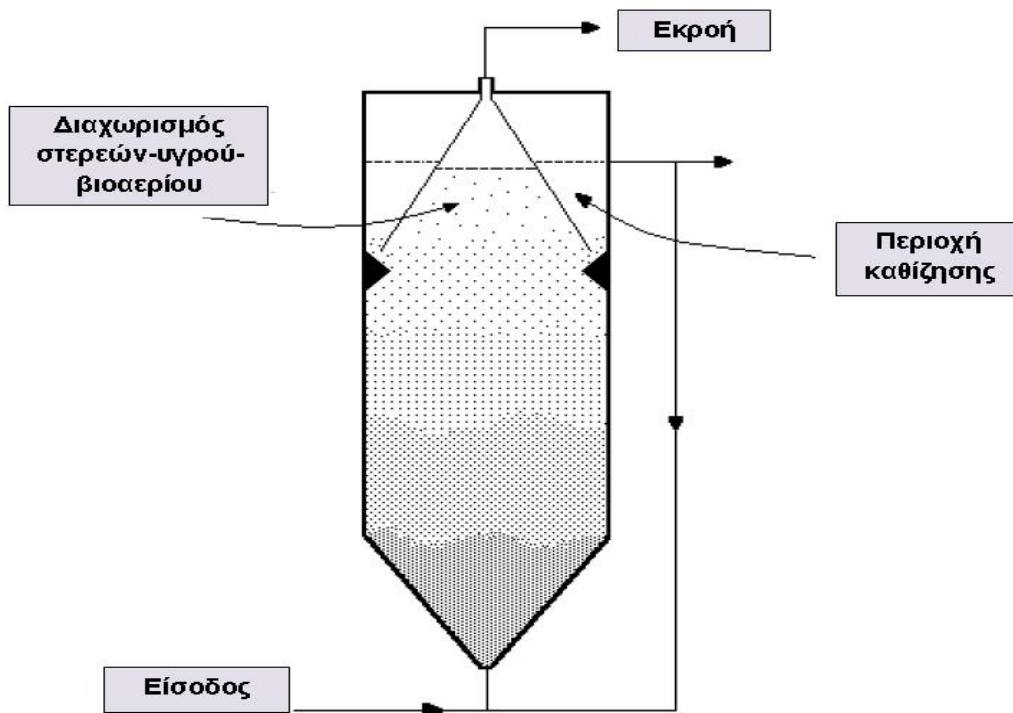
βακτήρια και ως εκ τούτου πρέπει να απομακρυνθούν (είτε με την αραίωση όπως ειπώθηκε πριν είτε με χρήση ειδικών ενζύμων ή οξειδωτικών). Τα τελευταία χρόνια βέβαια γίνεται προσπάθεια ανάπτυξης τρόπων και βιολογικών συστημάτων τα οποία θα επιτρέπουν τη βιοαποδόμηση φαινολών και άλλων τοξικών ενώσεων υπό αναερόβιες συνθήκες (Verstraete and Vandevivere, 1997).

- Από τη διαδικασία της ζύμωσης παράγεται υδρόθειο το οποίο προκαλεί τρομερή δυσοσμία.
- Χρειάζεται αρκετός χρόνος για να ξεκινήσει η διεργασία. Σε πολλές περιπτώσεις ο χρόνος αυτός μπορεί να κυμαίνεται και από 8 έως 12 εβδομάδες. Ωστόσο, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, αυτό το μειονέκτημα είναι προσπελάσιμο καθώς αν οι μονάδες αναερόβιας ζύμωσης λειτουργούν όλο το χρόνο, δηλαδή και μετά το πέρας της λειτουργίας των ελαιοτριβείων, θα υπάρχει πάντοτε νέο «υλικό» για τους νέους αντιδραστήρες.
- Απαιτείται μεγάλο διάστημα παραμονής λόγω της βραδείας μικροβιακής ανάπτυξης των βακτηριδίων που εισάγονται στους αντιδραστήρες. Έτσι, χρειάζονται και μεγαλύτεροι βιοαντιδραστήρες, γεγονός φυσικά που οδηγεί σε αυξημένο κόστος της όλης εφαρμογής.

Παράλληλα, αποτρεπτικός παράγοντας είναι και το ιδιαίτερα μεγάλο κόστος της εφαρμογής αναερόβιων ζυμώσεων. Βέβαια, εφόσον δημιουργηθεί μια μεγάλη και κεντρική μονάδα αναερόβιας ζύμωσης η οποία θα συγκεντρώνει τον κασίγαρο πολλών διαφορετικών ελαιοτριβείων, τότε μπορεί η μέθοδος της αναερόβιας ζύμωσης να καταστεί μια οικονομικά βιώσιμη μέθοδος διαχείρισης των ΥΑΕ, με την προϋπόθεση ότι οι ελαιοργοί θα επωμίζονται τη μεταφορά των ΥΑΕ στην εν λόγω μονάδα. Για να ξεπεραστούν τα προαναφερθέντα μειονεκτήματα της διαδικασίας αναερόβιας ζύμωσης μπορούν να γίνουν δύο ενέργειες.

- Διαχείριση του μίγματος των ΥΑΕ και της ιλύος μέσα σε αντιδραστήρες επαφής.
- Διαχείριση αραιωμένου ΥΑΕ σε χωνευτήρες ανοδικής ροής μέσω στρώματος λάσπης (UASB, up-flow anaerobic sludge blanket) και φίλτρα σταθερής κλίνης (fixed-bed filters) που είναι αντιδραστήρες υψηλού ρυθμού.

Για την αναερόβια ζύμωση χρησιμοποιούνται διάφοροι τύποι χωνευτήρων, λιμνών, αντιδραστήρων επαφής, φίλτρων και αντιδραστήρων UASB. Στην Εικόνα 5.11 απεικονίζεται ένας τέτοιος χωνευτήρας αναερόβιας ζύμωσης, τύπου UASB.



**Εικόνα 5.11:** Αναερόβιος χωνευτήρας ανοδικής ροής μέσω στρώματος λάσπης (UASB)

Ωστόσο, μελέτες έχουν δείξει ότι ο καταλληλότερος τύπος αναερόβιου αντιδραστήρα για να επεξεργαστεί υγρά απόβλητα ελαιοτριβείων είναι ο χωνευτήρας ανοδικής ροής μέσω στρώματος λάσπης (up-flow anaerobic sludge blanket, UASB). Πιο συγκεκριμένα, μέσα από πειράματα έχει φανεί πως σε θερμοκρασία 37°, οργανική φόρτιση (COD) από 12 ως 18  $\text{kgm}^{-3}\text{d}^{-1}$  και λόγο αραίωσης από 1/8 έως 1/5, μπορεί να επιτευχθεί απομάκρυνση της τάξης του 70-75 %. Ως λόγος αραίωσης ορίζεται το πηλίκο του όγκου του υγρού αποβλήτου με αρχική συγκέντρωση COD 11-19 g/L προς τον όγκο της προστιθέμενης ποσότητας νερού [Beccari et al, 1996]. Η αναερόβια ζύμωση η οποία διενεργείται μέσα σε χωνευτήρες UASB, είναι ιδανική για ΥΑΕ πολύ υψηλού οργανικού φορτίου απαιτεί όμως, προσθήκη αλκάλεως για τη σταθεροποίησή τους.

Όπως έχει προαναφερθεί, κατά τη διαδικασία της αναερόβιας ζύμωσης χρησιμοποιούνται διάφορα βακτήρια τα οποία εισάγονται στους αντιδραστήρες με σκοπό την αποικοδόμηση του οργανικού φορτίου των υγρών αποβλήτων. Στον πίνακα της Εικόνας 5.12 που δίνεται παρακάτω, απεικονίζονται διάφορα βακτήρια των οποίων η παρουσία έχει διαπιστωθεί στη διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης.

ΓΕΝΟΣ	ΕΙΔΟΣ	ΑΝΑΦΟΡΑ
Aerobacter	A. aerogenes	Toerien (1976a)
Aeromonas	Aeromonas sp.	Kotze et al. (1968)
Alcaligenes	A. boukerri	Toerien (1976b)
Bacillus	B. cereus	Hattingh et al (1967)
Bacteroides	Bacteroides sp.	Post et al. (1967)
Clostridium	C. aminovalericum	Hardman and Stadman (1960)
Escherichia	E. coli	McCarty et al. (1962)
Leptospira	L. biflexa	Toerien (1976b)
Micrococcus	M. candidus	Toerien (1976a)
Neisseria	N.catarhhalis	McCarty et al. (1962)
Pseudomonas	P. denitrificans	Burbank et al. (1966)
Sarcina	S. lutea	Burbank et al. (1966)
Streptococcus	S. diploidus	Buck et al. (1953)
Streptomyces	S. bikiniensis	Toerien (1976a)

**Εικόνα 5.12:** Βακτήρια που συμμετέχουν στην αναερόβια ζύμωση

Κλείνοντας την αναφορά αυτή στη διεργασία της αναερόβιας ζύμωσης, θα πρέπει να αναφερθούν και οι παράγοντες οι οποίοι την επηρεάζουν καθώς επίσης και στις συνθήκες που θα πρέπει να πληρούνται ώστε η αναερόβια ζύμωση να είναι αποδοτική. Οι παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν τα βακτήρια που συμμετέχουν στην αναερόβια ζύμωση είναι οι παρακάτω:

- Η θερμοκρασία που επικρατεί μέσα στους αντιδραστήρες είναι καταλυτικός παράγοντας για τα βακτήρια, καθώς οι μικροοργανισμοί αυτοί είναι άκρως ευαίσθητοι στις μεταβολές της θερμοκρασίας. Κατά βάση, οι βέλτιστες θερμοκρασίες είναι οι 37° οι οποίοι αποτελούν και τη μεσόφιλη θερμοκρασιακή περιοχή και οι 55° -60° που αποτελούν τη θερμόφιλη περιοχή. Το θέμα της επίδρασης της θερμοκρασίας στην ανάπτυξη των βακτηρίων της αναερόβιας ζύμωσης έχει απασχολήσει κατά καιρούς ουκ ολίγους ερευνητές, οι οποίοι συχνά καταλήγουν σε αλληλοαναιρούμενα συμπεράσματα. Σε κάθε περίπτωση όμως, εκείνο που έχει ιδιαίτερη σημασία και στο οποίο θα πρέπει να δίνεται μεγάλη προσοχή είναι οι απότομες και ακραίες αλλαγές θερμοκρασίας μέσα στους αντιδραστήρες, γιατί σε διαφορετική περίπτωση διακυβεύεται η ομαλή έκβαση της αναερόβιας ζύμωσης.
- Οι τοξικές για τους μικροοργανισμούς ουσίες επίσης επηρεάζουν τη διεργασία της αναερόβιας ζύμωσης. Τα βακτήρια είναι ευαίσθητα σε μια σειρά από ουσίες όπως το οξυγόνο, η αμμωνία, τα βαρέα μέταλλα, τα λιπαρά οξέα, οι αρωματικές ενώσεις, οι χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες, το υδρόθειο, η φορμαλδεΰδη, τα ανόργανα στοιχεία όπως Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>+2</sup> και Mg<sup>+2</sup> και η αλατότητα.
- Το pH είναι ακόμη μια παράμετρος που είναι σημαντική για την επιτυχή έκβαση της αναερόβιας ζύμωσης. Τα βακτήρια αναπτύσσονται σε pH 6-9, δηλαδή τόσο σε όξινο όσο και σε βασικό περιβάλλον. Ωστόσο, η βέλτιστη τιμή είναι το 6 [Williams and Crawford, 1984]. Οι κυριότεροι

παράγοντες που επιδρούν στο pH ενός χωνευτήρα είναι η αλκαλικότητα και η συγκέντρωση πτητικών λιπαρών οξέων. Τα λιπαρά οξέα μειώνουν το pH του χωνευτήρα ενώ η αλκαλικότητα θα πρέπει να διατηρείται σε υψηλά επίπεδα καθώς αυτό συνεπάγεται μεγάλη ικανότητα προσαρμογής του χωνευτήρα στις αλλαγές του pH.

- Η χημική σύσταση του υποστρώματος διαμορφώνει και ως εκ τούτου επηρεάζει τα χαρακτηριστικά του αναερόβιου χωνευτήρα. Για μια αποδοτική αναερόβια ζύμωση θα πρέπει να υπάρχουν θρεπτικά συστατικά όπως άζωτο (N), φωσφόρος (P) και θείο (S), τα οποία είναι απαραίτητα θρεπτικά συστατικά των βακτηρίων που συμμετέχουν στη ζύμωση.
- Ο ρυθμός παροχής οργανικού υλικού αλλά και ο υδραυλικός χρόνος παραμονής των αναερόβιων συστημάτων επεξεργασίας είναι ο προτελευταίος παράγοντας που ασκεί επίδραση στην απόδοση της αναερόβιας ζύμωσης. Αναφορικά με το ρυθμό παροχής οργανικού υλικού, το κυριότερο που πρέπει να τονισθεί είναι το γεγονός ότι θα πρέπει να διατηρείται σε φυσιολογικά και ανεκτά επίπεδα. Δεν θα πρέπει δηλαδή σε καμία περίπτωση το σύστημα επεξεργασίας να υπερφορτωθεί με οργανικό υλικό γιατί αυτό μπορεί να προκαλέσει συσσώρευση πτητικών λιπαρών οξέων και κατ' επέκταση κατάρρευση όλου του συστήματος επεξεργασίας αναερόβιας ζύμωσης. Ο υδραυλικός χρόνος παραμονής ενός αντιδραστήρα τώρα (HRT – Hydraulic Retention Time), ορίζεται ως ο χρόνος που το προοριζόμενο για χώνευση υλικό παραμένει μέσα σε αυτόν. Ο συνήθης υδραυλικός χρόνος των χωνευτήρων κυμαίνεται από 1 έως 10 ημέρες. Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι θα πρέπει να είναι τόσο μεγάλος ώστε να ευνοεί τα βακτήρια στην ανάπτυξη και την αναπαραγωγή τους.
- Τέλος, ο εγκλιματισμός του αναερόβιου συστήματος επιδρά στην απόδοση της ζύμωσης. Με τον όρο προσαρμοσμένη ή αλλιώς εγκλιματισμένη αναερόβια ζύμωση νοείται η καλλιέργεια βακτηρίων η οποία έχει τροφοδοτηθεί με ένα δεδομένο υπόστρωμα για χρονική περίοδο ίση ή μεγαλύτερη από δώδεκα χρόνους παραμονής. Γενικά, διάφοροι ερευνητές έχουν υποστηρίξει πως οι προσαρμοσμένες (εγκλιματισμένες) αναερόβιες μικροβιακές καλλιέργειες σε ένα υλικό που προορίζεται για χώνευση παρουσιάζουν πολύ καλύτερες αποδόσεις από τις μη εγκλιματισμένες.

Οι συνθήκες, η ικανοποίηση των οποίων εγγυάται μια αποτελεσματική αναερόβια ζύμωση είναι οι εξής: Πρώτον, θα πρέπει όπως είναι φυσικό να επικρατούν εντός του αντιδραστήρα οι κατάλληλες και ευνοϊκές για τους μικροοργανισμούς συνθήκες. Δεύτερον, θα πρέπει να διασφαλίζεται επαρκής επαφή ανάμεσα στα απόβλητα και τη βιομάζα. Τρίτον, θα πρέπει η βιομάζα να μπορεί να εγκλιματίζεται σε ποικίλους τύπους αποβλήτων. Τέταρτον, θα πρέπει να διασφαλίζεται μεγάλο ποσοστό κατακράτησης βιομάζας από τον αντιδραστήρα και τέλος, είναι αναγκαίο να υπάρχουν υψηλοί ρυθμοί αντίδρασης.

#### ✓ Απευθείας διάθεση στο έδαφος και φυσική αποκατάσταση

Η μέθοδος της απευθείας διάθεσης των υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων στο έδαφος αποτελεί την τελευταία βιολογική μέθοδο επεξεργασίας ΥΑΕ που θα εξεταστεί στην παρούσα εργασία. Αυτό που γίνεται με τη μέθοδο αυτή είναι χρησιμοποίηση του εδάφους ως έναν κατά κάποιο τρόπο «φυσικό» αντιδραστήρα για την επεξεργασία των ΥΑΕ. Φροντίζεται το έδαφος εκείνο στο οποίο θα πραγματοποιηθεί η διάθεση του κασίγαρου να είναι πλούσιο όσον αφορά τη συγκέντρωση οξυγόνου, ώστε να λάβει χώρα αερόβια αποδόμηση των επιμέρους συστατικών του κασίγαρου.

### **5.1.2 Μηχανικές μέθοδοι επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων**

Εκτός από τις βιολογικές μεθόδους επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων, υπάρχουν και οι μηχανικές μέθοδοι. Αυτές συνίστανται στην καθίζηση, την επίπλευση, την απολίπωση και τη διήθηση. Κάθε μια από αυτές θα αναπτυχθεί εκτενέστερα στην παρούσα υποενότητα.

#### **▼ Καθίζηση**

Η μέθοδος της καθίζησης μπορεί να πραγματοποιηθεί με δύο τρόπους. Είτε με φυσικό τρόπο, μέσω κατακρήμνισης λόγω βαρύτητας, είτε με εξαναγκασμένο τρόπο, μέσω χρήσης φυγοκεντρικού διαχωριστή.

Πρώτιστα, τελείται η αφαίρεση και απομάκρυνση των στερεών αποβλήτων.

