

ΤΜΗΜΑ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ &
ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑ

ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΙΚΩΝ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΕΙΟ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΕΛΑΙΟΥΡΓΕΙΩΝ

Ανασκόπηση Ερευνών και Προβλήματα



2006
Ντόλια Σοφία

Ευχαριστώ την κ. Ε. Γρηγοροπούλου, για τις συμβουλές, την καθοδήγηση και την εμπύχωση που μου προσέφερε καθ'όλη τη διάρκεια της συγγραφής αυτής της μελέτης.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω το σύζυγό μου, που ακόμη μια φορά στάθηκε δίπλα μου, πίστεψε στις δυνατότητές μου και με ενθάρρυνε αυτό το δύσκολο διάστημα.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη	1
1. Εισαγωγή	4
2. Το ελαιοτριβείο και η λειτουργία του	5
2.1. Εξαγωγή του ελαιολάδου από την ελαιοζύμη	5
2.1.1. Σύστημα πίεσης (παραδοσιακό ή κλασσικό σύστημα)	6
2.1.2. Φυγοκέντρηση	8
A. Φυγοκέντρηση τριών φάσεων	8
B. Φυγοκέντρηση δύο φάσεων	10
3. Απόβλητα ελαιοτριβείων	14
3.1. Όγκος και σύσταση των αποβλήτων	15
3.1.1. Όγκος των αποβλήτων	15
3.1.2. Χαρακτηριστικά αποβλήτων ελαιοτριβείων	16
A. Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά ΥΑΕ	16
B. Σύσταση στερεών αποβλήτων	20
4. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις	21
4.1. Αντιμικροβιακή συμπεριφορά	22
4.2. Φυτοτοξικότητα	23
4.3. Επίδραση στο νερό	23
4.4. Επίδραση στο έδαφος	26
4.5. Επίδραση στην ατμόσφαιρα	28
5. Τρόποι επεξεργασίας και διάθεσης	29
5.1. Γενικά	29

5.2. Παροχέτευση σε εδάφη χέρσα ή καλλιεργημένα	30
<i>(Άρδευση γεωργικής γης/ Διασκορπισμός στο έδαφος)</i>	
5.3. Παροχέτευση σε επιφανειακά νερά και στη θάλασσα	34
5.4. Μέθοδοι αποτοξικοποίησης	35
5.4.1. Φυσικές μέθοδοι	35
Α. Αραίωση	36
Β. Κατακάθιση/Καταστάλαξη	36
Γ. Φιλτράρισμα (Διήθηση)	37
Δ. Επίπλευση	38
Ε. Φυγοκέντρωση	38
Ζ. Διαχωρισμός με μεμβράνες (Μικροδιήθηση, Υπερδιήθηση και Αντίστροφη Ωσμωση)	39
5.4.2. Θερμικές μέθοδοι	41
Α. Θερμοφυσικές μέθοδοι	41
Β. Μη αντιστρεπτές θερμοχημικές μέθοδοι	44
Β.1. Καύση	44
Β.2. Πυρόλυση	46
Γ. Μέθοδος λίμνασης (lagooning)	47
5.4.3. Φυσικο-χημικές διαδικασίες	50
Α. Εξουδετέρωση	50
Β. Κροκίδωση	50
Γ. Ρόφηση	53
Δ. Χημική οξείδωση	55
Δ.1. Προχωρημένες Οξειδωτικές Διαδικασίες (AOPs)	56

Δ.2. Υγρή οξείδωση	60
Δ.3. Ηλεκτροχημική οξείδωση	60
E. Ιοντοεναλλαγή	62
5.4.4. Βιολογικές μέθοδοι	62
A. Αναερόβιες μέθοδοι	63
A.1. Landfills (υγειονομική ταφή)	65
B. Αερόβιες διαδικασίες	65
Γ. Κομποστοποίηση	71
Δ. Βιοτεχνολογικές διαδικασίες	74
5.4.5. Συνδυασμένες και διάφορες διαδικασίες	75
6.5 Ανακύκλωση και ανάκτηση χρήσιμων συστατικών	85
6.5.1. Χρησιμοποίηση σαν λίπασμα	86
6.5.2. Χρησιμοποίηση σαν λίπασμα	88
6.5.3. Ανάκτηση υπολειπόμενου ελαίου	88
6.5.4. Ανάκτηση οργανικών συστατικών	90
6.5.5. Παραγωγή διαφόρων προϊόντων	91
A. Αλκοόλες	91
B. Βιοπολυμερή	91
Γ. Ένεργοι άνθρακες	92
Δ. Βιοαέριο	93
6.6 Διάφορα	93
7. Νομοθεσία	94
8. Οικονομικά στοιχεία	101

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

(Ευρωπαϊκά Προγράμματα)

103

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

(Ορολογία για τα απόβλητα της ελαιουργίας)

131


ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3

(Λεξιλόγιο)


133

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΡΡΑΙΑΣ

Για την ιστορία.....

 Η εξέταση των αρχαιολογικών στοιχείων που αφορούν τη χρήση και τη σημασία της ελιάς στην αρχαιότητα, επιβεβαιώνει ότι αυτή αποτελούσε ένα από τα χρησιμότερα και πιο αγαπητά δέντρα των Ελλήνων, λόγω της ιερότητός της, της οικονομικής σημασίας της και των ποικίλων χρήσεων των προϊόντων της στην καθημερινή και στη θρησκευτική ζωή. Παλαιότερα είχε υποστηριχθεί εσφαλμένα ότι η καλλιέργειά της μεταφέρθηκε στην Ελλάδα από την Παλαιστίνη. Νεότερα στοιχεία που προέκυψαν από ανάλυση γύρης μαρτυρούν την παρουσία της στον ελλαδικό χώρο από τη νεολιθική εποχή. Συστηματική καλλιέργειά της πιστοποιήθηκε και στη μυκηναϊκή περίοδο σε διάφορα σημεία της Ελλάδας. Αλλά και οι πινακίδες της Γραμμικής Β' από τα αρχεία των ανακτόρων Κνωσού, Πύλου και Μυκηνών μαρτυρούν την οικονομική σημασία της κατά τον 14ο και τον 13ο αι. π.Χ.

Επίσης από τους προϊστορικούς ακόμη χρόνους, το ελαιόλαδο χρησιμοποιήθηκε για την κάλυψη διαφόρων αναγκών. Σε οροπέδιο των Μεθάνων βρέθηκε το αρχαιότερο ελαιοτριβείο (όπως υπολογίζεται της 4ης π.Χ. χιλιετίας) - πράγμα που μαρτυρεί ότι η χρήση του λαδιού ήταν γνωστή από την εποχή εκείνη.

 Ο μύθος αναφέρει, ότι όταν ήταν βασιλιάς της Αθήνας ο Κέκροπας, η Αθηνά και ο Ποσειδώνας διαφώνησαν για την προστασία και την ονομασία της Αθήνας. Οι αντίπαλοι ανέβηκαν πάνω στο βράχο της Ακρόπολης μαζί με τους υπόλοιπους θεούς του Ολύμπου, και πρόσφεραν ο καθένας από ένα δώρο, το οποίο θα έκρινε και το νικητή. Το δώρο του Ποσειδώνα ήταν ένα κύμα αλμυρού νερού που σχημάτισε μια μικρή λίμνη, η οποία ονομάστηκε "Ερεχθίδα" θάλασσα, ενώ η Αθηνά φύτεψε μια ελιά πάνω στο βράχο, που ξεπετάχτηκε γεμάτη καρπό. Μετά από αυτό ο Δίας κήρυξε το τέλος του αγώνα και η πόλη δόθηκε στην Αθηνά. Το ιερό δέντρο της Αθηνάς έγραψε τη δική του ιστορία στην Αθήνα. Λέγεται πως το 480 π.Χ. όταν κατέκτησαν οι Πέρσες την Ακρόπολη, έκαψαν την ιερή ελιά της Αθήνας προς μεγάλη θλίψη των Αθηναίων, που το θεώρησαν κακό σημάδι. Όμως η θλίψη μετατράπηκε σε αισιοδοξία όταν την άλλη μέρα κιάλας ο ξερός και καμένος κορμός είχε βλαστήσει και πάλι. Μέχρι και τα ύστερα ρωμαϊκά χρόνια οι Αθηναίοι έδειχναν με καμάρι το ιερό δέντρο και πίστευαν πως απ' αυτό είχε ξεκινήσει η ελαιοκαλλιέργεια και απ' αυτό κατάγονται όλα τα δέντρα ελιάς που υπήρχαν στον κόσμο.

Περίληψη

Ο ελαιοπαραγωγικός κλάδος αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους τομείς της γεωργικής παραγωγής της χώρας μας. Η Ελλάδα είναι η τρίτη ελαιοπαραγωγός χώρα σε παγκόσμιο επίπεδο, ενώ η ποιότητα του ελληνικού ελαιολάδου εκτιμάται ως ανώτερη των λοιπών ελαιοπαραγωγικών χωρών.

Ο κλάδος της παραγωγής ελαιολάδου από τον ελαιόκαρπο αποτελείται σε εθνικό επίπεδο από περίπου 2.700 ελαιουργεία. Η γεωγραφική κατανομή των ελαιουργείων εξαρτάται από τη γεωγραφική κατανομή των πληθυσμών ελαιοδένδρων. Πιο συγκεκριμένα, οι μεγαλύτεροι αριθμοί ελαιουργείων συναντώνται στην Πελοπόννησο και την Κρήτη.

Στα ελαιουργεία, η εξαγωγή του ελαιολάδου από την ελαιοζύμη μπορεί να γίνει με πίεση (παραδοσιακό ή κλασσικό σύστημα) και με φυγοκέντρηση (συνεχές σύστημα) τριών φάσεων και δύο φάσεων. Η κύρια περιβαλλοντική παράμετρος που συνδέεται με την λειτουργία των ελαιουργείων είναι τα παραγόμενα υγρά απόβλητα (κατσίγαρος), μιας και τα στερεά απόβλητα (ελαιοπυρήνα) μπορούν να αξιοποιηθούν από τα πυρηνελαιουργεία. Εξαιρέση αποτελούν τα απόβλητα του συστήματος φυγοκέντρησης δύο φάσεων, των οποίων η σύσταση είναι μεν υδαρής, χωρίς να είναι υγρά, αφού προέρχονται από την ένωση των υγρών και των στερεών αποβλήτων. Τα απόβλητα αυτά αποτελούν ένα καινούριο πρόβλημα των ελαιουργείων, όσον αφορά τη διαχείρισή τους.

Τα ΥΑΕ προέρχονται από το υδατίνο κλάσμα του χυμού του ελαιοκάρπου και τα νερά που προστίθενται κατά της φάσεις της πλύσης, μάλαξης και διαχωρισμού του ελαιολάδου. Τα λιοζύμια, που έχουν χρώμα σκούρο καφέ έως μαύρο, χαρακτηριστική έντονη οσμή, στην οποία συμβάλλουν τα πτητικά οξέα που περιέχουν, όξινο pH, υψηλή ρυθμιστική ικανότητα και επιφανειακή τάση, περιέχουν μεγάλες ποσότητες αιωρούμενων σωματιδίων και είναι πλούσια σε οργανικές ουσίες. Οι τελευταίες μπορούν να διαχωριστούν σε ενώσεις άμεσα διασπώμενες (π.χ. σάκχαρα, οργανικά οξέα, αμινοξέα), βιοαποικοδομήσιμα πολυμερή (π.χ. πρωτεΐνες, ημικυτταρίνες) και δύσκολα διασπώμενα συστατικά, όπως μεγαλομοριακές λιπαρές ουσίες και φαινολικές ουσίες. Η ρυπαντική παράμετρος, η οποία κύρια ευθύνεται για τις σημαντικότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την τελική διάθεση των ΥΑΕ σε φυσικούς αποδέκτες είναι οι φαινόλες, οι οποίες στις ιδιαίτερα υψηλές συγκεντρώσεις που βρίσκονται στα ελαιουργικά απόβλητα δρουν βιοτοξικά.

Η πιο συνηθισμένη πρακτική που εφαρμόζεται σήμερα για τη διαχείριση των Υγρών Αποβλήτων Ελαιουργείων είναι η διάθεσή τους σε παρακείμενους επιφανειακούς υδατινούς

αποδέκτες, όπως χείμαρροι, ποτάμια, λίμνες και θάλασσα. Πιο συγκεκριμένα, το 58% των ελαιουργείων διαθέτουν τα απόβλητα σε χειμάρρους, τα οποία στη συνέχεια στις περισσότερες των περιπτώσεων καταλήγουν σε μεγαλύτερους υδάτινους αποδέκτες. Το 11,5% διαθέτει τα παραγόμενα απόβλητα απευθείας στη θάλασσα, ενώ το 19,5% σε εδαφικούς αποδέκτες. Η ανεξέλεγκτη διάθεση των υγρών αποβλήτων οδηγεί σε εκδήλωση έντονων φυτοτοξικών φαινομένων στην υφιστάμενη χλωρίδα και στην ποιοτική υποβάθμιση του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα, των επιφανειακών υδάτων, των ακτών και της θάλασσας. Επίσης προκαλείται όχληση στους κατοίκους των ελαιοπαραγωγικών περιοχών, τόσο από τις δυσάρεστες οσμές που αναδίνουν οι υπαίθριες ανοικτές δεξαμενές αποθήκευσης των υγρών αποβλήτων (δεξαμενές εξατμισοδιαπνοής), όσο και από την ύπαρξη μεγάλου αριθμού εντόμων που συγκεντρώνονται γύρω από αυτές.

Η έρευνα γύρω από τη διαχείριση των αποβλήτων αυτών είναι εκτεταμένη. Ωστόσο καμία από τις μεθόδους που εξετάζονται δεν αποτελεί λύση για το πρόβλημα των αποβλήτων, έως σήμερα. Οι σχετικές μεθοδολογίες που έχουν αναπτυχθεί παρουσιάζουν συγκεκριμένα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα και για την επιλογή τους πρέπει να συνυπολογιστούν προσεκτικά οι τεχνικές ιδιαιτερότητες, η εμπειρία από εφαρμογή σε μεγάλη κλίμακα, αλλά και παράγοντες που συνδέονται με τις τοπικές συνθήκες, την κοινωνική συναίνεση και την οικονομικότητα-βιωσιμότητα της κάθε εφαρμογής.

Ο σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να προσδιορίσει τα προβλήματα που αντιμετωπίζει η ελαιουργία και να παραθέσει τις διάφορες προτάσεις που γίνονται για την διάθεση/επαναχρησιμοποίηση των αποβλήτων βάση των διεργασιών επεξεργασίας που υπάρχουν.

Τα σημαντικότερα συμπεράσματα που προκύπτουν είναι :

- Οι περισσότερες από τις διεργασίες που αναφέρονται στη μελέτη έχουν δοκιμαστεί σε μικρή κλίμακα μόνο, με αποτέλεσμα να απαιτείται η περαιτέρω εκτίμηση αυτών των αποτελεσμάτων και η επακόλουθη μεγάλη κλίμακας εφαρμογή.
- Τα απόβλητα της ελαιουργίας έχουν διπλή ιδιότητα, σαν ρυπαντές των ποταμών ή σαν πηγή που μπορεί να ανακυκλωθεί και αυτό προκαλεί ανταγωνισμό μεταξύ των γεωπονικών και περιβαλλοντικών ομάδων, εξαιτίας της διαφορετικής οπτικής τους πάνω στο θέμα.
- Οι περισσότερες διεργασίες επικεντρώνονται τόσο στη βιοδιόρθωση, σαν τρόπος μείωσης της ρυπαντικής επίδρασης των αποβλήτων και μετατροπής τους σε πολύτιμα προϊόντα, όσο και στην τροποποίηση της τεχνολογίας που χρησιμοποιείται για την εξαγωγή του ελαιολάδου.

- Τέλος το πρόβλημα των αποβλήτων των ελαιουργείων επιδυνώνεται από την έλλειψη κοινής πολιτικής μεταξύ των ελαιοπαραγωγών χωρών.

Ο τομέας της ελαιουργίας είναι πολύ σημαντικός και από οικονομική και από κοινωνική άποψη, γι' αυτό πρέπει να γίνει κατανοητό ότι, είναι απαραίτητη η συμμετοχή όλων των μερών που εμπλέκονται σε αυτόν, για να βρεθεί η καταλληλότερη λύση για τη διάθεση των αποβλήτων, σε κάθε περιοχή.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΡΑΙΑ

1. Εισαγωγή

Η παγκόσμια παραγωγή ελαιολάδου κυμαίνεται σήμερα γύρω στους 2,5 εκ. τόνους ετησίως. Η παραγωγή ελαιολάδου στις Μεσογειακές χώρες αντιπροσωπεύει το 95% της παγκόσμιας παραγωγής και σε αυτό συνεισφέρουν κυρίως οι χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ), που αντιπροσωπεύουν το 75-80% της παγκόσμιας παραγωγής. Η Ελλάδα είναι η τρίτη χώρα στον κόσμο στην παραγωγή ελαιολάδου μετά την Ιταλία (2^η) και την Ισπανία (1^η). Η ελληνική παραγωγή αντιπροσωπεύει περίπου το 15% της παγκόσμιας παραγωγής και οφείλεται στα περίπου 130 εκατομμύρια δένδρα που καλλιεργεί σε 1.670 εκατομμύρια στρέμματα.

Ο πίνακας που ακολουθεί δίνει βασικά συνοπτικά στοιχεία ως προς την Ευρωπαϊκή παραγωγή ελαιολάδου. Τα στοιχεία προέρχονται από πρόσφατη συγκριτική μελέτη με τίτλο «IMPEL Olive Oi» (2003), που υλοποιήθηκε στο πλαίσιο του δικτύου IMPEL (European Network for the Implementation and Enforcement of Environmental Law), με συμμετοχή εκπροσώπων περιβαλλοντικών αρχών, όλων των ελαιοπαραγωγών χωρών της Ε.Ε. και αφορούσε τη συλλογή στοιχείων και την ανταλλαγή εμπειριών και απόψεων σε θέματα ολοκληρωμένης περιβαλλοντικής διαχείρισης και περιβαλλοντικού ελέγχου, περιβαλλοντικής συμμόρφωσης και εφαρμογής και τήρησης της περιβαλλοντικής νομοθεσίας στον τομέα της ελαιοπαραγωγής στις χώρες της ΕΕ.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: Στοιχεία παραγωγής ελαιολάδου

Χώρα	Μονάδες παραγωγής ελαιολάδου	Τυπική σημερινή παραγωγή ελαιολάδου (ton/έτος)	% παγκόσμιας παραγωγής ελαιολάδου	Παραγωγή ελαιολάδου 2002 κατά FAO (ton/έτος)	Παραγωγή ελαιολάδου πριν 10 χρόνια (ton/έτος)
Ισπανία	837	900.000-1.100.000	42	964.000	535.000
Ιταλία	6000	550.000-850.000	20	475.000	467.000
Ελλάδα	2700	300.000-450.000	17	420.000	307.000
Πορτογαλία	902	30.000-35.000	1	35.000	44.104
Κύπρος	35	7.500	0,13	3.200	5.500
Κροατία	86	4.000	0,13	2.500	3.432
Γαλλία		3.000-3.500	0,1	4.000	2.000
Μάλτα	5	100+	< 0,1	[0]	[0]
Σύνολο	~10.500	~2.000.000	~80%	~1.900.000	~1.355.000

Όσον αφορά την Ελλάδα, η ελιά καλλιεργείται σε όλα τα διαμερίσματα της χώρας, με τα κυριότερα ελαιοκομικά κέντρα να βρίσκονται στην Πελοπόννησο, Κρήτη, τα νησιά του Αιγαίου (κυρίως Λέσβος), τη Στερεά Ελλάδα και τα νησιά του Ιονίου (κυρίως

Κέρκυρα). Από τη συνολική παραγωγή του ελαιοκάρπου, περίπου 10% ικανοποιεί τις ανάγκες της αγοράς για βρώσιμες ελιές, ενώ το μεγαλύτερο μέρος οδηγείται στα ελαιοτριβεία για να παραχθεί το ελαιόλαδο. Οι ανάγκες έκθλιψης του ελαιοκάρπου καλύπτονται από τα 2.700 περίπου συνεταιριστικά και ιδιωτικά ελαιουργεία (IMPEL Olive Oil), η κατανομή και η δυναμικότητα των οποίων ακολουθεί την καλλιέργεια της ελιάς, αλλά εξαρτάται επίσης από το ανάγλυφο του εδάφους και το βαθμό ανάπτυξης του οδικού δικτύου σε κάθε ελαιοκομικό διαμέρισμα.

Η διάρκεια και η ένταση της παραγωγικής λειτουργίας των ελαιοτριβείων, όπως είναι φυσικό, είναι εποχιακή και ακολουθεί την καρποφορία των ελαιοδένδρων. Εξαρτάται επίσης, από την περιοχή, τον τύπο των ελαιώνων και τον τρόπο συλλογής που εφαρμόζουν οι ελαιοκαλλιεργητές. Ο μέσος χρόνος λειτουργίας τους ανέρχεται στις 90 ημέρες περίπου το χρόνο, με περίοδο αιχμής τους μήνες Δεκέμβριο- Ιανουάριο .

2. Το ελαιοτριβείο και η λειτουργία του

Ο ελαιοκάρπος, που περιέχει περίπου 50% νερό, 22% λάδι και 25% υδατάνθρακες, ερχόμενος στο ελαιοτριβείο, είτε επεξεργάζεται αμέσως (πράγμα που δεν συμβαίνει σχεδόν ποτέ, λόγω του φόρτου εργασίας), είτε αποθηκεύεται για να επεξεργαστεί αργότερα. Ακολουθεί η αποφύλλωση και το πλύσιμο του, που αποτελούν προπαρασκευαστικά στάδια επεξεργασίας. Στη συνέχεια ο ελαιοκάρπος υποβάλλεται σε λειοτρίβηση ή άλεση και εν συνεχεία, η ελαιοζύμη που σχηματίζεται προωθείται στους μαλακτήρες, όπου θα υποστεί μάλαξη. Αυτό το στάδιο είναι και το πιο σημαντικό της επεξεργασίας του ελαιοκάρπου. Οι μαλακτήρες είναι ειδικές λεκάνες με διπλά τοιχώματα στα οποία κυκλοφορεί ζεστό νερό, για να γίνεται πιο αποτελεσματικά η μάλαξη και σε συντομότερο χρονικό διάστημα. Η ανάμειξη επιτυγχάνεται με περιστρεφόμενο έλικα ο οποίος φέρει μικρό αριθμό πτερυγίων και κινείται με αργό ρυθμό. Κατά την άλεση του ελαιοκάρπου τεμαχίζονται οι φυτικοί ιστοί και ελευθερώνονται οι σταγόνες του λαδιού, οι οποίες με τις πρωτεΐνες σχηματίζουν γαλακτώμα. Κατά το στάδιο της μάλαξης γίνεται ρήξη του γαλακτώματος και οι σταγόνες συνενώνονται σε μεγαλύτερες. Επίσης παράγεται άρωμα από ενδογενή ένζυμα του καρπού ή εξωγενή μικροβιακής προέλευσης.

2.1. Εξαγωγή του ελαιολάδου από την ελαιοζύμη

Στα ελαιουργεία, η εξαγωγή του ελαιολάδου από την ελαιοζύμη μπορεί να γίνει με:

- πίεση (παραδοσιακό ή κλασσικό σύστημα)
- φυγοκέντρηση (συνεχές σύστημα)

✧ τριών φάσεων

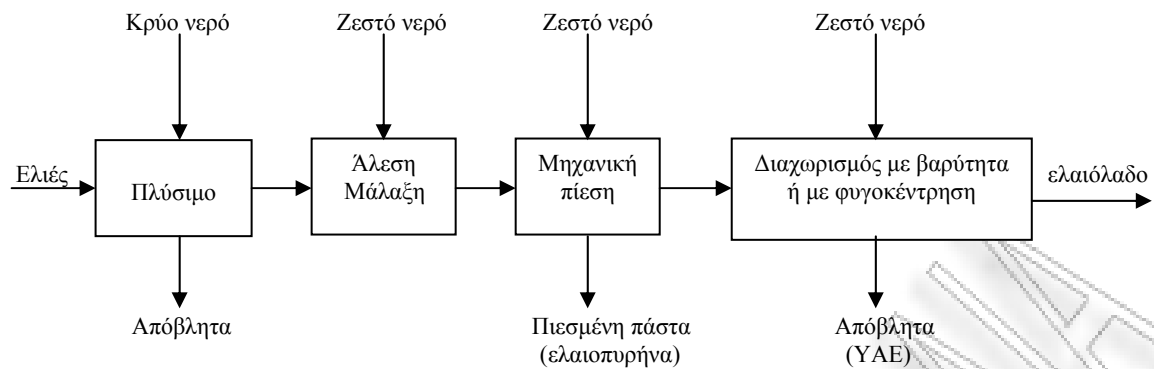
✧ δύο φάσεων

Στη διαδικασία πίεσης και στο σύστημα τριών φάσεων, τα απόβλητα αποτελούνται από την υδάτινη φάση (υγρά απόβλητα - ΥΑΕ) και τον πολτό (ελαιοπυρήνα). Στα ελαιουργεία των δύο φάσεων τα απόβλητα είναι ένα υδαρές (slurry) προϊόν (2POMW).

2.1.1. Σύστημα πίεσης (παραδοσιακό ή κλασσικό σύστημα)

Η ελαιοζύμη, αμέσως μόλις αποκτήσει τις επιθυμητές φυσικές και φυσικοχημικές ιδιότητες, υποβάλλεται χωρίς χρονοτριβή σε πίεση. Οποιαδήποτε καθυστέρηση υποβαθμίζει την ποιότητα του ελαιολάδου, λόγω εκθέσεως της μάζας στον ατμοσφαιρικό αέρα και της έντονης ενζυμικής δράσεως, που έχουν σαν αποτέλεσμα να αυξάνεται η οξύτητα και ο αριθμός υπεροξειδίου.