Έπειτα, τα υγρά απόβλητα που εναπομένουν, εισάγονται στις δεξαμενές καθίζησης επιτρέποντας την καθίζηση των αιωρούμενων υλικών λόγω της μειωμένης ταχύτητάς τους. Η απομάκρυνση δηλαδή του ρυπαντικού φορτίου των αποβλήτων θα γίνει υπό μορφή στερεού ιζήματος. Σε αυτή τη φάση, έχει εκτιμηθεί ότι απομακρύνεται περίπου η μισή ποσότητα από τα διαλυμένα στερεά καθώς και το 35% του BOD<sub>5</sub>. Το αρνητικό της μεθόδου έγκειται στην ανάδυση δυσάρεστων οσμών, ωστόσο είναι κάτι το οποίο μπορεί να ελεγχθεί και να αποτραπεί χρησιμοποιώντας ασβέστη.

Μετά το πέρας της διαδικασίας, τα συστατικά που έχουν μείνει στη επιφάνεια των δεξαμενών καθίζησης να επιπλέουν συλλέγονται. Ένα παράδειγμα είναι το έλαιο που επιπλέει.

Τέλος, η ιλύς που καθιζάνει στο εσωτερικό της δεξαμενής, συλλέγεται μέσα σε ειδικές χοάνες και οδηγείται για περεταίρω επεξεργασία.





**Εικόνα 5.13:** Διαχείριση των υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων σε δεξαμενές καθίζησης

Στην Εικόνα 5.13 που παρατίθεται παραπάνω, παρατηρείται μεταφορά της λεπτόρρευστης φάσης από την πρώτη δεξαμενή, στην οποία όπως αναφέρθηκε προστίθεται ασβέστης για έλεγχο των αναδύμενων οσμών, στη δεύτερη, όπου πραγματοποιείται η καθίζηση.

#### ▼ Επίπλευση

Πρόκειται για μια ακόμη μηχανική μέθοδος επεξεργασίας των ΥΑΕ η οποία επιτυγχάνει το διαχωρισμό των αιωρούμενων στερεών από τα υγρά απόβλητα, μέσω της χρήσης ενός αερίου όπως άζωτο ή αέρα. Το αέριο αυτό που χρησιμοποιείται εισάγεται με πίεση στα απόβλητα και προσροφάται στην επιφάνεια των στερεών. Κατά αυτόν τον τρόπο, επιτυγχάνει τη μείωση του βάρους των στερεών διευκολύνοντας το διαχωρισμό τους από το υγρό μέρος των αποβλήτων. Για την ευκολότερη διεξαγωγή της μεθόδου της επίπλευσης γίνεται χρήση τριών ειδών ουσιών.

Αυτές οι ουσίες είναι οι εξής:

- Ρυθμιστικοί παράγοντες, όπως για παράδειγμα ουσίες που προκαλούν κροκίδωση κ.ά.
- Ουσίες που προκαλούν τη δημιουργία αφρού. Η χρήση αυτών των ουσιών είναι ζωτικής σημασίας, καθώς σταθεροποιούν τις φυσαλίδες των αερίων αποτρέποντας έτσι τα αιωρούμενα στερεά από το να κατακρημνιστούν.
- Ουσίες «συλλέκτες». Έτσι αποκαλούνται οι ουσίες που κάνουν τα αιωρούμενα στερεά να είναι υδρόφοβα και ως εκ τούτου, να προσκολλώνται πολύ πιο εύκολα στις φυσαλίδες του αέρα κινούμενα προς την επιφάνεια.





**Εικόνα 5.14:** Σύστημα επίπλευσης

Αναφορικά τώρα με τα είδη επίπλευσης που υπάρχουν και εφαρμόζονται, αυτά είναι πολλά και διαφέρουν ως προς τον τρόπο με τον οποίο δημιουργούνται οι φυσαλίδες. Η προτιμώμενη μέθοδος επίπλευσης είναι η επίπλευση με διαλυμένο αέρα. Αυτό συμβαίνει λόγω της αυξημένης αποδοτικότητας της μεθόδου αυτής στην απομάκρυνση μεγάλου εύρους στερεών. Υπάρχει ωστόσο και η λιγότερο διαδεδομένη επίπλευση με διασκορπισμένο αέρα.

#### ✓ Απολίπωση

Τα λίπη, ή αλλιώς το λιπαρό μέρος των υγρών αποβλήτων λειτουργεί παρεμποδιστικά όσον αφορά την ομαλή λειτουργία της εγκατάστασης επεξεργασίας ΥΑΕ. Επομένως, θα πρέπει να απομακρυνθούν με κάποιο τρόπο.

Η απολίπωση, ως διαδικασία, έχει ακριβώς αυτόν τον σκοπό. Η απομάκρυνση αυτή γίνεται με τη χρήση παγίδας λιπών, ωστόσο η επιλογή του κατάλληλου τρόπου (συστήματος) απολίπωσης εξαρτάται άμεσα από το μέγεθος που έχουν τα σταγονίδια ελαίου. Δηλαδή, όσο αυξάνει το μέγεθος των σταγονιδίων τόσο διευκολύνεται ο σχηματισμός στην επιφάνεια του νερού ενός φιλμ ελαίου, και συνεπώς τόσο πιο επιτακτική είναι η χρησιμοποίηση απολιπωτών που θα απομακρύνουν το εν λόγω φιλμ. Οι απολιπωτές ή oil skimmers, όπως είναι γνωστοί στην αγγλική βιβλιογραφία, είναι στην ουσία είτε δίσκοι φτιαγμένοι από χάλυβα ή από πλαστικό, είτε ιμάντες οι οποίοι βυθίζονται στα υγρά απόβλητα.

Βέβαια, πολύ σημαντικό ρόλο παίζει το μέγεθος των σταγονιδίων. Αν η συγκέντρωσή τους σε έλαιο είναι πολύ μικρή ή αν τα ίδια είναι πολύ μικρά,

τότε γίνεται χρήση φυγοκεντρικών διαχωριστήρων ή διαχωριστήρων βαρύτητας.

#### ✓ Διήθηση

Πρόκειται για μια από τις πιο παλιές μηχανικές μεθόδους επεξεργασίας ΥΑΕ που εφαρμόστηκαν με σκοπό το διαχωρισμό στερεών από υγρά απόβλητα. Η απομάκρυνση των στερεών σωματιδίων από το υγρό κομμάτι των αποβλήτων θα γίνει με τη χρησιμοποίηση πορώδους υλικού το οποίο θα λειτουργήσει ως φίλτρο. Θα συγκρατήσει δηλαδή τα στερεά και θα επιτρέπει τη διέλευση των υγρών. Αυτό το πορώδες υλικό μπορεί να συνίσταται σε στρώμα αμμοχάλικου, ενεργού άνθρακα ή άμμου.

Ως τεχνολογία και τρόπος εφαρμογής, η μέθοδος της διήθησης βασίζεται στη μέθοδο του διαχωρισμού με μεμβράνες η οποία θα αναλυθεί εκτενώς στην υποενότητα 5.1.3, στην οποία θα αναλυθούν οι φυσικοχημικές μέθοδοι επεξεργασίας του κασιόγαρου. Όπως και η καθίζηση έτσι και η διήθηση μπορεί να γίνει είτε με φυσικό τρόπο, μέσω βαρύτητας, είτε με εξαναγκασμένο τρόπο, μέσω εφαρμογής πίεσης. Συνήθως δε, η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται συνδυαστικά και με άλλες μεθόδους, ωστόσο δεν αποκλείεται να χρησιμοποιηθεί και μόνη της. Ενισχύει την αποτελεσματικότητα της απολύμανσης, ενώ στοχεύει κυρίως στην αφαίρεση των στερεών που μπορεί με κάποιον τρόπο να προκαλέσουν προβλήματα στη διεξαγωγή της επεξεργασίας των ΥΑΕ, όπως για παράδειγμα να φράξουν τους σωλήνες.

### **5.1.3 Φυσικοχημικές μέθοδοι επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων**

Οι φυσικοχημικές μέθοδοι επεξεργασίας των ΥΑΕ είναι στην ουσία φυσικοί τρόποι διαχωρισμού μέσω της χρήσης του κατάλληλου χημικού παράγοντα για συσσωμάτωση (πολυηλεκτρολύτη). Οι φυσικοχημικές μέθοδοι επεξεργασίας των ΥΑΕ που θα εξετασθούν στην παρούσα υποενότητα είναι οι εξής: κροκίδωση, κατακρήμνιση/συσσωμάτωση, οξειδωση/αναγωγή και αποτοξικοποίηση, προσρόφηση, ηλεκτρόλυση, αποτέφρωση και τέλος, διαχωρισμός με μεμβράνες.

#### ✓ Κροκίδωση

Πρόκειται για μια σχετικά φθηνή φυσικοχημική μέθοδο επεξεργασίας των ΥΑΕ που περιλαμβάνει εξουδετέρωση της οξύτητας, κροκίδωση και έπειτα καθίζηση. Η μέθοδος στηρίζεται στη χρήση κροκιδωτικών όπως οξείδιο και υδροξείδιο ρου ασβεστίου ( $\text{CaO}$  και  $\text{Ca(OH)}_2$ ) καθώς και στην καθίζηση του πιο ρυπογόνου τμήματος των αποβλήτων.

Με την κροκίδωση μπορεί να επιτευχθεί μείωση του οργανικού φορτίου των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων έως και 70%. Η διαδικασία έχει ως εξής. Αρχικά, μεταφέρεται ο κασιόγαρος σε μια δεξαμενή όπου και θα αφεθεί για περίπου μια ή δύο ημέρες σε σκοπό να γίνει η καθίζηση των αιωρούμενων σωματιδίων.

Έπειτα, πραγματοποιείται μεταφορά του επεξεργασμένου κασιόγαρου σε μια νέα δεξαμενή όπου θα προστεθεί και ασβέστης σε ποσότητα περίπου

5-10 g/l κατσίγαρου, ο οποίος θα ανεβάσει την τιμή του pH. Η λάσπη (ιλύς) που τυχόν θα προκύψει θα πρέπει να απομακρύνεται άμεσα. Ο βασικός λόγος για τον οποίο γίνεται προσθήκη ασβέστη είναι διότι ο ασβέστης είναι ικανός να μετατραπεί σε θειικό ασβέστιο, επιφέροντας έτσι καθίζηση των οργανικών ουσιών και κατ' επέκταση, ελάττωση της ρυπαντικής ιδιότητας των ΥΑΕ.

Η μέθοδος παρόλο που είναι ελκυστική λόγω του γεγονότος ότι είναι σχετικά φθηνή εμφανίζει ένα πολύ σοβαρό μειονέκτημα. Αυτό συνίσταται στη δημιουργία πολύ μεγάλης ποσότητας λάσπης, περίπου σε ποσοστό 20% της αρχικής ποσότητας του κατσίγαρου, η οποία εξαιτίας του τεράστιου όγκου της και της έντονης δυσσομίας της αποτελεί μέγιστο περιβαλλοντικό πρόβλημα.

Ωστόσο, η αποτελεσματικότητα της μεθόδου μπορεί να διαφανεί μέσα από τους αριθμούς. Μετά από επεξεργασία υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων με ασβέστη σε συγκέντρωση έως 25 g/l κατσίγαρου, προέκυψαν οι εξής μεταβολές: απομάκρυνση των πολυφαινολικών ενώσεων έως και 62,5%, του οργανικού φορτίου μέχρι 46%, των πτητικών στερεών έως και 53% και των θρεπτικών συστατικών των αποβλήτων μέχρι και 70%.

#### ✓ Κατακρήμνιση/συσσωμάτωση

Η μέθοδος της κατακρήμνισης βασίζεται στην προσθήκη ενός χημικού παράγοντα ο οποίος μέσω χημικής αντίδρασης μεταβάλλει τα στερεά που έχουν διαλυθεί, σε μια στερεή μορφή που είναι αδιάλυτη προκαλώντας την κατακρήμνισή τους. Κατά αντιστοιχία, με την συσσωμάτωση διενεργείται ένα συσσωμάτωμα, καθώς τα αιωρούμενα σωματίδια προσκολλώνται με τη βοήθεια χημικού παράγοντα και σχηματίζουν σωματίδια αρκετά μεγαλύτερου μεγέθους. Μάλιστα η συσσωμάτωση γίνεται και με καθόλα φυσιολογικό και αυθόρμητο τρόπο κατά τη θέρμανση των αποβλήτων. Οι σημαντικότερες παράμετροι που διευκολύνουν τη διενέργεια της συσσωμάτωσης είναι ο χρόνος, η βαθμίδα ταχύτητας και το pH.

Το pH είναι σημαντικός για την αφαίρεση και απομάκρυνση των κολλοειδών σωματιδίων ενώ η ταχύτητα και ο χρόνος παίζουν βασικό ρόλο στην κροκίδωση-κατακρήμνιση των σωματιδίων. Οι χημικοί παράγοντες που δύνανται να χρησιμοποιηθούν για συσσωμάτωση ή κατακρήμνιση είναι είτε οργανικοί είτε ανόργανοι.

Οι οργανικοί παράγοντες που έχουν χρησιμοποιηθεί για συσσωμάτωση είναι κυρίως διαλυτά στο νερό πολυμερή με κατιονικές ιδιότητες λόγω του φορτίου των σωματιδίων που τα κάνει να είναι κολλώδη. Από την άλλη μεριά, στους ανόργανους παράγοντες που έχουν χρησιμοποιηθεί κατά καιρούς συμπεριλαμβάνονται ο εστέρας του πυριτικού οξέος με νάτριο ( $\text{NaSiO}_3$ ), το ασβέστιο, ο θειούχος αλλά και ο τριχλωριούχος σίδηρος ( $\text{FeCl}_3$ ).

Κλείνοντας την περιγραφή της συσσωμάτωσης και της κατακρήμνισης αξίζει να σημειωθεί και το κυριότερο μειονέκτημα το οποίο εμφανίζουν. Στην περίπτωση της κατακρήμνισης αυτό δεν είναι άλλο από τη διάθεση του προϊόντος που προκύπτει από την κατακρήμνιση (κατακρήμνισμα). Η μεγαλύτερη δυνατή μείωση του οργανικού φορτίου αγγίζει το 50%, δεδομένου ότι υπάρχει και ένα μεγάλο ποσοστό οργανικών ενώσεων που δεν κατακρημνίζεται πολύ εύκολα όπως για παράδειγμα πτητικά οξέα ή σάκχαρα. Όσον αφορά τη συσσωμάτωση από την άλλη, το μειονέκτημα που εμφανίζει είναι η μειωμένη αποδοτικότητα σχετικά με τη μείωση των ρύπων στα ΥΑΕ.

#### ✓ Οξειδωση/αναγωγή και αποτοξικοποίηση

Οι οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις έχουν την ικανότητα να εξουδετερώνουν ή να αποτοξινώσουν ένα μεγάλο εύρος από επιμέρους συστατικά των υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων. Μέσω χημικής οξειδωσης, δηλαδή μέσω της χρήσης οξειδωτικών μέσων όπως το είναι το όζον, το χλώριο ή το υπεροξείδιο του υδρογόνου ( $H_2O_2$ ), εξουδετερώνεται τόσο το ανόργανο όσο και το οργανικό ρυπογόνο φορτίο. Τα οξειδωτικά αυτά μέσα που προαναφέρθηκαν δύνανται να δράσουν αποτελεσματικά σε ατμοσφαιρική πίεση και θερμοκρασία περιβάλλοντος.

Η λειτουργία είναι ίδια ανεξάρτητα από το οξειδωτικό μέσο που χρησιμοποιείται για να γίνει η οξειδωση. Η μόνη διαφορά τους έγκειται στην αποτελεσματικότητά τους. Πιο συγκεκριμένα, το υπεροξείδιο συγκριτικά με το όζον υπερέχει ως προς το ότι δεν έχει βλαβερές επιπτώσεις στο περιβάλλον, αλλά υστερεί στο ότι παρουσιάζει ταχεία αποικοδόμηση και ως εκ τούτου, αδυνατεί να αποθηκευτεί για μεγάλη χρονική περίοδο. Βέβαια, η ικανότητα που έχει το όζον να διασπά τις φαινολικές ενώσεις των ΥΑΕ, δεν έχει αποδειχθεί ακόμη αλλά ερευνάται. Στην οξειδωση, τα οξειδωτικά μέσα χρησιμοποιούνται σε πολλές περιπτώσεις συνδυαστικά με υπεριώδη ακτινοβολία (UV), καθώς έτσι αυξάνεται η οξειδωτική τους ικανότητα μέσω και οπλωσδήποτε ενισχύεται η διαδικασία. Είναι η γνωστή προηγμένη διεργασία οξειδωσης (Advanced Oxidation Process).

Έτσι, με αυτόν τον συνδυαστικό τρόπο που καλείται προηγμένη διεργασία οξειδωσης, παρατηρείται μεγαλύτερη παραγωγή ελεύθερων ριζών υδροξυλίου (OH). Αυτές οι ρίζες έχουν την ικανότητα να μετατρέπουν τα οργανικά μόρια των ΥΑΕ σε διοξείδιο του άνθρακα ( $CO_2$ ). Βέβαια, σαν μέθοδος η οξειδωση δεν έχει τόσο ευρεία απήχηση όσον αφορά την επεξεργασία ΥΑΕ, λόγω του γεγονότος ότι απαιτούνται τεράστιες ποσότητες οξειδωτικών μέσων για να έλθει εις πέρας η επιτυχής ελάττωση του COD και BOD των αποβλήτων.

Ένα ακόμη πρόβλημα της μεθόδου είναι ότι μόλις ολοκληρωθεί η οξειδωση, οι όποιες χημικές ουσίες έχουν χρησιμοποιηθεί παραμένουν και είναι πάρα πολύ δύσκολο να υποστούν περαιτέρω επεξεργασία. Σε κάθε περίπτωση η καλύτερη απόδοση οξειδωσης πραγματοποιείται με τη συνδυασμένη χρήση  $O_3/UV$ , λόγω της αυξημένης κινητικής.