Γι' αυτό το λόγο λοιπόν, η ελαιοζύμη απλώνεται σε ειδικά ελαιόπανα (ελαιοσπυρίδες), τα οποία στοιβάζονται το ένα πάνω στο άλλο και αυτή η στήλη συγκροτεί το λεγόμενο στάμα. Το τελευταίο εισάγεται στον ελεύθερο χώρο του υδραυλικού πιεστηρίου, όπου και πιέζεται, με πίεση 300-500kg/cm², ανάλογα με τα χαρακτηριστικά των ελιών (π.χ. ωριμότητα ή είδος του καρπού). Με την εκπίεση του στάματος στο υδραυλικό πιεστήριο διαχωρίζεται από την ελαιοζύμη, με τη διαδικασία της απλής αποστραγγίσεως, ελαιούχος μούστος, που συντίθεται από ελαιόλαδο και φυτικά υγρά (λιοζύμια - ΥΑΕ). Η εξάντληση σε μούστο του στάματος δεν είναι ποτέ πλήρης, καθότι υπό οποιεσδήποτε συνθήκες επεξεργασίας, εναπομένουν στην ελαιόπαστα (ελαιοπυρήνη) σημαντικά ποσοστά λαδιού και φυτικών υγρών. Το λάδι της ελαιοπυρήνης κατά το μεγαλύτερο μέρος του, θα αποχωρισθεί κατά την επακολουθούσα εκχύλιση της πυρήνας με οργανικούς διαλύτες, σε πυρηνελαιουργεία. Εκεί, η ελαιοπυρήνη ξηραίνεται σε περιστροφικούς ξηραντήρες, με τη χρήση ζεστού αέρα 60°C, και στη συνέχεια εκχυλίζεται. Από τη διαδικασία αυτή παραλαμβάνεται πυρηνέλαιο και εξαντλημένη ελαιοπυρήνη, που χρησιμοποιείται κυρίως σαν στερεό καύσιμο, ικανό να παράγει 3.500kcal ανά κιλό (Vlyssides et al, 2004). Μετά την πίεση ο σωρός διαλύεται, η πάστα ελιάς αφαιρείται και τα πανιά ξαναφορτώνονται με το επόμενο φορτίο. Η διαδικασία παραγωγής ελαιολάδου με το σύστημα της πίεσεως φαίνεται στο **Διάγραμμα 1**.



Διάγραμμα 1: Σύστημα πίεσεως

Στον όγκο του ελαιούχου μούστου το λάδι συμμετέχει κατά 30% και τα φυτικά υγρά, στα οποία συμπεριλαμβάνεται και το νερό διαβροχής του στάματος, κατά το υπόλοιπο 70%. Επίσης υπάρχουν και τα συμπαρασυρόμενα στερεά συστατικά (τεμαχίδια σάρκας, φλοιού, θρύμματα πυρηνόξυλου κ.τ.λ.), που το βάρος τους υπολογίζεται σε ποσοστό 0,5-1% επί του συνολικού βάρους της υγρής φάσης. Το μεγαλύτερο μέρος από αυτά καθιζάνει προς τον πυθμένα των δεξαμενών διαχωρισμού ή απομακρύνεται με το πέρασμα του μούστου διαμέσου κόσκινων, πριν από τη φυγοκέντρωση.

Ο διαχωρισμός του ελαιολάδου από τα φυτικά υγρά βασίζεται στη διαφορά ειδικού βάρους μεταξύ λαδιού και φυτικών υγρών και στη μη ανάμειξη των δύο, αφού τα φυτικά υγρά είναι ουσία πολική και το λάδι μη πολική. Οι μέθοδοι διαχωρισμού του λαδιού από τον ελαιούχο μούστο είναι:

- Της κατακαθίσεως (ηρεμίσεως) του μούστου μέσα στη συστοιχία δεξαμενών (πηγαδάκια): ο διαχωρισμός με τη μέθοδο αυτή προϋποθέτει εναποθήκευση του μούστου για αρκετό χρόνο μέσα σε συστοιχίες από δεξαμενές (πηγαδάκια), προκειμένου να δοθεί ευκαιρία στα σταγονίδια λαδιού να συσσωρευτούν στην επιφάνεια και να σχηματίσουν το επιπολάζον στρώμα. Η παρατεταμένη όμως επαφή λαδιού και φυτικών υγρών ζημιώνει αναμφίβολα τις καλές οργανοληπτικές ιδιότητες του πρώτου και το προδιαθέτει στο τάγγισμα και την αλλοίωση. Μειονέκτημα της μεθόδου είναι και ο μεγάλος χώρος που καταλαμβάνουν τα πηγαδάκια και η δυσκολία στον καθαρισμό τους.

- Της φυγοκεντρήσεως σε φυγοκεντρικό διαχωριστήρα: με τη μέθοδο αυτή συντομεύεται ο διαχωρισμός του λαδιού, αφού αυξάνεται στο πολλαπλάσιο η δύναμη της διαχωρίσεως. Την ώρα όμως της φυγοκεντρήσεως ενσωματώνεται αέρας στη μάζα του λαδιού, με αποτέλεσμα να βγαίνει αυτό θολό, ενώ ο αέρας αυτός προδιαθέτει το λάδι στο τάγγισμα και στις αλλοιώσεις οξειδωτικής μορφής. Ο διαχωρισμός όμως είναι ταχύς και ο φυγοκεντρικός διαχωριστήρας καταλαμβάνει ελάχιστο χώρο. Επιπλέον, ο καθαρισμός του,

τόσο στο τέλος της εργασίας όσο και ενδιάμεσα, είναι εύκολος και αποτελεσματικός. Ωστόσο, επειδή και οι δύο μέθοδοι έχουν σοβαρές επιπτώσεις στην ποιότητα του λαδιού συνήθως εφαρμόζεται ο συνδυασμός της καθιζήσεως και φυγοκεντρήσεως.

Η διαδικασία πίεσης δεν απαιτεί προσθήκη επιπλέον νερού στην ελαιοζύμη. Ωστόσο, εάν οι ελιές είναι δύσκολες στην επεξεργασία και η ελαιούχος φάση δεν ξεχωρίζει εύκολα από τις άλλες φάσεις, ή όταν ώριμες ελιές προσάγονται σε αυτό το σύστημα, μπορεί να απαιτείται προσθήκη μικρών ποσοτήτων νερού (3-5 l/100kg ελιών) κατά την άλεση, τη μάλαξη και το πλύσιμο του πύργου μετά την σύνθλιψη.

2.1.2. Φυγοκέντρηση

Η συνεχής φυγοκέντρηση περιλαμβάνει τα ακόλουθα βήματα: σπάσιμο ελιών, ανάμιξη της ελαιοζύμης και φυγοκέντρηση με ή χωρίς προσθήκη νερού σύμφωνα με το μοντέλο των «τριών φάσεων» ή των «δύο φάσεων» αντίστοιχα.

A. Φυγοκέντρηση τριών φάσεων

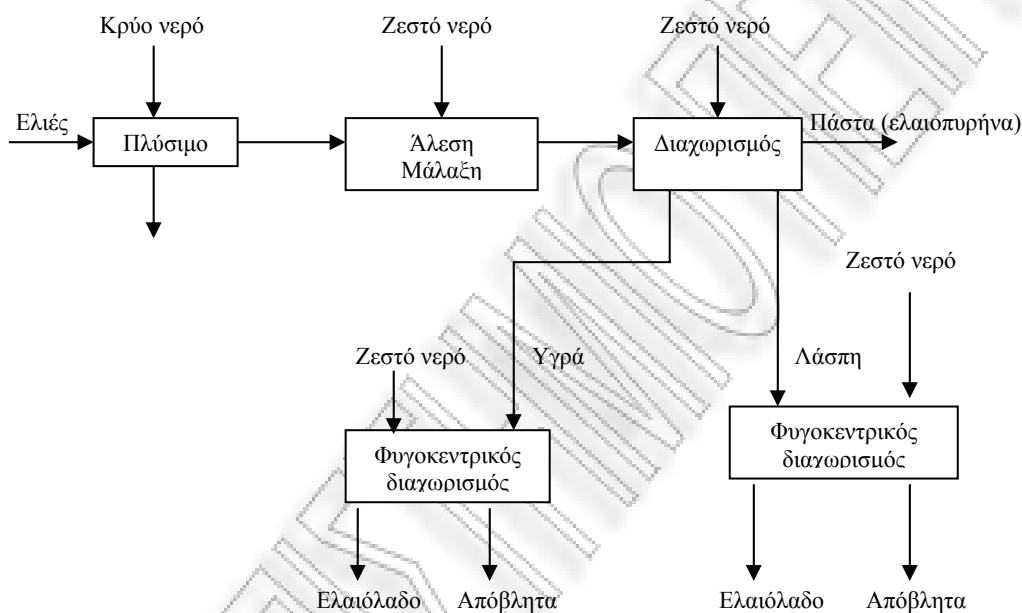
Αναπτύχθηκε τη δεκαετία του '70, με σκοπό τη μείωση του εργατικού κόστους και την αύξηση της δυναμικότητας και της παραγωγής. Ενώ οι κλασσικές μέθοδοι επεξεργάζονται περίπου 8-10 τόνους/ μέρα, η φυγοκέντρηση τριών φάσεων επεξεργάζεται 30-32 τόνους/ μέρα, χρησιμοποιώντας ποσοστό μόνο του εργατικού δυναμικού που απαιτείται στις κλασσικές μεθόδους.

Η ελαιοζύμη, που προκύπτει μετά την άλεση και τη μάλαξη, αναμιγνύεται με ζεστό νερό για τη βελτίωση των ρεολογικών ιδιοτήτων της, πριν την εισαγωγή της στο φυγοκεντρικό διαχωριστήρα (Ντεκάντερ). Η αναλογία νερού ελαιοζύμης δεν είναι σταθερή και εξαρτάται από τη σύσταση της ελαιοζύμης μετά τη μάλαξη. Κατά το εγχειρίδιο του Διεθνούς Συμβουλίου Ελαιολάδου (IOOC 1990), η ποσότητα του νερού που ενσωματώνεται μετά τη μάλαξη είναι 60-70, αλλά και μέχρι 100-110 λίτρα ανά 100 κιλά ελαιοζύμης και σε θερμοκρασία 20-25°C. Στη συνέχεια η ελαιοζύμη εισάγεται σε οριζόντιο φυγοκεντρικό διαχωριστήρα (Ντεκάντερ) του οποίου η δυναμικότητα κυμαίνεται από 500-600 κιλά την ώρα και φθάνει τους 3 με 4 τόνους, ανάλογα με το μοντέλο. Η ελαιοζύμη λοιπόν με την επίδραση της φυγόκεντρης δύναμης διαχωρίζεται σε τρεις φάσεις: ελαιόλαδο, φυτικά υγρά (ΥΑΕ) και ελαιοπυρήνη (πυρήνες και υπολείμματα πούλπας).

Αν αξιολογήσουμε συγκριτικά τα δύο ελαιουργικά συγκροτήματα, με τον φυγοκεντρικό διαχωριστήρα και με το παραδοσιακό υδραυλικό πιεστήριο, διαπιστώνουμε και στις δύο περιπτώσεις εξάντληση της ελαιοζύμης μέχρι ποσοστού περίπου 88% του

περιεχόμενου σε αυτή ελαιολάδου. Η ελαιοπυρήνη όμως που διαχωρίζεται στο φυγοκεντρικό διαχωριστήρα περιέχει 45-50% υγρασία, ενώ εκείνη του υδραυλικού πιεστηρίου μόνο 25%. Έτσι η ελαιοπυρήνη του φυγοκεντρικού διαχωριστήρα είναι δύσκολο να αξιοποιηθεί, επειδή αλλοιώνεται εύκολα και κοστίζει πολύ η μεταφορά της στα πυρηνελαιουργεία, για την περαιτέρω εκχύλισή της και εξαγωγή του εναπομείναντος ελαίου.

Η διαδικασία παραγωγής ελαιολάδου με το σύστημα φυγοκέντρωσης τριών φάσεων φαίνεται στο **Διάγραμμα 2**.



Διάγραμμα 2: Σύστημα φυγοκέντρωσης τριών φάσεων

Τα βασικά πλεονεκτήματα του ελαιουργικού συγκροτήματος συνεχούς αποδόσεως (με οριζόντιο φυγοκεντρικό διαχωριστήρα) είναι τα ακόλουθα:

- ☞ καταλαμβάνει για την εγκατάστασή του έκταση κατά 60% μικρότερη από ό,τι το υδραυλικό πιεστήριο.

- ☞ έχει μικρότερες απαιτήσεις σε εργατικά χέρια.

- ☞ εξασφαλίζει αυτοματισμό σε όλη την επεξεργασία του ελαιοκάρπου.

- ☞ διαχωρίζει λάδι, που αν δεν είναι ανώτερης, είναι της ίδιας ποιότητας με το λάδι των υδραυλικών πιεστηρίων.

Τα κύρια μειονεκτήματα είναι:

- ☞ η υπέρμετρη κατανάλωση σε ηλεκτρική ενέργεια και νερό.

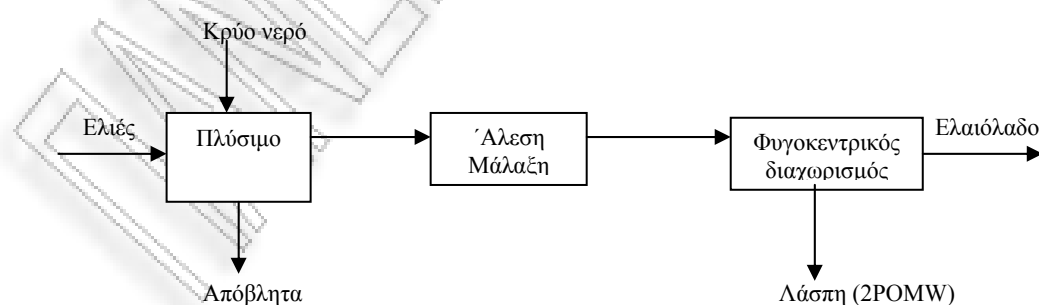
Ψη μεγαλύτερη επένδυση κεφαλαίων για την αγορά και την εγκατάστασή του, σε σύγκριση με το υδραυλικό πιεστήριο.

Ψο διαχωρισμός ελαιοπυρήνας με 45-50% υγρασία αντί του 25% που περιέχεται στην ελαιοπυρήνη των υδραυλικών πιεστηρίων. Για την απομάκρυνση της πρόσθετης υγρασίας θα πρέπει να αναλωθεί ενέργεια, γεγονός που αυξάνει το κόστος επεξεργασίας του ελαιοκάρπου.

Ψεπίσης, τα αυξημένα ποσά υγρών αποβλήτων που παράγονται εξαιτίας της αυξημένης χρήσης νερού (1,25 έως 1,75 φορές περισσότερο νερό από την εξαγωγή με πίεση), η απώλεια σημαντικών συστατικών (π.χ. φυσικά αντιοξειδωτικά) στην υγρή φάση και τα προβλήματα απόρριψης της υγρής φάσης.

B. Φυγοκέντρωση δύο φάσεων

Η αποτυχία να αναπτυχθεί μια κατάλληλη τεχνολογία επεξεργασίας των αποβλήτων έδωσε την ευκαιρία στους κατασκευαστές τεχνολογίας να αναπτύξουν τη διαδικασία των δύο φάσεων, που δεν χρησιμοποιεί νερό στη διαδικασία, και παράγει ελαιόλαδο και μία πολύ υγρή ελαιόπαστα/ελαιοπυρήνη (2Phase Olive Mill–Waste - 2POMW), που είναι πρακτικά εμποτισμένη με όλα τα φυτικά υγρά που περιείχε ο ελαιοκάρπος την ώρα της αλέσεως, και αποτελεί και τα στερεά απόβλητα αυτής της διαδικασίας. Αυτή η τεχνολογία θεωρήθηκε εφεύρεση επαναστατική και το φυγοκεντρικό μηχάνημα των δύο φάσεων ονομάστηκε οικολογικό, γιατί η ελαιοποίηση θα γινόταν χωρίς αραίωση της ελαιοζύμης με γλυαρό νερό, οπότε δεν θα υπήρχαν φυτικά υγρά και η ρύπανση του περιβάλλοντος θα ήταν μηδαμινή. Η διαδικασία παραγωγής ελαιόλαδου με το σύστημα φυγοκέντρωσης δύο φάσεων φαίνεται στο **Διάγραμμα 3**.



Διάγραμμα 3: Σύστημα φυγοκέντρωσης δύο φάσεων

Το σύστημα των δύο φάσεων που χρησιμοποιείται για την εξαγωγή του λαδιού (με επακόλουθο την παραγωγή των 2POMW), αρχικά σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε από τη Westfalia Separator A.G. (EP557758, 1993). Σε αυτή τη διαδικασία, ο πλυμένος

ελαιόκαρπος τροφοδοτείται στο μύλο και από εκεί στον αναμίκτη, όπου η ελαιοζύμη ομογενοποιείται. Όταν χρησιμοποιούνται φρέσκιες ελιές, η πάστα παράγεται χωρίς την προσθήκη νερού, ενώ όταν χρησιμοποιούνται στεγνές ελιές, μια μικρή ποσότητα νερού προστίθεται ανάλογα με την κατάσταση των ελιών. Η ομογενοποιημένη πάστα κλασματοποιείται σε έναν φυγοκεντρική δύο φάσεων, σε λάδι και σε μείγμα στερεών/υγρών (ελαιοπυρήνη). Στην προκειμένη περίπτωση η ελαιοπυρήνη είναι πιο δύσκολη στο χειρισμό (εξαιτίας της μεγαλύτερης υγρασίας) και η εξαγωγή του εναπομείναντος ελαίου για την παραγωγή του πυρηνελαίου, είναι λιγότερο επικερδής (εξαιτίας του μικρότερου περιεχομένου σε λάδι), σε σύγκριση με την ελαιοπυρήνη που προκύπτει από τα προηγούμενα συστήματα. Το λάδι διοχετεύεται με την προσθήκη μικρής ποσότητας νερού, σε φυγοκεντρική δίσκων όπου αποκτούνται καθαρό λάδι και ξεχωριστό νερό. Το νερό είναι σχετικά καθαρό και μπορεί να αναμιχθεί με το κυκλοφορούν νερό που χρησιμοποιείται για το πλύσιμο των ελιών. Επίσης στερεά αποβάλλονται από το φυγοκεντρική δίσκων σε περιοδικά διαστήματα.

Αυτό το σύστημα μειώνει τις απαιτήσεις του νερού, αλλά δημιουργεί ένα νέο υλικό (2POMW), το οποίο είναι φορέας όλου του ρυπαντικού φορτίου της ελαιοζύμης και που απαιτεί νέες γνώσεις για το πώς πρέπει να διαχειριστεί. Επομένως ο όρος οικολογικό Ντεκάντερ είναι ατυχής.

Συγκριτικά με τη φυγοκέντρωση τριών φάσεων, η φυγοκέντρωση δύο φάσεων έχει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

☞ Η κατασκευή του κυλίνδρου φυγοκέντρωσης των δύο φάσεων είναι λιγότερο περίπλοκη και έτσι είναι πιο αξιόπιστος στην λειτουργία και λιγότερο ακριβός από τον αντίστοιχο των τριών φάσεων.

☞ Στη φυγοκέντρωση δύο φάσεων δεν απαιτείται φυγοκεντρική δίσκων για περαιτέρω επεξεργασία των φυτικών υγρών.

☞ Η παραγωγή ελαιολάδου είναι υψηλότερη επειδή δεν απαιτείται επιπρόσθετο νερό για την παραγωγή του πολτού. Επίσης μειώνεται και η κατανάλωση ενέργειας σαν αποτέλεσμα της μικρότερης ποσότητας.

☞ Το λάδι που παράγεται από την φυγοκέντρωση δύο φάσεων είναι υψηλότερης ποιότητας, ειδικότερα έχει πολύ υψηλότερη σταθερότητα στην οξείδωση και καλύτερα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά.

☞ Τα έξοδα λειτουργίας είναι χαμηλότερα, συγκρινόμενα με τα αντίστοιχα της διαδικασίας τριών φάσεων, ενώ η χρήση νερού στο ελαιοουργείο μειώνεται σημαντικά.

Τα μειονεκτήματα της φυγοκέντρωσης δύο φάσεων είναι:

Ψ Η διαδικασία δύο φάσεων, παρ' όλο που δεν παράγει καθόλου υγρά απόβλητα, ενώνει τα υγρά απόβλητα που παράγονται, με τα στερεά απόβλητα, για την παραγωγή ενός μοναδικού απόβλητου ημιστερεής μορφής (~30% κατά όγκο σε στερεά). Αυτό διπλασιάζει το ποσό των στερεών αποβλήτων που απαιτούν απόρριψη, και δεν μπορούν να συγκεντρωθούν ή να καούν χωρίς κάποιου είδους (ακριβή) προκατεργασία.

Ψ Τα 2POMW έχουν περιεχόμενο υγρασίας περίπου 55-70%, ενώ η παραδοσιακή πάστα έχει μόνο 20-25% υγρασία στα συστήματα πίεσης και 40-45% στους φυγοκεντρητές τριών φάσεων. Αυτή η υψηλή υγρασία μαζί με τα σάκχαρα και τα λεπτομερή στερεά, που στο τριών φάσεων περιέχονται στα ΥΑΕ, δίνουν στα 2POMW μία πλαδαρή σύσταση και κάνουν τη μεταφορά, την αποθήκευση και το χειρισμό δύσκολο, διότι δεν μπορεί να στοιβαχτούν, ενώ πρέπει να αποθηκεύονται σε μεγάλες δεξαμενές.

Ψ Το απόβλητο είναι πιο συμπυκνωμένο και άρα πιο πλούσιο σε λίπη, ανόργανα υπολείμματα, φαινόλες και ο-διφαινόλες. Το COD και η θολότητα είναι υψηλότερα, ενώ τέλος τα 2POMW είναι ένα νέο είδος αποβλήτων, που δεν έχει ακόμη χαρακτηριστεί πλήρως.

Ψ Αυτή η τεχνολογία δύο φάσεων μεταφέρει το πρόβλημα της απόρριψης των αποβλήτων από το ελαιουργείο στα πυρηνελαιουργεία. Τα 2POMW πρέπει να ξηρανθούν με σημαντικά υψηλότερες ενεργειακές απαιτήσεις, από ό,τι στην περίπτωση των παραδοσιακών ή συνεχών διαδικασιών παραγωγής, κάνοντας την βιομηχανία ανάκτησης του υπολειπόμενου ελαίου δύσκολη και ακριβή.

Η Ισπανία ήταν η πρώτη χώρα που χρησιμοποίησε το σύστημα των δύο φάσεων σε βιομηχανική κλίμακα κατά την ελαιοκομική περίοδο 1991-92, και από τότε η νέα τεχνολογία εξαπλώθηκε και εγκαταστάθηκε σε όλο τον κόσμο. Η μεγαλύτερη πλειοψηφία των ελαιουργείων (90%) στην Ισπανία υιοθέτησε σχετικά πρόσφατα τους φυγοκεντρητές δύο φάσεων, ενώ αντίθετα στην Ιταλία και την Ελλάδα το ποσοστό αυτό είναι ελάχιστο (<5%). Στην Ελλάδα το 70% των ελαιουργείων είναι φυγοκεντρικού τύπου τριών φάσεων και τα υπόλοιπα κλασσικού τύπου ή κάποιος συνδυασμός. Στην Πορτογαλία η εξαγωγή του ελαιολάδου γίνεται ακόμη με τη χρήση της ασυνεχούς διαδικασίας πίεσης, παρ' όλο που τα τελευταία χρόνια αρκετές μονάδες εισήγαγαν συστήματα συνεχούς φυγοκέντρωσης. Στην Ιταλία, περισσότερα από 10.000 ελαιουργεία λειτουργούν με το σύστημα της απλής πίεσης. Πιο πρόσφατα στοιχεία φαίνονται στον Πίνακα που ακολουθεί (IMPEL Olive Oil project):

ΠΙΝΑΚΑΣ 2: Κατανομή ελαιουργείων σύμφωνα με στοιχεία του IMPEL Olive Oil project

Χώρα	Ελαιουργεία				
	Σύνολο	Ελαιουργεία μεγάλης δυναμικότητας	Πίεσης	3-φάσεων	2-φάσεων
Ισπανία	837				98%
Ιταλία	6.600	600	42%	46%	2%
Ελλάδα	2.925	20	18%	82%	0%
Πορτογαλία	902	99	84%	13%	3%
Κύπρος	34	0	12%	82%	6%
Κροατία	86	0	42%	3%	55%
Μάλτα	5	0	40%	60%	0%
Γαλλία	3.250				
Σύνολο	14.639	719			

Τα υγρά απόβλητα (ΥΑΕ), που προέρχονται από τα παραδοσιακά ελαιουργεία, τα οποία βασίζονται στο σύστημα πίεσης, έχουν συνήθως ένα υψηλό COD και περιεχόμενο ολικών στερεών. Δεύτερα στη σειρά του COD, έρχονται τα υγρά απόβλητα (ΥΑΕ) από το σύστημα των τριών φάσεων και τέλος οι χαμηλότερες τιμές ανήκουν στα ελαιουργεία με το σύστημα των δύο φάσεων, όπου το μόνο υπόλειμμα είναι το νερό που χρησιμοποιείται για το πλύσιμο της μονάδας. Όσον αφορά τα στερεά υπό διάλυση, τα ελαιουργεία τριών φάσεων δείχνουν τις υψηλότερες τιμές, που ακολουθείται από τα ελαιουργεία πίεσης και τα ελαιουργεία δύο φάσεων. Το pH δείχνει μια αντίθετη τάση, καθώς τα νερά από τα ελαιουργεία δύο φάσεων έχουν υψηλότερες τιμές από αυτά των τριών φάσεων ή της πίεσης. Τα παραπάνω αποτελέσματα φαίνονται στον παρακάτω Πίνακα και αποτελούν μέρος των αποτελεσμάτων του προγράμματος “IMPEL Olive Oil”.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3: Διαφοροποίηση των βασικών παραμέτρων των ΥΑΕ ανάλογα με τη χρησιμοποιούμενη μέθοδο εξαγωγής ελαιολάδου (IMPEL Olive Oil, 2003)

Παράμετρος	Σύστημα Πίεσης	Φυγοκέντρηση 3-φάσεων	Φυγοκέντρηση 2- φάσεων
pH	4,3-5,5	4,8-5,5	5,0-5,2
COD (g/l)	59-200	15-150	11-24
Διαλελυμένα στερεά (g/l)	3-16	3-26	0,165

Τα ισοζύγια μάζας και ενέργειας για κάθε μέθοδο εξαγωγής ελαιολάδου, φαίνονται στον παρακάτω Πίνακα και τα στοιχεία προέρχονται από την τελική αναφορά του προγράμματος IMPROLIVE (FAIR CT96-1420):

ΠΙΝΑΚΑΣ 4: Ισοζύγια μάζας και ενέργειας για κάθε μέθοδο εξαγωγής ελαιολάδου (IMPROLIVE, 1996)

Διαδικασία παραγωγής	Είσοδος	Ποσό	Έξοδος	Ποσό
Σύστημα Πίεσης	Ελιές Νερό πλυσίματος Ενέργεια	1000 kg 0.1-0.12 m ³ 40-63 kWh	Ελαιόλαδο Στερεά απόβλητα / ελαιοπυρήνα (25% νερό + 6% ελαιόλαδο) Υγρά απόβλητα (88% νερό)	200 kg 400 kg 600 kg
Φυγοκέντρηση 3-φάσεων	Ελιές Νερό πλυσίματος Φρέσκο νερό για τον φυγοκεντρητή Νερό για τον καθαρισμό του ελαιολάδου Ενέργεια	1000 kg 0,1-0,12 m ³ 0,5-1 m ³ 10 kg 90-117 kWh	Ελαιόλαδο Στερεά απόβλητα / ελαιοπυρήνα (50% νερό + 4% ελαιόλαδο) Υγρά απόβλητα (94% νερό + 1% ελαιόλαδο)	200 kg 500-600 kg 1000-1200 kg
Φυγοκέντρηση 2-φάσεων	Ελιές Νερό πλυσίματος Ενέργεια	1000 kg 0,1-0,12 < 90-117 kWh	Ελαιόλαδο Στερεά απόβλητα / ελαιοπυρήνα (60% νερό + 3% ελαιόλαδο)	200 kg 800-950 kg

Και άλλες μέθοδοι για την παραγωγή λαδιού έχουν προταθεί, αλλά δεν έχουν χρησιμοποιηθεί εκτενώς (όπως είναι η ηλεκτροφόρηση –η οποία έχει αναπτυχθεί μόνο σε πειραματικό στάδιο-, ο χημικός διαχωρισμός, η διαδικασία αφαίρεσης πυρήνων και η διήθηση ή επιλεκτικό φιλτράρισμα)(Niaounakis M. et al., 2004)

3. Απόβλητα ελαιοτριβείων

Το κύριο προϊόν της ελαιουργίας είναι το ελαιόλαδο, διαφόρων κατηγοριών, ανάλογα με την περίπτωση και τα δευτερεύοντα προϊόντα, δηλαδή αυτά που απομένουν από την πρώτη ύλη μετά το διαχωρισμό του λαδιού, είναι τα φυτικά υγρά και η ελαιοπυρήνη. Όπως σε όλες τις βιομηχανίες, τα δευτερεύοντα προϊόντα όταν είναι τελείως άχρηστα, αποκαλούνται απόβλητα και όταν περιέχουν χρήσιμα συστατικά και αποτελούν αντικείμενο περαιτέρω επεξεργασίας, καλούνται υποπροϊόντα.

Ειδικά στην περίπτωση της ελαιουργίας τα φυτικά υγρά, γνωστά και ως λιοζούμια ή κατσίγαρος, είναι προϊόν χωρίς εμπορική αξία, τυπικό απόβλητο της ελαιουργίας που πρέπει να τύχει διαχείρισεως, κατά τον ένα ή τον άλλο τρόπο, προκειμένου να προστατευθεί από τη ρύπανση το περιβάλλον. Συμβαίνει όμως να περιέχουν και τα λιοζούμια των

ελαιουργείων πολύτιμα συστατικά (σάκχαρα, πρωτεΐνες σε μικρότερο βαθμό, υπολείμματα λαδιού, φαινολικές ουσίες, χρωστικές και κυρίως χλωροφύλλες), τα οποία όμως διαχωρίζονται υπό καθαρή μορφή με υψηλό και σχεδόν πάντοτε απαγορευτικό οικονομικό κόστος. Ανάκτηση ορισμένων από τα ανωτέρω συστατικά γίνεται συμπτωματικά κατά την εφαρμογή ορισμένων τεχνικών ορθολογικής διαχείρισης του κασιόγαρου. Αντίθετα, η ελαιοπυρήνη έχει εμπορική αξία, γιατί περιέχει αυξημένα ποσοστά ελαιολάδου και αποτελεί πρώτη ύλη για τα πυρηνελαιουργεία.

3.1. Όγκος και σύσταση των αποβλήτων

3.1.1. Όγκος των αποβλήτων

Ο όγκος των Υγρών Αποβλήτων των Ελαιοουργείων (ΥΑΕ- κασιόγαρος) δεν είναι δυνατόν να εκτιμηθεί επακριβώς, ούτε σε ένα ελαιοουργείο, ούτε σε μία περιοχή και πολύ περισσότερο σε ολόκληρη τη Μεσόγειο, επειδή εξαρτάται από:

- ◆ την ποικιλία προελεύσεως του ελαιοκάρπου, το στάδιο ωριμότητας και το χρόνο εναποθηκεύσεώς του πριν από την ελαιοποίηση
- ◆ τον τρόπο διαχωρισμού του λαδιού από την ελαιοζύμη
- ◆ το διαθέσιμο στο ελαιοουργείο νερό και το κόστος προμήθειάς του, αφού σε πολλά ελληνικά νησιά, αλλά και σε περιοχές της Ισπανίας, της Β.Αφρικής, της Εγγύς Ανατολής, το πλύσιμο του καρπού παραλείπεται, όταν το νερό είναι λιγοστό ή ακριβό.
- ◆ τις συνήθειες των κατά τόπους ελαιοουργείων

Τα ΥΑΕ αποτελούνται από το υδάτινο κλάσμα του χυμού του ελαιοκάρπου και το νερό που προστίθεται στα διάφορα στάδια επεξεργασίας του για την παραλαβή του ελαιολάδου. Τα φυτικά υγρά του ελαιοκάρπου (χωρίς το λάδι) μπορούν να υπολογισθούν με καλή προσέγγιση και είναι περίπου 40-45% του συνολικού βάρους του καρπού. Ο όγκος των ΥΑΕ που δημιουργούνται από την επεξεργασία 100 κιλών ελαιοκάρπου διαφέρει σημαντικά στους διάφορους τύπους συγκροτημάτων.

Μία εκτίμηση του όγκου των αποβλήτων για τις χώρες της Μεσογείου, φαίνεται στον παρακάτω Πίνακα:

ΠΙΝΑΚΑΣ 5: Εκτίμηση του όγκου των αποβλήτων που παράγονται κατά την παραγωγή του ελαιολάδου σε χώρες της Μεσογείου (Niaounakis M. et al., 2004)

Χώρα	ΥΑΕ (m ³ /έτος)	Στερεά απόβλητα (m ³ /έτος)	Αναφορές
Ισπανία	2-3x10 ⁶ 2,1x10 ⁶ 2,8x10 ⁶	1,6x10 ⁶	Cabrera et al., 1996 Paredes C. et al., 1999b European Commission-DG for Environment, 2001
Ιταλία	1,5-2 x10 ⁶ 1,5 x10 ⁶ 1 x10 ⁶ 2,4 x10 ⁶	1,6x10 ⁶	EP520239 EU project: AIR3-CT94-1987 “BIOWARE” ES2051238 European Commission-DG for Environment, 2001
Ελλάδα	200.000-250.000 1,5 x10 ⁶ 1,4 x10 ⁶	800.000	EU project: AIR3-CT94-1987 “BIOWARE” Iconomou et al., 2000 European Commission-DG for Environment, 2001
Τυνησία	700.000		BADIS, 1994
Πορτογαλία	60.000-350.000 200.000	100.000	EU project: AIR3-CT94-1987 “BIOWARE” European Commission-DG for Environment, 2001
Μεσόγειος	10-12 x10 ⁶		Cabrera et al., 1996
Σύνολο	30 x10 ⁶ 10-12 x10 ⁶		Fiestas, 1981a; Fiestas and Borja, 1992; Sayadi and Ellouz, 1995 Cabrera et al., 1996

3.1.2. Χαρακτηριστικά αποβλήτων ελαιοτριβείων

A. Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά ΥΑΕ

Τα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων είναι ένα σκούρο υγρό, το χρώμα του οποίου ποικίλλει ανάλογα με την τιμή του pH του (καφέ σκούρο σε όξινο pH και πρασινωπό σε αλκαλικό pH), θολό, χαρακτηριστικής οσμής, πλούσιο σε οργανικά και ανόργανα υλικά τα οποία είναι διαλελυμένα στην υδάτινη κυρίως φάση, με γεύση πικρή και εμφάνιση λαμπερή. Συνήθως περιέχει μικρά σωματίδια (πχ. ιστούς από τους καρπούς, θρύμματα από πέτρες κ.α.), καθώς και μία ποσότητα λαδιού υπό τη μορφή σταθερού γαλακτώματος.

Η σύσταση και τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων εξαρτώνται άμεσα από τους παράγοντες εκείνους που επιδρούν στη φυσιολογία θρέψης και ωρίμανσης του ελαιοκάρπου. Οι παράγοντες αυτοί είναι η καλλιεργούμενη ποικιλία, οι κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής, οι καλλιεργητικές τεχνικές, η προσβολή από ασθένειες και το

στάδιο ωρίμανσης που γίνεται η συγκομιδή. Για συγκεκριμένο δε ελαιόκαρπο εξαρτώνται από τον τύπο του ελαιοτριβείου (κλασσικό ή φυγοκεντρικό), καθώς και το σημείο που γίνεται η δειγματοληψία (διαχωριστήρας ή αποχέτευση).

Μια ανασκόπηση στη διεθνή βιβλιογραφία επιβεβαιώνει την ανομοιομορφία της χημικής σύστασης του αποβλήτου, όπως αυτή προσδιορίστηκε από διάφορους ερευνητές στον κόσμο. Τα αποτελέσματα δείχνουν τεράστια μεταβλητικότητα, με ανεπαρκείς πληροφορίες, σχετικά με την πηγή των δειγμάτων, ενώ δεν είναι δυνατό να βρεθεί οποιαδήποτε σχέση μεταξύ της χημικής σύστασης των υγρών αποβλήτων και της ποικιλίας της ελιάς, των γεωργικών και τεχνικών συνθηκών, το είδος της διαδικασίας παραγωγής ελαιολάδου, ή τις κλιματικές συνθήκες κάτω από τις οποίες μεγαλώνουν οι ελιές. Είναι μόνο δυνατόν να αποκτηθεί μια ιδέα του εύρους των τιμών της κάθε παραμέτρου, πολλές από τις οποίες διαφέρουν, πολλές φορές, περισσότερο από μια τάξη μεγέθους. Στον Πίνακα 6 φαίνονται τα αποτελέσματα διαφόρων μελετών όσον αφορά τη σύσταση των ΥΑΕ.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6: Μέγιστες και ελάχιστες τιμές των σημαντικότερων παραμέτρων ρύπανσης των υγρών αποβλήτων των ελαιουργείων (Niaounakis M. et al., 2004).

Παράμετρος	Μέγιστο	Ελάχιστο
pH	6,7	4
Οξειδοαναγωγικό δυναμικό (mV)	-330	-80
Αγωγιμότητα (mS)	16	8
Πυκνότητα (g/l)	1.100	1.016
Χρώμα (U Pt-Co)	180.000	52.270
Θολότητα (NTU)	62.000	42.000
Διαλελυμένα στερεά (g/l)	9	1
Καθιζάνοντα στερεά (ml/h)	250	10
Βιολογικά απαιτούμενο οξυγόνο-BOD ₅ (mg/l)	110.000	35.000
Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο-COD (mg/l)	170.000	45.000

Αυτή η διαφοροποίηση υπάρχει τόσο μεταξύ δειγμάτων από την ίδια πηγή, όσο και μεταξύ δειγμάτων από διαφορετικές χώρες ή μεταξύ δειγμάτων από διάφορες διαδικασίες.

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 7, στα Ισπανικά απόβλητα το BOD₅, το COD και η ξηρά ύλη έχουν τιμές που είναι σχεδόν οι μισές από τις αντίστοιχες τιμές στα Ιταλικά απόβλητα. Αυτό το μεγάλο εύρος στις τιμές μπορεί να δικαιολογηθεί μερικά μόνο, από διαφορές στο οργανικό περιεχόμενο (λάδι και σάκχαρα) των ελιών, εξαιτίας της ποικιλίας, του βαθμού ωρίμανσης και του περιεχόμενου σε θρεπτικά, που επηρεάζεται από τη διαθεσιμότητα στο έδαφος των θρεπτικών συστατικών. Επίσης η χρήση του νερού στα ελαιουργεία διαφέρει σημαντικά εξαιτίας των απαιτήσεων εξοπλισμού (οι φυγοκεντρικοί

μύλοι απαιτούν σημαντικά υψηλότερες ποσότητες νερού) και των τοπικών συνθηκών και πρακτικών λειτουργίας.

ΠΙΝΑΚΑΣ 7: Δείγματα υγρών αποβλήτων από Ισπανία και Ιταλία (Knupp et al., 1996)

Παράμετροι	Ισπανικά ΥΑΕ	Ιταλικά ΥΑΕ
Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο-COD (g/l)	49,0	80,4
Βιολογικά απαιτούμενο οξυγόνο -BOD ₅ (g/l)	4,2	11,5
Ξηρά ύλη (g/l)	35,1	73,0
pH (24°C)	4,9	5,2

Σύμφωνα με άλλες έρευνες τα χαρακτηριστικά των ΥΑΕ κυμαίνονται στα παρακάτω όρια:

ΠΙΝΑΚΑΣ 8 : Χαρακτηριστικοί παράμετροι των ΥΑΕ (Sierra J. et al., 2001)

Παράμετρος	Τιμή
pH	4,5-6
BOD ₅ (mg/l)	35.000-100.000
COD (mg/l)	40.000-195.000
Λιπίδια (mg/l)	300-23.000
Οργανικό υλικό (g/l)	40-165
Ανόργανο υλικό (mg/l)	5-14
Πολυφαινόλες (mg/l)	3.000-24.000
N (g/l)	0,3-1,1
P(g/l)	2,7-7,2
K(g/l)	0,12-0,75
Mg(g/l)	0,10-0,40
Na (g/l)	0,04-0,90
Στερεά (%)	5,5-17,6

Γενικά τα ΥΑΕ αποτελούνται από 83-92% νερό, 4-16% οργανικά συστατικά και 1-2% ανόργανα συστατικά (Χατζηπαυλίδης Ι.Γ., 1999). Το οργανικό κλάσμα αποτελείται από σάκχαρα (1,0-8,0%, μεταξύ των οποίων η αραβινόζη, φρουκτόζη, γαλακτόζη, γλυκόζη, ραμνόζη, ξυλόζη, γαλακτουρονικά και γλουκορονικά οξέα, όπως προσδιορίστηκαν σε μελέτη των Agienzo et al., 2003), ενώσεις N (0,5-2,4%), οργανικά οξέα (0,5-1,5%), λιπίδια (0,02-1%), καθώς και φαινόλες και πηκτίνες (1,0-1,5%). Όσον αφορά τις φαινόλες, συνήθως εμφανίζονται μικρού μοριακού βάρους ουσίες όπως η υδροξυτυροσόλη, η τυροσόλη, η κατεχόλη, η μεθυλκατεχόλη, το καφεϊκό οξύ (Greco G. et al., 1999; Mulinacci N. et al., 2001).

Τα φαινολικά συστατικά βρίσκονται σε συγκεντρώσεις των 0,5-24g/l και αυτό εξαρτάται αυστηρά από τη διαδικασία που χρησιμοποιείται για την παραγωγή του ελαιολάδου. Γενικά περιλαμβάνουν ένα εύρος οργανικών ουσιών, οι οποίες έχουν κοινά χαρακτηριστικά. Τα κυριότερα φαινολικά συστατικά που έχουν προσδιοριστεί ποιοτικά και ποσοτικά στα ΥΑΕ περιλαμβάνουν τα φαινυλοξέα, τις φαινυλαλκοόλες, τα σεκοϊριδοειδή και τα φλαβονοειδή. Η παρουσία αυτών των 'δύστροπων' οργανικών ουσιών αποτελεί ένα από τα κύρια προβλήματα στην αποτοξικοποίηση των ΥΑΕ.

Τα φαινολικά συστατικά μπορούν να καταταγούν πρόχειρα σε δύο ομάδες. Τα φαινολικά συστατικά της πρώτης ομάδας περιέχουν απλές φαινολικές ουσίες, μη αυτοοξειδούμενες ταννίνες και φλαβονοειδή. Τα φαινολικά συστατικά της δεύτερης ομάδας, η οποία περιέχει σκουρόχρωμα πολυμερή, προέρχονται από τον πολυμερισμό και την αυτοοξείδωση των φαινολικών συστατικών της πρώτης ομάδας. Το χρώμα των ΥΑΕ εξαρτάται από την αναλογία των δύο ομάδων πολυφαινολών. Παρατηρήθηκε ότι τα ΥΑΕ σκουραίνουν στο χρώμα όταν αποθηκεύονται για κάποιο διάστημα. Αυτή η αλλαγή στο χρώμα μπορεί να είναι αποτέλεσμα της οξείδωσης και του διαδοχικού πολυμερισμού των ταννινών προς σκουρόχρωμες πολυφαινόλες (Niaounakis M. et al., 2004).

Όσον αφορά το ανόργανο κλάσμα, σε σύγκριση με άλλα οργανικά απόβλητα, τα ΥΑΕ έχουν υψηλή συγκέντρωση καλίου και αξιόλογα ποσά αζώτου, φωσφόρου, ασβεστίου, μαγνησίου και σιδήρου (Paredes C. et al., 1999).

Σύμφωνα με την έρευνα των Arienzo M. et al.(2000), όπου τα ανόργανα κατιόντα προσδιορίστηκαν με φασματομετρία ατομικής απορρόφησης και τα ανόργανα ανιόντα με χρωματογραφία ιόντων, οι ποσότητες των διαφόρων ιόντων σε ΥΑΕ που προέρχονται από τη διαδικασία πίεσης (Α) και σε ΥΑΕ που προέρχονται από τη διαδικασία φυγοκέντρωσης τριών φάσεων (Β) φαίνονται στον παρακάτω Πίνακα:

ΠΙΝΑΚΑΣ 9: Περιεχόμενο των ΥΑΕ σε ανιόντα και κατιόντα (Arienzo M. et al, 2000)

Κατιόντα (g/l)			Ανιόντα (g/l)		
Κατιόντα	A	B	Ανιόντα	A	B
K ⁺	17.1	9.8	Cl ⁻	1.61	0.61
Mg ²⁺	2.72	1.65	H ₂ PO ₄ ⁻	1.05	0.40
Ca ²⁺	2.24	1.35	F ⁻	0.66	0.25
Na ⁺	0.40	0.162	SO ₄ ⁻	0.52	0.20
Fe ²⁺	0.123	0.033	NO ₃ ⁻	0.023	0.0090
Zn ²⁺	0.0630	0.0301			
Mn ²⁺	0.0147	0.0091			
Cu ²⁺	0.0086	0.0098			

Στην ίδια έρευνα βρέθηκε ότι τα περισσότερα από τα ανόργανα κατιόντα ήταν ενωμένα με το οργανικό κλάσμα πολυμερών των ΥΑΕ, που αποτελείται από πολυσακχαρίτες, φαινολικά πολυμερή και πρωτεΐνες. Τα ελεύθερα εναπομείναντα κατιόντα αποδείχθηκε ότι εξουδετερώνονται από ανόργανες αντιδράσεις.

Συμπερασματικά, μπορούμε να αναφέρουμε ότι οι βασικές ιδιότητες των ΥΑΕ εξαρτώνται από τη διαδικασία εξαγωγής ελαιολάδου και το νερό που προστίθεται κατά τη διάρκεια αυτής. Ωστόσο γενικά εκτείνονται στα παρακάτω όρια (Niaounakis M. et al., 2004):

- pH=4-6
- BOD₅=35-110g/l
- COD=40-220g/l και TOC=25-45g/l
- Τα τοξικά συστατικά είναι οι φαινόλες, οι ταννίνες και οι χρωστικές
- Τα φαινολικά συστατικά είναι παρόντα σε συγκεντρώσεις μεταξύ 0,5-24g/l
- Οι φαινόλες περιλαμβάνουν τουλάχιστον 30 ουσίες
- Τα σάκχαρα αποτελούν το 60% της ξηράς ουσίας και περιλαμβάνουν, μειούμενα, φρουκτόζη, μαννόζη, γλυκόζη, σακχαρόζη.
- Το κάλιο είναι το κυρίαρχο ανόργανο στοιχείο (~4 g/l) και αυτό είναι πολύ σημαντικό θρεπτικό στοιχείο
- Ένας τόνος ελιών προς επεξεργασία παράγουν ένα ρυπαντικό φορτίο ισοδύναμο αυτού 50-100 κατοίκων.

B. Σύσταση στερεών αποβλήτων

Η ελαιοπυρήνη που προέρχεται από το σύστημα πίεσης έχει μέση σύσταση : νερό (25-27%), λιγνίνη (14%), κυτταρίνη και ημικυτταρίνη (35-36%), υπολειμματικό έλαιο (6-9%) και ανόργανα στερεά (2-2,5%)(Niaounakis M. et al., 2004).

Η ελαιοπυρήνη που προέρχεται από το σύστημα φυγοκέντρωσης τριών φάσεων έχει μέση σύσταση : νερό (45-55%), λιγνίνη (10%), κυτταρίνη και ημικυτταρίνη (25-26%), υπολειμματικό έλαιο (3-4%) και ανόργανα στερεά (2-2,5%)(Niaounakis M. et al., 2004)

Η μέση σύσταση των 2POMW είναι: νερό (60-70%), λιγνίνη (13-15%), κυτταρίνη και ημικυτταρίνη (18-20%), υπολειμματικό έλαιο (2,5-3%) και ανόργανα στερεά (2,5%). Μεταξύ των οργανικών συστατικών, τα βασικά συστατικά είναι τα ακόλουθα: σάκχαρα (3%), πτητικά λιπαρά οξέα (1%), πολυαλκοόλες (0,2%), πρωτεΐνες (1,5%), πολυφαινόλες (0,2%) και άλλες χρωστικές ουσίες (0,5%) (Borja R. et al., 2002). Τα 2POMW είναι πλούσια σε κάλιο, λιγότερο σε άζωτο (κυρίως οργανικό) και φτωχά σε φώσφορο και

μικροστοιχεία (Albuquerque J.A. et al., 2004). Τέλος, αντίθετα με άλλα οργανικά απόβλητα (λάσπη αστικών λυμάτων), η ύπαρξη βαρέων μετάλλων στα 2POMW είναι σχεδόν ανύπαρκτη. Οι Madejon et al. (1998) παρουσίασαν στοιχεία των τοξικών μετάλλων στα 2POMW, που δείχνουν μια συγκέντρωση μικρότερη από 1mg/kg για τα Pb, Cd, Cr και Hg (Roig A., 2005).

Συγκεντρωτικά τα παραπάνω, καθώς και ορισμένα επιπλέον στοιχεία, φαίνονται στο Πίνακα που ακολουθεί:

ΠΙΝΑΚΑΣ 10 : Χαρακτηριστικά των στερεών αποβλήτων ελαιουργείων (Vlyssides et al., 2004)

Παράμετροι	Σύστημα πίεσης	Φυγοκέντρωση 3-φάσεων	Φυγοκέντρωση 2-φάσεων
Υγρασία, %	27,2 ± 1,048	50,23 ± 1,935	56,80 ± 2,188
Λίπη και έλαια, %	8,72 ± 3,254	3,89 ± 1,449	4,65 ± 1,736
Πρωτεΐνες, %	4,77 ± 0,024	3,43 ± 0,017	2,87 ± 0,014
Ολικά σάκχαρα, %	1,38 ± 0,016	0,99 ± 0,012	0,83 ± 0,010
Κυτταρίνη, %	24,1 ± 0,283	17,37 ± 0,203	14,54 ± 0,170
Ημικυτταρίνη, %	11,0 ± 0,608	7,92 ± 0,438	6,63 ± 0,366
Στάχτη, %	2,36 ± 0,145	1,70 ± 0,105	1,42 ± 0,088
Λιγνίνη, %	14,1 ± 0,291	10,21 ± 0,209	8,54 ± 0,175
N Kjendahl, %	0,71 ± 0,010	0,51 ± 0,007	0,43 ± 0,006
Φώσφορος σαν P ₂ O ₅ , %	0,07 ± 0,005	0,05 ± 0,004	0,04 ± 0,003
Φαινολικά συστατικά, %	1,14 ± 0,06	0,326 ± 0,035	2,43 ± 0,15
Κάλιο σαν K ₂ O, %	0,54 ± 0,045	0,39 ± 0,033	0,32 ± 0,027
Ασβέστιο σαν CaO, %	0,61 ± 0,059	0,44 ± 0,043	0,37 ± 0,036
Ολικός άνθρακας, %	42,9 ± 3,424	29,03 ± 2,317	25,37 ± 2,025
Λόγος C/N	60,7 ± 5,352	57,17 ± 5,033	59,68 ± 5,254
Λόγος C/P	588,7 ± 51,25	552,9 ± 48,20	577,2 ± 50,31

4. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Βαριές είναι οι κατηγορίες στη διεθνή βιβλιογραφία για την υψηλή ρυπογόνο δύναμη των υγρών αποβλήτων. Κατά τον Νταλή (1989) (Μπαλατσούρας, 1997), τα υγρά απόβλητα των ελαιουργείων μαζί με εκείνα των οινοπνευματοποιείων συγκαταλέγονται στα κατ' εξοχήν βεβαρημένα από άποψη ρυπαντικού οργανικού φορτίου. Ενδεικτικά σημειώνεται ότι τα υγρά απόβλητα ενός ελαιουργείου μέσης δυναμικότητας, συνολικού όγκου φυτικών αποβλήτων 50 κυβικών μέτρων την ημέρα, με BOD₅ 40 γραμμαρίων κατά λίτρο, ισοδυναμούν με τα βοθρολύματα ενός οικισμού 30.000 κατοίκων, σε ότι αφορά τη ρυπογόνο δύναμη.