#### ✓ Προσρόφηση

Με την προσρόφηση λαμβάνει χώρα η σύνδεση των διαλυμένων ουσιών ή των αερίων στα πορώδη στερεά της επιφάνειας των ΥΑΕ, με φυσικό τρόπο. Σε αυτή τη μέθοδο επεξεργασίας των ΥΑΕ, γίνεται χρήση ενεργού άνθρακα ο οποίος λειτουργεί ως παράγοντας προσρόφησης. Εφαρμόζεται κυρίως για καθαρισμό των υγρών αποβλήτων, για ανάκτηση διαλυτών, εξάλειψη γεύσης, χρώματος ή οσμών των ΥΑΕ και αφαίρεση τοξικών ουσιών όπως φαινόλες, φυτοφάρμακα κ.ά., από τα απόβλητα.

#### ✓ Ηλεκτρόλυση

Η ηλεκτρόλυση προκαλεί παραγωγή ριζών υδροξυλίου που μπορούν να οξειδώσουν τα οργανικά συστατικά των ΥΑΕ σε νερό και διοξείδιο του άνθρακα. Η οξειδωση αυτή τελείται με τη χρήση ενός μεταλλικού καθοδικού ηλεκτροδίου 304 και ενός ανοδικού Ti/pt. Έπειτα από πειράματα που

διεξήχθησαν σε αντιδραστήρα εργαστηριακής κλίμακας, διαπιστώθηκε η ακριβής μείωση του ολικού οργανικού άνθρακα, των φαινολικών ενώσεων και άλλων ρυπαντικών στοιχείων των αποβλήτων.

Πιο συγκεκριμένα, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι μετά δεκάωρη ηλεκτρόλυση πραγματοποιήθηκαν οι παρακάτω μειώσεις:

- COD  $\hat{=}$  93%
- Φαινολικές ενώσεις  $\hat{=}$  99,4%
- TOC  $\hat{=}$  80,4%

Αν μάλιστα, πέρα από τα σημαντικά αυτά ποσοστά μείωσης που υποδεικνύουν σαφώς το ύψος της αποτελεσματικότητας της μεθόδου, ληφθεί υπόψη και το γεγονός ότι τα ποσά της ελάχιστης καταναλισκόμενης ενέργειας για τη δεκάωρη ηλεκτρόλυση ανέρχονται σε 12,3 kWh/kg COD, συμπεραίνεται εύκολα ότι η μέθοδος της ηλεκτρόλυσης των υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων είναι ιδιαίτερα αποδοτική και δύναται να χρησιμοποιηθεί ως ένα είδος προεπεξεργασίας το οποίο θα εφαρμοστεί συνοδευτικά με μια άλλη μέθοδο. Ακόμη και στην περίπτωση της χρήσης ανοδικού ηλεκτροδίου PbO<sub>2</sub> για την οξείδωση των φαινολών, δεν υπήρξε κανένα πρόβλημα στην διεργασία.

Επομένως, πρόκειται αδιαμφισβήτητα για μια επιτυχημένη και αποτελεσματική μέθοδο επεξεργασίας των ΥΑΕ.

#### ✓ Αποτέφρωση

Με τον όρο αποτέφρωση καλείται η ολοκληρωτική εξουδετέρωση των οργανικών συστατικών των υγρών αποβλήτων με παρουσία αέρα σε συνθήκες πολύ υψηλής θερμοκρασίας που προκαλούν ταυτόχρονη εξάτμιση του υδάτινου διαλύματος.

Ο λόγος για τον οποίο χρησιμοποιείται η αποτέφρωση σαν μέσο επεξεργασίας των ΥΑΕ είναι το πάρα πολύ οργανικό και κατ' επέκταση ρυπογόνο φορτίο τους. Για την περίπτωση των υγρών αποβλήτων γίνεται χρήση των θαλάμων στατικής αποτέφρωσης ή των λεγόμενων φούρνων ρευστοποιημένης κλίνης, ενώ για συνδυασμένη αποτέφρωση στερεών και υγρών αποβλήτων είναι συνηθέστερη η χρήση θαλάμων αποτέφρωσης με περιστροφικούς σωλήνες. Μάλιστα, όσο μεγαλύτερη είναι η συγκέντρωση των αποβλήτων σε οργανικά στοιχεία, τόσο καλύτερα αποτελέσματα επεξεργασίας δίνει η μέθοδος της αποτέφρωσης συγκριτικά με οποιαδήποτε μηχανική ή βιολογική μέθοδο επεξεργασίας των ΥΑΕ.

Η θερμοκρασία που εφαρμόζεται στους θαλάμους για την αποτέφρωση των ΥΑΕ μπορεί να αγγίξει τους 1600<sup>ο</sup> περίπου, έχοντας ως ελάχιστη θερμοκρασία αποτέφρωσης τους 650<sup>ο</sup>. Το κυριότερο πρόβλημα που επιφέρει η αποτέφρωση είναι η δημιουργούμενη τέφρα καθώς και τα καυσαέρια των οποίων η διαχείριση και διάθεση είναι εξαιρετικά δαπανηρή.

#### ✓ Διαχωρισμός με μεμβράνες

Η τεχνολογία αυτή λαμβάνει χώρα με κυριότερο σκοπό την πλήρη αφαίρεση όλων των διαλυμένων ουσιών από το υδατικό διάλυμα των ΥΑΕ. Γίνεται χρήση ειδικών μεμβρανών με πορώδη επιφάνεια, οι οποίες έχουν τη λειτουργία ενός φίλτρου. Ανάλογα με το μέγεθος των διαφόρων ουσιών που φτάνουν στη μεμβράνη, τις αφήνουν ή τις παρακρατούν. Ο τρόπος με τον

οποίο θα γίνει ο διαχωρισμός αυτός αλλά και η διαπερατότητα εξαρτώνται άμεσα από το είδος της μεμβράνης που χρησιμοποιείται.

Ωστόσο, ανεξάρτητα με το είδος της μεμβράνης που θα χρησιμοποιηθεί, σε όλες της διαδικασίες διαχωρισμού με μεμβράνες εφαρμόζεται πίεση, έτσι ώστε να περάσει όλο το διάλυμα από την πορώδη επιφάνεια της μεμβράνης και να γίνει μια πιο επιλεκτική απομάκρυνση. Οι διαχωρισμοί που πραγματοποιούνται με τη χρήση μεμβρανών είναι οι ακόλουθοι:

- Από αέρια σε αέρια και στερεά
- Από υγρά σε αέρια, στερεά και υγρά

Η χρήση των μεμβρανών για διαχωρισμό είναι ευρεία όχι μόνο στα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων αλλά και σε ολόκληρη τη βιομηχανία τροφίμων. Βέβαια, ο πραγματοποιούμενος διαχωρισμός ποικίλλει ανάλογα με το μέγεθος των πόρων.

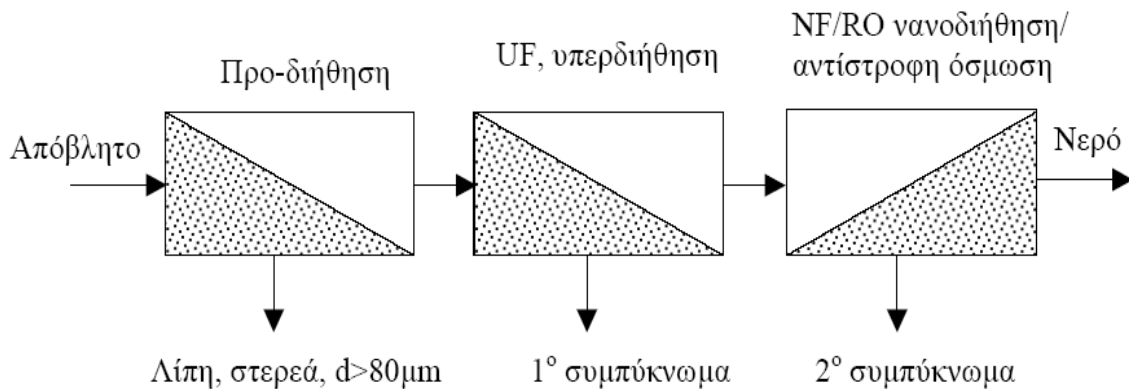
Έτσι, στον Πίνακα 5.2 που παρουσιάζεται στη ακόλουθη σελίδα διακρίνουμε τις κατηγορίες διαχωρισμών που εφαρμόζονται ανάλογα με το μέγεθος των ουσιών που ζητείται να συγκρατηθούν από τις μεμβράνες, και διαπιστώνεται ότι για συστατικά πολύ μεγάλου μεγέθους εφαρμόζεται η τεχνολογία της μικροδιήθησης ενώ για τα πιο μικρού μεγέθους συστατικά εφαρμόζεται η αντίστροφη όσμωση η οποία, όπως θα εξεταστεί και παρακάτω, είναι μαζί με τη νανοδιήθηση από τις πιο αποτελεσματικές τεχνολογίες διαχωρισμού με μεμβράνες.

**Πίνακας 5.2:** Είδη διαχωρισμών με μεμβράνες

ΜΕΓΕΘΟΣ ΤΩΝ ΠΟΡΩΝ	ΕΙΔΟΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ (ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ)	ΕΙΔΟΣ ΟΥΣΙΩΝ ΠΟΥ ΣΥΓΚΡΑΤΟΥΝΤΑΙ ΑΠΟ ΤΙΣ ΜΕΜΒΡΑΝΕΣ
Πάρα πολύ μεγάλο	Μικροδιήθηση	Βακτήρια
Μεγάλο	Υπερδιήθηση	Πρωτεΐνες και αιωρούμενα στερεά
Μεσαίο	Νανοδιήθηση	Σάκχαρα
Μικρό	Αντίστροφη ώσμωση	Άλατα

Ανεξάρτητα από το είδος διαχωρισμού που θα εφαρμοστεί, λαμβάνει πάντοτε χώρα πριν από αυτόν μια προ-επεξεργασία ούτως ώστε να απομακρυνθούν οι πάρα πολύ μεγάλες στερεές ουσίες. Πριν εξετασθεί λεπτομερώς η διαδικασία του διαχωρισμού με μεμβράνες, είναι σκόπιμο να αναφερθεί ότι στην περίπτωση των υγρών αποβλήτων με πολύ υψηλό ρυπαντικό φορτίο, η τεχνολογία αυτή δεν είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική. Αυτό συμβαίνει διότι τα ΥΑΕ με υψηλό οργανικό (ρυπαντικό) φορτίο ευνοούν την ανάπτυξη φαινομένων προσρόφησης δυσχεραίνοντας έτσι την ομαλή λειτουργία των μεμβρανών.

Γίνεται λοιπόν φανερό ότι, η τεχνολογία αυτή των μεμβρανών μπορεί να αποβεί αποδοτική στην περίπτωση των ΥΑΕ υψηλού ρυπαντικού φορτίου μόνο εφόσον αυτά έχουν υποστεί προηγουμένως μια προ-επεξεργασία η οποία θα ελαττώσει σημαντικά το οργανικό φορτίο. Ένα ομολογουμένως αποδοτικό σύστημα, είναι αυτό της νανοδιήθησης. Χρησιμοποιείται για απομάκρυνση διαφορετικών ρευστών ή ιόντων. Μπορεί να μην φτάνει τα επίπεδα αποτελεσματικότητας της αντίστροφης ώσμωσης αλλά έχει το θετικό ότι απαιτεί μικρότερα ποσά ενέργειας προκειμένου να γίνει ο διαχωρισμός. Στην Εικόνα 5.15, φαίνεται διαγραμματικά η διάταξη μιας μονάδας επεξεργασίας ΥΑΕ.



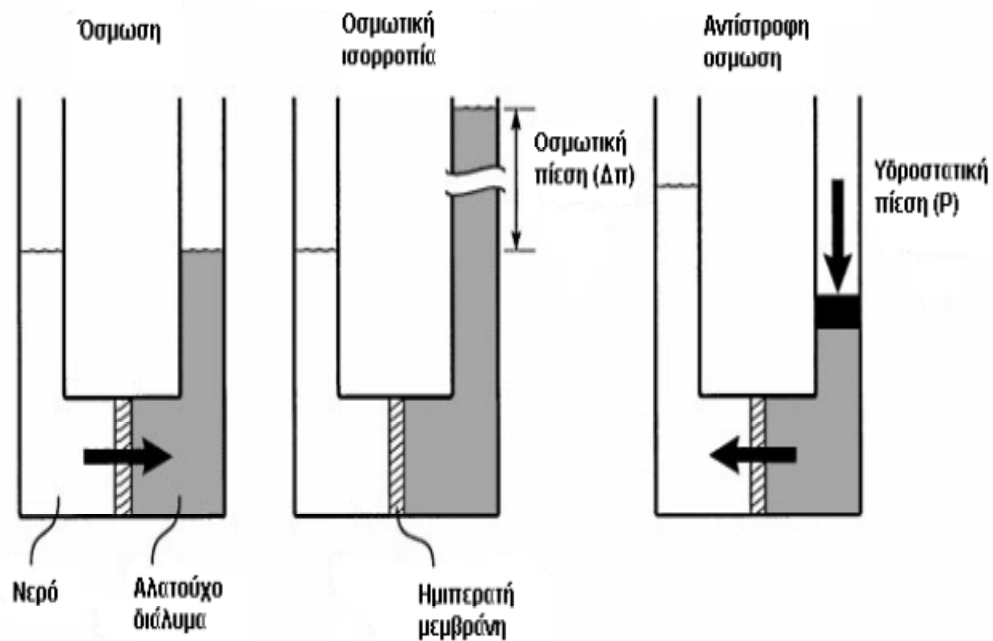
**Εικόνα 5.15:** Διάταξη μονάδας επεξεργασίας ΥΑΕ

Τα απόβλητα λοιπόν, προτού εισαχθούν στις μεμβράνες υφίστανται διήθηση σε κόσκινα 80μm, για να απομακρυνθούν τα στερεά αλλά και η μεγαλύτερη δυνατή ποσότητα λιπών.

Έπειτα, το προϊόν που προκύπτει από τη διήθηση εισάγεται στη μονάδα υπερδιήθησης έτσι ώστε να αφαιρεθούν και στερεά ή οργανικές ενώσεις μεγάλου μοριακού βάρους. Από τη διαδικασία της υπερδιήθησης λοιπόν, θα προκύψει το πρώτο συμπύκνωμα στο οποίο εμπεριέχονται στερεά, σάκχαρα αλλά και λίπη. Το πρώτο αυτό συμπύκνωμα θα περάσει από τη μονάδα της υπερδιήθησης σε αυτήν της νανοδιήθησης ή της αντίστροφης όσμωσης μέσω μιας διαπερατής μεμβράνης. Η νανοδιήθηση είναι πάρα πολύ αποδοτική για την απομάκρυνση βακτηρίων, αλάτων, πρωτεϊνών, σακχάρων, σωματιδίων, χρωστικών αλλά και γενικότερων συστατικών των οποίων το βάρος είναι αρκετά μεγάλο. Μάλιστα, με τη νανοδιήθηση και την αντίστροφη όσμωση, τα απόβλητα των ελαιοτριβείων καθαρίζουν εντελώς. Ως εκ τούτου, το επόμενο συμπύκνωμα που θα προκύψει θα περιλαμβάνει όλα εκείνα τα συστατικά που δεν παρακρατήθηκαν από τη μονάδα υπερδιήθησης. Η νανοδιήθηση και η αντίστροφη όσμωση επηρεάζονται από το φορτίο των σωματιδίων που περιέχονται στα απόβλητα. Δηλαδή, σωματίδια με μεγάλο φορτίο έχουν πολλές πιθανότητες να απορριφθούν.

Γενικά, η τεχνική της αντίστροφης όσμωσης λαμβάνει χώρα με την εφαρμογή πίεσης σε ένα διάλυμα η οποία πίεση είναι σε ένταση μεγαλύτερη από την οσμωτική πίεση του διαλύματος. Είναι τεχνική που στοχεύει στην απομάκρυνση των στερεών ουσιών από το υγρό κομμάτι των αποβλήτων. Στην Εικόνα 5.16 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα στάδια της διαδικασίας αντίστροφης όσμωσης.





**Εικόνα 5.16:** Διαδικασία αντίστροφης όσμωσης

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του τελικού υδατικού διαλύματος, είναι πάρα πολύ κοντά σε εκείνα του καθαρού νερού [Εικόνα 5.17]. Για το λόγο αυτό, έχει προταθεί η χρήση του για άρδευση ή και η διάθεσή του σε υδάτινους αποδέκτες.



**Εικόνα 5.17:** Δείγμα πριν την εισαγωγή στην μονάδα αντίστροφης όσμωσης (δεξιά) και μετά την επεξεργασία (αριστερά)



Γίνεται έτσι φανερή η αποτελεσματικότητα της τεχνολογίας των μεμβρανών για την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων από τα ελαιοτριβεία. Μάλιστα, σύμφωνα με σχετικές μελέτες των Canera et al (1988) και έπειτα των Paraskeva et al. (2006), προέκυψε ότι η μέθοδος αυτή των μεμβρανών εξασφαλίζει ασφαλή διοχέτευση του τελικού προϊόντος της επεξεργασίας των ΥΑΕ στο περιβάλλον καθώς η οργανική φόρτιση των αποβλήτων φτάνει να μειωθεί έως και 98% αφότου ολοκληρωθεί και η αντίστροφη όσμωση.

Βέβαια, υπάρχει και ένα βασικό μειονέκτημα στη μέθοδο αυτή που σχετίζεται με το πολύ υψηλό κόστος της διαδικασίας υπερδιήθησης.