Αναφέρεται στη βιβλιογραφία (Μπαλατσούρας, 1997), ότι τα συστατικά του οργανικού κλάσματος των φυτικών υγρών μπορούν να χωριστούν σε τρεις κατηγορίες:

- Συστατικά ευκόλου αφομοιώσεως, όπως τα απλά σάκχαρα, τα οργανικά οξέα, τα αμινοξέα.
- Πολυμερή βιοαποικοδομήσιμα, όπως οι πρωτεΐνες, οι ημικυτταρίνες, οι πηκτίνες.
- Συστατικά έμμονα, όπως είναι: οι φαινολικές ενώσεις, ταννίνες, λιπαρές ουσίες.

Η τελευταία ομάδα οργανικών ουσιών, ενώ περιέχεται σε μικρό ποσοστό συγκριτικά με τις άλλες δύο, προσδίδει ιδιαίτερες ιδιότητες στα υγρά απόβλητα και ουσιαστικά ευθύνεται για τις δυσχέρειες στη διαχείρισή τους. Ειδικότερα, οι φαινολικές ενώσεις, που στην ευρύτερή τους έννοια περιλαμβάνουν και τις ταννίνες, είναι ουσίες αντιοξειδωτικές και με την παρουσία τους παρεμποδίζουν την διάσπαση των λιπαρών οξέων ορισμένα των οποίων, ιδιαιτέρως εκείνα του μικρού μοριακού βάρους, είναι τοξικά για τα κατώτερα έμβια όντα. Παράλληλα, ορισμένες φαινόλες είναι τοξικές έναντι φυτών ευρισκόμενων σε στάδιο βλαστικής δραστηριότητας και έναντι των υδρόβιων ζωικών οργανισμών.

4.1. Αντιμικροβιακή συμπεριφορά

Τα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων είναι ένα σύνθετο οργανικό υλικό το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν υπόστρωμα ανάπτυξης από ένα μεγάλο αριθμό μικροοργανισμών. Ο Ramos –Cormenzana (1986) βεβαιώνει ότι στα απόβλητα υπάρχει μια πλούσια μικροχλωρίδα, η οποία είναι της τάξης του 10^5 c.f.u./ml (Niaounakis M. et al., 2004). Ενώ όμως τα απόβλητα των ελαιοτριβείων συνιστούν υπόστρωμα ανάπτυξης για πολλά είδη μικροοργανισμών, έχει ήδη αναφερθεί από πολλούς ερευνητές, ότι λόγω της ιδιάζουσας σύστασής τους παρουσιάζουν έντονη αντιμικροβιακή δράση έναντι ορισμένων μικροβιακών ειδών. Η αντιμικροβιακή αυτή δράση αποτελεί σημαντικό εμπόδιο στην αποτελεσματική εφαρμογή αρκετών βιολογικών μεθόδων επεξεργασίας και οφείλεται στην παρουσία των φαινολικών ουσιών, των λιπαρών οξέων και της ελευρωπαΐνης, που περιορίζουν και το φάσμα, αλλά και τη δράση των μικροβιακών πληθυσμών, που μπορούν να εγκατασταθούν σε απόβλητα και να ανοργανοποιήσουν τα άλλα συστατικά. Οι ίδιες οι φαινολικές ουσίες αποικοδομούνται δύσκολα, επειδή το μόριό τους είναι πολύπλοκο και διασπάται μόνο με εξεζητημένα ένζυμα.

4.2. Επίδραση στα φυτά

Τα υγρά απόβλητα παρεμποδίζουν τη βλάστηση διαφόρων σπόρων και την ανάπτυξη νεαρών φυτών διαφόρων ειδών. Έχει επίσης αναφερθεί ότι η απ' ευθείας εφαρμογή των αποβλήτων σε φυτά προκαλεί αποκοπή των φύλλων και των καρπών. Η φυτοτοξικότητα των αποβλήτων έχει αποδοθεί από αρκετούς συγγραφείς στο φαιολικό περιεχόμενο και σε ορισμένα οργανικά οξέα όπως το οξικό οξύ και το μυρμηκικό οξύ, τα οποία παράγονται συχνά μαζί με άλλους μικροβιακούς μεταβολίτες κατά την αποθήκευση (Niaounakis M. et al., 2004).

Τα απόβλητα παραμένουν τοξικά, ακόμα και μετά από ολική εξαγωγή των πολυφαινολών, καταλήγοντας στο συμπέρασμα ότι και άλλα χημικά προϊόντα συμβάλλουν στην ολική φυτοτοξικότητα.

Οι αγρονομικές επιπτώσεις της απόρριψης στο έδαφος μελετήθηκαν από τους Morisot και Tournier (1986) (Niaounakis M. et al., 2004). Πειραματικές καλλιέργειες σίκαλης αναπτύχθηκαν σε δοχεία σε θερμοκήπιο. Η εισροή ισοδύναμου 40mm (l/m²) αποβλήτων σε εγκατεστημένη καλλιέργεια σίκαλης είχε σαν αποτέλεσμα μείωση παραγωγής κατά 45%. Όταν η σίκαλη σπέρνονταν αμέσως μετά την εφαρμογή των αποβλήτων (ποσά αντίστοιχα με 40 και 80mm), η παραγωγή εξισωνόταν με το ένα τρίτο της παραγωγής αναφοράς. Αυτά τα αρνητικά αποτελέσματα μπορούν να εξηγηθούν από την πολύ υψηλή αλατότητα αυτών των νερών, την οξύτητά τους, την παρουσία των πολυφαινολών, ή άλλων τοξικών βιοαποικοδομήσιμων συστατικών και μια έλλειψη νιτρικού αζώτου. Η σπορά της σίκαλης 45 μέρες μετά την εφαρμογή έδειξε θετικά αποτελέσματα. Ανάλυση εδάφους απεκάλυψε μια αύξηση στο ποσό του ανταλλάξιμου καλίου.

Εκτενέστερη αναφορά για την επίδραση των ΥΑΕ σε καλλιέργειες γίνεται παρακάτω, όπου αναφέρεται ο διασκορπισμός των ΥΑΕ σαν τρόπος διάθεσής τους.

4.3. Επίδραση στα νερά

Τα ΥΑΕ κλασματοποιήθηκαν με τεχνικές υπερδιήθησης και αντίστροφης ώσμωσης και εξετάστηκαν ως προς την τοξικότητά τους σε διάφορους υδρόβιους οργανισμούς από διάφορα τροφικά επίπεδα: σε φύκος (*Pseudokirchneriella subcapitata*), σε θαλάσσιο ζώο της οικογένειας rotifera (*Brachionus calyciflorus*) και σε δύο οστρακόδερμα (*Daphnia magna* και *Thamnocephalus platyurus*) (Fiorentino A. et al., 2003). Το πιο τοξικό κλάσμα για τους μικροοργανισμούς που εξετάστηκαν ήταν αυτό που προήλθε από την αντίστροφη ώσμωση και περιείχε ουσίες μικρού μοριακού βάρους (<350Da), και αυτό κυρίως λόγω της

παρουσίας της κατεχόλης και της υδροτυροσόλης, τα κυρίαρχα στοιχεία του κλάσματος. Παρόμοια ήταν και τα συμπεράσματα από την έρευνα των DellaGreca M. et al. (2001), στην οποία χρησιμοποιήθηκε το πράσινο φύκος *Ankistrodesmus braunii*.

Την υψηλή τοξικότητα των ΥΑΕ, που συλλέχθηκαν από διάφορες περιοχές της Πορτογαλίας, επιβεβαίωσαν και τα αποτελέσματα της μελέτης των Paixao et al.(1999), σε τρία διαφορετικά υδρόβια είδη (*Vibrio fisheri* παλαιότερα *Photobacterium phosphoreum*, *Thamnocephalus platyurus* και *Daphnia magna*).

Στη βιβλιογραφία αναφέρονται και άλλα σημαντικά στοιχεία (Μπαλατσούρας, 1997), σχετικά με την αντοχή των υδροβίων ζώων στις διάφορες συγκεντρώσεις των φαινολικών ενώσεων. Ειδικότερα αναφέρεται, ότι ελάχιστα μόνο είδη εντόμων και καρκινοειδών επέζησαν, σύμφωνα με αποτελέσματα ερευνών, για περιορισμένο χρόνο (96 ώρες) μέσα σε γλυκά νερά, που έχουν ρυπανθεί με απόβλητα ελαιουργείων και περιείχαν 780mg φαινολικών ουσιών κατά λίτρο. Ανθεκτικότερα των εντόμων ήταν τα δακτυλιοειδή και τα μαλάκια, ενώ τα καρκινοειδή και τα ψάρια, αποδείχθηκαν ευαίσθητα και άντεξαν μόνο 20-240 mg φαινολικών ουσιών κατά λίτρο τα πρώτα και 25-100 mg φαινολικών ουσιών κατά λίτρο τα δεύτερα.

Παλαιότερα, τα απόβλητα συνήθως διαθέτονταν σε κοντινά ποτάμια και χείμαρρους, με αξιοσημείωτη επίδραση στα νερά που τα δέχονταν. Γύρω στο 1982, στην Ισπανία ένας νόμος απαγόρευσε την διάθεση των αποβλήτων σε ποταμούς. Αργότερα και άλλες χώρες της Μεσογείου υιοθέτησαν παρόμοια νομοθεσία. Παρ' όλους τους υπάρχοντες νόμους και κανονισμούς υπάρχει ακόμη ανεξέλεγκτη διάθεση των αποβλήτων απ' ευθείας στα φυσικά νερά, ή μέσα στη θάλασσα ή ακόμα και στο αποχετευτικό σύστημα.

Το πιο εμφανές σύμπτωμα της ρύπανσης των αποβλήτων είναι ο μεταχρωματισμός των φυσικών νερών. Αυτή η μεταβολή στο χρώμα αποδίδεται στην οξειδωση και τον διαδοχικό πολυμερισμό των ταννινών που δίνουν σκούρες στο χρώμα πολυφαινόλες.

Τα απόβλητα έχουν επίσης μια σημαντική ποσότητα τροποποιημένων σακχάρων. Εάν αυτά διατεθούν απ' ευθείας στα φυσικά νερά, το αποτέλεσμα θα είναι μια αύξηση στον αριθμό των μικροοργανισμών, που μπορούν να τα χρησιμοποιήσουν σαν υπόστρωμα, με συνέπεια την κατανάλωση του διαλυμένου οξυγόνου του νερού και την μείωση του μεριδίου που είναι διαθέσιμο για άλλους ζωντανούς μικροοργανισμούς. Αυτό μπορεί να προκαλέσει μια ανισορροπία σε όλο το οικοσύστημα. Την ίδια εξέλιξη μπορεί να έχουμε και λόγω του υψηλού περιεχόμενου σε φώσφορο, οποίος ενθαρρύνει και επιταχύνει την ανάπτυξη φυκών και αυξάνει τις πιθανότητες ευτροφισμού, καταστρέφοντας την οικολογική ισορροπία στα φυσικά νερά. Σε αντίθεση με το άζωτο και τις ανθρακικές ουσίες,

που διαφεύγουν μετά από αποικοδόμηση σαν διοξείδιο του άνθρακα και ατμοσφαιρικό οξυγόνο, ο φώσφορος δεν μπορεί να αποικοδομηθεί, παρά μόνο να εναποτεθεί (Niaounakis M. et al., 2004).

Σχετικά μικρές ποσότητες αποβλήτων στους υπονόμους έχουν σημαντικές επιπτώσεις στις μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων, μιας και ρύπανση 1m^3 αποβλήτων αντιστοιχεί σε $100\text{-}200\text{m}^3$ οικιακών αποβλήτων. Αυτό μπορεί να έχει δραματικά αποτελέσματα, αν λάβουμε υπόψη ότι σε ορισμένες περιοχές το φορτίο από τα απόβλητα κατά τη διάρκεια της ελαιουργικής περιόδου μπορεί να είναι και 10 φορές υψηλότερο από το οικιακό φορτίο αποβλήτων. Επίσης, εξαιτίας της υψηλής συγκέντρωσης των οργανικών οξέων (κυρίως πτητικά λιπαρά οξέα), τα απόβλητα είναι διαβρωτικά για τους σωλήνες αποχέτευσης (Niaounakis M. et al., 2004).

Όσον αφορά το υπόγειο νερό, σε καμία περίπτωση τα απόβλητα δεν πρέπει να έρχονται σε επαφή με αυτό. Αυτό βέβαια μπορεί να συμβεί, όταν τα ΥΑΕ διατίθενται στο έδαφος με διασκορπισμό, ή χρησιμοποιούνται για άρδευση καλλιεργειών, χωρίς να έχει μελετηθεί επαρκώς το έδαφος και η μετακίνηση των διαφόρων στοιχείων σε αυτό. Στην περίπτωση αυτή μπορούν τα επιβλαβή συστατικά που περιέχονται στα ΥΑΕ να διηθηθούν με τη βοήθεια της βροχής και να περάσουν στο υπόγειο νερό. Σύμφωνα με τους κανονισμούς της ΕΕ η μέγιστη συγκέντρωση των φαινολικών συστατικών που επιτρέπεται στο πόσιμο νερό είναι $0,5\mu\text{g/l}$ εκφρασμένο σαν φαινικό οξύ ($\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$) (Οδηγία 98/83/ΕΚ που αντικατέστησε την Οδηγία 778/80/ΕΟΚ. Στη χώρα μας, ο χαρακτηρισμός της ποιότητας των πόσιμων υδάτων καθορίζεται με τη Διυπουργική Απόφαση, με αριθμό Α5/288/23-1-86 (ΦΕΚ 53/Β/20-2-1986) "για την ποιότητα του πόσιμου νερού σε συμμόρφωση προς την Οδηγία του Συμβουλίου των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, με αριθμό 80/778 της 15.7.80". Με την απόφαση αυτή, καθορίζονται οι επιτρεπόμενες τιμές των ποιοτικών χαρακτηριστικών, που χαρακτηρίζουν το νερό ως κατάλληλο για πόση). Γενικά, τα υγρά απόβλητα πρέπει να έχουν συγκέντρωση μικρότερη από 5 g/l και τα ΥΑΕ έχουν συγκέντρωση $2\text{-}4\text{ g/l}$. Είναι φανερό λοιπόν ότι επαφή ακόμη και μικρής ποσότητας ΥΑΕ με το υπόγειο νερό έχει τη δυνατότητα να προκαλέσει σημαντική ρύπανση στις πηγές πόσιμου νερού. Το πρόβλημα είναι πιο σημαντικό όπου χρησιμοποιείται χλώριο για την απολύμανση του πόσιμου νερού. Το χλώριο σε επαφή με τις φαινόλες αντιδρά και σχηματίζει χλωροφαινόλη, η οποία είναι ακόμη πιο επικίνδυνη στην ανθρώπινη υγεία από ό,τι η φαινόλη μόνη της (Spandre R & Dellomonaco G., 1996) .

4.4. Επίδραση στο έδαφος

Στη φύση τα απόβλητα μεταβολίζονται από μικροοργανισμούς, έντομα και σκουλήκια που βρίσκονται στο έδαφος, δίνοντας ένα μίγμα αρωματικών μορίων γνωστά σαν χουμικά ή φουλβικά συστατικά, ή πιο γενικά σαν χουμικά οξέα ή χουμικά εκχυλίσματα.

Μια λύση για το πρόβλημα της απόρριψης των αποβλήτων είναι ο διασκορπισμός τους στο έδαφος και ο σταδιακός μεταβολισμός τους από τους φυσικούς μικροοργανισμούς. Δυστυχώς, αυτή η λύση έχει το μειονέκτημα ότι διασκορπίζονται στο περιβάλλον συστατικά με έντονη οσμή και πιθανώς παθογόνα, ενώ απαιτούνται τεράστιες επιφάνειες για να απορριφθούν αυτά τα απόβλητα. Στην πραγματικότητα υψηλότεροι ρυθμοί εφαρμογής έχουν σαν αποτέλεσμα ανώμαλες ζυμώσεις των διασκορπισμένων οργανικών συστατικών, οι οποίες ζημιώνουν τις υπάρχουσες καλλιέργειες και δένδρα (Niaounakis M. et al., 2004).

Ενώ είναι γνωστό ότι τα απόβλητα μπορούν να παρεμποδίσουν τη βλάστηση των σπόρων, δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία για τη μικροβιακή μεταβολή στο έδαφος μετά από εφαρμογή τέτοιων αποβλήτων. Η αύξηση της μικροβιακής χλωρίδας συμπεραίνεται κυρίως από στοιχεία σε φυσικοχημικές μεταβολές. Οι Paredes M.J. et al. (1986) παρατήρησαν μια αύξηση στα συνολικά μικροβιακά μεγέθη μετά από ρύπανση με απόβλητα. Η μόλυνση προκάλεσε μια αύξηση στα κορυνόμορφα βακτήρια και μια μείωση στα είδη του γένους *Bacillus*.

Τα απόβλητα περιέχουν πολλά οξέα, μέταλλα και οργανικά που μπορούν να καταστρέψουν την ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων του εδάφους. Υψηλότερα επίπεδα αλατότητας του εδάφους, οφειλόμενα στην αντικατάσταση καλίου και νατρίου των κατιόντων του εδάφους, παρατηρήθηκε σε αλκαλικά εδάφη μετά από ρύπανση με απόβλητα. Το pH πρακτικά δεν μεταβλήθηκε και ο λόγος C/N αυξήθηκε. Παρατηρήθηκε μια αντιστρέψιμη μείωση στον αριθμό των σπορογόνων βακτηρίων. Αυτό θα μπορούσε να οδηγήσει σε αλλαγή των περιβαλλοντικών συνθηκών για τους μικροοργανισμούς, και την ισορροπία εδάφους-αέρα και αέρα-νερού, και κατά συνέπεια σε μια μείωση της γονιμότητας του εδάφους (Paredes M.J. et al., 1987).

Σύμφωνα με άλλη μελέτη, η εφαρμογή των ΥΑΕ στο έδαφος είχε σαν αποτέλεσμα την αύξηση των φαινολών, των σακχάρων και των πρωτεϊνών του εδάφους τον πρώτο μήνα, σε σχέση με το μάρτυρα. Ωστόσο παρατηρήθηκε μια σημαντική μείωση μέσα στους επόμενους έξι μήνες, που πιθανόν οφείλεται στην βιοαποικοδόμηση του οργανικού υλικού από τους μικροοργανισμούς του εδάφους. Στην ίδια μελέτη, παρατηρήθηκε μια αύξηση του

συνολικού μικροβιακού πληθυσμού (μύκητες, ζύμες και βακτήρια) τον πρώτο μήνα και μια αποκατάσταση της ισορροπίας τον έκτο μήνα. Οι μεταβολές του πληθυσμού των μυκήτων μελετήθηκαν περισσότερο και τα αποτελέσματα επιβεβαίωσαν ότι τα ΥΑΕ έχουν μια παρεμποδιστική δραστηριότητα εναντίον ορισμένων ειδών μυκήτων, που είναι πολύ κοινοί στο έδαφος. Για να αποφευχθούν οικοτοξικολογικές ζημιές, κυρίως σε σχέση με τις μικροβιακές κοινωνίες του εδάφους, είναι απαραίτητο να υπολογίζεται η ποσότητα των ΥΑΕ που χρησιμοποιείται για εφαρμογή στο έδαφος (και για σκοπούς απόθεσης και σαν λίπασμα) (Tardioli S. et al., 1997).

Η επίδραση των ΥΑΕ στις φυσικές ιδιότητες του εδάφους μελετήθηκε από τους D' Acqui L. et al. (2002). Σκοπός της μελέτης αυτής ήταν να ερευνήσει τις οργανικές μετατροπές, την συσσωμάτωση των σωματιδίων και την υδατική σταθερότητά τους, σε δύο διαφορετικά εδάφη, που εμβολιάστηκαν με φρέσκα ΥΑΕ. Ο εμβολιασμός των δειγμάτων καοιλνίτη και μοντμοριλονίτη με ΥΑΕ οδηγεί στο σχηματισμό υδατικά σταθερών μακροϋλικών εδάφους. Ιδιαίτερα, ενώ οι υγροί και ξηροί κύκλοι προάγουν την τακτοποίηση των εδαφικών σωματιδίων σε συναθροίσεις, η παρουσία των ΥΑΕ προάγει τον σχηματισμό μεγαλύτερων συσσωματωμάτων. Πρακτικά, η μετατροπή του οργανικού υλικού και η αλληλεπίδραση με τα εδάφη αυξάνει την υδατική σταθερότητα των συσσωματωμάτων, καλλιεργώντας την μικροβιακή δραστηριότητα στην επιφάνεια των συσσωματωμάτων και αναπτύσσοντας ένα παχύ στρώμα υφών που συνδέει τα συσσωματώματα. Επιπλέον, η παρουσία υδροφοβικών ουσιών επιτείνει την προστασία των σχηματισμένων συσσωματωμάτων εναντίον της διασκορπιστικής δράσης του νερού.

Οι παραπάνω διαπιστώσεις υποδεικνύουν τη θετική επίδραση των ΥΑΕ κατά την χρήση τους σαν λίπασμα. Από την άλλη, διαφορετικά ορυκτά εδάφη επηρέασαν αξιοσημείωτα και τις μετατροπές του οργανικού υλικού και τις διαδικασίες συσσωμάτωσης. Έτσι, όταν τα ΥΑΕ προστίθενται στο έδαφος, οι επιδράσεις των ιδιοτήτων του πρόσθετου, εξαρτώνται από τη φύση του εδαφικού κλάσματος.

Τέλος, πρόσφατη μελέτη αναφέρεται στην βραχυπρόθεσμη επίδραση των ΥΑΕ σε αρκετές χημικές και βιοχημικές ιδιότητες ενός εδάφους από μια ηπειρωτική ημι-έρημη περιοχή της Μεσογείου, σε εργαστηριακές συνθήκες. Η εφαρμογή των ΥΑΕ προκάλεσε προσωρινές και μόνιμες αλλαγές σε χημικές και βιοχημικές ιδιότητες του εδάφους, όπως μια ξαφνική αύξηση του ολικού οργανικού C και του διαθέσιμου P και ταυτόχρονα αύξηση της εδαφικής αναπνοής, της μικροβιακής βιομάζας των ΥΑΕ και της δραστηριότητας της διυδρογενάσης και της ουρίας. Το έδαφος έγινε έντονα φυτοτοξικό μετά την προσθήκη των ΥΑΕ (σημαντική μείωση της βλαστικής ικανότητας του εδάφους). Ωστόσο, μετά από

εμβολιασμό 42 ημερών παρατηρήθηκε μια τέλεια ανάκαμψη της βλαστικής ικανότητας του εδάφους. Τα παραπάνω υποδεικνύουν ότι η επίπτωση των ΥΑΕ στις ιδιότητες του εδάφους ήταν το αποτέλεσμα αντίθετων επιδράσεων, που εξαρτώνται από τα σχετικά ποσά των ευεργετικών και τοξικών οργανικών και ανόργανων συστατικών που βρίσκονται στα ΥΑΕ (Piotrowska A. et al., 2005).

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι γενικά η εφαρμογή των ΥΑΕ στο έδαφος έχει θετικές επιδράσεις, ωστόσο δεδομένου ότι το σύνολο των ΥΑΕ, στην περιοχή της Μεσογείου παράγονται μεταξύ Νοεμβρίου και Φεβρουαρίου, περίοδο κατά την οποία οι καλλιέργειες λαμβάνουν το μέγιστο της ετήσιας βροχής, τα αξιόλογα ποσά αυτών δημιουργούν αρκετά προβλήματα, όσον αφορά την εφαρμογή τους στο έδαφος.

Όσον αφορά την επίδραση της λάσπης, προερχόμενης είτε από φυσική εξάτμιση, είτε από φυσικές διεργασίες, στις χημικές ιδιότητες του εδάφους δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία. Τα εργαστηριακά αποτελέσματα μελέτης έδειξαν ότι όταν λάσπη, προερχόμενη από απόβλητα ελαιουργείων, ενσωματώνεται στο έδαφος παρατηρείται αποικοδόμηση των οργανικών συστατικών που θεωρούνται τοξικά, μετά από 19 με 42 μέρες. Η ενσωμάτωση της λάσπης αυξάνει τον ανταλλάξιμο φώσφορο, αλλά μειώνει τα επίπεδα των θρεπτικών ανιόντων, για διάστημα που εξαρτάται από το ποσό της λάσπης που προστίθεται. Γι' αυτό το λόγο ενδείκνυται να εφαρμόζεται η λάσπη στο έδαφος κατάλληλο χρόνο πριν τη σπορά. Ωστόσο, απαιτούνται περαιτέρω εργαστηριακά πειράματα και έρευνες στον αγρό για την επιβεβαίωση των παραπάνω (Riffaldi R. et al., 1993; Saviozzi A. et al., 1993).

4.5 Επίδραση στην ατμόσφαιρα

Όταν τα ΥΑΕ αποθηκεύονται σε ανοικτές δεξαμενές, διασκορπίζονται στο έδαφος ή διοχετεύονται σε φυσικά νερά λαμβάνουν χώρα φαινόμενα ζύμωσης. Σαν αποτέλεσμα μεθάνιο και άλλα αέρια (υδρόθειο) εκπέμπονται από τις δεξαμενές και από τα νερά και το έδαφος και δυσάρεστες οσμές απελευθερώνονται στον αέρα (Niaounakis M. et al., 2004).

Οι Rana G. et al. (2003) μελέτησαν τις εκπομπές στην ατμόσφαιρα των πτητικών συστατικών που περιέχονται στα ΥΑΕ, μετά από διασκορπισμό τους στο έδαφος, σε μια περιοχή της Ιταλίας κατά τα έτη 2000-2001, σε πρωϊνές και απογευματινές ώρες. Αρχικά μετρήθηκαν οι εκπομπές δίπλα στις δεξαμενές αποθήκευσης των ΥΑΕ, για να προσδιοριστούν οι μετρήσιμες ουσίες, οπότε και βρέθηκε ότι μόνο οι φαινόλες και το διοξείδιο του θείου μπορούν να μετρηθούν με τη μέθοδο μέτρησης που υιοθετήθηκε, ενώ το υδρόθειο βρέθηκε μόνο σε ίχνη. Συγκεκριμένα, όταν τα ΥΑΕ διασκορπίζονται το πρωί, $64,8 \pm 19,4$ g/ha φαινόλες και $33,3 \pm 6,0$ g/ha SO₂ εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα μέσα σε

πέντε μέρες. Όταν τα ΥΑΕ διασκορπίζονται το απόγευμα $37,5 \pm 11,2$ g/ha και $34,8 \pm 6,6$ g/ha φαινολών και SO₂ εκπέμπονται σε 5 μέρες αντίστοιχα, με μια μείωση περίπου 42% στην περίπτωση των φαινολών. Το κλάσμα των ουσιών που εξατμίστηκαν ήταν λιγότερο από 1% των ΥΑΕ που διασκορπίστηκαν, ωστόσο στον εκτιμώμενο ρυθμό εκπομπής και οι δύο ουσίες μπορούν να αποδειχθούν επικίνδυνες για το περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία.

5. Τρόποι επεξεργασίας και διάθεσης

5.1. Γενικά

Η διαχείριση των υγρών αποβλήτων της βιομηχανίας ελαιολάδου ήταν και εξακολουθεί να είναι ένα πρόβλημα σοβαρό, οξύ στη διάρκεια της ελαιοποίησης και δυσεπίλυτο ή άλυτο. Υπάρχει πλήθος ερευνητικών εργασιών που έχουν διεξαχθεί πάνω σε αυτό το αντικείμενο χωρίς ωστόσο να έχουν δώσει πλήρη λύση στο πρόβλημα.

Τα αίτια είναι πολλά και ορισμένα από αυτά επισημάνθηκαν ήδη, όπως το βαρύ οργανικό φορτίο τους, η παρουσία σε αυτά τοξικών ουσιών για φυτά και ζώα που αποικοδομούνται δύσκολα ή καθόλου, η παρουσία χρωστικών ικανών να βιάζουν το έδαφος σχεδόν ανεξίτηλα κ.τ.λ. Επίσης οι επενδύσεις για τη διαχείριση των αποβλήτων είναι υψηλές και δυσβάστακτες για τα μεμονωμένα και μικρής δυναμικότητας ελαιουργεία, πολύ περισσότερο, επειδή είναι μη παραγωγικές για αυτά, αλλά κοινωνικού χαρακτήρα.

Σοβαρό πρόβλημα για την ορθολογική διαχείριση των υγρών αποβλήτων είναι η εποχικότητα λειτουργίας των ελαιοτριβείων (στην Κρήτη λειτουργούν το πολύ για 3,5 μήνες) και η διασπορά τους ανά την καλλιεργούμενη με ελαιόδενδρα έκταση. Έτσι καταλήγει να είναι δύσκολη ή αντιοικονομική η συγκέντρωση των υγρών αποβλήτων, από τα μεμονωμένα και μικρής δυναμικότητας ελαιουργεία σε κοινό σημείο, όπου θα μπορούσε να λειτουργήσει μονάδα κατεργασίας τους, που να είναι και οικονομικά βιώσιμη.

Υπάρχουν πολλές διαφορετικές διαδικασίες που έχουν εξεταστεί για την επεξεργασία των αποβλήτων των ελαιουργείων, οι οποίες μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο γενικές κατηγορίες:

1. Μέθοδοι αποτοξικοποίησης
 - α. Φυσικές μέθοδοι
 - β. Θερμικές μέθοδοι
 - γ. Φυσικο-χημικές μέθοδοι
 - δ. Βιολογικές μέθοδοι
 - ε. Συνδυασμός των παραπάνω μεθόδων

2. Μέθοδοι ανακύκλωσης και ανάκτησης χρήσιμων συστατικών

Καμιά από τις μεθόδους αποτοξικοποίησης σε ατομική βάση δεν επιτρέπει να λυθεί το πρόβλημα της διάθεσης των ΥΑΕ εντελώς, αποτελεσματικά και με έναν περιβαλλοντικά ικανοποιητικό τρόπο.

Ο ευκολότερος και οικονομικότερος τρόπος διαχείρισής τους, που εφαρμόστηκε από τα πανάρχαια χρόνια και εξακολουθεί να εφαρμόζεται μέχρι σήμερα, ήταν η παροχέτευσή τους σε καλλιεργημένο ή και χέρσο έδαφος. Συνηθισμένη ήταν επίσης η τεχνική της παροχέτευσής τους σε ποτάμια και κυρίως σε χείμαρρους και σπανιότερα κατ' ευθείαν στη θάλασσα. Με τους τρόπους αυτούς, η ρύπανση και η επιβάρυνση του περιβάλλοντος ήταν και εξακολουθεί να είναι μεγάλη.

Όσον αφορά την ελαιοπυρήνα, που προκύπτει από το σύστημα πίεσης και φυγοκέντρωσης τριών φάσεων, δεν αποτελεί πρόβλημα, αφού συνήθως διοχετεύεται στα πυρηνελαιουργεία, όπου γίνεται εκχύλιση για την παραλαβή του εναπομείναντος ελαίου και στη συνέχεια αξιοποιείται με διάφορους τρόπους όπως θα φανεί παρακάτω. Τέλος για τα 2POMW, λίγες είναι οι μελέτες που έχουν γίνει και η διάθεσή τους αποτελεί επίσης ένα πρόβλημα.

5.2. Παροχέτευση σε εδάφη χέρσα ή καλλιεργημένα (Άρδευση γεωργικής γης/ Διασκορπισμός στο έδαφος)

Πρόκειται για τον διασκορπισμό τους πάνω στο έδαφος είτε όπως έχουν, είτε έπειτα από προκατεργασία, κυρίως με ασβέστη. Εκτεταμένη είναι η βιβλιογραφία που αναφέρεται στην απόρριψη του κατσίγαρου σε εδάφη κοντινά στο ελαιουργείο, που αποβλέπει, είτε στην απλή απαλλαγή από την παρουσία τους, είτε στην άρδευση και λίπανση των αγρών με τις φερτές τους ύλες (φερτάρδευση ή υδρολίπανση).

Η εφαρμογή των ΥΑΕ απ' ευθείας στο έδαφος έχει ήδη προταθεί και εφαρμοστεί πειραματικά στις Μεσογειακές χώρες, με σκοπό την αποφυγή του υψηλού κόστους επεξεργασίας τους (Χαρτζουλάκης Κ. κ.α., 2003). Η θεωρία στην οποία βασίζεται η μέθοδος, είναι ότι το έδαφος έχει τη δυνατότητα βιοαποδόμησης του οργανικού μέρους των ΥΑΕ, ενώ λόγω της ρυθμιστικής του ικανότητας, δεν επηρεάζεται έντονα από το χαμηλό pH και την υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα των αποβλήτων. Έτσι μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν ένα φυσικό σύστημα επεξεργασίας των ΥΑΕ, με την προϋπόθεση ότι δεν δημιουργούνται αρνητικές επιδράσεις στα καλλιεργούμενα φυτά και δεν υπάρχει κίνδυνος ρύπανσης των υπόγειων υδροφορέων.

Εφαρμογή ΥΑΕ σε μικρά λυσίμετρα έδειξαν ότι ένα στρώμα 2 μέτρων εδάφους, αφαίρεσε σχεδόν ολοκληρωτικά τα οργανικά και ανόργανα συστατικά των ΥΑΕ, όταν αυτά εφαρμόστηκαν σε δόσεις των 5.000-10.000m³/ha/έτος. Αυτή η αποτελεσματικότητα διατηρήθηκε για δύο τουλάχιστον χρόνια. Σε πειράματα αγρού, η εφαρμογή ΥΑΕ για τρία συνεχόμενα έτη και σε δόση 6.000 m³/ha, προκάλεσε αλλαγές σε μερικές χημικές ιδιότητες του εδάφους, κυρίως στα ανώτερα στρώματα (0-50εκ.). Επίσης αυξήθηκαν η συγκέντρωση του οργανικού υλικού του εδάφους, το διαλυτό NO₃ και ο διαθέσιμος P, με αποτέλεσμα την αύξηση της γονιμότητας του εδάφους. Από την άλλη αυξήθηκαν η ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους και ο ρυθμός απορρόφησης του νατρίου, αλλά κάτω από τα όρια αλατότητας που είναι επικίνδυνα για το έδαφος. Επίσης ανιχνεύθηκε διήθηση Na⁺ και NO₃⁻ κάτω από στρώμα ενός μέτρου εδάφους, το οποίο μπορεί να οδηγήσει σε αλατότητα και μόλυνση των υπόγειων νερών. Γι' αυτό, πρέπει να δίνεται μεγάλη προσοχή στις υδρογεωλογικές ιδιότητες του εδάφους πριν από μια τέτοια εφαρμογή (Cabreria et al., 1996).

Από την εφαρμογή των ΥΑΕ σε καλλιεργούμενο έδαφος, προβλήματα φυτοτοξικότητας έχουν αναφερθεί μόνο σε ετήσιες καλλιέργειες και ποώδη φυτά, και μόνο αν αυτές φυτευτούν πριν ή λίγο μετά την εφαρμογή (Χαρτζουλάκης Κ. κ.α., 2003).

Οι Hadrami et al. (2004) μελέτησαν την επίδραση της άρδευσης, με δύο διαφορετικά δείγματα ΥΑΕ, στην βλάστηση και στα στάδια ανάπτυξης διαφόρων φυτών, τόσο σε εργαστηριακό επίπεδο, όσο και σε επίπεδο αγρού. Σύμφωνα με αυτούς λοιπόν, η άρδευση μερικών καλλιεργειών από την λεκάνη της Μεσογείου (καλαμπόκι, σιτάρι, ρεβίθι και τομάτα), με διάφορες συγκεντρώσεις ΥΑΕ, έδειξε σημαντικές διαφορές στην επίδραση σε σχέση με το μάρτυρα τόσο στη βλάστηση, όσο και στα στάδια ανάπτυξης. Παρατηρήθηκαν υψηλή μείωση στο βάρος των βλαστών και των ριζών, των ρυθμών διακλάδωσης και επέκτασης των φύλλων, που συνοδευόταν από μείωση της παραγωγής, σε όλες τις εξεταζόμενες καλλιέργειες, και κυρίως στο σιτάρι. Ωστόσο, αναφέρουν ότι αν τα ΥΑΕ χρησιμοποιηθούν σε χαμηλές δόσεις, μπορεί να έχουν ευεργετική επίδραση, κυρίως στην περίπτωση του σιταριού, όταν αυτό καλλιεργείται σε φτωχό σε οργανική ουσία έδαφος.

Για να μειωθεί η φυτοτοξικότητα των ΥΑΕ, μπορούν αυτά να προεπεξεργαστούν με διάφορες τεχνικές. Σύμφωνα με μια έρευνα λοιπόν (Komilis et al., 2004), βρέθηκε ότι η αραίωση είναι η βασική τεχνική προεπεξεργασίας που επηρεάζει την φυτοτοξικότητα των ΥΑΕ. Όσο μεγαλύτερη η αραίωση, τόσο μικρότερη η φυτοτοξικότητα, αφού η αραίωση απλά μειώνει τη συγκέντρωση όλων των φυτοτοξικών συστατικών-συμπεριλαμβανομένων και των αλάτων- χωρίς να μεταβάλλει τη χημική δομή τους. Ο αερισμός βρέθηκε να είναι η δεύτερη πιο σημαντική τεχνική που επηρεάζει τη φυτοτοξικότητα. Ο αερισμός, προφανώς,

μείωσε τη συγκέντρωση του BOD μέσω της βιολογικής αποσύνθεσης- που προκλήθηκε από τον αυτόχθονα μικροβιακό πληθυσμό των ΥΑΕ- μετατρέποντας αρκετά φυτοτοξικά συστατικά σε λιγότερο φυτοτοξικά μεταβολικά οργανικά παραπροϊόντα και σε CO₂. Ο αερισμός είχε σαν αποτέλεσμα επίσης και αύξηση του pH αλλά όχι και αύξηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Αντίθετα η εξουδετέρωση του pH, που επετεύχθη με προσθήκη επιλεγμένων αλάτων (NaHCO₃) στα ΥΑΕ, έδειξε μια αύξηση της φυτοτοξικότητας και όχι μια μείωση. Αυτό προφανώς οφείλεται στο γεγονός, ότι η προσθήκη των αλάτων αύξησε το περιεχόμενο των ολικών διαλελυμένων στερεών των ΥΑΕ, και αυτό επηρέασε αρνητικά τη βλάστηση παρόλο το ουδέτερο pH, αφού το ιόν του νατρίου- που χρησιμοποιήθηκε στο NaHCO₃ για την αύξηση του pH- μπορεί να έχει τοξική επίδραση στους σπόρους πάνω από μια συγκεκριμένη συγκέντρωση.

Στα πλαίσια του ευρωπαϊκού προγράμματος WAWAROMED (Χαρτζουλάκης κ.α., 2003) μελετήθηκαν οι επιδράσεις της εφαρμογής για τρία χρόνια νωπών αποβλήτων ελαιουργείων, σε δόσεις μέχρι 1.500lt/ δένδρο, στο έδαφος και στη θρεπτική κατάσταση και φυσιολογία των ελαιοδένδρων, καθώς και στην πιθανότητα ρύπανσης του υπόγειου υδροφόρου. Έπειτα από τρία χρόνια εφαρμογής των ΥΑΕ στο έδαφος ελαιώνων, δεν παρατηρήθηκαν αρνητικές επιδράσεις στα φυτά, στη σύσταση του εδάφους και του νερού στράγγισης. Αντίθετα αυξήθηκε η συγκέντρωση Κ στο έδαφος, βελτιώνοντας τη γονιμότητά του. Από πρακτικής απόψεως η μέθοδος φαίνεται εφικτή, αφού συνδυάζει χαμηλό κόστος και ευκολία εφαρμογής, ενώ δεν απαιτείται εξειδικευμένο προσωπικό. Επίσης, θα πρέπει να γίνει διαχωρισμός των επιτρεπόμενων ορίων οργανικού φορτίου, ανάλογα με το αν ο αποδέκτης είναι το έδαφος ή υδάτινες επιφάνειες. Τα ανεπεξέργαστα ΥΑΕ μπορεί να θεωρούνται σαν ρύποι αν πρόκειται να διοχετευθούν σε λίμνες ή ποταμούς, αλλά αν ο τελικός αποδέκτης είναι το έδαφος, τα όρια μπορούν να είναι αρκετά υψηλότερα, αφού το οργανικό μέρος των ΥΑΕ φαίνεται να διασπάται αρκετά γρήγορα στο έδαφος, ενώ τα ανόργανα στοιχεία που περιέχουν μπορούν να αποτελέσουν χρήσιμη πηγή θρεπτικών στοιχείων για τα φυτά.

Στην Ιταλία, επιτρέπεται η υπό όρους διάθεση των αποβλήτων στο έδαφος (ν.574 του 11/111996 για τα ΥΑΕ και την ελαιοπυρήνα), ενώ γίνονται προσπάθειες να αυξηθούν οι επιτρεπόμενες δόσεις. Η μέγιστη ποσότητα ΥΑΕ που επιτρέπεται να χρησιμοποιηθεί στους αγρούς είναι 80m³/ha, όταν αυτά προέρχονται από φυγοκέντρωση και 50m³/ha όταν προέρχονται από τη διαδικασία πίεσης.

Σε πείραμα των Rinaldi et al. (2003) στον αγρό,σε περιοχή της νότιας Ιταλίας, έγινε διασκορπισμός ΥΑΕ, που προέρχονταν από παραδοσιακό σύστημα πίεσης, χωρίς καμιά

επεξεργασία σε καλλιέργεια σιταριού στη βλαστική περίοδο, για τρία συνεχόμενα έτη και στην ανώτερη επιτρεπόμενη από τον Ιταλικό νόμο ποσότητα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα ΥΑΕ προκάλεσαν μια νέκρωση των φύλλων και μια αργή έκπτυξη δευτερευόντων βλαστών. Ωστόσο, σε αυτό το στάδιο, το σιτάρι παρουσίασε εξαιρετική ικανότητα ανάκαμψης. Δεν παρατηρήθηκε καμιά σημαντική διαφορά στην παραγωγή τόσο του σπόρου, όσο και του άχυρου. Σημαντικές είναι βέβαια οι οδηγίες που δίνονται από τους συγγραφείς του άρθρου, σύμφωνα με τους οποίους, κατά την εφαρμογή των ΥΑΕ πρέπει α) να διασκορπίζονται ομοιόμορφα σε ποσότητα 50m³/ha, β) να αποφεύγονται τα υγρά εδάφη, γ) να γίνεται η εφαρμογή όταν η καλλιέργεια είναι στο στάδιο των 3-5 φύλλων, δ) να μη χρησιμοποιούνται πολύ συμπυκνωμένα ΥΑΕ και ε) η εφαρμογή να γίνεται σε συννεφιασμένες μέρες ή αργά το απόγευμα.

Παρόλο που η εφαρμογή των ΥΑΕ στο έδαφος σε κατάλληλη δόση και χρόνο έχει αναφερθεί σαν ευεργετική, αυτή η πρακτική δεν είναι πολύ δημοφιλής. Ουσιαστικά, δεν υπάρχει ανάγκη άρδευσης την περίοδο του χειμώνα, όταν τα ελαιουργεία είναι σε λειτουργία, ενώ ένα σοβαρό μειονέκτημα αυτής της τεχνικής είναι η τρομερή δυσοσμία την οποία αναδίνουν τα απόβλητα, κυρίως μέσα στο πρώτο δεκαπενθήμερο. Γενικά η εφαρμογή των ΥΑΕ στο έδαφος δεν είναι καθολικά εφαρμόσιμη και περιορίζεται σε περιπτώσεις όπου υπάρχει κατάλληλο έδαφος (χαμηλής διαπερατότητας) κοντά στα ελαιουργεία. Τα τμήματα γης προς επεξεργασία πρέπει επίσης να συνδυάζουν μερικά εδαφολογικά, κλιματικά και υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά που να είναι συμβατά με τη φύση, το ρυθμό και το σχέδιο της εφαρμογής των αποβλήτων.

Επίσης τα ΥΑΕ μπορεί να μειώσουν την κινητικότητα συγκεκριμένων οργανικών ενώσεων στο έδαφος. Οι Cox et al. (1997) πρότειναν τη χρησιμοποίησή τους στη μείωση της διήθησης τοξικών οργανικών χημικών ουσιών, όπως τα ζιζανιοκτόνα (clopyralid και metamitron) σε καλλιεργούμενα εδάφη. Τα εργαστηριακά αποτελέσματα έδειξαν μείωση του πορώδους του εδάφους, που συμβαίνει λόγω μείωσης του όγκου των μεγάλου μεγέθους (ή αγωγίμων- ακτίνα > 0,01μm) πόρων και αύξηση των μικρού μεγέθους (ή μη αγωγίμων- ακτίνα <0,01μm) πόρων. Συνεπώς, η διήθηση μειώνεται λόγω ενίσχυσης της διάχυσης των ζιζανιοκτόνων και προώθηση των διαδικασιών απορρόφησης και αποικοδόμησης τους πάνω στους νέους αναπτυγμένους μη αγωγίμους μικροπόρους.

Άλλο χαρακτηριστικό των ΥΑΕ είναι η υψηλή αντιμικροβιακή ικανότητα τους, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εξυγίανση του εδάφους εναντίον συγκεκριμένων παθογόνων. Έτσι, οι Kotsou et al. (2004) επιβεβαίωσαν την κατασταλτικότητα των ΥΑΕ εναντίον του παθογόνου των φυτών *Rhizoctonia solani*. Τα εργαστηριακά αποτελέσματα

έδειξαν ότι οι υψηλοί μικροβιακοί πληθυσμοί, κυρίως των r-strategists (γρήγορα αναπτυσσόμενα κοπιοτροφικά είδη), τα οποία αναπτύσσονται σε έδαφος όπου έχουν εφαρμοστεί ΥΑΕ, είναι ικανά να καταστείλουν την ασθένεια που προκαλείται από τον *Rhizoctonia solani*. Οπότε, η προσθήκη των ΥΑΕ πριν τη φύτευση, μπορεί να είναι μια καλή μέθοδο προφύλαξης.

Όσον αφορά τα 2POMW δεν υπάρχουν επαρκείς πληροφορίες για την επίδρασή τους στα οικοσυστήματα του εδάφους και τη δυνατότητα χρησιμοποίησής τους σαν εδαφοβελτιωτικά (Saviozzi A. et al., 2001), ενώ η προσθήκη τους στο έδαφος μπορεί να μειώσει την κίνηση στο έδαφος του ζιζανιοκτόνου simazine και να μειώσει το ποσοστό του προηγούμενου, που δύναται να διηθηθεί, σύμφωνα με εργαστηριακό πείραμα (Albarran A. et al., 2004).

5.3. Παροχέτευση σε επιφανειακά νερά και στη θάλασσα

Η παροχέτευση των υγρών αποβλήτων της ελαιουργίας σε επιφανειακά νερά, δηλαδή σε λίμνες, ποτάμια και κυρίως σε χείμαρρους και στη θάλασσα είναι τεχνική εύκολη και πρακτικά ανέξοδη, που εφαρμόστηκε από τα πανάρχαια χρόνια και εξακολουθεί να εφαρμόζεται σε μεγάλο βαθμό, ως σήμερα. Όμως οι επιπτώσεις στα υδάτινα οικοσυστήματα είναι βαρύτερες. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία (Μπαλατσούρας, 1997), η διαταραχή των οικοσυστημάτων σε ποτάμια, χείμαρρους και στα σημεία εκβολών τους στη θάλασσα οφείλεται βασικά στην έλλειψη οξυγόνου στο νερό, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται ασφυκτικές συνθήκες για την επιβίωση των υδρόβιων οργανισμών. Η έλλειψη οξυγόνου προκαλείται από το αυξημένο φορτίο οργανικών ουσιών των αποβλήτων, που για να αποικοδομηθεί αναλίσκει μεγάλες ποσότητες οξυγόνου, από το γαλάκτωμα που επιπλέει στην επιφάνεια του νερού και που αποτελείται από συστατικά μαλακών ιστών, πούλπας, πηκτινών, κολλοειδών ουσιών γενικά κ.τ.λ. (το οποίο εκτός των άλλων, παρεμποδίζει τη διάχυση του ατμοσφαιρικού οξυγόνου στο νερό) και από τα συσσωματώματα των ανωτέρω γαλακτωμάτων, που καθιζάνουν προς τον πυθμένα της κοίτης των ποταμών, λιμνών, ή παραλίων χωρών και μαζί με θρύμματα πυρήνων των ελαιοτριβείων, δημιουργούν ασφυκτικό κάλυμμα και έλλειψη οξυγόνου στα βαθύτερα στρώματα του νερού. Επίσης υφίσταται και εναπόθεση γαλακτωμάτων και συσσωματωμάτων στα αναπνευστικά νημάτια των ασπόνδυλων οργανισμών, αλλά και στα βράγχια των ιχθυηρών, δημιουργώντας έτσι ασφυκτικές συνθήκες.

Όλα τα παραπάνω έχουν σαν αποτέλεσμα τα έμβια όντα των υδάτινων οικοσυστημάτων να εκβράζονται νεκρά στις όχθες και στα παράλια των θαλασσών. Για την

αποφυγή τέτοιων καταστάσεων έχουν θεσμοθετηθεί αυστηρές προδιαγραφές, με στόχο τη μείωση του ρυπαντικού φορτίου για να μπορούν να διοχετευθούν στο υδάτινο στοιχείο. Όμως οι διατάξεις και οι προδιαγραφές ποτέ δεν τηρούνται από τους ιδιοκτήτες των ελαιουργείων.

5.4. Μέθοδοι αποτοξικοποίησης

Όπως ήδη αναφέρθηκε τα υγρά απόβλητα παρουσιάζουν την ιδιορρυθμία να περιέχουν βιοαποικοδομήσιμα συστατικά μόνο σε ποσοστό 25-30% του συνόλου ($BOD_5/COD=0,25-0,30$). Για το λόγο αυτό, ο πλήρης καθαρισμός τους με τη βιολογική οδό είναι πρακτικά ανέφικτος ή τουλάχιστον αντιοικονομικός και επιτυγχάνεται μόνο με συνδυασμό χημικών, φυσικών, φυσικοχημικών και βιολογικών τεχνικών. Έτσι, τα συγκροτήματα του πλήρους καθαρισμού των υγρών αποβλήτων χαρακτηρίζονται από την πολυπλοκότητά τους, το υπέρμετρο κόστος εγκαταστάσεώς τους και τους λεπτούς χειρισμούς για την ορθή λειτουργία τους.

Αναφέρεται στη βιβλιογραφία (Amirante e Di Renzo, 1990), ότι στην περίπτωση που η ωριαία ποσότητα αποβλήτων είναι κατώτερη του 0,3-0,5 κυβικά μέτρα, τότε καμιά κατεργασία δεν μπορεί να εφαρμοσθεί και θα πρέπει αυτά ή να παροχετεύονται σε γεωργικό έδαφος ή να οδηγούνται σε σηπτικούς βόθρους. Αν όμως, η ποσότητά τους υπερβαίνει το παραπάνω όριο, που αντιστοιχεί σε ωριαία επεξεργασία ελαιοκάρπου 300-1000κιλά, τότε ο καθαρισμός τους μπορεί να γίνει με φυσικές και φυσικοχημικές τεχνικές, που μειώνουν δραστικά το ρυπαντικό τους φορτίο, χωρίς όμως να προσεγγίζουν την επιθυμητή στάθμη, που προσδιορίζεται κάθε φορά από τον τελικό αποδέκτη. Όμως τα απόβλητα με τον μερικό έστω καθαρισμό, μπορούν ανορθόδοξα να παροχετευτούν σε αγροτικά εδάφη, σε επιφανειακά νερά ή στη θάλασσα, με το ελαφρυντικό ότι η ρυπογόνος δύναμή τους είναι περιορισμένη. Οι φυσικές, χημικές, φυσικοχημικές, βιολογικές μέθοδοι καθώς και ο συνδυασμός τους, που έχουν κατά καιρούς εφαρμοσθεί είναι οι ακόλουθες:

5.4.1. Φυσικές μέθοδοι

Οι φυσικές μέθοδοι αφορούν το διαχωρισμό των διαφόρων φάσεων με μηχανικούς τρόπους. Αυτές οι φάσεις μπορεί να είναι μια ποικιλία από στερεά-υγρά έως υγρά-υγρά.