Η δυνατότητα ανάκτησης αφενός μεν του νερού από τις διαδικασίες αντίστροφης όσμωσης και νανοδιήθησης, αφετέρου δε του αρχικού χρησιμοποιούμενου διαλύματος, η ευελιξία που παρουσιάζει ο σχεδιασμός όλης της εγκατάστασης, η δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας και τέλος, η χαμηλή θερμοκρασία που διατηρείται κατά τη διάρκεια της φάσης του διαχωρισμού είναι τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα που συνδέονται με τη γενικότερη τεχνική των μεμβρανών.

Από την άλλη μεριά, στα μειονεκτήματα της τεχνολογίας αυτής συμπεριλαμβάνονται το μεγάλο οικονομικό κόστος που συνεπάγεται η κατασκευή και λειτουργία της μονάδας, η ανάγκη χρησιμοποίησης χημικών χάριν της συντήρησης και επίβλεψης των εγκαταστάσεων και τέλος, η απουσία στην πλειότητα των περιπτώσεων, της υψηλής αντοχής των μεμβρανών.

Ωστόσο, παρόλα τα πλεονεκτήματα που ενδεχομένως καθιστούν την τεχνική αρχικά ελκυστική, η μέθοδος είναι αρκετά δύσκολο να εφαρμοστεί στην πράξη, καθώς τα περισσότερα ελαιοτριβεία είναι επιχειρήσεις μικρού ή μεσαίου μεγέθους που δεν είναι δυνατόν να αντέξουν το δυσβάστακτο οικονομικό φορτίο.

#### **5.1.4 Θερμικές μέθοδοι επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων**

Οι θερμικές μέθοδοι επεξεργασίας των ΥΑΕ, έχουν ως βασικό σκοπό τη συρρίκνωση του όγκου των αποβλήτων με ταυτόχρονη ελάττωση της ποσότητας του περιεχόμενου νερού. Οι βασικότερες εξ αυτών είναι η εξάτμιση και απόσταξη, η καύση και η πυρόλυση. Κάποιοι ωστόσο, θεωρούν και τις λίμνες εξάτμισης ως θερμική μέθοδο επεξεργασίας των ΥΑΕ. Παρόλα αυτά οι εξατμισοδεξαμενές και η λειτουργία τους αναπτύχθηκαν εκτενώς στην παράγραφο 5.1.1 και στις βιολογικές μεθόδους επεξεργασίας ΥΑΕ, οπότε δεν θα συζητηθούν στην παρούσα υποενότητα.

##### **✓ Εξάτμιση και απόσταξη**

Με αυτήν την μέθοδο πραγματοποιείται ο διαχωρισμός του υγρού μέρους των αποβλήτων. Ότι περισσεύει μετά το πέρας της εξάτμισης (υπόλειμμα) περιλαμβάνει μεταλλικά άλατα και μη πτητικά οργανικά υλικά, μιας και τα πτητικά έχουν συμπαρασυρθεί υπό μορφή ατμών από το υδατικό διάλυμα των αποβλήτων. Μέσω της εξάτμισης, μπορεί να ελαττωθεί σημαντικά το ρυπογόνο φορτίο των αποβλήτων αλλά και ο όγκος τους ενώ παράλληλα, ο

ατμός που παράγεται δύναται να επαναχρησιμοποιηθεί από το ελαιοτριβείο. Η διαφορά της εξάτμισης από την απόσταξη έγκειται στο ότι η απόσταξη επιτρέπει το διαχωρισμό των ατμών σε ξεχωριστά συστατικά βάσει του σημείου βρασμού τους. Και οι μέθοδοι της εξάτμισης και απόσταξης δεν στερούνται μειονεκτημάτων.

Το κυριότερο όλων είναι ότι δεν συμφέρουν από οικονομικής άποψης, καθώς προϋποθέτουν κατανάλωση τεράστιας ποσότητας ενέργειας προκειμένου να επιτευχθεί η επεξεργασία των ΥΑΕ. Ακόμη, το παραγόμενο υπόλειμμα δημιουργεί μεγάλο πρόβλημα όσον αφορά τη διάθεσή του, μιας και λόγω των πτητικών ενώσεων που εμπεριέχει δεν είναι δυνατή η απευθείας και χωρίς επεξεργασία διάθεσή του. Μια λύση είναι η καύση του η οποία θα επιφέρει παραγωγή θερμικής ενέργειας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί εκ νέου για την εξάτμιση. Ωστόσο, η λύση αυτή είναι προβληματική καθώς προκαλεί παραγωγή αέριας ρύπανσης.

#### ✓ Πυρόλυση και καύση

Η πυρόλυση και η καύση ανήκουν στις λεγόμενες καταστρεπτικές μεθόδους επεξεργασίας των ΥΑΕ. Πρόκειται για διεργασίες οι οποίες χρησιμοποιούνται συνδυαστικά με άλλες μεθόδους όπως η βιοαποδόμηση και η εξάτμιση.

Ο βασικός σκοπός στον οποίο αποβλέπουν οι μέθοδοι αυτές είναι η αποδόμηση του υγρού διαλύματος των ΥΑΕ καθώς και των στερεών συστατικών τους. Η ολοκληρωτική καύση, ή αλλιώς η αποτέφρωση, είναι μια τεχνική η οποία προτιμάται κυρίως όσον αφορά τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων που προκύπτουν από τα ελαιοτριβεία. Ο λόγος για τον οποίο δεν συμβαίνει το ίδιο και στην περίπτωση των ΥΑΕ είναι διότι τα υγρά απόβλητα εμπεριέχουν πάρα πολύ μεγάλο ποσοστό νερού (πολλές φορές έως και 80-90%), με αποτέλεσμα να είναι αναγκαία πριν την καύση η ξήρανσή τους, πράγμα ιδιαίτερα ασύμφορο σε οικονομικούς όρους.

Μάλιστα, μελέτες έχουν δείξει ότι για την απευθείας καύση των αποβλήτων είναι απαραίτητη η κατανάλωση μεγάλης ποσότητας ενέργειας. Η τεχνική της καύσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την καύση του υπολείμματος από την εξάτμιση των αποβλήτων. Η καύση του υπολείμματος και των κουκουτσιών είναι ικανή να παράσχει τα απαιτούμενα ποσά θερμότητας ούτως ώστε να έλθει εις πέρας η διεργασία της εξάτμισης. Το βασικότερο πλεονέκτημα της καύσης είναι η σημαντική μείωση του όγκου των αποβλήτων αλλά και η παντελής καταστροφή των τοξικών και ρυπαντικών ενώσεων που αυτά εμπεριέχουν.

Ωστόσο, από την καύση εκπέμπονται και σημαντικές ποσότητες αέριων ενώσεων που στην πλειοψηφία τους είναι τοξικές και φυσικά βλαβερές για το περιβάλλον. Παραδείγματα τέτοιων ενώσεων είναι οι CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, οι οποίες θα πρέπει οπωσδήποτε να περάσουν από ειδική επεξεργασία.

Ένα άλλο, εξίσου σημαντικό πρόβλημα που δημιουργούν οι καύσεις των αποβλήτων είναι η μεγάλη κατανάλωση ενέργειας. Η πυρόλυση αναφέρεται στην θερμική αποικοδόμηση ενός υλικού η οποία συντελείται απουσία οξυγόνου. Είναι μια τεχνική η οποία χρησιμοποιείται ευρέως για τα στερεά απόβλητα ή για τα συμπυκνωμένα ΥΑΕ. Η διαδικασία έχει ως εξής: Τα ΥΑΕ υφίστανται εξάτμιση με αποτέλεσμα να χάνουν το 80-90% του όγκου τους και κατά συνέπεια και του οργανικού τους φορτίου. Έπειτα, το προϊόν το οποίο προκύπτει από τη διεργασία της εξάτμισης υφίσταται ξήρανση και ακολούθως,

οδηγείται σε μια μονάδα πυρόλυσης. Εκεί μέσα από τη διεργασία της πυρόλυσης θα παραχθούν CO<sub>2</sub>, CO, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, και C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, με κυριότερο αέριο το διοξείδιο του άνθρακα, και το υπόλειμμα θα πυρολυθεί σε θερμοκρασία που κυμαίνεται από 200° έως 800°.

## 5.2 ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΕΛΑΙΟΤΡΙΒΕΙΩΝ

Έχει αναφερθεί πάρα πολλές φορές στην παρούσα εργασία ότι η παραγωγή ελαιόκαρπων και ιδίως η επεξεργασία τους για την μετέπειτα παραγωγή ελαιολάδου, αποφέρει εκτός από τα υγρά απόβλητα και μια σημαντική ποσότητα στερεών υπολειμμάτων.

Τα στερεά αυτά απόβλητα περιέχουν πολύ υψηλό οργανικό φορτίο και ως εκ τούτου θα πρέπει να επεξεργάζονται με διάφορους τρόπους έτσι ώστε να μην είναι τόσο βλαβερά για το περιβάλλον.

Βέβαια η διαχείρισή τους είναι πάρα πολύ δύσκολη λόγω ακριβώς του μεγάλου οργανικού και ανόργανου τους φορτίου. Τα στερεά απόβλητα, όπως και τα υγρά, έχουν μεγάλες τιμές BOD<sub>5</sub> και COD και είναι πλούσια σε λιπαρά οξέα, πολυφαινόλες και διάφορα άλλα συστατικά τα οποία συναντώνται στα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων. Η συνήθης πρακτική θέλει τα στερεά απόβλητα από τα ελαιοτριβεία να απορρίπτονται χωρίς κανέναν ενδοιασμό και δίχως την προαπαιτούμενη επεξεργασία στο έδαφος. Η πρακτική αυτή βέβαια εγκυμονεί πολλούς κινδύνους με σοβαρότερο αυτόν της μόλυνσης του υδροφόρου ορίζοντα.

Προτού γίνει λεπτομερής αναφορά στις μεθόδους επεξεργασίας των στερεών αποβλήτων των ελαιοτριβείων είναι σκόπιμο να δοθεί μια ανάλυση των τυπικών χαρακτηριστικών των στερεών υπολειμμάτων. Στον Πίνακα 5.3 που ακολουθεί παρουσιάζονται αυτά τα χαρακτηριστικά.

**Πίνακας 5.3:** Τυπικά χαρακτηριστικά των στερεών υπολειμμάτων

Παράμετρος	Πιεστήριο	Διφασικός διαχωριστήρας	Τριφασικός διαχωριστήρας
Υγρασία	30	62 έως 70	45 έως 55
Υπόλοιπο έλαιο	6 έως 11	4,65	4,5 έως 7
Πυρήνας	60 έως 65	-	39 έως 49

Αναφορικά τώρα με τις μεθόδους διαχείρισης των στερεών υπολειμμάτων, αυτές χωρίζονται στις τρεις παρακάτω κατηγορίες:

- Μηχανικές
- Βιολογικές
- Θερμικές

Κάθε μια από αυτές τις κατηγορίες μεθόδων περιλαμβάνει και επιμέρους μεθόδους οι οποίες θα αναλυθούν εκτενέστερα στις υποπαραγράφους που ακολουθούν. Ο Πίνακας 5.4, παρουσιάζει συγκεντρωτικά τις μεθόδους κάθε μιας κατηγορίας.

**Πίνακας 5.4:** Μέθοδοι διαχείρισης στερεών αποβλήτων

<b>ΒΑΣΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΕΛΑΙΟΤΡΙΒΕΙΩΝ</b>	
<b>Βιολογικές</b>	Διάθεση στο έδαφος, κομποστοποίηση και αναερόβια ζύμωση/χώνευση.
<b>Μηχανικές</b>	Ξήρανση, συμπίεση, συμπύκνωση και ταξινόμηση/εσχαρισμός.
<b>Θερμικές</b>	Αεριοποίηση, πυρόλυση, αποτέφρωση και απόθεση/διάθεση σε υγειονομικούς χώρους ταφής (Χ.Υ.Τ.Α).

### 5.2.1 Βιολογικές μέθοδοι διαχείρισης στερεών αποβλήτων

#### ✓ Διάθεση στο έδαφος

Η διάθεση στο έδαφος είναι θα έλεγε κανείς μια οικονομική εναλλακτική λύση στο πρόβλημα της διάθεσης των στερεών απορριμμάτων που προκύπτουν από τη λειτουργία των ελαιοτριβείων.

Η εναπόθεση των στερεών αποβλήτων γίνεται κυρίως με τη μορφή λιπάσματος, λάσπης άλλων αποβλήτων επεξεργασίας τροφίμων. Τα στερεά απόβλητα είναι πλούσια σε θρεπτικά συστατικά που βοηθούν την ανάπτυξη καλλιεργειών και η μέθοδος αυτή το εκμεταλλεύεται αυτό το γεγονός. Σε κάθε περίπτωση υπάρχουν και τα θετικά που απορρέουν από την εφαρμογή της μεθόδου αυτής με πρώτο και κυριότερο όλων το ότι η απορρόφησή τους από το έδαφος δύναται να λειτουργήσει και ως εδαφοβελτιωτικό. Ο βασικότερος σκοπός στον οποίο αποβλέπει η εν λόγω «τεχνική» είναι η ελαχιστοποίηση του κινδύνου μόλυνσης και η ταυτόχρονη μεγιστοποίηση της δημιουργικής χρήσης των θρεπτικών συστατικών.

Οι συνηθέστερες μέθοδοι εφαρμογής των στερεών αποβλήτων στο έδαφος είναι δύο:

- Η ενσωμάτωση στο έδαφος και σε βάθος έως και 25 εκατοστά
- Η διάχυτη απόρριψη στο έδαφος

Αφού διεξαχθεί ο απαιτούμενος έλεγχος όπου θα ελεγχθεί ο χρόνος εφαρμογής και θα γίνουν δοκιμές, η απόρριψη των υπολειμμάτων στο έδαφος είναι ικανή μέχρι και να εντείνει την συγκέντρωση του εδάφους σε θρεπτικά συστατικά, να μειώσει την αναδυόμενη δυσοσμία αλλά και να προστατέψει από πάσης φύσεως εδαφική διάβρωση.

Παρόλα τα θετικά που μόλις προαναφέρθηκαν υπάρχουν και πολλά μειονεκτήματα που συνδέονται με την τακτική της απόρριψης στερεών ανεπεξέργαστων αποβλήτων στο έδαφος. Πρώτον, ελλοχεύει σημαντικός κίνδυνος μετάδοσης σοβαρών ασθενειών σε ζωικούς και φυτικούς οργανισμούς και δεύτερον, προκαλείται όξυνση του εδάφους.

Είναι λοιπόν επιτακτική η ανάγκη να βρεθεί ένας τρόπος ώστε να γίνεται ένα είδος ελεγχόμενης διάθεσης των αποβλήτων στο έδαφος ούτως ώστε να αποφευχθούν οι δυσάρεστες περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Ως σήμερα έχουν διεξαχθεί πολλές μελέτες και έρευνες και έχουν θεσπιστεί πάρα πολλοί νόμοι σχετικοί με το θέμα, όχι μόνο στον ελληνικό χώρο αλλά και στο εξωτερικό.

Πιο συγκεκριμένα, στη γειτονική Ιταλία υπάρχει νόμος (574/1996) ο οποίος προβλέπει τη δυνατότητα εφαρμογής διάθεσης των αποβλήτων από την ελαιοπαραγωγή σε διάφορες εκτάσεις που προορίζονται για καλλιέργεια. Στη χώρα μας διεξήχθη έρευνα αναφορικά με την ελεγχόμενη απόθεση αποβλήτων στο έδαφος. Τα αποτελέσματά της ήταν ιδιαίτερα ενθαρρυντικά, αφού σύμφωνα με αυτά, τα στερεά απόβλητα τα οποία εναποτίθενται στο έδαφος μπορούν να συντελέσουν στη διατήρηση της ποικιλίας των μικροοργανισμών που διαβιούν στο έδαφος ενώ μπορούν ταυτόχρονα να βελτιώσουν και την οργανική ουσία του εδάφους. Το όλο κόστος της τεχνικής αγγίζει τα 5€ ανά τόνο ελαιοπυρήνα.

#### ✓ Κομποστοποίηση

Η αερόβια αποικοδόμηση των οργανικών συστατικών των αποβλήτων καλείται κομποστοποίηση.

Η κομποστοποίηση λαμβάνει χώρα παρουσία ενός οργανικού υλικού που στοχεύει στην ανάπτυξη των καλλιεργειών και καλείται χούμος. Τα οργανικά συστατικά των αποβλήτων αποικοδομούνται χάρη στην ενζυματική διάσπασή τους η οποία πραγματοποιείται από τους διάφορους μικροοργανισμούς που βρίσκονται στο έδαφος (έντομα, μύκητες βακτήρια). Η μάζα των στερεών αποβλήτων μπορεί να μειωθεί έως και 40-50% κατά τη διαδικασία αποικοδόμησης των οργανικών συστατικών σε ανόργανα άλατα, διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Η ακριβής διαδικασία που ακολουθείται είναι η εξής: Πρώτα, τα στερεά υπολείμματα τοποθετούνται σε σωρούς.

Έπειτα, διενεργούνται διάφορων ειδών εξώθερμες αντιδράσεις που οφείλονται στην μεγάλη βιολογική δραστηριότητα των βακτηρίων. Οι αντιδράσεις αυτές, όπως είναι φυσικό, αυξάνουν τη θερμοκρασία στο εσωτερικό του σωρού έως και 70-80° C ευνοώντας έτσι, την παστερίωση των στερεών υπολειμμάτων. Μάλιστα, απαιτείται η διασφάλιση ότι θα γίνει επαρκής αερισμός της σωρού, είτε παθητικός είτε ενεργητικός, ώστε η αποικοδόμηση να ολοκληρωθεί το συντομότερο δυνατό.