Οι κυριότερες φυσικές μέθοδοι είναι:

- A. Αραίωση
- B. Κατακάθιση / Καταστάλαξη
- Γ. Φιλτράρισμα (Διήθηση)

Δ. Επίπλευση

Ε. Φυγοκέντρωση

Ζ. Διαχωρισμός με μεμβράνες (Μικροδιήθηση, Υπερδιήθηση και Αντίστροφη Ωσμωση)

A.Αραιώση

Η αραιώση είναι ένας απλός τρόπος για τη μείωση του οργανικού φορτίου των ΥΑΕ. Σαν νερό αραιώσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί νερό που προέρχεται από πηγάδια ή νερό άρδευσης ή νερό από κοντινούς ποταμούς ή ποτάμια. Αραιώση μπορεί να γίνει επίσης στο σύστημα αποχέτευσης είτε κατευθείαν μέσα στο ελαιουργείο (κυρίως χρησιμοποιώντας τα νερά πλύσης) ή έξω από το ελαιουργείο, χρησιμοποιώντας αστικά λύματα. Ο λόγος μεταξύ των φορτίων ρύπανσης από τα ελαιουργεία και του πληθυσμού της γύρω περιοχής μπορεί να είναι ένας σημαντικός παράγοντας στην επιλογή της διαδικασίας επεξεργασίας. Όταν το φορτίο των ΥΑΕ είναι χαμηλό (λόγος φορτίων <1), συγκρινόμενο με τα οικιακά απόβλητα, τα ΥΑΕ μπορούν να αποβληθούν στις υπάρχουσες μονάδες επεξεργασίας αστικών λυμάτων (Niaounakis M. et al., 2004). Όταν το φορτίο των ελαιουργείων είναι υψηλό, τότε ανεξάρτητη επεξεργασία θα ήταν πιο κατάλληλη. Σε κάθε περίπτωση, εκτός από τη συμπίκνωση, η αραιώση από μόνη της μειώνει τη συγκέντρωση των ΥΑΕ και έτσι είναι πιο εύκολο να επιτευχθούν οι απαιτούμενες προδιαγραφές για το τελικό υλικό εκροής. Ωστόσο οι μεγάλες ποσότητες νερού που απαιτούνται για τη αραιώση την καθιστούν ανεπιθύμητη σε περιοχές με περιορισμένες πηγές νερού.

B.Κατακάθιση/Καταστάλαξη

Η κατακάθιση είναι η πιο απλή και η πιο πολύ χρησιμοποιούμενη φυσική μέθοδος προκατεργασίας (Al-Malah et al., 2000). Μεγάλο μέρος του οργανικού φορτίου των ΥΑΕ είναι σε αιωρούμενη μορφή και η απομάκρυνση του ιζήματος ή της λάσπης, που σχηματίζεται μετά την κατακάθιση, έχει σαν αποτέλεσμα μια μεγάλη μείωση στο BOD_5 των ΥΑΕ.

Η κατακάθιση είναι μια φυσική διεργασία, η οποία μετά από περίπου 10 μέρες, καταλήγει σε δύο υγρά κλάσματα, ένα υπερκείμενο (68% του συνολικού όγκου) με χαμηλό COD (22.000mg/l COD) και μία λάσπη (32% του συνολικού όγκου) με υψηλό COD (162.4000mg/l COD) (Georgacakis et al., 1993). Και τα δύο κλάσματα στη συνέχεια μπορούν να υποβληθούν σε αναερόβια ζύμωση, με παραγωγή βιοαερίου 1,86l/l επεξεργαζόμενου όγκου και μια μείωση του COD κατά 90-91% για το υπερκείμενο και

παραγωγή βιοαερίου 2,75l/l επεξεργαζόμενου όγκου και μια μείωση του COD κατά 94-95% για τη λάσπη. Οι τιμές αυτές εκφρασμένες στο σύνολο των ΥΑΕ δίνουν μια συνολική παραγωγή βιοαερίου 2,28l/l επεξεργαζόμενου όγκου και μια συνολική μείωση του COD κατά 92%, με τελική συγκέντρωση του COD στα 4.000mg/l ΥΑΕ.

Παρόμοια ήταν και τα αποτελέσματα από την εφαρμογή της τεχνικής της καθίζησης σε ΥΑΕ ελαιουργείου της Σάμου (Γεωργακάκης et al., 2002). Η τεχνική λύση που δοκιμάστηκε αφορούσε το φυσικό διαχωρισμό των αποβλήτων με καθίζηση σε τρία κλάσματα, ένα "βαρύ" που αποτελείται από το ίζημα (25-29%), ένα "ελαφρύ" που αποτελείται από το υπερκείμενο υγρό (68-72%) και ένα "ελαιώδες" το οποίο αποτελείται από την επιπλέουσα ελαιώδη στρώση (2,5-3%), έπειτα από παραμονή 10 ημερών σε δεξαμενή ηρεμίας. Το δυναμικό ενόχλησης και ρύπανσης του περιβάλλοντος από κάθε ένα κλάσμα των αποβλήτων αυτών, είναι αντίστροφα ανάλογο του όγκου τους. Οι τιμές του COD και των ολικών στερεών στα τελικά υγρά εξόδου (υπερκείμενο κλάσμα) μειώθηκαν κατά 70-80% και 69-83% αντίστοιχα. Το "ελαιώδες" κλάσμα μπορεί να αναμιχθεί με την ελαιοπυρήνα και να σταλεί στο πυρηνελαιουργείο, ή να παραχωθεί σε χωμάτινη τάφρο, για τη βραδεία μετατροπή του σε φυτόχωμα (εδαφοκομπόστ), συνήθως μαζί με το ίζημα, μετά την παρέλευση ενός ή δύο χρόνων. Το "βαρύ" κλάσμα μπορεί να παραχωθεί σε χωμάτινη τάφρο μαζί με το ελαιώδες για την μετατροπή του σε φυτόχωμα, ή να συγκομποστοποιηθεί με πυρηνόξυλο. Τέλος το "ελαφρύ" κλάσμα μπορεί να αποθηκεύεται σε ανοικτή δεξαμενή μαζί με το νερό της βροχής και να διατίθεται σταδιακά και προγραμματισμένα σε μικρής έκτασης εδαφικό-φυτικό φίλτρο αυτοφυών φυτών, να αποθηκεύεται σε ανοικτή δεξαμενή μαζί με το νερό της βροχής και στη συνέχεια να αφήνεται για φυσική εξάτμιση, ή να υφίσταται αερόβια επεξεργασία, για εξουδετέρωση της φυτοτοξικότητας και έπειτα να διατίθεται για τη λίπανση ελαιώνα ή αμπελώνα.

Γ. Φιλτράρισμα (Διήθηση)

Η διήθηση εξυπηρετεί τον ίδιο σκοπό με την κατακάθιση. Εν αιωρήσει και κολλοειδή στερεά μπορούν να απομακρυνθούν με διήθηση. Παρ' όλα τα υψηλά ποσοστά σε στερεά και κολλοειδή των ΥΑΕ, ο εξοπλισμός φίλτρων σπάνια χρησιμοποιείται σε μικρά ελαιουργεία. Η διήθηση με πίεση έχει επίσης προταθεί στη βιβλιογραφία σαν πιθανή μέθοδος προκατεργασίας για τα ΥΑΕ με ενθαρρυντικά αποτελέσματα από τους Velioglu et al. (1987) και Bradley και Baruchello (1980) (Niaounakis M. et al., 2004). Χρησιμοποιώντας φίλτρο πίεσης οι Mitrakas et al. (1996), βρήκαν ότι τα φυσικο-χημικά χαρακτηριστικά των ΥΑΕ (εν αιωρήσει στερεά, λάδια και λίπη), οδηγούν σε ταχύ φράξιμο

και στο σχηματισμό μιας αδιαπέραστης πάστας στερεών και ελαίων, η οποία μειώνει την παραγωγή και κάνει αυτή την τεχνική πρακτικά ακατάλληλη.

Δ. Επίπλευση

Είναι φυσική μέθοδος επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων, η οποία έχει εφαρμοστεί με επιτυχία σε πολλά είδη βιομηχανικών αποβλήτων. Η μέθοδος αυτή συνίσταται στη διοχέτευση λεπτών φυσαλίδων αέρα ή μίγματος CO₂ και αέρα υπό πίεση, οι οποίες προσκολλώνται στο λάδι και στα διαλελυμένα στερεά των αποβλήτων, παρασύροντάς τα στην επιφάνεια, απ' όπου και απομακρύνονται. Οι μέθοδοι επίπλευσης περιλαμβάνουν την επίπλευση διασκορπισμένου και διαλελυμένου αερίου. Η επίπλευση διασκορπισμένου αερίου, συχνά αναφερόμενη σαν επίπλευση αφρού, δεν χρησιμοποιείται ιδιαίτερα στην επεξεργασία υγρών αποβλήτων. Οι Curi et al. (1980) χρησιμοποίησαν το διαχωρισμό με βαρύτητα και την επίπλευση διασκορπισμένου αερίου για την εκτίμηση της αποδοτικότητας ανάκτησης ελαίου χωρίς μεγάλη επιτυχία (Niaounakis M. et al., 2004).

Η επίπλευση διαλελυμένου αερίου (ΕΔΑ) αναφέρεται επίσης και σαν επίπλευση πίεσης. Η ΕΔΑ εκτιμήθηκε σαν πιθανή τεχνική προκατεργασίας, για την απομάκρυνση των διαλελυμένων στερεών των ΥΑΕ από τους Mitrakas et al. (1996). Η αφαίρεση των στερεών ήταν μικρή και αυτό λόγω της δυσκολίας να επιτευχθεί μια αναλογία αέρα/στερεών μέσα στο τυπικό εύρος 0,005-0,06 για τέτοιες διαδικασίες, εξαιτίας της υψηλής συγκέντρωσης των διαλελυμένων και κolloειδών συστατικών. Η ΕΔΑ μπορεί να αφαιρέσει το COD, καθώς και τα λάδια, αλλά όχι τόσο αποτελεσματικά όσο η φυγοκέντρωση. Έτσι, τα οξειποιημένα ΥΑΕ έδωσαν μέγιστη μείωση COD 30% και ανάκτηση ελαίου 30%. Η εφαρμογή της ΕΔΑ με ανεπεξέργαστα ΥΑΕ έδωσε το μισό έως το ένα τρίτο αυτών των τιμών. Ένα επιπρόσθετο μειονέκτημα της επίπλευσης είναι ότι τα έλαια που ανακτώνται πρέπει να εξαχθούν από τον αφρό της μονάδας ΕΔΑ.

Ε. Φυγοκέντρωση

Οι Mitrakas et al. (1996) μελέτησαν την ικανότητα διαχωρισμού αυτής της τεχνικής και την επίδραση των χημικών πρόσθετων στην αποτελεσματικότητα της μεθόδου για τη μείωση του COD και την ανάκτηση του ελαίου που περιέχεται στα ΥΑΕ. Γενικά, όταν το δείγμα ΥΑΕ υποβάλλεται σε φυγοκέντρωση (900g για 5 λεπτά), σχηματίζονται τρεις διαχωρισμένες φάσεις: ένα επιφανειακό στρώμα που περιέχει λάδι, ένα υδάτινο στρώμα που περιέχει τα διαλελυμένα υλικά και ένα ίζημα όπου είναι συγκεντρωμένα τα κolloειδή και τα αιωρούμενα υλικά.

Η φυγοκέντρωση αποδείχθηκε ικανή για τον τέλειο διαχωρισμό των αιωρούμενων σωματιδίων, το οποίο με τη σειρά του βελτιώνει σημαντικά την απομάκρυνση του COD και την ανάκτηση του ελαίου. Η απομάκρυνση του COD με φυγοκέντρωση από ανεπεξέργαστα ΥΑΕ, άγγιξε το 70% και η ανάκτηση του ελαίου το 30-50%, εξαρτώμενο από την πηγή των νοπών ΥΑΕ. Αλλαγές στο χημικό περιβάλλον είχαν μια σημαντική επίδραση στην απόδοση φυγοκέντρωσης. Σε pH =2 (οξειδωση με H₂SO₄) επιτεύχθηκε η μεγαλύτερη ανάκτηση του ελαίου (47%) και σημαντική μείωση του COD (67,8%). Το ίζημα που αποκτήθηκε από τη φυγοκέντρωση, σε pH =2, ήταν πιο συνεκτικό, με μικρότερο όγκο (15%) και περιεχόμενο νερού (80%). Η ποιότητα των αποκτώμενων ελαίων όμως είναι χαμηλή λόγω της υδρόλυσής τους. Η προσθήκη ασβέστη και η κατακρήμνιση αλάτων Ca των λιπαρών οξέων βελτίωσε κάπως την απομάκρυνση του COD (περίπου 83%), αλλά η ανάκτηση ελαίου ήταν πολύ χαμηλή (12%) και το ίζημα που σχηματίστηκε ήταν ζελατινώδες και ογκώδες.

Η απλότητα της διαδικασίας φυγοκέντρωσης και η ανάκτηση του ελαίου αποτελούν ένα σημαντικό πλεονέκτημα της τεχνικής, από τη στιγμή που το έλαιο μπορεί να ανακυκλωθεί. Λαμβάνοντας υπόψη ότι μια τυπική απώλεια ελαίου στα απόβλητα των μικρών ελαιουργείων κυμαίνεται στο 1-1,5%, μια ανάκτηση του 0,3-0,7% (30-50%) αντιπροσωπεύει ένα σημαντικό έσοδο, το οποίο μπορεί να αντισταθμίσει το κόστος επένδυσης και τα κόστη λειτουργίας της διαδικασίας. Ωστόσο, τα επεξεργασμένα απόβλητα ακόμα περιέχουν 50-70g/l του COD, παρ' όλο που το 70% του COD απομακρύνεται κατά τη φυγοκέντρωση. Αυτό το COD προέρχεται από διαλελυμένο οργανικό υλικό και δεν μπορεί να αφαιρεθεί ούτε με φυσική ούτε με χημική επεξεργασία. Μόνο βιολογική επεξεργασία των φυγοκεντρημένων ΥΑΕ φαίνεται κατάλληλη για περαιτέρω μείωση του COD σε αποδεκτά επίπεδα. Το υψηλό οργανικό φορτίο, ωστόσο, θα έκανε τέτοια επεξεργασία πολύ ακριβή για μικρά ελαιουργεία.

Z. Διαχωρισμός με μεμβράνες (Μικροδιήθηση, Υπερδιήθηση και Αντίστροφη Ωσμωση)

Αυτή η τεχνολογία στηρίζεται στο διαχωρισμό μεγεθών σωματιδίων τα οποία βρίσκονται στην ίδια φάση, π.χ. όλα τα συστατικά είναι σε διάλυση. Η βασική αρχή εμφανίζεται σε διαφορετικές μεθόδους μεμβρανών, που διαφοροποιούνται από το μέγεθος του σωματιδίου που διαχωρίζουν και τον τρόπο που το κάνουν. Οι μέθοδοι που ενδιαφέρουν στην επεξεργασία των ΥΑΕ είναι η μικροδιήθηση, υπερδιήθηση και η αντίστροφη ώσμωση.

Με τη μικροδιήθηση διαχωρίζονται σωματίδια με διάμετρο μεγαλύτερη των 2μm. Έτσι τα κolloειδή συστατικά απομακρύνονται εντελώς.

Με την υπερδιήθηση μπορούν να εξαλειφθούν εν αιωρήσει ρυπαντικοί παράγοντες, όπως τα λάδια ή τα φαινολικά συστατικά, εκτός από τα κολλοειδή συστατικά, σύμφωνα με τους Carrieri (1978), Jemmett et al. (1983) και Halet et al. (1997) (Niaounakis M. et al., 2004). Ωστόσο, διαλελυμένα συστατικά, όπως αυτά που καθορίστηκαν από το άθροισμα της παραμέτρου του COD, αφαιρούνται ανεπαρκώς με τη βοήθεια αυτής της μεθόδου. Με την υπερδιήθηση παράγεται μόνο ένα μικρό ποσό αποβλήτων, επειδή η εναπομένουσα υγρασία στο συμπύκνωμα είναι χαμηλή (ξηρό στερεό υλικό κοντά στο 10%). Η υπερδιήθηση, αν και επιτρέπει την αφαίρεση μεγάλων ποσών λιπιδίων και πολυφαινολών, έχει χαμηλή επιλεκτικότητα (πράγματι, αφαιρούνται επίσης μεγάλα ποσά βιοδιασπώμενου COD).

Κατά τη διάρκεια της υπερδιήθησης των ΥΑΕ συμβαίνουν σημαντικά φραξίματα των μεμβρανών, που επηρεάζουν την απόδοση της μεθόδου. Το φράξιμο μειώνει τη ροή διαπεράσεως και έχει σαν αποτέλεσμα και τη μείωση της αποτελεσματικότητας και τη διαφοροποίηση της εκλεκτικότητας της μεμβράνης. Επίσης κάνει τη διαδικασία πολύ ακριβή εξαιτίας της συνεχούς διακοπής της λειτουργίας για τον καθαρισμό και το πλύσιμο των μεμβρανών.

Η αντίστροφη ώσμωση είναι μια διαδικασία διαχωρισμού που εργάζεται σε μοριακό επίπεδο. Με την αντίστροφη ώσμωση επιτυγχάνεται μια καλή ποιότητα νερού που επιτρέπει την επαναχρησιμοποίηση του νερού για βιομηχανικές διαδικασίες παραγωγής, κατά τους Pompei and Codovilli (1974), Jemmett et al. (1983) και Rampichini (1987) (Niaounakis M. et al., 2004). Τεστ που έγιναν σε εργαστήριο πάνω στον καθαρισμό των ΥΑΕ με την αντίστροφη ώσμωση, έδειξαν μια μείωση 91,4% του COD και 98,2% του BOD₅ από φρέσκα ΥΑΕ και 94,7 και 97,4% μείωση αντίστοιχα σε ΥΑΕ που ήταν αποθηκευμένα για 3 μήνες. Το ποσό των αποβλήτων που προκύπτει από αυτή τη διαδικασία, ωστόσο είναι αρκετά υψηλό. Πάνω από το 20% του επεξεργασμένου νερού βρίσκεται σαν συμπύκνωμα, το οποίο πρέπει να επεξεργαστεί πριν την απόρριψη. Η αντίστροφη ώσμωση έχει μια αποτελεσματικότητα περισσότερο από 90% στην απομάκρυνση οργανικού υλικού, αλλά από την άλλη πλευρά έχει πολύ υψηλό κόστος λειτουργίας και προβλήματα απόρριψης της λάσπης.

Κάποιες μελέτες, των Jemmett et al. (1983), Rampichini et al. (1987) και Canepa et al. (1987, 1988a-b), έδειξαν ότι περίπου το 99% του COD μειώθηκε από το συνδυασμό υπερδιήθησης και αντίστροφης ώσμωσης (Niaounakis M. et al., 2004).

Οι μέθοδοι μεμβράνης είναι κατάλληλες για συμπύκνωση των οργανικών ουσιών και επιτρέπουν την ανάκτηση ορισμένων πολύτιμων συστατικών. Αυτές οι διαδικασίες

μεμβράνης μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε αρθρωτές μονάδες και έτσι είναι εύκολο να γίνει σχεδιασμός για την απολύμανση των ΥΑΕ είτε για ατομικά ή συνεταιρικά ελαιουργεία. Επιπλέον η εφαρμογή αυτών των τεχνολογιών εξαρτάται από τη δυνατότητα της οικονομικής ανάκτησης του συμπυκνώματος, του οποίου η σύσταση πρέπει να ελεγχθεί και αν είναι απαραίτητο να τροποποιηθεί σύμφωνα με τον τελικό προορισμό. Για παράδειγμα, εάν το συμπύκνωμα χρησιμοποιείται σαν ζωική τροφή, η παρουσία πολυφαινολών μπορεί να προκαλέσει κάποια μείωση στη βιοδιαθεσιμότητα της πρωτεΐνης. Από την άλλη πλευρά η ανάκτηση των πολυφαινολών μπορεί να δώσει οικονομικά οφέλη, μιας και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν φυσικά αντιοξειδωτικά και χρωστικές.

Παράλληλα το προϊόν διηθήσεως είναι απαλλαγμένο ρυπαντικού φορτίου και μπορεί να τύχει οποιασδήποτε μεταχειρίσεως. Αντίθετα, οι λάσπες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για συγκομποστοποίηση, μαζί με αδρομερείς φυτικές ύλες (φύλλα, άχυρα, γυμνοί σπάδικες καλαμποκιού), με κόπρανα ζώων, αλλά και με υπολείμματα και να δώσει τελικό προϊόν με λιπαντικές και εδαφοβελτιωτικές ιδιότητες.

5.4.2. Θερμικές μέθοδοι

Οι μέθοδοι που είναι διαθέσιμες σε αυτή την κατηγορία είναι πολλές, αλλά συνήθως έχουν ένα κοινό: όλες περιλαμβάνουν τη συμπύκνωση των αποβλήτων ελαιουργείων με μείωση του περιεχόμενου νερού, που οδηγεί σε μείωση το τελικού όγκου των αποβλήτων. Για διευκόλυνση, οι θερμικές μέθοδοι χωρίζονται σε τρεις βασικές κατηγορίες. Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει τις εξάτμιση και απόσταξη, που είναι θερμοφυσικές μέθοδοι. Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει μη αντιστρεπτές θερμοχημικές μεθόδους όπως είναι η καύση και η πυρόλυση. Η τρίτη κατηγορία περιλαμβάνει ένα συνδυασμό από φυσικές και βιολογικές μεθόδους και αφορά τη μέθοδο λίμνασης (lagooning). Οι θερμικές μέθοδοι συνήθως σχηματίζουν ένα τμήμα μιας ολοκληρωμένης προσέγγισης για την επεξεργασία των ΥΑΕ. Η ξήρανση των 2POMW ή της ελαιοπυρήνας είναι επίσης απαραίτητη πριν την εξαγωγή του εναπομείναντος ελαίου και για άλλες διαδικασίες όπως είναι η παραγωγή κομπόστας, ενεργού άνθρακα, βιοπολυμερών κ.λ.π.

A. Θερμοφυσικές μέθοδοι

Οι θερμοφυσικές μέθοδοι περιλαμβάνουν την εξάτμιση και την απόσταξη των ΥΑΕ. Σε αυτές έχουμε το σχηματισμό ενός συμπυκνώματος - μελάσα ή συμπυκνωμένη πάστα- και ενός πτητικού ρεύματος που αποτελείται, από υγρό ατμό και πτητικές ουσίες. Αυτές οι

διαδικασίες δίνουν μια σημαντική μείωση στο COD και BOD₅ και απαιτούν πιθανώς μόνο ένα ακόμη βήμα επεξεργασίας, π.χ. βιολογικό.

Η εξάτμιση των ΥΑΕ μειώνει τον όγκο τους 70 με 75%, ενώ το απόσταγμα που παράγεται είναι ελεύθερο στερεών, με 80% χαμηλότερο COD και 90% χαμηλότερο ολικό N Kjeldahl, ενώ το υπόλειμμα είναι σε στερεή μορφή με μόνο 15% υγρασία και χωρίς οσμές (Di Giacomo et al., 1991; Potoglou D. et al., 2003).

Αυτή η διαδικασία μπορεί να γίνει εύκολα χρησιμοποιώντας τους υπάρχοντες βιομηχανικούς εξατμιστήρες. Το υπόλειμμα που παράγεται μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν ζωική τροφή, σαν λίπασμα ή να ξαναμπει στη διαδικασία απόσταξης. Ο συμπυκνωμένος ατμός μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο στάδιο του πλυσίματος των ελιών στα ελαιουργεία.

Για τη θέρμανση των ΥΑΕ σε τέτοιες θερμοκρασίες, στις οποίες οι ουσίες αρχίζουν να εξατμίζονται, απαιτείται πολλή ενέργεια. Η ενέργεια για την εξάτμιση του νερού μπορεί να προμηθευθεί είτε από ανθρωπογενή πηγή θερμότητας ή από μια φυσική πηγή (αέρας). Προφανώς, όσο πιο συμπυκνωμένο είναι το ΥΑΕ, τόσο πιο οικονομική είναι και η επεξεργασία απόσταξης για κάθε μονάδα μάζας του συμπυκνωμένου COD.

Στην Ιταλία και στην Ισπανία αρκετές πιλοτικές μονάδες έχουν σχεδιαστεί για την επεξεργασία των ΥΑΕ με μεθόδους εξάτμισης και απόσταξης. Τα βασικά μειονεκτήματα αυτών των διαδικασιών συνδέονται με την προεπεξεργασία και την απόρριψη των παραγόμενων εκπομπών. Ένα πρώτο πρόβλημα μπορεί να είναι η απόρριψη της συμπυκνωμένης πάστας. Η χρήση της σαν ζωική τροφή είναι περιορισμένη λόγω της υψηλής συγκέντρωσης του καλίου. Διαφορετικά μπορεί να καεί για να τροφοδοτήσει το λέβητα, ο οποίος προμηθεύει τη θερμική ενέργεια στη μονάδα απόσταξης, αλλά η καύση της περιλαμβάνει ρύπανση αέρα, η οποία πρέπει να αντιμετωπιστεί με επεξεργασία των αερίων. Ένα άλλο πρόβλημα συνδέεται με το συμπύκνωμα. Το απόσταγμα δεν αποτελείται από καθαρό νερό, αλλά περιέχει και ένα σημαντικό κλάσμα πτητικών συστατικών που βρίσκονται στα απόβλητα, όπως πτητικά οξέα και αλκοόλες. Αυτά τα συστατικά είναι ο λόγος του υψηλού COD του συμπυκνώματος, το οποίο μπορεί να φθάσει τα 3g COD/l, και κάνει απαραίτητη την επιπλέον επεξεργασία του αποστάγματος πριν την απόρριψη ή την επαναχρησιμοποίηση (Rozzi A. et al., 1996).

Κάποια άλλα μειονεκτήματα των μεθόδων εξάτμισης /απόσταξης είναι:

- Ανάγκη για συχνή διακοπή, που έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της σταθερότητας απόδοσης του λέβητα και τη δημιουργία ζοηρών καπνών. Επιπρόσθετα, τα έξοδα συντήρησης είναι πολύ υψηλά εξαιτίας της ανάγκης περιορισμού της δημιουργίας επικαθήσεων των σακχάρων και του ασβεστίου που

παράγονται από τους εξατμιστές, οι οποίοι είναι στην ουσία ο λόγος των διακοπών της μονάδας, και απαιτούν προσθήκη οξέων ή βάσεων για να απομακρυνθούν.

- Εξαιτίας της οξύτητας του αποκτώμενου νερού, και σύμφωνα με τις συνθήκες λειτουργίας της μονάδας, οποιοδήποτε υλικό που έρχεται σε επαφή με τα ΥΑΕ πρέπει να κατασκευάζεται από ανοξείδωτο υλικό ή υλικά που είναι ανθεκτικά σε τέτοιες συνθήκες λειτουργίας.

- Οι απαιτήσεις σε κατανάλωση ενέργειας είναι υψηλές.

- Προβλήματα οσμής, που επιβάλλουν οι μονάδες να βρίσκονται σε απόσταση από κατοικημένες περιοχές, και σε κατάλληλο προσανατολισμό ανάλογα με τους ανέμους της περιοχής.

Με εξάτμιση μπορούν να ξηραθούν επίσης και τα 2POMW. Για αυτό τον σκοπό μπορούν να χρησιμοποιηθούν μέθοδοι ξήρανσης με επαφή, με αγωγή και με ακτινοβολία. Τα 2POMW περιέχουν ένα σημαντικό ποσό ελαιολάδου (~3%) το οποίο μπορεί να εκχυλιστεί με εξάνιο, αφού έχει μειωθεί το ποσοστό υγρασίας από 65% γύρω στο 8%. Τα κυριότερα προβλήματα που συνδέονται με την εκχύλιση του ελαιολάδου στα 2POMW, απαντώνται στους ξηραντές. Οι κλασσικοί ξηραντές, π.χ. περιστροφικά ξηραντήρια και δίσκοι, έχουν μια χαμηλή θερμική απόδοση, εξαιτίας της φτωχής επαφής αέρα/ στερεών και μπορούν να παρουσιάσουν πολλά προβλήματα, επειδή τα 2POMW έχουν υψηλή υγρασία και περιεχόμενο σακχάρων. Οι ξηραντήρες σχεδιάστηκαν για την ελαιοπυρήνα της φυγοκέντρωσης τριών φάσεων, που αποτελείται από ελεύθερα τμήματα πυρήνα και πούλπα με ομογενή υγρασία, που μπορούν να φορτωθούν και να τροφοδοτήσουν τον περιστροφικό ξηραντήρα. Από την άλλη πλευρά το υψηλό περιεχόμενο υγρασίας των 2POMW απαιτεί πολύ περισσότερη ενέργεια και η παρουσία των σακχάρων σε αυτά τα κάνει κολλώδη και δύσκολα στη ξήρανση. Τα 2POMW τείνουν να κολλούν στα τοιχώματα του ξηραντήρα, κυρίως στα αρχικά τμήματα όπου τα αέρια είναι ζεστά, παρεμποδίζοντας τη ροή των αερίων και αυξάνοντας τον κίνδυνο πυρκαγιάς (Arjona R. et al., 1999). Σε αυτή τη μελέτη αναπτύχθηκε μια ποιοτική περιγραφή της διαδικασίας ξήρανσης των 2POMW, η οποία περιγράφει τα διάφορα στάδια που συνθέτουν την διαδικασία. Η διαδικασία ξήρανσης μελετήθηκε σε εργαστηριακό επίπεδο και προσδιορίστηκε ο ρυθμός ξήρανσης. Τα αποτελέσματα αυτής της δουλειάς οδήγησαν στην ανάπτυξη χρήσιμων μοντέλων ξήρανσης, για το σχεδιασμό νέων αυτοματοποιημένων ξηραντήρων και τον προσδιορισμό της συμπεριφοράς των ήδη υπαρχόντων (Arjona R. et al., 2005).

Ένας νέος ξηραντήρας, βασισμένος στο συνδυασμό των ρευστοποιημένων και κινούμενων κλινών, σχεδιάστηκε και δοκιμάστηκε για τα 2POMW, στα πλαίσια του

προγράμματος IMPROLIVE (EU project: FAIR CT96-1420). Η παρουσία της κινούμενης ζώνης επιτρέπει στο τροφοδοτούμενο προϊόν να έχει υψηλό βαθμό υγρασίας. Επιπρόσθετα, διευκολύνει την μεταφορά των στερεών στον επαφέα ρευστοποιημένης κλίνης, από τη στιγμή που μέρος του νερού έχει απομακρυνθεί στη ζώνη κινούμενης κλίνης και τα στερεά εισέρχονται στην ρευστοποιημένη ζώνη με σχετικά χαμηλό βαθμό υγρασίας. Άλλο ενδιαφέρον χαρακτηριστικό είναι η περιορισμένη έκταση του εξοπλισμού και η επακόλουθη μείωση στο κόστος επένδυσης και λειτουργίας.

B. Μη αντιστρεπτές θερμοχημικές μέθοδοι

Οι κυριότερες μη αντιστρεπτές θερμοχημικές μέθοδοι είναι η καύση και η πυρόλυση. Είναι οι πιο θεμελιώδεις και καταστροφικές τεχνικές, οι οποίες περιορίζουν οποιαδήποτε πιθανότητα περαιτέρω χρήσης των αποβλήτων ελαιουργείων. Και οι δύο τεχνικές χρησιμοποιούνται για τη διάσπαση – αποσύνθεση των συμπυκνωμένων διαλυμάτων των ΥΑΕ και /ή της ελαιόπαστας, συμπληρωματικά με άλλες επεξεργασίες. Ωστόσο, και οι δύο τεχνικές προκαλούν περιβαλλοντικά προβλήματα, που προκύπτουν από την εκπομπή τοξικών ουσιών με τη μορφή αερίων, απαιτούν μεγάλη κατανάλωση ενέργειας, πολύ ακριβές υπηρεσίες, όπως και ενεργειακά απόβλητα, που προκαλούνται από την μεταφορά των αποβλήτων ελαιουργείου στις εγκαταστάσεις αποτέφρωσης. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, οι θερμοχημικές μέθοδοι μπορούν να συνδυαστούν με εξάτμιση ή βιολογική επεξεργασία.

B.1. Καύση

Η καύση είναι μια μέθοδος που χρησιμοποιείται ευρύτατα για την διάθεση απόβλητων υλικών, αλλά το πρόβλημα με τα ΥΑΕ είναι ότι περιέχουν περίπου 80-90% νερό και έτσι είναι αδύνατο να υποστούν καύση χωρίς προξήρανση. Συνεπώς αυτή η διαδικασία είναι περισσότερο κατάλληλη για πολύ συμπυκνωμένα ΥΑΕ. Άλλο πρόβλημα είναι ότι η παραγωγή των αποβλήτων είναι εποχιακή, το οποίο σημαίνει ότι εάν ο αποτεφρωτήρας πρόκειται να δουλεύει όλο το χρόνο απαιτούνται και άλλα καύσιμα.

Γενικά η διαδικασία καύσης των ΥΑΕ έχει τα ακόλουθα μειονεκτήματα:

- Δεν είναι αυτοσυντηρούμενη και έχει ένα κόστος ενέργειας εξαιτίας της ανάγκης για εξάτμιση τεράστιων ποσών νερού
- Είναι ρυπογόνος, επειδή εκπέμπει στην ατμόσφαιρα τοξικές ουσίες σε αέρια μορφή που παράγονται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας καύσης

- Ούτε το νερό ούτε το οργανικό υλικό των ΥΑΕ μπορεί να ξαναχρησιμοποιηθεί

- Επειδή τα ΥΑΕ είναι εποχιακή δραστηριότητα απαιτούνται επιπρόσθετα καύσιμα για τη λειτουργία του αποτεφρωτήρα τον υπόλοιπο χρόνο

Όσον αφορά τα στερεά απόβλητα (ελαιοπυρήνα), ερευνήθηκε η καύση τους μαζί με κάρβουνο σε κλίβανο ρευστοποιημένης κλίνης (Cliffe K.R. et al., 2001). Μελετήθηκαν η αποδοτικότητα της καύσης και οι εκπομπές του CO και συγκρίθηκαν με τα αντίστοιχα από την καύση 100% κάρβουνου. Με την καύση 20% αποβλήτων με 80% κάρβουνο σε κλίβανο σχεδιασμένο για καύση κάρβουνου, υπήρξε μια μέγιστη πτώση της αποτελεσματικότητας κατά 5%, ενώ οι εκπομπές του CO αυξήθηκαν σε σχέση με την καύση 100% κάρβουνου.

Τα ενεργειακά χαρακτηριστικά της εξαντλημένης ελαιοπυρήνας περιγράφονται στη μελέτη των Masghouni M & Hassairi M. (2000). Αυτή η βιομάζα αποδεικνύεται μια ενδιαφέρουσα πηγή ενέργειας, ενώ η καύση της ρυπαίνει λιγότερο από την καύση βαριών καυσίμων. Τα στερεά σωματίδια, ο άνθρακας, το μονοξείδιο του άνθρακα και τα οξείδια του θείου στα αέρια εξόδου είναι αμελητέα.

Στη μελέτη των Armesto L. et al., (2003) εξετάστηκε η καύση δύο τύπων κάρβουνου (λιγνίτη και ανθρακίτη) μαζί με τα 2POMW. Μελετήθηκαν η επίδραση της θερμοκρασίας, του ποσοστού των 2POMW στο μείγμα και του τύπου του κάρβουνου στην αποδοτικότητα της καύσης και στις εκπομπές. Η καύση λοιπόν μειγμάτων 2POMW/λιγνίτη ή ανθρακίτη, σε κλίβανο ρευστοποιημένης κλίνης είναι ένας τρόπος για τη χρησιμοποίηση αυτής της βιομάζας στην παραγωγή ενέργειας. Το ποσοστό των 2POMW στο μείγμα δεν έχει καμιά σημαντική επίδραση στην αποτελεσματικότητα της καύσης. Οι εκπομπές SO₂ συσχετίζονται με το περιεχόμενο θείου του κάρβουνου. Όπως αναμενόταν όταν αυξανόταν το ποσοστό των 2POMW στο μείγμα μειωνόταν οι εκπομπές SO₂. Το ποσό των 2POMW στο μείγμα προκαλεί μια ελαφριά μείωση στις εκπομπές NO_x, εξαιτίας του υψηλότερου περιεχομένου σε πτητικό υλικό. Αντίθετα οι εκπομπές N₂O αυξάνονται όταν αυξάνεται το ποσοστό των 2POMW. Αυτή η συμπεριφορά μπορεί να οφείλεται στη μείωση της θερμοκρασίας φλόγας από το υψηλό περιεχόμενο υγρασίας στα 2POMW. Οι εκπομπές HCl ήταν κοντά στα όρια ανίχνευσης του εξοπλισμού ανάλυσης.

Οι Attom et al. (1998) πρότειναν τη χρήση της στάχτης, μετά την καύση των αποβλήτων, σαν σταθεροποιητή για το έδαφος. Σύμφωνα με τη μελέτη τους, προσθήκη 2,5%κ.β. στάχτης αυξάνει τη δύναμη συμπίεσης και το μέγιστο της ξηρής πυκνότητας του εδάφους.

B.2. Πυρόλυση

Η πυρόλυση χρησιμοποιείται κυρίως για την διάσπαση συμπυκνωμένων διαλυμάτων ΥΑΕ και /ή ελαιοπυρήνας. Κατά τη διάρκεια της καύσης των συμπυκνωμένων ΥΑΕ, τα ανόργανα άλατα τα οποία είναι παρόντα στο συμπυκνωμένο διάλυμα (5-10% κατά βάρος) λιώνουν και καλύπτουν τους σωλήνες του λέβητα καθιστώντας τους μη λειτουργικούς. Μια διαδικασία που έχει αναπτυχθεί επιτρέπει την πυρόλυση σε συμπυκνωμένο διάλυμα, αποφεύγοντας τα τυπικά προβλήματα που συνδέονται με το υψηλό περιεχόμενο αλάτων, σύμφωνα με μελέτες των Di Giacomo et al. (1989) και Di Giacomo (1990) (Niaounakis M. et al., 2004). Ειδικότερα, το συμπυκνωμένο διάλυμα αναμιγνύεται αρχικά με ελαιοπυρήνα, και πυρολύεται για να διαχωριστούν τα ανόργανα άλατα, τα οποία εναποθέτονται στην επιφάνεια του κάρβουνου. Το ρεύμα ατμού που φεύγει από την κορυφή του αντιδραστήρα πυρόλυσης, μπορεί τώρα να καεί για να καταστραφούν οι ρυπογόνες οργανικές ουσίες και για να ανακτηθεί η ενέργεια που απαιτείται στα τμήματα της εξάτμισης και της απόσταξης.

Η κινητική της πυρόλυσης και της καύσης των στερεών αποβλήτων από τα ελαιουργεία μελετήθηκε από τους Jauhainen J. et al., (2004), ενώ σε επόμενη μελέτη (2005) εξετάστηκαν οι εκπομπές από την καύση και πυρόλυση αυτών των αποβλήτων. Η ελαιοπυρήνα, μετά την ξήρανση και την εκχύλιση της με εξάνιο και την απομάκρυνση του εναπομείναντος ελαίου, αποτελεί ένα στεγνό στερεό υπόλειμμα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν καύσιμο. Η θερμική επεξεργασία έδειξε ότι παράγει μικρά ποσά ρύπων και στην παραγωγικότητα μια μικρή ποσότητα οξυγόνου είναι αρκετή για τη μείωση των εκπομπών σε πολύ χαμηλά επίπεδα. Η τέφρα που σχηματίζεται περιέχει μια σημαντική ποσότητα καλίου, ενώ δεν ανιχνεύθηκαν τοξικά ή επικίνδυνα ανόργανα συστατικά. Τελευταία η Ισπανική ηλεκτρική εταιρεία Endesa, έχτισε δύο μονάδες ενέργειας, όπου τα στερεά αυτά απόβλητα χρησιμοποιούνται σαν το κύριο καύσιμο. Κάθε μονάδα έχει συνολική ενέργεια 16MW και είναι ικανή να χειρίζεται 100.000 τόνους εξαντλημένης ελαιοπυρήνας το χρόνο, το 10% του συνολικού ποσού που παράγεται στην Ισπανία.

Μια διαδικασία για επαναχρησιμοποίηση και περιορισμό των 2POMW βασισμένη σε συνδυασμό διαδικασιών που περιλαμβάνουν διαχωρισμό- εκχύλιση -πυρόλυση ή ανθρακοποίηση – καύση αεριοποίησης περιγράφονται από το ES2150360 (2001). Το ξυλώδες τμήμα των πυρήνων, που βρίσκεται στη λάσπη, απομακρύνεται στο στάδιο του διαχωρισμού, ενώ η πούλπα απαλλαγμένη από πυρήνες, διαχωρίζεται από το ελαιόλαδο στο στάδιο της εκχύλισης. Η ανθρακοποίηση του ξυλώδους τμήματος διεξάγεται σε ένα φούρνο στους 550°C για 20 λεπτά. Κατά το στάδιο της αεριοποίησης, το προϊόν της ανθρακοποίησης υποβάλλεται, παρουσία ατμού, σε θερμοκρασία 850-1000°C, και τα

εκρέοντα αέρια από την ανθρακοποίηση χρησιμοποιούνται για την ξήρανση της ελεύθερης ελαίου πούλπας, εξοικονομώντας ενέργεια.

Γ. Μέθοδος λίμνασης (*lagooning*)

Με τη χρήση μεγάλων λιμνών (τεχνητών λάκκων εξάτμισης ή λιμνών αποθήκευσης), η ενέργεια του ήλιου χρησιμοποιείται για να επιταχύνει τη διαδικασία εξάτμισης και ξήρανσης των ΥΑΕ, τα οποία διασπώνται μέσω μιας φυσικής βιολογικής διαδρομής, σε μια μεγάλη περίοδο (7-8 μηνών) και πρακτικά από την μια περίοδο αιχμής έως την επόμενη. Κατά την περίοδο αποθήκευσης, λαμβάνουν χώρα διάφορες διαδικασίες: α)εξάτμιση του νερού (η οποία αυξάνει την συγκέντρωση των ΥΑΕ), β)εξάτμιση των πτητικών συστατικών, γ)αποικοδόμηση και υδρόλυση του οργανικού υλικού, λόγω μεταβολισμού από διάφορους μικροοργανισμούς και δ)επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας στη δομή του οργανικού υλικού.

Οι περισσότερες χώρες της Μεσογείου διαθέτουν τα ΥΑΕ σε τεχνητές λίμνες εξάτμισης, όπου οι πιο αναπτυγμένες διαθέτουν αδιαπέραστο στρώμα στον πυθμένα, και άλλες που χρησιμοποιούν το έδαφος σαν υλικό δέκτη. Ουσιαστικά η Μέθοδος Λίμνασης είναι μια από τις πρώτες διαδικασίες που χρησιμοποιήθηκαν για τη διάθεση των ΥΑΕ. Μέχρι το τέλος του 1970 η διάθεση των ΥΑΕ έγινε το σημαντικότερο πρόβλημα ρύπανσης στη λεκάνη του ποταμού Guadalquivir, την περιοχή της μεγαλύτερης παραγωγής ελαιολάδου στην Ισπανία. Γι' αυτό το λόγο το 1981 η Ισπανική κυβέρνηση απαγόρευσε την εναπόθεση των ΥΑΕ στους ποταμούς και επιδότησε την κατασκευή λιμνών για την αποθήκευσή τους κατά την περίοδο άλεσης και την εξάτμιση του νερού τους κατά την περίοδο του ζεστού χειμώνα της Ανδαλουσίας. Κατασκευάστηκαν γύρω στις 1000 λίμνες εξάτμισης και σταδιακά η ποιότητα νερού των ποταμών της λεκάνης του Guadalquivir βελτιώθηκε θεαματικά. Ωστόσο, οι λίμνες προκάλεσαν σημαντικά περιβαλλοντικά προβλήματα σε κοντινές περιοχές εξαιτίας των έντονων οσμών, του πολλαπλασιασμού των εντόμων, των διαρροών, της διήθησης και των εναποθέσεων της λάσπης. Παρόλα αυτά, το σημαντικότερο πρόβλημα με τις λίμνες εξάτμισης ήταν η μη αποτελεσματική χωρητικότητά τους εξαιτίας της σταδιακής αλλαγής από το κλασσικό σύστημα, που παράγει 0,5-1 λίτρο των ΥΑΕ για κάθε κιλό ελιών, στο τριών φάσεων συνεχές σύστημα φυγοκέντρωσης, που παράγει περισσότερο από το διπλάσιο των ΥΑΕ (1,3-2 λίτρα/ κιλό)(Cabrera et al, 1996).

Η Μέθοδος Λίμνασης χρησιμοποιήθηκε για τον έλεγχο της ρύπανσης και τη διάθεση των ΥΑΕ σαν λίπασμα μετά την ηλιακή ξήρανση και για την αποθήκευση με σκοπό την εξίσωση του φορτίου κατά τη διάρκεια όλου του έτους, πριν την επεξεργασία με άλλες

μεθόδους. Μετά από 2-4 μήνες παρατηρήθηκε αφαίρεση του COD που κυμαίνεται από 20-30 σε 75-80%. Δεν έγινε καμιά προσπάθεια για την ανάκτηση του βιοαερίου από τις λίμνες επεξεργασίας των ΥΑΕ, όπου λειτουργούν κυρίως υπό αερόβιες συνθήκες, παρόλο που αρχικά είναι δυνατό να καλυφθούν οι λίμνες με κατάλληλα αδιαπέραστα καλύμματα και να αφαιρεθεί το βιοαέριο. Αυτή η διαδικασία θα μείωνε τις εκπομπές του μεθανίου στην ατμόσφαιρα, που συμβάλλει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου (Rozzi and Malpei, 1996).

Μια περιοχή στην Ισπανία, έκτασης 6850m², η οποία περιλαμβάνει λίμνες εξάτμισης, κατασκευασμένες στο έδαφος χωρίς αδιαπέραστο κάλυμμα, αποτέλεσε το αντικείμενο μελέτης των Sierra J. et al. (2001). Η περιοχή χρησιμοποιήθηκε για δέκα χρόνια για την διάθεση ΥΑΕ και έπειτα έκλεισε, οπότε και αφαιρέθηκαν τα καθιζάνοντα στερεά απόβλητα (λάσπη) από την επιφάνεια του εδάφους. Η συνολική εκτιμώμενη ποσότητα των διατιθέμενων αποβλήτων στην διάρκεια των 10 χρόνων ήταν 41.000m³, ποσότητα ισοδύναμη με μια στήλη 6 μέτρων από ΥΑΕ στην ίδια έκταση. Με σκοπό να εκτιμηθεί η επίδραση στα χαρακτηριστικά του εδάφους, οι μορφολογικές πλευρές και οι αναλυτικές παράμετροι του εδαφικού προφίλ από την συγκεκριμένη περιοχή συγκρίθηκαν με τα αντίστοιχα ενός εδάφους- μάρτυρα, κοντά στις λίμνες και προσδιορίστηκαν τα επίπεδα της εναπομείνουσας ρύπανσης στο υπέδαφος. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η διήθηση των υγρών αποβλήτων στο έδαφος προκάλεσαν διάλυση ανθρακικών και ανακατανομή και τροποποιήσεις στις τιμές του pH, της ηλεκτρικής αγωγιμότητας, του θρεπτικού περιεχομένου, των φαινολικών συστατικών και της βιολογικής δραστηριότητας του ορίζοντα. Η οξύτητα των ΥΑΕ αντισταθμίζεται από την ανθρακική αλκαλικότητα του εδάφους, ενώ ταυτόχρονα τα ανθρακικά μετατρέπονται σε διττανθρακικά, μετακινούνται και συσσωρεύονται σε βαθύτερα στρώματα. Ανιχνεύθηκε μια αύξηση στις θρεπτικές ουσίες (οργανικό υλικό, άζωτο, φώσφορο, κάλιο) καθώς και αύξηση στην αλατότητα και στα διαλυτά φαινολικά συστατικά. Η απομάκρυνση των στερεών αποβλήτων, το φυσικό στράγγισμα και η βιολογική δραστηριότητα οδήγησε σε σημαντική μείωση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας και των φαινολικών συστατικών, παρόλο που τα επίπεδα ρύπανσης μπορεί να είναι σημαντικά ακόμα και μετά από 2 χρόνια, ακόμη και στα πρώτα 40 εκατοστά του εδάφους.

Συνοπτικά, η Μέθοδος Λίμνασης παρουσιάζει τα παρακάτω μειονεκτήματα:

- απειλή διαρροών των ΥΑΕ μέσω του εδάφους και στον υδροφόρο ορίζοντα. Προληπτικά μέσα όπως η εσωτερική επένδυση της λίμνης είναι σημαντικά για τη σωστή λειτουργία της και την κατάλληλη σταθερότητα.

- ανάγκη διαθεσιμότητας μεγάλων λεκανών συλλογής, μακριά από κατοικημένες περιοχές εξαιτίας της δυσάρεστης οσμής των ΥΑΕ και την παρουσία των εντόμων. Οι λίμνες πρέπει να βρίσκονται 1 με 2 χιλιόμετρα μακριά από το ελαιοτριβείο ενώ κατάλληλοι αγωγοί χρειάζονται για την ασφαλή μεταφορά των ΥΑΕ, χωρίς π.χ. πιθανή διαρροή στο έδαφος. Λαμβάνοντας υπόψη τους μεγάλους όγκους των ΥΑΕ που παράγονται κάθε χρόνο, και τον απαραίτητο χρόνο για τη διάθεση τους λοιπόν, αυτή η λύση επηρεάζεται από το μειονέκτημα ότι μεγάλες, κατάλληλες περιοχές πρέπει να είναι διαθέσιμες για μεγάλα διαστήματα, με αποτέλεσμα αυτές οι μεγάλες επιφάνειες να καθίστανται άχρηστες για γεωργική δραστηριότητα.

Η λάσπη που παράγεται με τον παραπάνω τρόπο κομποστοποιήθηκε με άχυρα καλαμποκιού και με απόβλητα βαμβακιού, σε δύο διαφορετικούς σωρούς, προκειμένου να εξακριβωθούν οι πιο κατάλληλες συνθήκες για την αποικοδόμηση των λασπών μέσω της κομποστοποίησης (Paredes C., 1996). Το άχυρο καλαμποκιού σαν υπόστρωμα στην κομποστοποίηση της λάσπης των ΥΑΕ προκάλεσε μικρότερο βαθμό ανοργανοποίησης του οργανικού υλικού στο τέλος της ενεργής φάσης, εξαιτίας κυρίως της χαμηλής αρχικής μικροβιακής δραστηριότητας. Επιπρόσθετα, οδήγησε σε μικρότερη απώλεια ολικού αζώτου από την αεριοποίηση της NH_3 και σε υψηλότερη βιολογική σταθεροποίηση του αζώτου. Από την άλλη, οι φυτοτοξικές επιπτώσεις του σωρού με τα απόβλητα βαμβακιού ήταν μικρότερης διάρκειας, εξαιτίας κυρίως του υψηλότερου ρυθμού ανοργανοποίησης του οργανικού υλικού. Ωστόσο, μετά την περίοδο ωρίμανσης, δεν παρατηρήθηκαν καθόλου φυτοτοξικές συνέπειες σε κανένα κομπόστ. Σαν γενικό συμπέρασμα, μπορεί να λεχθεί ότι και τα δύο φυτικά υπολείμματα ήταν κατάλληλα σαν υποστρώματα για την κομποστοποίηση της λάσπης των ΥΑΕ. Και στις δύο περιπτώσεις κανένα φυτοτοξικό αποτέλεσμα δεν βρέθηκε μετά από 84 μέρες κομποστοποίησης. Ωστόσο, το κομπόστ με το απόβλητο βαμβακιού φαίνεται καλύτερο, από τη στιγμή που είχε ένα περισσότερο χουμοποιημένο οργανικό υλικό στο τέλος της διαδικασίας.

Πρόσφατη έρευνα είχε σαν σκοπό να μελετήσει τη δυνατότητα της χρήσης της λάσπης σαν προσθετικό για την παραγωγή κατασκευστικών υλικών. Δοκιμάστηκε να σταθεροποιηθεί η λάσπη με τσιμέντο και να αναμιχθεί με ένα βελτιωτικό/προσθετικό, το οποίο περιέχει ένα μείγμα φυσικών και συνθετικών ζεολίθων, αλκαλικών στοιχείων και οξειδίων. Τα αποτελέσματα ήταν πολύ ενθαρρυντικά (Hytiris N. et al., 2004).