Σε κάθε περίπτωση, η διεργασία κομποστοποίησης κρατάει τρεις με τέσσερις μήνες έως ότου να ολοκληρωθεί. Τα επιμέρους βήματα για την προετοιμασία του σωρού είναι τα παρακάτω:

- Ανάλυση των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών των στερεών αποβλήτων τα οποία αποτελούν και την πρώτη ύλη με κυριότερο την αναλογία άνθρακα προς άζωτο.
- Κυρίως προετοιμασία του σωρού.
- Φάση κομποστοποίησης των στερεών υπολειμμάτων.

Αναλυτικότερα για τη φάση της προετοιμασίας του σωρού (το δεύτερο βήμα δηλαδή) είναι απαραίτητο να αναφερθούν τα εξής: Πρώτα απ' όλα, είναι αναγκαίο να γίνει προσθήκη ενός ινώδους στερεού συστατικού όπως είναι για παράδειγμα τα υπολείμματα δέντρων, το οποίο συστατικό θα βελτιώνει τη δομή του σωρού των αποβλήτων. Αυτή η ανάγκη προκύπτει από το γεγονός ότι τα στερεά υπολείμματα των ελαιοτριβείων εσωκλείουν αρκετά μεγάλο ποσοστό υγρασίας η οποία λειτουργεί παρεμποδιστικά στη διαδικασία δημιουργίας σωρών προς κομποστοποίηση. Θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στο θέμα της επιλογής κατάλληλης αναλογίας C/N. Δεύτερον, αναφορικά με την ιδανική αναλογία C/N, πρέπει να επισημανθεί το γεγονός ότι αν τοποθετηθούν ινώδη στερεά μαζί με τα απόβλητα, ο λόγος C/N θα μεγαλώσει και ως εκ τούτου θα χρειάζεται περαιτέρω προσθήκη αζώτου για να επανέλθει η σωστή αναλογία.

Τέλος, είναι απαραίτητη και η προσθήκη μικρής ποσότητας υλικού το οποίο να είναι πλούσιο σε μικροοργανισμούς όπως για παράδειγμα υλικό από το θερμόφιλο στάδιο της κομποστοποίησης ή ακόμη και λάσπη προερχόμενη από αστικά λύματα. Η ανάγκη αυτή προέρχεται από το ότι τα στερεά απόβλητα χάρη σε ουσίες που περιέχουν όπως οι πολυφαινόλες δυσχεραίνουν τη δράση των μικροοργανισμών.

Σχετικά τώρα με το βήμα της κομποστοποίησης, το τρίτο δηλαδή και τελευταίο στάδιο προετοιμασίας του σωρού των στερεών αποβλήτων θα πρέπει να τονισθούν τα παρακάτω:

Πρώτον, κατά τη φάση της κομποστοποίησης θα πρέπει να ανακατεύεται συνεχώς ο σωρός για να διασφαλιστεί η διατήρηση των καλύτερων δυνατών συνθηκών για αερόβια διεργασία από τους μικροοργανισμούς. Οι συνθήκες αυτές είναι αποφυγή θερμότητας, της υγρασίας και διοξειδίου του άνθρακα, παροχή οξυγόνου και αποφυγή των αναερόβιων συνθηκών αλλά και της δυσοσμίας.

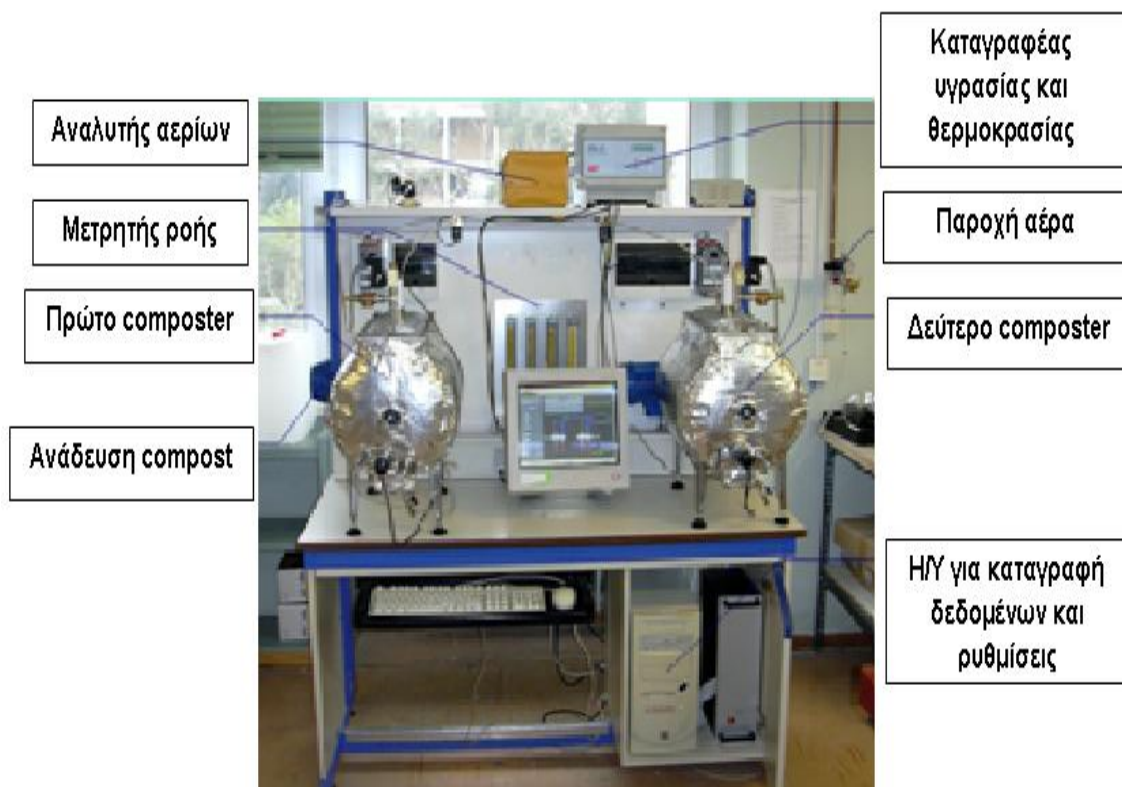
Δεύτερον, το ποσοστό της υγρασίας θα πρέπει να ελέγχεται κάθε μέρα κατά τη φάση της κομποστοποίησης έτσι ώστε να «κλειδωθεί» το εν λόγω ποσοστό περίπου στο 50-60% μετά φυσικά από προσθήκη νερού. Αυτό θα διασφαλίσει και τις γενικότερες αναερόβιες συνθήκες στη διεργασία αλλά θα βελτιώσει και την αποικοδόμηση των οργανικών συστατικών.

Τέλος, κατά τη διαδικασία της θερμόφιλης φάσης της κομποστοποίησης, θα πρέπει να γίνεται πολύ τακτικός έλεγχος της θερμοκρασίας. Πιο συγκεκριμένα, η θερμοκρασία θα πρέπει να διατηρείται σταθερή στους 75-80° C. Χρειάζεται μεγάλη προσοχή ώστε οι σωροί να ανακατεύονται μια φορά σε καθημερινή βάση, γιατί με αυτόν τον τρόπο θα διασφαλιστεί η ομογενοποίηση του σωρού αλλά ταυτόχρονα και η επιτάχυνση της διαδικασίας αποικοδόμησης. Μόλις ο σωρός αποκτήσει θερμοκρασία όμοια με εκείνη του περιβάλλοντος το ανακάτεμά του λήγει και πλέον το μίγμα αφήνεται να ωριμάσει για χρονικό διάστημα ενός περίπου μήνα. Το προϊόν που δημιουργείται μετά το πέρας της διαδικασίας κομποστοποίησης και το οποίο είναι ευρύτερα γνωστό με τον όρο compost δύναται να χρησιμοποιηθεί

ως λίπασμα χάρις στην πολύ υψηλή του ποιότητα. Πρόκειται στην ουσία για ένα είδος ανακυκλωμένων ανόργανων και οργανικών υλικών που δεν χρειάζονται και χημική επεξεργασία.

Πιο συγκεκριμένα, όσον αφορά το compost και τη χρήση του ως λίπασμα το οποίο είναι ιδιαίτερα χρήσιμο ως υλικό, είναι σκόπιμο να αναφερθούν οι χρήσεις του λιπάσματος. Οι πιο σημαντικές, λοιπόν χρήσεις του είναι οι παρακάτω τέσσερις:

- Για λίπανση, και κατ' επέκταση ελάττωση της διάβρωσης του εδάφους αλλά και μείωση της καταστροφής και υποβάθμισης των τοπίων.
- Για τον έλεγχο και τη μείωση της μετάδοσης ασθενειών σε φυτικούς και ζωικούς οργανισμούς.
- Για την αναδάσωση και τη γενικότερη αναμόρφωση και βελτίωση των υγροτόπων.
- Για την αποκατάσταση των ιδιοτήτων των εδαφών αλλά και της υπέρμετρης μόλυνσής τους.



**Εικόνα 5.18:** Διάταξη κομποστοποίησης

Η μέθοδος της κομποστοποίησης των στερεών υπολειμμάτων που προέρχονται από τη βιομηχανία επεξεργασίας ελαιόκαρπων και παραγωγής ελαιολάδου εμφανίζει ένα πολύ βασικό μειονέκτημα. Αυτό συνίσταται στο ότι το παραγόμενο compost εμφανίζει μεγάλες δυσκολίες στο να μπορέσει να αξιοποιηθεί κάπως, και αυτό γιατί πολλές φορές αναδύονται από αυτό πολύ δυσάρεστες οσμές που δυσχεραίνουν την αξιοποίησή του. Ακόμη, δεν είναι

σπάνιο το φαινόμενο να προκύπτουν από το compost και απόνερα τα οποία απαιτούν ιδιαίτερο και σε κάθε περίπτωση ξεχωριστό χειρισμό. Τα έξοδα λειτουργίας αλλά και η αμοιβή του προσωπικού μιας μονάδας κομποστοποίησης είναι αρκετά προσιτά. Αυτό επιτρέπει σε διάφορες μονάδες να προβαίνουν σε χρήση της μεθόδου αυτής για την επεξεργασία των στερεών υπολειμμάτων από τα ελαιοτριβεία.

Ωστόσο, η γενικότερη βιωσιμότητα των συγκεκριμένων μονάδων βασίζεται κυρίως στο κατά πόσο θα μπορέσουν να αξιοποιήσουν, να προωθήσουν ή να πωλήσουν το παραγόμενο compost.

#### ▼ Αναερόβια ζύμωση/χώνευση

Μια από τις πιο συνηθισμένες μεθόδους επεξεργασίας των στερεών υπολειμμάτων είναι η τεχνική της αναερόβιας ζύμωσης. Παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον ως τεχνική και διακρίνεται σε δύο εναλλακτικές τεχνικές.

Η πρώτη περιλαμβάνει τη λεγόμενη υγρή ζύμωση, δηλαδή τη ρύθμιση της συγκέντρωσης των αποβλήτων σε υδατικό διάλυμα σε ποσοστό 90% το λιγότερο και την μετέπειτα διαχείριση και επεξεργασία τους σε βιολογικό αντιδραστήρα σαν και αυτόν που χρησιμοποιείται για την επεξεργασία των ΥΑΕ.

Η δεύτερη τεχνική αναφέρεται στην επεξεργασία των υπολειμμάτων που έχουν συγκέντρωση σε νερό έως 70% σε αντιδραστήρα σταθερής κλίσης. Η τεχνική αυτή της αναερόβιας ζύμωσης περιλαμβάνει δύο βασικά στάδια. Αυτά είναι πρώτον, το στάδιο της όξυνσης, δηλαδή της διάσπασης των οργανικών συστατικών των αποβλήτων με υδρόλυση και δεύτερον, το αναερόβιο στάδιο της δημιουργίας μεθανίου (μεθανοποίηση).

Σχετικά τώρα με τον τρόπο με τον οποίο έρχονται εις πέρας τα δύο προαναφερθέντα στάδια, υφίστανται πολλές διαφορετικές προσεγγίσεις. Ενδέχεται δηλαδή, τα δύο βήματα αυτά να διεξαχθούν σε ξεχωριστούς αντιδραστήρες ή σε έναν κοινό. Η πρώτη περίπτωση είναι γνωστή ως διαδικασία δύο σταδίων, ενώ η δεύτερη ως διαδικασία ενός σταδίου. Από τη διαδικασία της μεθανοποίησης περίπου η μισή ποσότητα των οργανικών συστατικών των αποβλήτων μετατρέπεται σε βιοαέριο (50%). Αυτό το βιοαέριο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί με επιτυχία για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας.

Η μέθοδος της αναερόβιας ζύμωσης δεν είναι η καταλληλότερη μέθοδος για την επεξεργασία των στερεών υπολειμμάτων από τη βιομηχανία των ελαιοπαραγωγών ενώ δεν είναι και λίγα τα γενικότερα μειονεκτήματα που συνδέονται με αυτήν. Ο κυριότερος λόγος που την καθιστά ακατάλληλη τεχνική είναι το γεγονός ότι όντας στερεά, τα απόβλητα αυτά δεν έχουν αρκετή συγκέντρωση υδατικού διαλύματος με αποτέλεσμα να προκαλούν κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας ανεπανόρθωτες αποφράξεις.

Παράλληλα, ένα ακόμη πρόβλημα που δημιουργούν τα στερεά απόβλητα είναι το γεγονός ότι μετά από το σταμάτημα της λειτουργίας μιας μονάδας αναερόβιας ζύμωσης απαιτείται πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα για να ξεκινήσει και πάλι η διαδικασία. Στα μειονεκτήματα συμπεριλαμβάνονται επίσης και οι εξής αδυναμίες της μεθόδου:

- Δεν συμφέρει οικονομικά η δημιουργία αναερόβια μονάδα επεξεργασίας στερεών υπολειμμάτων ελαιοτριβείων.



- Παράγεται από τη διεργασία μια σημαντική ποσότητα λάσπης η οποία δεν έχει καμία σχεδόν αξία.
- Η μέθοδος απαιτεί την προσθήκη μιας ποσότητας ύδατος στα στερεά αποβλήτα ούτως ώστε να αποφευχθούν, όπως ειπώθηκε και παραπάνω, οι αποφράξεις που αυτά προκαλούν. Ωστόσο, η προσθήκη αυτή μεγαλώνει το σύνολο των λειτουργικών εξόδων για την μονάδα με αποτέλεσμα να την καθιστά ακόμη πιο ασύμφορη.

### 5.2.2 Μηχανικές μέθοδοι διαχείρισης στερεών αποβλήτων

#### ✓ Ξήρανση

Η πιο συνηθισμένη μορφή ξήρανσης των στερεών υπολειμμάτων των ελαιοτριβείων είναι η εξάτμιση και συνεπώς η πλήρης εξαφάνιση του υδατικού διαλύματος που αυτά εμπεριέχουν και η μετέπειτα εναπόθεσή τους στο έδαφος. Πρόκειται για μια μέθοδο προβληματική καθώς από την εφαρμογή της προκύπτουν ουσιαστικά προβλήματα όπως είναι η μόλυνση του εδάφους που ελλοχεύει από την ενδεχόμενη εισχώρηση του υγρού μέρους των αποβλήτων στα κατώτερα εδαφικά στρώματα.

Εξίσου σημαντικό είναι και το πρόβλημα της αναδυόμενης δυσοσμίας. Υπάρχουν διάφορες εφαρμογές ξηραντήρων όπως για παράδειγμα ο συνδυασμένος ξηραντήρας κινούμενης και ρευστοποιημένης κλίνης ή ο ξηραντήρας περιστρεφόμενου τυμπάνου ο οποίος χρησιμοποιείται στην ξήρανση με τεχνολογία PIERALISI η οποία θα εξετασθεί λίγο παρακάτω. Ξεκινώντας με τον ξηραντήρα κινούμενης και ρευστοποιημένης κλίνης, μετά από πρόσφατη εφαρμογή του, αποδείχθηκε ότι γενικότερα η μέθοδος της ξήρανσης εμφανίζει αρκετά προβλήματα. Το σημαντικότερο απ' όλα είναι ο έλεγχος της κυκλοφορίας του θερμού αέρα αλλά και των αποβλήτων με στόχο την επίτευξη της καλύτερης δυνατής ξήρανσης. Η θερμοκρασία κυμαίνεται από 160° έως 400° C, ενώ ο θερμός αέρας παράγεται στην πλειότητα των περιπτώσεων από την καύση των αποξηραμένων στερεών. Από τη διαδικασία της επεξεργασίας των στερεών αποβλήτων σε ξηραντήρα προκύπτει ένα προϊόν σκόνης το οποίο περιλαμβάνει στοιχεία από όλα τα επιμέρους τμήματα του ελαιοκαρπού όπως είναι για παράδειγμα ο πυρήνας. Από την επεξεργασία αυτή της ξήρανσης παρατηρείται μια ελάττωση της συγκέντρωσης των στερεών αποβλήτων σε νερό ύψους 15% το μέγιστο.

Από τον ξηρό ελαιοπυρήνα υπάρχει η δυνατότητα να παραχθεί πυρηνέλαιο εάν υποστεί περαιτέρω επεξεργασία με οργανικούς διαλύτες.

Το κόστος μιας τέτοιας ενέργειας δεν είναι καθόλου απαγορευτικό καθώς είναι γνωστό από διάφορες πηγές του διαδικτύου ότι για την παραγωγή ενός λίτρου πυρηνέλαιου με διαδικασία ξήρανσης απαιτείται καταβολή αντιτίμου μικρότερου των 0,20€. Ο υγρός ελαιοπυρήνας πάλι θα μπορούσε να υποστεί μια διεργασία απόσταξης υπό κενό ούτως ώστε να αφαιρεθεί η μεγαλύτερη ποσότητα υγρού διαλύματος και να εξαχθεί το πυρηνέλαιο.

#### Τεχνολογία ξήρανσης PIERALISI

Όπως αναφέρθηκε και πρωτίτερα εκτός από τους αντιδραστήρες κινούμενης και ρευστοποιημένης κλίνης υπάρχει και ένας διαφορετικός τύπος

ξηραντήρα, ο ξηραντήρας περιστρεφόμενου τυμπάνου. Αυτός ο τύπος χρησιμοποιείται στην τεχνολογία Pieralisi, της οποίας η διαδικασία είναι η παρακάτω. Αρχικά, μετά από την εξαγωγή του ελαιόλαδου, εφαρμόζεται ξήρανση στη διφασική ελαιοπυρήνα του ελαιολάδου. Το δημιουργούμενο προϊόν περιέχει ένα ποσοστό υγρασίας της τάξεως του 20% το μέγιστο. Η ξήρανση που θα αποδώσει το εν λόγω ξηρό προϊόν λαμβάνει χώρα φυσικά σε έναν ξηραντήρα περιστρεφόμενου τυμπάνου. Ένας τέτοιος τύπος ξηραντήρα απεικονίζεται στην Εικόνα 5.19 που ακολουθεί.



**Εικόνα 5.19:** Ξηραντήρας περιστρεφόμενου τυμπάνου

Το αναγκαίο ποσό ενέργειας που είναι απαραίτητο για να έλθει εις πέρας η εξάτμιση του υδατικού μέρους των στερεών αποβλήτων και κατ' επέκταση και η ξήρασή τους μπορεί να προέλθει από αέρια που δημιουργούνται μέσα στο τμήμα της μονάδας όπου γίνεται η καύση, ενώ ως καύσιμη ύλη μπορεί να αξιοποιηθεί και το ξηρό μέρος των αποβλήτων που θα δημιουργηθεί από τη διαδικασία της ξήρασης.

Με την τεχνολογία Pieralisi, τα όποια περιττά αέρια προκύψουν θα οδηγηθούν για περεταίρω επεξεργασία έτσι ώστε να αφαιρεθούν τα αιωρούμενα συστατικά τα οποία θα εξέλθουν από τη μονάδα στο περιβάλλον μέσω της καμινάδας.

Τέλος, όλο το σύστημα διασφαλίζει εύκολα την απαραίτητη ενέργεια που του χρειάζεται καθώς η βιομάζα που παράγεται έχει υψηλή θερμική δύναμη και ως εκ τούτου μπορεί να γίνει εκμετάλλευσή της με σκοπό την παραγωγή ενέργειας (θερμότητας).

## ✓ Συμπύεση

Κατά τη διαδικασία της συμπύεσης το υγρό μέρος των στερεών αποβλήτων συμπιέζεται με τη βοήθεια ειδικά διαμορφωμένων δίσκων έτσι ώστε να απομακρυνθεί το υγρό κομμάτι και να παραμείνει μονάχα το ξηρό πλέον τμήμα. Έπειτα, τα ξηρά/στερεά απόβλητα που προκύπτουν υφίστανται βύθιση η οποία πραγματοποιείται με τη βοήθεια μιας ειδικής σχάρας. Αυτό γίνεται σε στόχο την ολοκληρωτική αφαίρεση του υπολείμματος, το οποίο στη συνέχεια σε ειδικό τμήμα της μονάδας.

Τέλος, ένας θάλαμος συμπύεσης θα υποδεχτεί το υλικό αυτό, το οποίο μετέπειτα θα υποστεί και το τελευταίο στάδιο της επεξεργασίας του που είναι η συμπύεση και η εξαγωγή του μέσα σε ειδικούς δέκτες.

## ✓ Συμπύκνωση

Με τη συμπύκνωση, η οποία είναι γνωστή και με τον όρο πάχυνση και προσομοιάζει πολύ στη διαδικασία της συμπύεσης, επιτυγχάνεται σημαντική ελάττωση του συνολικού όγκου των στερεών αποβλήτων των ελαιοτριβείων. Παράλληλα, παρατηρείται αφαίρεση του υδατικού μέρους των στερεών υπολειμμάτων αλλά και διόρθωση της ποιότητας τη λάσπης ώστε να διευκολυνθεί η διεξαγωγή των ακόλουθων διαδικασιών. Η συμπύκνωση λαμβάνει χώρα με τη βοήθεια ενός παχυντή. Υπάρχουν και χρησιμοποιούνται ευρέως τριών ειδών παχυντές. Αυτοί είναι οι παρακάτω:

- Μηχανικούς παχυντές
- Παχυντές βαρύτητας
- Παχυντές με επίπλευση

Η πρώτη κατηγορία παχυντών, οι μηχανικοί, είναι θα έλεγε κανείς κάτι σαν μικρές δεξαμενές καθίζησης. Βέβαια, οι μηχανικοί παχυντές είναι μεγαλύτεροι σε βάθος και μικρότεροι σε διάμετρο από τις δεξαμενές καθίζησης. Οι μηχανικοί παχυντές είναι ίδιοι με τους παχυντές βαρύτητας σε ότι αφορά τον τρόπο λειτουργίας τους αλλά διαφέρουν στο ότι οι πρώτοι κάνουν χρήση αναδευτήρα ο οποίος στοχεύει στη ευκολότερη διεξαγωγή της διαδικασίας συμπύκνωσης. Η συμπύκνωση που μπορεί να επιτευχθεί με τον συγκεκριμένο τύπο παχυντή αγγίζει τη συγκέντρωση στερεών 5-8%.

Η δεύτερη κατηγορία τώρα παχυντών, οι παχυντές βαρύτητας είναι και αυτοί δεξαμενές με ορθογώνιο ή κυκλικό σχήμα. Πρόκειται για τον τύπο παχυντή ο οποίος χρησιμοποιείται περισσότερο από κάθε άλλο τύπο. Ο πυθμένας των δεξαμενών βαρύτητας σχεδιάζεται έτσι ώστε να έχει μεγάλη κλίση η οποία θα διευκολύνει πολύ τη συγκέντρωση αλλά και απομάκρυνση των στερεών. Η συμπύκνωση που μπορεί να επιτευχθεί με τον παχυντή βαρύτητας αγγίζει συνήθως τη συγκέντρωση στερεών 2-3%.

Η τρίτη και τελευταία κατηγορία παχυντών, οι παχυντές με επίπλευση, είναι στην ουσία δεξαμενές με σκέπαστρο στον πάτο των οποίων δημιουργούνται φυσαλίδες αέρα οι οποίες στοχεύουν στο να οδηγήσουν τη λάσπη που εισέρχεται στη δεξαμενή, στην επιφάνεια. Ο λόγος για τον οποίο γίνεται αυτό είναι διότι η λάσπη όταν καταλήξει στην επιφάνεια της δεξαμενής μπορεί να συμπυκνωθεί και να αφαιρεθεί ευκολότερα. Στην περίπτωση των παχυντών με επίπλευση της λάσπης μπορεί να επιτευχθεί συμπύκνωση έως και 5%.

### ✓ Ταξινόμηση και εσχαρισμός

Το σημαντικότερο προαπαιτούμενο για την ανακύκλωση των στερεών αποβλήτων είναι η ταξινόμησή τους ανάλογα με τον όγκο των σωματιδίων από τα οποία αποτελούνται. Για να πραγματοποιηθεί η ταξινόμηση μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορες τεχνικές εσχαρισμού ή και διήθησης.

## 5.2.3 Θερμικές μέθοδοι διαχείρισης στερεών αποβλήτων

### ✓ Αεριοποίηση

Μια πιο πρόσφατη και σχετικά καινούρια τεχνική για τη διαχείριση των στερεών υπολειμμάτων από τα ελαιοτριβεία είναι η μέθοδος της αεριοποίησης. Για τη διεξαγωγή της μεθόδου αυτής χρησιμοποιείται ένας εξαερωτής ο οποίος αποτελείται από κάποια επιμέρους τμήματα. Στο ανώτερο τμήμα του συναντάται μια μη σταθερή κλίση (κινούμενη) στην οποία λαμβάνουν χώρα διάφορες ενδόθερμες αεριοποιήσεις ενώ στο κατώτερό του τμήμα, εκεί δηλαδή όπου υπάρχει μια ρευστοποιημένη κλίση, εκτυλίσσονται εξώθερμες αντιδράσεις οι οποίες διευκολύνουν τη σταθεροποίηση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του αντιδραστήρα αεριοποίησης.

Γίνεται συνεπώς φανερό ότι για να πραγματοποιηθεί η αεριοποίηση των στερεών αποβλήτων είναι αναγκαίοι δύο τύπου κλινών, μια κινούμενη και μια ρευστοποιημένη. Για να διεξαχθεί με επιτυχία η μέθοδος, είναι απαραίτητο η αεριοποίηση να διεξαχθεί στο ανώτερο τμήμα του εξαερωτή, όπου αναπτύσσονται υψηλά επίπεδα θερμοκρασίας (έως και 800° C). Τέλος, οι δύο βασικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν άμεσα το τελικό αποτέλεσμα και την αποδοτικότητα της αεριοποίησης είναι πρώτα η θερμοκρασία, και έπειτα ο λόγος οξυγόνο/νερό.

### ✓ Πυρόλυση

Πυρόλυση καλείται η χρησιμοποίηση θερμικής ενέργειας για την αποικοδόμηση των στερεών αποβλήτων. Η πυρόλυση πραγματοποιείται σε περιβάλλον όπου δεν υπάρχει οξυγόνο και είναι γενικά μια μέθοδος μη προτιμώμενη για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων.

Με την εφαρμογή της πυρόλυσης στα στερεά απόβλητα, επιτυγχάνεται η μετατροπή των στερεών συστατικών που εμπεριέχουν C σε αέριο στο οποίο περιέχονται H<sub>2</sub> και CO καθώς επίσης και η παραγωγή συμπυκνωμένου νερού και άλλων υγρών υπολειμμάτων. Αυτό το συμπυκνωμένο νερό και τα υγρά υπολείμματα που δημιουργούνται αποτελούν και το σημαντικότερο μειονέκτημα της μεθόδου. Το αέριο όμως προϊόν που προκύπτει, είναι ιδιαίτερα ωφέλιμο αφού μπορεί άνετα να χρησιμοποιηθεί ως αντιδραστήριο ή ως βάση για την παραγωγή διαφόρων προϊόντων όπως για παράδειγμα χημικών ουσιών ή ακόμη και ως καύσιμο για την δημιουργία και παραγωγή ενέργειας. Για αυτόν ακριβώς το λόγο χρησιμοποιούνται και απόβλητα που περιέχουν μεγάλη ποσότητα θρεπτικών συστατικών, καθώς αυτά θα συμβάλλουν στην παραγωγή μεγαλύτερης ποσότητας ενέργειας.

#### ✓ Αποτέφρωση

Μια ακόμη θερμική μέθοδος για την επεξεργασία των στερεών υπολειμμάτων των ελαιοτριβείων είναι και η πλήρης καύση τους σε ειδικά διαμορφωμένες μονάδες αποτέφρωσης ή σε φούρνους. Το προϊόν που περισσεύει μετά το πέρας της αποτέφρωσης, η γνωστή τέφρα, δεν αποτελεί εμπόδιο εφαρμογής της μεθόδου καθώς μπορεί χρησιμοποιηθεί σε διάφορες εφαρμογές του ευρύτερου γεωργικού τομέα λόγω των ανόργανων αλάτων που περιλαμβάνει.

Βέβαια, η πρακτική αυτή δεν είναι αποδεκτή από όλα τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Υπάρχουν οδηγίες και νόμοι που στοχεύουν στην προάσπιση της περιβαλλοντικής ισορροπίας. Ο βασικός στόχος δηλαδή αυτών των ρυθμίσεων είναι να σταματήσουν και να αποτρέψουν κάθε ενδεχόμενη μορφή περιβαλλοντικής μόλυνσης, όπως μόλυνση εδαφών, αέρα και υδάτινων αποδεκτών αλλά ταυτόχρονα να διασφαλίσουν την ανθρώπινη υγεία η οποία κινδυνεύει σημαντικά από την ανεξέλεγκτη καύση των αποβλήτων. Αυτός ο στόχος μπορεί να γίνει πραγματικότητα μόνο εάν υπάρξει ρύθμιση η οποία να θεσπίζει τις τιμές των εκπομπών στις διάφορες αποτεφρωτικές μονάδες.

Θα πρέπει ωστόσο να σημειωθεί στο σημείο αυτό, ότι δεν μπορεί να εφαρμοστεί η τεχνική της καύσης στα απόβλητα όλων των βιομηχανιών, καθώς πολλά εξ αυτών έχουν υψηλή συγκέντρωση υδατικού διαλύματος και ως εκ τούτου προϋποθέτουν μια προεργασία αφαίρεσης της υγρασίας. Οι βασικότεροι λόγοι για τους οποίους δεν προτιμάται η τεχνολογία αυτή της καύσης και αποτέφρωσης των υπολειμμάτων είναι οι ακόλουθοι δύο:

- Είναι πολύ δύσκολο να ανακτηθεί ενέργεια από τη διαδικασία αυτή.
- Η δημιουργούμενη τέφρα δεν αξιοποιείται συχνά και καταλήγει να απομακρύνεται.

#### ✓ Διάθεση σε Χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (Χ.Υ.Τ.Α)

Η τελευταία μέθοδος για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων που θα μελετηθεί στην παρούσα εργασία είναι αυτή της εναπόθεσής τους σε Χώρους Υγειονομικής Ταφής Αποβλήτων.

Με αυτήν την τεχνική γίνεται η διαχείριση αποβλήτων τα οποία δεν είναι δυνατό να επεξεργαστούν ώστε να οδηγήσουν στην παραγωγή ενέργειας ή να ανακυκλωθούν. Βέβαια, καθώς τα απόβλητα παραμένουν σε διάφορους Χ.Υ.Τ.Α είναι επόμενο να αλλάζουν λόγω χημικών μετασχηματισμών. Αυτό έχει ως επακόλουθο να είναι αναγκαία μια ιδιαίτερη προσέγγιση στη διαχείριση των εν λόγω απορριμμάτων και μεγάλη φυσικά προσοχή.



## 6. ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΑΠΟ ΤΑ ΕΛΑΙΟΤΡΙΒΕΙΑ

Στην παρούσα ενότητα θα γίνει εκτενής αναφορά στις διάφορες εναλλακτικές μεθόδους επεξεργασίας των αποβλήτων των ελαιοτριβείων που εφαρμόζονται αλλά και στις παραλλαγές των τεχνικών που ήδη συζητήθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο αναλυτικά.

Υπάρχουν διάφορες εταιρίες αλλά και αρκετοί φορείς που έχουν αναπτύξει εναλλακτικές μεθόδους για τη διαχείριση των ελαιουργικών υπολειμμάτων οι οποίες θα συζητηθούν. Προτού ωστόσο γίνει αυτό, είναι σκόπιμο να γίνει μια αναφορά στη δυσκολία που υπάρχει στη χώρα μας για σωστή, συντονισμένη και κυρίως αποτελεσματική διαχείριση των αποβλήτων.

Ο βασικότερος παράγοντας που δυσχεραίνει την αποδοτική διαχείριση των υπολειμμάτων είναι το οικονομικά ασύμφορο κόστος για την εφαρμογή μιας εξελιγμένης τεχνικής ή τεχνολογίας. Όπως έχει αναφερθεί πολλές φορές, στην Ελλάδα η πλειοψηφία των ελαιοτριβείων είναι εταιρίες μικρού μεγέθους που δεν αντέχουν να υπομείνουν το βάρος της εφαρμογής μιας προηγμένης τεχνολογικά μεθόδου που θα στοχεύσει στη σωστή διαχείριση των παραπροϊόντων τους.

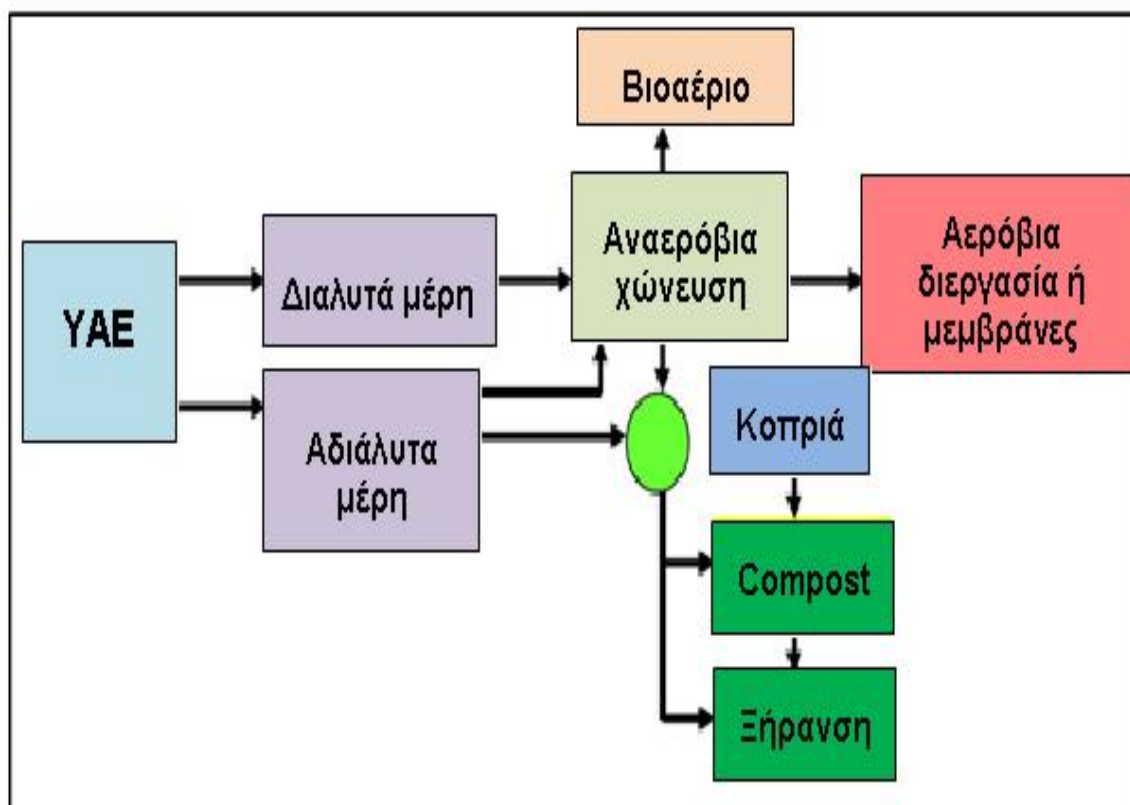
Ακόμη, έχει ήδη αναφερθεί το γεγονός ότι τη μεγαλύτερη ποσότητα αποβλήτων την παράγουν τα φυγοκεντρικά ελαιοτριβεία με τριφασικό διαχωριστήρα.

Ίσως λοιπόν, μια εν μέρει λύση θα ήταν η λειτουργία περισσότερων ελαιοτριβείων με διφασικό διαχωριστήρα. Έτσι, και ο όγκος των αποβλήτων θα ήταν μικρότερος και συνεπώς πιο εύκολος στη διαχείριση αλλά και το ελαιόλαδο το οποίο θα παραγόταν θα ήταν πολύ υψηλής ποιότητας.

### 6.1 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΠΟΥ ΑΝΑΠΤΥΧΘΗΚΑΝ ΑΠΟ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΕΤΑΙΡΙΕΣ

#### ✓ Η τεχνολογία της εταιρίας AquaTec 3w GmbH

Η τεχνολογία που προσφέρει η συγκεκριμένη εταιρία στηρίζεται στη μέθοδο της αναερόβιας ζύμωσης. Η κεντρική ιδέα της τεχνικής αυτής, η οποία πρωτοεμφανίστηκε στη χώρα μας στην Κρήτη την περίοδο 1999-2000, είναι η εξαγωγή αερίου από τα οργανικά συστατικά των αποβλήτων και η συνακόλουθη μετατροπή του αερίου αυτού σε ενέργεια η οποία μπορεί να ανακυκλωθεί. Η χρησιμοποιούμενη τεχνική της συγκεκριμένης εταιρίας απεικονίζεται παρακάτω.



**Εικόνα 6.1:** Η διαδικασία της AquaTecOLIVIA

Όπως διαπιστώνεται και από την παραπάνω εικόνα, το πρώτο στάδιο της διαδικασίας είναι ο διαχωρισμός των αποβλήτων στα διαλυτά και αδιάλυτα μέρη τους. Εν συνεχεία, διενεργείται αναερόβια χώνευση τόσο των διαλυτών όσο και των αδιάλυτων συστατικών από την οποία προκύπτει το βιοαέριο από το οποίο παράγεται μετέπειτα ενέργεια. Μάλιστα, σύμφωνα με έρευνα της Μυρσίνης Βερβέρη, έχει υπολογιστεί το συγκεκριμένο ποσό ενέργειας που παράγεται από μια τέτοια μονάδα και το οποίο είναι 3.000 - 3.600 kWh/ ημέρα από 8 kWh / m<sup>3</sup> βιοαερίου.

Τέλος, το προϊόν που εξέρχεται από την αναερόβια ζύμωση μαζί με τα όποια ανεπεξέργαστα αδιάλυτα συστατικά υφίστανται κομποστοποίηση από την οποία παράγεται υψηλής ποιότητας λίπασμα, ενώ άλλες φορές διατίθεται και για άρδευση αφού έχει πάρα πολύ υψηλό βαθμό καθαρότητας.

Για τη διεξαγωγή όλης της διαδικασίας της καινοτομίας αυτής γίνεται χρήση ενός αντιδραστήρα νέου τύπου ο οποίος προσφέρει δυνατότητα καθαρισμού των αποβλήτων σε ποσοστό καθαρότητας έως και 95%. Ο χρόνος λειτουργίας των μονάδων για την εφαρμογή της εν λόγω τεχνολογίας αγγίζει τους πέντε περίπου μήνες το μέγιστο. Κάποια από τα γενικότερα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά των μονάδων επεξεργασίας της συγκεκριμένης τεχνικής είναι τα εξής:

- Μπορούν να διαχειριστούν επιτυχώς ετήσια ποσότητα αποβλήτων ίση με 2.000 m<sup>3</sup> υγρών αποβλήτων.
- Μπορούν να παράγουν ποσότητα βιοαερίου ίση με 100-150 m<sup>3</sup>/d.



- Η θερμοκρασία στην οποία λαμβάνουν χώρα όλες οι ενέργειες της αναερόβιας ζύμωσης κυμαίνονται από 20-36° C, ανάλογα με το στάδιο στο οποίο βρίσκεται η διαδικασία.
- Ο όγκος των χρησιμοποιούμενων αντιδραστήρων φτάνει τα 2\*100 m<sup>3</sup>.
- Μπορούν να δεχτούν ποσότητα οργανικού φορτίου ίση με 50-80 g/l COD και μετά την κατάλληλη επεξεργασία να την μειώσουν σε 3-4 g/l COD.
- Το γενικότερο κόστος της μονάδας διακρίνεται σε έξοδα επένδυσης, για την εγκατάσταση της μονάδας, και κόστος λειτουργίας. Αρχικά, τα έξοδα επένδυσης είναι της τάξης των 100-170€/m<sup>3</sup> αποβλήτων. Έπειτα, τα καθαρά έξοδα λειτουργίας, δίχως να συμπεριλαμβάνεται σε αυτά και το κόστος κεφαλαίου, αγγίζουν τα 2,50-4,50€/m<sup>3</sup> αποβλήτων.
- Τα έσοδα από την άλλη μεριά, είναι της τάξης των 2,00 έως 5,00 €/ m<sup>3</sup> αποβλήτων και προκύπτουν καθαρά από την εκμετάλλευση και αξιοποίηση του παραγόμενου βιοαερίου.

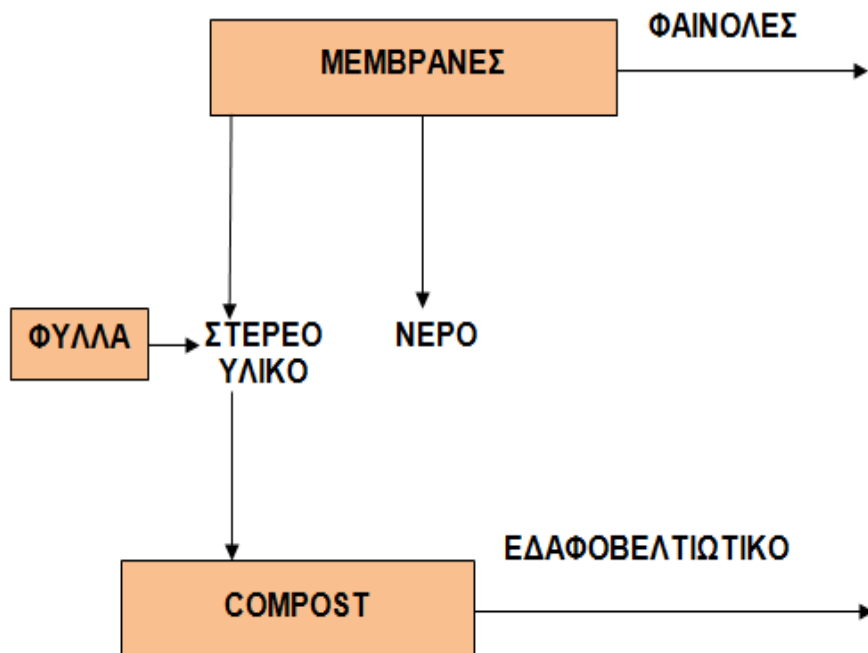
Κλείνοντας, αξίζει να σημειωθεί ότι λόγω του γεγονότος ότι ο χρόνος λειτουργίας των εγκαταστάσεων είναι μικρός, η AquaTecOLIVIA προσφέρει τη δυνατότητα συνεκμετάλλευσης των αποβλήτων των ελαιοτριβείων με αυτά άλλων βιομηχανιών που παράγουν εξίσου μεγάλες ποσότητες απορριμμάτων.

#### ✓ Το πρόγραμμα MINOΣ

Πρόκειται για μια τεχνική της οποίας ο σχεδιασμός ξεκίνησε τον Οκτώβριο του 2001 και ολοκληρώθηκε τον Μάρτιο του 2004. Ο στόχος από την εφαρμογή της μεθόδου είναι η παραγωγή οργανικού λιπάσματος το οποίο προέρχεται από την επεξεργασία της λάσπης των αποβλήτων, αλλά και η ανάκτηση πολυφαινολών η οποία προκύπτει ως φυσικό επακόλουθο της επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων.

Με την τεχνολογία MINOΣ ακολουθείται η εξής διαδικασία: Αρχικά, αφού γίνει ένα πρώτο φιλτράρισμα των αποβλήτων, επιτυγχάνεται ανάκτηση των πολυφαινολών μέσω χρήσης της μεθόδου των μεμβρανών και συγκεκριμένα με αντίστροφη όσμωση αλλά και με νανοδιήθηση. Στη συνέχεια, παράγεται λίπασμα από την ταυτόχρονη επεξεργασία των στερεών αποβλήτων (λάσπης) με τα φύλλα.

Διαγραμματικά, η διαδικασία που ακολουθείται με την εφαρμογή της τεχνολογίας MINOΣ απεικονίζεται αναλυτικά στην Εικόνα 6.2.



**Εικόνα 6.2:** Η διαδικασία MINOS

Όπως λοιπόν, γίνεται φανερό από όλη τη διαδικασία προκύπτουν τρία βασικά προϊόντα: λίπασμα (εδαφοβελτιωτικό), καθαρό νερό και πολυφαινόλες. Κάθε ένα από αυτά τα προϊόντα βρίσκει και τις δικές του εφαρμογές στη σημερινή εποχή.

Έτσι για παράδειγμα οι πολυφαινόλες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε τομείς όπως είναι η παρασκευή γυναικείων καλλυντικών, προϊόντων περιποίησης, φαρμακευτικών προϊόντων. Το καθαρό νερό που προκύπτει χρησιμοποιείται κυρίως για άρδευση και ελεύθερη εναπόθεση σε φυσικούς εδαφικούς αποδέκτες, ενώ σε πολλές περιπτώσεις μπορεί να αξιοποιηθεί και από την ίδια την μονάδα της εγκατάστασης.

Το κόστος της εφαρμογής της τεχνολογίας MINOS μπορεί να ανέλθει σε 1.150.000 € για την επεξεργασία 50 m<sup>3</sup> αποβλήτων, ενώ το κόστος της λειτουργίας της εγκατάστασης αγγίζει μηνιαίως τα 54.000 €. Ωστόσο, εκτιμάται ότι η επανάκτηση της επένδυσης ως έσοδα από τη διάθεση των ανακτημένων πολυφαινολών επέρχεται σε περίοδο δύο ή τριών χρόνων. Παρόλα αυτά, ακόμη και η γρήγορη απόσβεση της επένδυσης δεν αρκεί για να διασφαλίσει την οικονομική βιωσιμότητα μια επένδυσης στην τεχνολογία MINOS. Αυτό συμβαίνει διότι απαιτείται υψηλό κόστος τόσο για την εγκατάσταση του συστήματος όσο και για την κατάρτιση του εργατικού δυναμικού στη λειτουργία της συγκεκριμένης τεχνολογίας. Έτσι, είναι οικονομικά δυσβάστακτο για κάθε ένα από τα ελαιοτριβεία που υπάρχουν να αποκτήσει και να λειτουργήσει τη δική του μονάδα επεξεργασίας αποβλήτων η οποία θα

λειτουργεί με την τεχνολογία MINOS. Για να λυθεί αυτό το πρόβλημα, μπορούν για παράδειγμα να κατασκευαστούν σε διάφορες περιοχές κάποιες κεντρικές εγκαταστάσεις στις οποίες θα προσφεύγουν τα ελαιοτριβεία της γύρω περιοχής για να επεξεργαστούν τα απόβλητά τους. Κατ' αυτόν τον τρόπο θα γίνεται ταυτόχρονη και αποτελεσματικότερη διαχείριση των αποβλήτων διαφορετικών ελαιοτριβείων με άμεση συνέπεια την σημαντική μείωση του συνολικού κόστους αλλά και η δημιουργία θέσεων εργασίας στις εν λόγω περιοχές.

#### ✓ Ο διαχωριστήρας GEA Westfalia

Ο διαχωριστήρας αυτός ο οποίος εμφανίστηκε για πρώτη φορά το 2001 μπορεί να μετατρέψει πάρα πολύ εύκολα την τριφασική επεξεργασία σε διφασική. Μάλιστα, η τεχνολογία αυτή υπόσχεται την αποκόμιση λαδιού πολύ υψηλής ποιότητας με σχεδόν καθόλου υπολείμματα.



**Εικόνα 6.3:** Διαχωριστήρας GEA Westfalia

## **6.2 ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ**

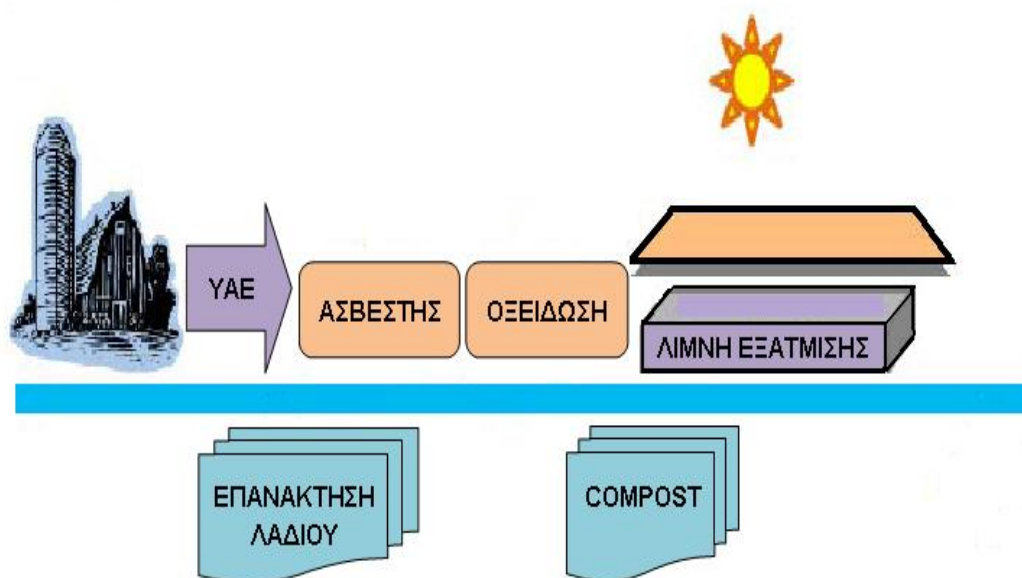
Στην παρούσα υποενότητα θα παρουσιαστούν αναλυτικά διάφορες τεχνικές που έχουν προταθεί ως εναλλακτικές λύσεις ή ως βελτιωμένες παραλλαγές των ήδη υπαρχόντων μεθόδων. Για παράδειγμα, όπως ειπώθηκε στην υποενότητα 5.1.1 όπου συζητήθηκε η βιολογική μέθοδος των λιμνών εξάτμισης για την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων από τα ελαιοτριβεία, η εξατμισοδεξαμενές είναι κατάλληλες μόνον για περιοχές όπου δεν παρατηρείται έντονη βροχόπτωση. Όπως λοιπόν, θα παρουσιαστεί σε αυτήν

την ενότητα, μπορεί να λυθεί αυτό το πρόβλημα φτιάχνοντας εξατμισοδεξαμενές με σκέπαστρο. Έτσι, ανεξαρτήτως από το επίπεδο βροχόπτωσης θα μπορεί να εφαρμοστεί η μέθοδος αυτή οπουδήποτε. Πέρα από τις εξατμισοδεξαμενές με σκέπαστρο, θα εξεταστούν επίσης τα βιοδιυλιστήρια για την παραγωγή αιθανόλης, η υπεδάφια διάθεση και φυτοεξυγίανση, η επιφανειακή διάθεση σε ελαιώνες και η εξατμισοδεξαμενή με απόσμηση.

### 6.2.1 Δεξαμενές εξάτμισης με σκέπαστρο

Όπως αναφέρθηκε, πρόκειται για τη λύση στο πρόβλημα των περιοχών με πολύ υψηλά επίπεδα βροχόπτωσης. Στην περίπτωση εφαρμογής της συγκεκριμένης μεθόδου, ένα ειδικά διαμορφωμένο στέγαστρο τοποθετείται επάνω ακριβώς από τη λίμνη εξάτμισης, έτσι ώστε το προϊόν της εξάτμισης να καταλήγει στο σωστό σημείο. Παράλληλα, το σκέπαστρο βοηθάει στο να επιταχυνθεί η διαδικασία της εξάτμισης, ενώ ταυτόχρονα συγκρατεί και τις δυσάρεστες αναδυόμενες οσμές από τα απόβλητα.

Η καλύτερη δυνατή κατασκευή του σκέπαστρου, είναι να πραγματοποιηθεί από το ειδικό πλαστικό υλικό το οποίο χρησιμοποιείται στην κατασκευή των θερμοκηπίων. Με αυτόν τον τρόπο, η ηλιακή ενέργεια η οποία θα δεσμεύεται από το εσωτερικό της μονάδας θα συντελεί στην γρηγορότερη και αποδοτικότερη εξάτμιση των αποβλήτων. Η διαδικασία που ακολουθείται στην περίπτωση των δεξαμενών εξάτμισης με στέγαστρο απεικονίζεται παρακάτω.



Εικόνα 6.4: Λίμνες εξάτμισης με σκέπαστρο

## 6.2.2 Βιοδιυλιστήρια για την παραγωγή αιθανόλης

Μια ακόμη εναλλακτική τεχνική για τη διαχείριση των αποβλήτων που αποβάλλονται από τα ελαιουργεία είναι τα βιοδιυλιστήρια. Πρόκειται για συνδυασμό της μεθόδου της αναερόβιας ζύμωσης με την ταυτόχρονη διαχείριση του πυρήνα, ο οποίος προσφέρει τη δυνατότητα της παντελούς αποδόμησης των ελαιουργικών απορριμμάτων. Παράλληλα, είναι οικονομικά βιώσιμη αλλά και περιβαλλοντικά φιλική λύση, γι' αυτό και βρίσκει ευρεία εφαρμογή σε πολλά ελαιοτριβεία σε διάφορα μέρη. Οι λόγοι αυτοί εξηγούν την ευρεία εφαρμογή τους σε διάφορα μέρη. Σύμφωνα για παράδειγμα με την Renewable Fuels Association υπήρξαν στην Αμερική το 2008, 139 βιοδιυλιστήρια υπό λειτουργία και 62 τα οποία έμελλε να κατασκευαστούν.

## 6.2.3 Υπεδάφια διάθεση και φυτοεξυγίανση

Η φυτοεξυγίανση ως μέθοδος για την αποκατάσταση των ελαιουργικών αποβλήτων, στηρίζεται στη χρησιμοποίηση ειδικών φυτών όπως είναι οι λεύκες καθώς επίσης και υδάτινων πόρων. Οι λεύκες είναι φυτά που εμποδίζουν την υπεδάφια μόλυνση και ως εκ τούτου είναι πολύ χρήσιμες.

Ακόμη, η φυτοεξυγίανση είναι μέθοδος η οποία είναι κατάλληλη για εφαρμογή σε εδάφη που έχουν ταλαιπωρηθεί από τη συνεχή και ανεπανόρθωτη μόλυνση που προκαλεί το οργανικό φορτίο των αποβλήτων. Όλη η μονάδα φυτοεξυγίανσης και υπεδάφιας διάθεσης των αποβλήτων θα πρέπει οπωσδήποτε να είναι εξοπλισμένη με αντλίες οι οποίες θα συμβάλλουν στη γρηγορότερη μετακίνηση των απορριμμάτων από το χώρο γέννησής τους στο εδαφικό κομμάτι όπου έχει γίνει το φύτεμα των λευκών. Ανάμεσα στις λεύκες, τοποθετούνται ειδικοί σωλήνες στο υπέδαφος σε βάθος περίπου σαράντα εκατοστών, διαμέσου των οποίων έρχεται εις πέρας η υπεδάφια διάθεση.



**Εικόνα 6.5:** Υπεδάφια διάθεση κασιόγαρου και φυτοεξυγίανση με λεύκες

Ωστόσο, για να είναι η διάθεση πιο αποδοτική θα πρέπει να αφαιρεθούν τα στερεά συστατικά των αποβλήτων, για να διευκολύνεται η διείσδυση στο υπέδαφος. Γι' αυτό προτείνεται να προστεθεί ασβέστης ο οποίος θα διευκολύνει την καθίζηση των στερεών υπολειμμάτων. Τέλος, το γενικότερο όφελος από την εφαρμογή της διαδικασίας αυτής είναι διπλό. Οι χρησιμοποιούμενες λεύκες μπορούν να πωληθούν μετά από περίπου έξι έτη, ενώ έσοδα μπορούν να προκύψουν και από το λάδι που επανακτάται.

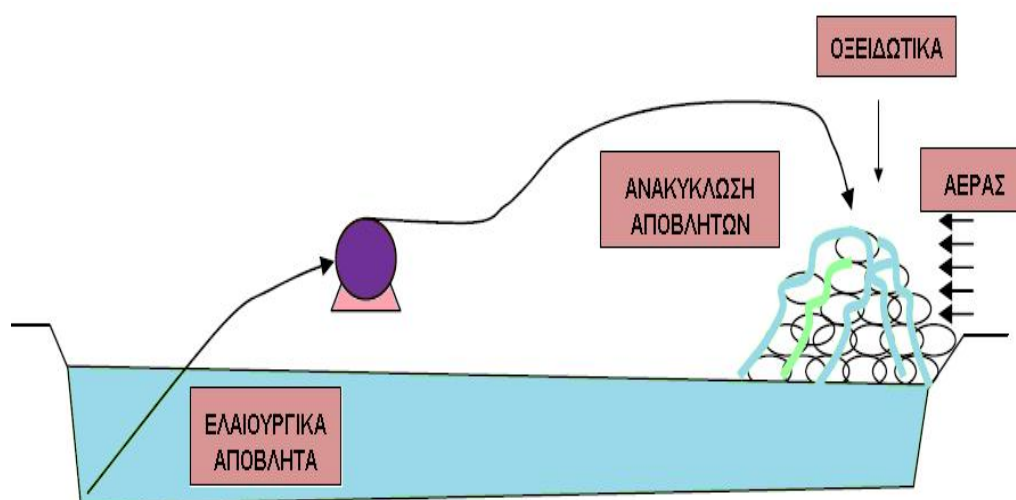
#### 6.2.4 Επιφανειακή διάθεση σε ελαιώνες

Ουσιαστικά, με την τεχνική αυτή τα απόβλητα εναποτίθενται σε ένα μικρό κομμάτι εδάφους ανάμεσα σε συστάδες δέντρων. Το κομμάτι αυτό είναι πλούσιο σε οξυγόνο για να μπορεί να γίνεται αερόβια αποικοδόμηση των επιμέρους στοιχείων των αποβλήτων. Αυτή η αποικοδόμηση διεκπεραιώνεται σε χρονική περίοδο 20-30 ημερών.

Παρόλο που γίνεται χρήση της εν λόγω μεθόδου λόγω του χαμηλού κόστους εφαρμογής της, δεν υπάρχει ακόμη μια ελληνική οδηγία που να ελέγχει και να συντονίζει τις πραγματοποιούμενες πρακτικές. Σύμφωνα με μελέτες που έχουν διεξαχθεί, έχει υπολογιστεί ότι είναι απαραίτητα 670 ελαιόδεντρα προκειμένου να επεξεργαστούν 1.000 m<sup>3</sup> αποβλήτων. Ο τρόπος με τον οποίο γίνεται η διάθεση του κασιόγαρου είναι μέσω βυτίων.

#### 6.2.5 Εξατμισοδεξαμενή με απόσμηση

Η ακριβής διαδικασία που ακολουθείται σε αυτή τη μέθοδο είναι η παρακάτω. Αρχικά, γίνεται ανάκτηση ενός μικρού ποσοστού λαδιού από τα υγρά απόβλητα ενώ το υπόλοιπο μέρος των αποβλήτων τοποθετείται σε ειδικές δεξαμενές στις οποίες προστίθεται και ασβέστης. Το μίγμα αυτό αφού αφεθεί για 24 ώρες, υφίσταται οξείδωση με σκοπό την παντελή απομάκρυνση των οσμών.



Εικόνα 6.6: Εξατμισοδεξαμενές και απόσμηση

Πρόκειται για παρόμοια τεχνολογία με τις εξατμισοδεξαμενές μόνο που τώρα γίνεται επιπρόσθετα και έλεγχος των δυσάρεστων οσμών που απελευθερώνονται από τα απόβλητα. Αυτό επιτυγχάνεται με την εφαρμογή οξειδωτικών η εφαρμογή των οποίων συντελεί στην απομάκρυνση των δυσάρεστων οσμών. Από τη γενικότερη εφαρμογή της συνδυαστικής τεχνικής των εξατμισοδεξαμενών με τον έλεγχο των οσμών, προκύπτει φυσικά και κάποιο κέρδος το οποίο συνίσταται στα έσοδα από τη διάθεση του λαδιού που ανακτάται.

Βέβαια, είναι σημαντικό και το κόστος όλου του συστήματος για την ελάφρυνση του οποίου προτείνεται η εφαρμογή κεντρικών μονάδων όπου θα προσφεύγουν τα ελαιοτριβεία των κοντινών περιοχών.





## 7.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η συζήτηση γύρω από τα ελαιοτριβεία και τη γενικότερη λειτουργία τους φανερώνει τα τεράστια προβλήματα που δημιουργεί η συγκεκριμένη βιομηχανία αναφορικά με τα απόβλητά της και τη διαχείρισή τους.

Το πρόβλημα είναι οξύ στη χώρα μας καθώς η Ελλάδα είναι μια από τις μεγαλύτερες ελαιοπαραγωγικές χώρες παγκοσμίως, και ως εκ τούτου παράγει τεράστια ποσότητα ελαιουργικών απορριμμάτων ετησίως. Πέρα από το όγκο των αποβλήτων που είναι βεβαίως η πηγή του κακού, το πρόβλημα εντείνεται ακόμη περισσότερο λόγω της αδυναμίας αποτελεσματικής διαχείρισης των ελαιουργικών υπολειμμάτων, αλλά και της μη εφαρμογής του ευρύτερου νομοθετικού πλαισίου.

Παρότι υπάρχουν οδηγίες που προβλέπουν όλα τα επιμέρους ζητήματα τα σχετικά με τα ελαιοτριβεία, από την έναρξή τους έως τη συντονισμένη διαχείριση των αποβλήτων τους, η εφαρμογή τους παρουσιάζει καθυστερήσεις.

Σε αυτό προστίθεται και μια σειρά ιδιομορφιών που εμφανίζουν τα εν λόγω απόβλητα και που οξύνουν ακόμη περισσότερο το πρόβλημα. Αυτές οι ιδιομορφίες σχετίζονται με τη διαφορετικότητα της σύστασης των αποβλήτων της ελαιουργικής δραστηριότητας, με το μεγάλο βαθμό τοξικότητάς τους καθώς και με το γεγονός ότι έχουν πολύ ασταθή συχνότητα εμφάνισης λόγω της εποχικής φύσης της λειτουργίας των ελαιουργείων.

Ο βασικότερος στόχος της παρούσας εργασίας ήταν η εξέταση των τριών μορφών ελαιοτριβείων που υπάρχουν, η ανάλυση των περιβαλλοντικών προβλημάτων που προκαλούν τα απορρίμματά τους, η αναφορά των διαφορετικών μεθόδων διαχείρισης των αποβλήτων αλλά και το κατά πόσο διενεργείται σωστά η διαχείρισή τους.

Το πρόβλημα των αποβλήτων από τα ελαιοτριβεία δημιουργεί πολλά και δυσάρεστα προβλήματα όχι μόνο στο περιβάλλον αλλά και στην υγεία και την καθημερινότητα των κατοίκων διαφόρων περιοχών. Υπάρχουν πάρα πολύ συχνές διαμαρτυρίες από κατοίκους περιοχών κοντινών σε ρεματιές όπου εναποτίθενται αυθαίρετα και χωρίς κανενός είδους επεξεργασία τα απόβλητα των ελαιοτριβείων.

Όπως περιγράφηκε και σε διάφορα κεφάλαια της παρούσας πτυχιακής, τα απόβλητα συνδέονται πέρα από την αισθητική υποβάθμιση πολλών περιοχών, και με δυσάρεστες οσμές που είναι μάλιστα και βλαβερές για την υγεία των ανθρώπων. Επομένως, είναι φανερή η ανάγκη λήψης άμεσων και σοβαρών αποφάσεων προκειμένου να επιτευχθεί μια αποτελεσματικότερη λύση για τη διαχείριση των απορριμμάτων. Βέβαια, θα πρέπει η λύση αυτή να είναι πάνω απ' όλα οικονομικά βιώσιμη, ώστε να μην επικαλείται ως δικαιολογία από τους ελαιουργούς το γεγονός ότι οι επιχειρήσεις τους είναι μικρές και δεν αντέχουν το δυσβάσταχτο κόστος της εφαρμογής μιας ολοκληρωμένης εγκατάστασης ή ενός συστήματος διαχείρισης αποβλήτων.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση σχεδιάζει τη λήψη διαφόρων ρυθμίσεων ούτως ώστε να αποκτηθεί πλήρης οικολογική και κοινωνική ευθύνη των ελαιοπαραγωγών και να ακολουθηθεί μια περιβαλλοντικά φιλική προσέγγιση που θα εφαρμόζεται με ευκολία από τους ελαιουργούς. Αναμένεται στο πέρασμα του χρόνου να διαπιστωθεί αν θα τα καταφέρει...

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

### Ελληνικές

Βερβέρη, Μ, Σύστημα διαχείρισης αποβλήτων ελαιουργείων Γέρας, Μυτιλήνη, 2004

Βορεάδου Α., “Υγρά απόβλητα ελαιουργείων – Επιπτώσεις στα φυσικά υδατικά οικοσυστήματα της Κρήτης”. Πρακτικά Δημερίδας για τη Διαχείριση Αποβλήτων των Ελαιουργείων Σητεία, 1993

Βουτυράκης Ε., (2003), "Έγκριση μελέτης περιβαλλοντικών επιπτώσεων ελαιουργείων" [http:// www.partis.gr /articles](http://www.partis.gr/articles)

Γεωργακάκης & Χριστοπούλου Ν., Η αντιμετώπιση του προβλήματος των αποβλήτων ελαιοτριβείων με φυσική καθίζηση, 2003

Δέρβα Β, Μελέτη επεξεργασίας υγρών αποβλήτων από μονάδα μεταποίησης βρώσιμης ελιάς, Αθήνα, 2006.

Καλογεράκου Β, Ανάπτυξη μοντέλου εκτίμησης κόστους τεχνολογιών φιλικών προς το περιβάλλον για τη διαχείριση αποβλήτων ελαιοτριβείων.

Κούσερη Ε, Συνεισφορά εντός κοίτης αποθέσεων κασιόγαρου στην ποιότητα του ποταμού Ευρώτα, Χανιά, 2008

Κυριτσάκης, Το ελαιόλαδο, Θεσσαλονίκη, 1988

Μιχελάκης Ν., Απόβλητα ελαιοτριβείων: Οικονομικότητα εφικτότητα των μεθόδων διαχείρισης αποβλήτων. – Εκδόσεις Γεωργική Τεχνολογία Ελαιοκομία, 2000

Μπαλατσούρας Γ.Δ., Ελαιόλαδο Σπορέλαια Λίπη, Εκδόσεις Λυμπερόπουλος Α.Ε., 1986, Αθήνα.

Οιχαλιώτης Κ. & Ζερβάκης Γ., Τα απόβλητα και παραπροϊόντα των ελαιοτριβείων δύο και τριών φάσεων: Μια αξιολόγηση της υφιστάμενης κατάστασης, 1999

Ναυροζίδης Σ, Αξιολόγηση των επιπτώσεων της επιφανειακής διάθεσης προ-επεξεργασμένου κασιόγαρου σε καλλιέργειες καλαμποκιού, Χανιά, 2008.

Σαββίδης Γ., Σε: ΓΕΩΤΕΕ – Παρ/μα Κρήτης, “Απόβλητα Ελαιουργείων και Υδατοκαλλιέργειες, Παρέμβαση”, Οργανισμός Ανάπτυξης Σητείας, 1994

## **ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΕΣ**

Balice V., Carrieri C., Cera O., and Di Fazio A., "Natural biodegradation in olive mill effluents stored in open basic". Proc. Int. Symp. Olive by-products valorization, Seville, Spain, 1986

Balis C., Chatzipavlidis J. & Flouri F., Olive Mill Waste as a Substrate for Nitrogen Fixation. International Biodeterioration & Biodegradation, 1996

Bonari E., Macchia M., Angelini L.G., Ceccerini L., The waste waters from olive oil extraction: their influence on the germinative characteristics of some cultivated and weed species. - Agricoltura Mediterranea, 1993

Borja R., Martin A., Maestro R., Alba J., Fiestas J.A., "Enhancement of the anaerobic digestion of oil mill waste waters by phenolic inhibitors". Process Biochem, 1992

Boskou D. Olive Oil, Chemistry and Technology. AOCS PRESS. Campaign, Illinois 1996

Cabrera F., Lopez R., Martinez-Bordiu A., Dupuy de Lome E., Murillo J.M., Land Treatment Of Olive Oil Mill Wastewater - Biodeterioration & Biodegradation, 1996

Carola, C., By products in Olive Oil Technology. Moreno Martinez, J.M. Editor. FAO, Rome, 1975

## **ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ**

1. <http://www.tdcolive.net>
2. <http://www.oliveoilsource.com> Chemical and Nutritional Properties of Olive Oil
3. <http://www.edoee.gr/announcements/Aiiβ-%20Χαρτογράφηση%20αγοράς%20ελαιολάδου.pdf>
4. publication RAC/CP (Regional Activity Centre for Cleaner Production), 2000, 'Pollution Prevention in olive oil production', [http:// www.cpcorg.com](http://www.cpcorg.com)
5. [www.iooc.com](http://www.iooc.com)