Οι Borja et al. (2005) μελέτησαν τη φυσική βιοαποικοδόμηση των 2POMW κατά την αποθήκευσή τους σε μια εργαστηριακής κλίμακας δεξαμενή των 520l. Το πείραμα

διεξήχθει στο διάστημα Δεκέμβριος 2002 με Αύγουστο 2003, καλύπτοντας μια συνολική περίοδο 269 ημερών. Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι τα 2POMW υφίστανται φυσική βιοαποικοδόμηση, η οποία αρχίζει με αύξηση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό της δεξαμενής, που ευνοεί τους διάφορους βιολογικούς μηχανισμούς αποικοδόμησης. Το περιεχόμενο υγρασίας μειώνεται σε όλη την διάρκεια, ενώ ο ενεργός όγκος των 2POMW μειώνεται σημαντικά. Η μέθοδος αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την προεπεξεργασία των 2POMW πριν την αναερόβια ζύμωσή τους.

Συμπερασματικά, παρόλο που αυτή η διαδικασία χρησιμοποιείται ευρύτατα, από οικολογική πλευρά είναι μη αποδεκτή.

5.4.3. Φυσικο-χημικές διαδικασίες

Αυτό το είδος διαδικασιών περιλαμβάνει τη χρήση επιπρόσθετων χημικών για την εξουδετέρωση, κροκίδωση, καθίζηση, απορρόφηση, χημική οξείδωση και ανταλλαγή ιόντων των ΥΑΕ.

A. Εξουδετέρωση

Εξουδετέρωση είναι η αποκατάσταση της ισορροπίας των ιόντων του υδρογόνου ή του υδροξυλίου στο διάλυμα, έτσι ώστε το ιονικό δυναμικό του καθενός να είναι ίσο. Αποσταθεροποίηση των εν αιωρήσει και κολλοειδών υλικών των ΥΑΕ μπορεί να προκληθεί είτε μειώνοντας το pH (pH-2,4), χρησιμοποιώντας H_2SO_4 , ή αυξάνοντάς το (pH-11), χρησιμοποιώντας $Ca(OH)_2$. Με αύξηση της συγκέντρωσης των υδρογονοκατιόντων ή με προσθήκη ειδικών απορροφητικών ιόντων (Ca^{2+}) το αρνητικό επιφανειακό φορτίο των εν αιωρήσει υδροφιλικών κολλοειδών μειώνεται και αυτό οδηγεί στην εξουδετέρωσή τους και την αποσταθεροποίησή τους. Η μείωση του pH έχει προσελκύσει μικρή προσοχή μέχρι τώρα για την επεξεργασία των ΥΑΕ (Mitrakas et al., 1996).

B. Κροκίδωση

Η κροκίδωση είναι μια υποβοηθούμενη συσσωμάτωση των αιωρούμενων σωματιδίων στο υγρό μέσο, σε μεγαλύτερα σωματίδια. Ουσιαστικά, μπορεί να περιγραφεί σαν τη διαδικασία αποσταθεροποίησης ενός σταθερού κολλοειδούς σε διασπορά με την προσθήκη ενός χημικού γνωστού να προκαλεί αποσταθεροποίηση.

Έχει φανεί ότι κατά την αποθήκευση, τα ΥΑΕ υφίστανται φυσικό αυτοκαθαρισμό εξαιτίας μιας αυθόρμητης κροκίδωσης/ μετουσίωσης των πρωτεϊνών (Annesini and Giorni, 1991; Carlini, 1992; Riccardi et al, 2000). Το εν αιωρήσει υλικό, ήδη παρόν στο απόβλητο,

αντιδρά με τη βοήθεια μιας μακριάς αλυσίδας πρωτεϊνών, που ενεργεί σαν παράγοντας συσσωμάτωσης-κροκίδωσης. Τα μεμονωμένα σωματίδια ενώνονται για να σχηματίσουν μια μάζα, που γίνεται πυκνότερη από το περιβάλλον μέσο και έτσι κατακάθεται. Η κροκίδωση συμβαίνει επίσης και κατά τη θέρμανση. Έτσι αναμένεται ότι άλλα αποτελέσματα λαμβάνονται με ΥΑΕ, που προέρχονται απευθείας από τα ελαιουργεία, παρά με ΥΑΕ που έχουν αποθηκευθεί.

Τα κυριότερα μειονεκτήματα της συσσωμάτωσης-κροκίδωσης μπορούν να συνοψιστούν στα παρακάτω:

- Τα αποτελέσματα είναι μερικά, όχι ποιοτικά, επειδή τα διαχωριζόμενα κλάσματα είναι μέρος μόνο του αρχικού περιεχομένου
- Το ίζημα πρέπει να διατεθεί

Η τεχνική κροκίδωσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν διαδικασία προεπεξεργασίας για την απομάκρυνση του οργανικού φορτίου των ΥΑΕ. Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν προεπεξεργασία για την αφαίρεση εναπομεινάντων ρυπαντών και εν αιωρήσει στερεών μετά από βιολογικές διαδικασίες (Rozzi A. et al., 1996).

Τα κροκιδωτικά που έχουν εμπορική χρήση κατηγοριοποιούνται εύκολα σε οργανικά ή ανόργανα, και μπορούν επίσης να είναι ανιοντικού ή κατιοντικού τύπου.

Ι.Ανόργανα κροκιδωτικά: Τα ανόργανα κροκιδωτικά που έχουν αναφερθεί στη βιβλιογραφία για τον καθαρισμό των ΥΑΕ είναι: χλωριούχος σίδηρος, θεικό αργίλιο, θεικός σίδηρος, πυριτικό νάτριο, οξείδιο ή υδροξείδιο του ασβεστίου και διάφορα άλλα, π.χ. ο μπεντονίτης που είναι ένα φυσικό αργιλικό ορυκτό, φιλικό προς το περιβάλλον

-Κατεργασία με οξείδιο ή υδροξείδιο του ασβεστίου [CaO, Ca(OH)₂]

Στην περίπτωση αυτή, τα υγρά απόβλητα αμέσως μετά το διαχωρισμό τους μεταφέρονται σε δεξαμενή και εκεί αφήνονται σε ηρεμία για 24-48 ώρες, προκειμένου να απαλλαγούν από τα εναιωρούμενα συστατικά τους με τη διαδικασία του απλού κατακαθίσματος. Στη συνέχεια, η επιπολάζουσα φάση οδηγείται σε δεύτερη δεξαμενή στην οποία γίνεται η κατεργασία με ασβέστη. Η ποσότητα που προστίθεται είναι 0,5-1% (5-10 γραμμάρια κατά λίτρο), που εξουδετερώνει τα οξέα και ανεβάζει την τιμή του pH στη στάθμη του 6,2 ή και ψηλότερα. Παράλληλα, λαμβάνει χώρα κροκίδωση και σχηματισμός ιζήματος που φθάνει το 20% του όγκου των αποβλήτων. Με την κροκίδωση, το ρυπαντικό φορτίο μειώνεται κατά 60-70% και ταυτόχρονα επιτυγχάνεται και μερικώς αποχρωματισμός. Το σοβαρότερο μειονέκτημα της ανωτέρω τεχνικής είναι η ανάγκη για περαιτέρω κατεργασία της λάσπης που αναδίδει δυσσομία, καθώς και της επιπολάζουσας φάσεως που εξακολουθεί να είναι ρυπογόνος (Μπαλατσιούρας, 1997).

Ενδιαφέρουσα είναι η αναφερόμενη στη βιβλιογραφία βελτίωση της τεχνικής, σύμφωνα με την οποία η επιπολάζουσα -μετά την κατεργασία με ασβέστη- φάση, μεταφέρεται σε δεύτερη δεξαμενή αβαθή και με κλίση 10% στον πυθμένα της. Εκεί διαλύεται ουρία υπό αναλογία 5 γραμμαρίων κατά λίτρο αποβλήτων με αποτέλεσμα η σχέση C: N να σταθεροποιείται στο επίπεδο 3:1. Ακολουθεί έκθεση στις ατμοσφαιρικές συνθήκες για χρονικό διάστημα πέντε μηνών, στη διάρκεια των οποίων λαμβάνει χώρα αερόβια ζύμωση στα επιφανειακά στρώματα, αναερόβια στα βαθύτερα, και εξάτμιση με την ηλιακή ενέργεια και τους ανέμους. Τελικά παραλαμβάνεται υποστάθμη με 2% υγρασία, με μαύρο χρώμα, χαρακτηριστική οσμή και μειωμένη φυτοτοξικότητα. Η τεχνική αυτή προφανώς έχει εφαρμογή σε περιοχές με υψηλή ηλιοφάνεια (Κρήτη και άλλες νησιωτικές περιοχές) (Μπαλατσιούρας, 1997).

Έχει αναφερθεί ότι 10g/l Ca(OH)_2 ήταν ικανοποιητικά για την κροκίδωση περισσότερο από το 50% του αρχικού COD και αφαίρεση του 50% του αρχικού χρώματος σε μια μικρή περίοδο επαφής (12 ώρες) (Zouari, 1998).

Γενικά η προεπεξεργασία με ασβέστη είναι μια πρακτικά εφαρμόσιμη μέθοδος, από τη στιγμή που ο ασβέστης μπορεί να αγοραστεί από οπουδήποτε και είναι φθηνότερος από άλλα χημικά, όπως είναι το θεικό αργίλιο, ο γλωριούχος σίδηρος, το θεικό μαγνήσιο κ.α., που χρησιμοποιούνται για την προεπεξεργασία των υγρών αποβλήτων. Ένας μεγάλος αριθμός ρυπογόνων ουσιών των ΥΑΕ, μπορούν να απομακρυνθούν σε ένα σημαντικό ποσοστό με αυτή τη διαδικασία. Έτσι, ακόμη και αν το υγρό μέρος που παραλαμβάνεται μετά την επεξεργασία με ασβέστη, διοχετευθεί απ' ευθείας σε ποταμούς, δεν θα προκαλέσει σημαντική ρύπανση. Χρωματογραφικές μελέτες, που έγιναν με φαινολικές ουσίες επεξεργασμένες με ασβέστη, έδειξαν ότι οι ορθο-διφαινόλες, οι οποίες είναι πολύ φυτοτοξικές, μπορούν να αφαιρεθούν εντελώς με τον ασβέστη. Επιπρόσθετα, μετά την επεξεργασία η υγρή φάση εξατμίζεται πιο εύκολα, από ό,τι τα φρέσκα απόβλητα που βρίσκονται στις δεξαμενές. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι μια μεγάλη ποσότητα λιπαρών συστατικών, τα οποία δεν επιτρέπουν την εξάτμιση του νερού, λόγω του σχηματισμού ενός αδιαπέραστου φιλμ στην επιφάνεια των ΥΑΕ στις δεξαμενές, έχει αφαιρεθεί με τον ασβέστη. Επίσης, παρόλο που το φιλτράρισμα των ΥΑΕ είναι πολύ δύσκολο, λόγω των κολλοειδών ουσιών που περιέχουν, μετά από επεξεργασία με ασβέστη, μπορούν να φιλτραριστούν πιο εύκολα μέσω ενός βαμβακερού υφάσματος με τη χρήση μηχανικής πίεσης. Ωστόσο η απομάκρυνση θρεπτικών ουσιών, όπως είναι οι υδατάνθρακες και τα νιτρικά συστατικά σε υψηλά ποσοστά (50-70%) από τον ασβέστη, μπορεί να θεωρηθεί σαν

μειονέκτημα της διαδικασίας, στην περίπτωση που το διήθημα πρόκειται να χρησιμοποιηθεί σαν λίπασμα στη γεωργία (Aktas E.S. et al., 2001).

Ένα σημαντικό μειονέκτημα για τη χρήση ανόργανων χημικών είναι ότι αυξάνει τη μάζα της λάσπης. Η χρήση ανόργανων κροκιδωτικών και κυρίως του ασβέστη, δεν πρέπει να λαμβάνεται υπόψη χωρίς πρόβλεψη για το χειρισμό και τη διάθεση της προκύπτουσας λάσπης. Επιπλέον, τα περισσότερα από τα ανόργανα κροκιδωτικά αποδείχθηκαν αναποτελεσματικά στη μείωση του ρυπαντικού φορτίου των ΥΑΕ και δεν δικαιολογούν τη χρήση τους στην πλειονότητα των ελαιουργείων.

II. Οργανικά κροκιδωτικά: Τα οργανικά κροκιδωτικά είναι υδατοδιαλυτά πολυμερή με μέσο μοριακό βάρος που εκτείνονται από 10^3 σε περισσότερο από 5×10^6 και περιλαμβάνουν φυσικά και τεχνητά κροκιδωτικά. Υπάρχουν διάφοροι τύποι οργανικών κροκιδωτικών και υπάρχει διάκριση σε ανιοντικούς, κατιοντικούς και ουδέτερους παράγοντες. Το οργανικό κροκιδωτικό για τα ΥΑΕ πρέπει να έχει κατιονικές ιδιότητες εξ αιτίας του φορτίου στην επιφάνεια των κολλοειδών σωματιδίων. Πρέπει επίσης να έχει μη τοξικές και μη ρυπαντικές ιδιότητες για να χρησιμοποιηθεί αργότερα μεταξύ άλλων σαν τροφή για ζώα ή σαν λίπασμα.

Σε μελέτη των Sarika R. et al. (2005), εξετάστηκαν τέσσερις κατιονικοί και δύο ανιονικοί πολυηλεκτρολύτες, για την κροκίδωση τριών δειγμάτων ΥΑΕ και οι περισσότεροι βρέθηκαν ικανοί να αφαιρέσουν σχεδόν τελείως τα εν αιωρήσει στερεά, καθώς και να μειώσουν σημαντικά το COD και το BOD₅, χωρίς να μεταβάλλουν το pH του διαλύματος των ΥΑΕ. Ο ασβέστης και ο χλωριούχος σίδηρος εξετάστηκαν επίσης, σαν κροκιδωτικά αναφοράς. Οι πολυηλεκτρολύτες παράγουν λιγότερη λάσπη από ότι τα ανόργανα κροκιδωτικά, αλλά είναι πολύ ακριβότεροι από αυτά.

Η λάσπη που προκύπτει από την τεχνική κροκίδωσης με έναν εμπορικό οργανικό πολυηλεκτρολύτη, μπορεί να συγκομποστοποιηθεί με φύλλα ελιάς και να δώσει ένα λίπασμα με ικανοποιητικές ιδιότητες (García – Gomez A. et al., 2003).

Γ. Ρόφηση

Η ρόφηση είναι μια φυσικο-χημική διαδικασία, που στηρίζεται στην προσκόλληση διαλελυμένων συστατικών (απορροφήσιμα) από τα ρυπασμένα νερά, στην επιφάνεια των στερεών ουσιών (ροφητικά). Η προσκόλληση γίνεται σε δύο βήματα: μεταφορά του ροφήσιμου στην επιφάνεια του ροφητικού και προσκόλληση του. Υπάρχουν δύο μέθοδοι για εντατικοποίηση της διαδικασίας μεταφοράς: η διαδικασία της ρευστοποιημένης κλίνης, όπου η ροφητική σκόνη ανακατεύεται με το απόβλητο και η διαδικασία της σταθερής

μεμβράνης, όπου το απόβλητο ρέει κατά μήκος του κοκκώδους ροφητικού στον αντιδραστήρα.

Τα οργανικά συστατικά (ροφήσιμα) που μπορούν να απομακρυνθούν από τα ΥΑΕ είναι ουσίες χρώματος (κυρίως ταννικό οξύ), δύσκολα ή καθόλου βιοαποικοδομήσιμα ρυπαντικά, βακτηριοκτόνα ή παρεμποδιστές. Η ρόφηση συνήθως χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με άλλες επεξεργασίες.

Ένα από τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα ροφητικά είναι ο ενεργός άνθρακας, ο οποίος είναι κατάλληλος εξαιτίας της μεγάλης εσωτερικής του επιφάνειας, και της υψηλής ικανότητας ρόφησης, αλλά δυστυχώς δεν μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί. Ωστόσο, η θερμιδική αξία του είναι πολύ υψηλή και έτσι μπορεί να αποτεφρωθεί χωρίς προβλήματα. Οι Curri et al. (1980) χρησιμοποίησαν τη ρόφηση με ενεργό άνθρακα για να ερευνήσουν την αφαίρεση του μαύρου χρώματος από τα ΥΑΕ, αλλά δεν ανέφεραν κάποιες τιμές που να σχετίζονται με την αλλαγή του COD ή των φαινολών των επεξεργασμένων δειγμάτων (Niaounakis M. et al., 2004). Γενικά, μέθοδοι που χρησιμοποιούν ενεργό άνθρακα για την αφαίρεση ρυπογόνων ουσιών από τα ΥΑΕ είχαν μικρή επιτυχία εξαιτίας της περιορισμένης ικανότητας ρόφησης ή του υψηλού κόστους των ροφητικών. Η χρήση του ενεργού άνθρακα παρεμποδίστηκε σοβαρά από δυσκολίες στη διαδικασία και το υψηλό αρχικό κόστος του υλικού. Επιπλέον, η υψηλή μείωση λόγω φθοράς και οι απώλειες κατά την αναγέννηση, λόγω χρήσης του ενεργού άνθρακα, οδηγούν σε υψηλά κόστη για την επανόρθωση. Οι κοκκώδεις ενεργοί άνθρακες, όπως αυτοί που παράγονται από το κάρβουνο, είναι ακριβά ροφητικά, επειδή απαιτούν μια πολυβάθμια διαδικασία για την μεταποίησή τους, με σκοπό να παραχθούν με ενιαίο μέγεθος σωματιδίων και αποδεκτή σκληρότητα.

Ενεργοί άνθρακες μπορούν να αποκτηθούν από την ελαιοπυρήνα, που προκύπτει μετά την εκχύλιση με διαλύτες για την απόκτηση του εναπομείναντος ελαίου. Περίπου το 90% της ελαιοπυρήνας αποτελείται από ξυλώδες υλικό, που είναι ένα πλούσιο λιγνοκυτταρικό πρόδρομο. Η χρήση αυτών των προδρόμων για προετοιμασία των ενεργών ανθράκων, όχι μόνο παράγει ένα χρήσιμο υλικό για καθαρισμό ρυπασμένων περιβαλλόντων από φαινολικά παράγωγα, αλλά επίσης συμβάλλει στην ελαχιστοποίηση των στερεών αποβλήτων (Galiatsatou P. et al., 2002). Σε αυτή τη μελέτη αποδείχθηκε ότι οι ενεργοί άνθρακες είναι αποτελεσματικά ροφητικά για την απομάκρυνση των φαινολών και την μείωση του COD στα ΥΑΕ.

Ο μπεντονίτης και άλλοι άργιλοι χρησιμοποιούνται καμιά φορά σαν ροφητικά χαμηλού κόστους. Ενθαρρυντικά αποτελέσματα αποκτήθηκαν με την προσθήκη $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (μέχρι pH 6,5) και 10-15g/l μετονίτη, και τροφοδοσία του μίγματος σε έναν συνεχή

αναερόβιο αντιδραστήρα εργαστηριακής κλίμακας χωρίς να εξασφαλίζεται μια άμεση φάση διαχωρισμού (Beccari et al., 1999b, 2000, 2001, 2002). Η ενεργοποιημένη άργιλος είναι ένα νέο, χαμηλού κόστους ροφητικό, το οποίο έχει δοκιμασθεί για επεξεργασία των ΥΑΕ (Al-Malah et al., 2000). Η ρόφηση, σε αυτή τη μελέτη, εφαρμόστηκε σε δείγματα προεπεξεργασμένα με κατακάθιση, φυγοκέντρωση και διήθηση και αυτό γιατί τα απόβλητα συνήθως υφίστανται κατακάθιση των στερεών όταν αποθηκεύονται, ενώ η φυγοκέντρωση και η διήθηση μειώνουν ακόμη περισσότερο τα στερεά και έτσι αυξάνουν την αποτελεσματικότητα της ρόφησης. Η μέγιστη απομάκρυνση των φαινολών ήταν περίπου 81% και γύρω στο 71% για το οργανικό υλικό, με τη χρήση ενεργοποιημένης άργιλου συγκέντρωσης 21 g/l και επετεύχθη μέσα σε 4 ώρες.

Πλεονεκτήματα της διαδικασίας ρόφησης είναι:

- ▲ Μικρές απαιτήσεις χώρου
- ▲ Καθαρό νερό
- ▲ Όχι εκπομπές οσμών
- ▲ Μικρά κόστη για ροφητικό

Μεταξύ των μειονεκτημάτων είναι:

- ▼ Περιορισμένη δυνατότητα καθαρισμού
- ▼ Κόστη λειτουργίας της μονάδας
- ▼ Απαιτείται έμπειρο προσωπικό για να εξασφαλισθεί λειτουργία ελεύθερη προβλημάτων

Δ. Χημική οξείδωση

Το οξειδωτικό που χρησιμοποιείται, επιλέγεται από την ομάδα του οξυγόνου, παράγωγα του οξυγόνου (π.χ. υπεροξείδιο του υδρογόνου ή όζον), χλώριο, χλωριωμένα παράγωγα (π.χ. διοξείδιο του χλωρίου, υποχλωριώδες νάτριο, υποχλωριώδες ασβέστιο, υποχλωριώδες κάλιο, χλωρικό νάτριο, άλας χλωρικού νατρίου) ή υπερμαγγανικό άλας του καλίου. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί και μίγμα οξειδωτικών παραγόντων.

Το όζον ή το υπεροξείδιο του υδρογόνου, πιθανώς συνδυαζόμενα με ακτινοβολία UV, από τη μία πλευρά χρησιμοποιούνται εξαιτίας του υψηλού οξειδωτικού δυναμικού τους, από την άλλη πλευρά είναι δυνατόν να λειτουργούν υπό συνθήκες ατμοσφαιρικής πίεσης και θερμοκρασίας περιβάλλοντος, χωρίς αμφίβολα προϊόντα αποσύνθεσης του οξειδωτικού.

Σε οξειδωτικά συστήματα που χρησιμοποιούν όζον είναι πιθανό: 1) να μετατραπούν ανόργανα συστατικά σε υψηλότερα στάδια οξείδωσης, 2) να διαχωριστούν ελάχιστα

βιοαποικοδομήσιμα οργανικά συστατικά, 3) να καταστραφούν βακτήρια και 4) να καταστραφούν ουσίες οσμής και χρώματος.

4.1. Προχωρημένες Οξειδωτικές Διεργασίες (AOPs)

Σε μια προσπάθεια βελτιστοποίησης της διαδικασίας οξείδωσης, πρόσφατες έρευνες έδειξαν ότι οι περιορισμοί στους ρυθμούς οξείδωσης μπορούν να απομακρυνθούν και να μειωθούν εάν τα συμβατικά οξειδωτικά αντικατασταθούν από συνδυασμό οξειδωτικών, όπως και με συνδυασμό συμβατικών οξειδωτικών και υπερϊώδους ακτινοβολίας. Τέτοια μικτά οξειδωτικά συστήματα έχουν ονομαστεί *Προχωρημένες Οξειδωτικές Διεργασίες (AOPs)*. Τα AOPs χαρακτηρίζονται από την παραγωγή της υψηλά οξειδωτικής υδροξυλικής ρίζας (HO^\bullet) σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Η ρίζα HO^\bullet μπορεί να δημιουργείται από έναν αριθμό φωτοχημικών και μη φωτοχημικών μονοπατιών. Εξαιτίας της έντονα οξειδωτικής φύσης του, που είναι πολύ μεγαλύτερη από άλλα παραδοσιακά οξειδωτικά, το HO^\bullet είναι ικανό να μετατρέπει τελείως, τα οργανικά συστατικά σε CO_2 (Niaounakis M. et al., 2004).

Οι βασικές AOPs που χρησιμοποιούνται στην επεξεργασία των ΥΑΕ είναι:

Φωτόλυση του O_3 (οζονόλυση): η επίδραση της συνδυασμένης επεξεργασίας O_3/UV στην οξειδωτική αποικοδόμηση τεσσάρων φαινολικών ενώσεων (καφεϊκό, π-κουμαρικό, συρινγικό, και βανιλικό οξύ), που είναι βασικά ρυπαντικά των ΥΑΕ, εκτιμήθηκαν και συγκρίθηκαν με την απλή φωτόλυση και την απλή οζονόλυση (Benitez F.J. et al., 1997). Η συνδυασμένη χρήση του O_3 και της UV αύξησε ελαφριά το ρυθμό της οξείδωσης των φαινολών, συγκρινόμενη με τους ρυθμούς για τις απλές οξειδώσεις που εκτελέστηκαν. Ο συνδυασμός των διαδικασιών δημιούργησε ρίζες HO^\bullet που αύξησαν τους ρυθμούς αποικοδόμησης.

Φωτόλυση του H_2O_2 : οι φωτολυτικές διαδικασίες, με τη χρήση του υπεροξειδίου του υδρογόνου, για αποικοδόμηση των ρυπαντών του νερού, μελετήθηκαν σαν επικερδής τρόπος για οξειδωτική αποικοδόμηση των ελάχιστα ενεργών υποστρωμάτων. Η μεγάλη αποτελεσματικότητα της φωτόλυσης του H_2O_2 για την επεξεργασία των αποβλήτων στην πραγματικότητα εξασφαλίζεται από αντιδράσεις που περιλαμβάνουν τη δημιουργία ριζών HO^\bullet . Εφαρμογή των διαδικασιών φωτόλυσης με H_2O_2 μπορούν κανονικά να προταθούν για επεξεργασία υγρών αποβλήτων. Το σύστημα $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$ έχει χρησιμοποιηθεί για τη χημική αποικοδόμηση αρκετών φαινολικών συστατικών που βρίσκονται στα ΥΑΕ (Benitez F.J. et al., 1996, 1998) (Niaounakis M. et al., 2004).

Ένα μειονέκτημα των συμβατικών AOPs, όπως το $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$ και το O_3/UV , ή ο συνδυασμός τους, είναι ότι δεν μπορούν να χρησιμοποιήσουν το άφθονο ηλιακό φως σαν

πηγή για το φως UV, επειδή η ενέργεια UV που απαιτείται για τη φωτόλυση του οξειδωτικού δεν είναι διαθέσιμη στο ηλιακό φάσμα.

Φωτοκατάλυση: στην φωτοκαταλυτική οξείδωση, το TiO_2/UV , ένας ημιαγωγός διοξειδίου του τιτανίου απορροφά φως UV και παράγει ιόντα HO^\cdot .

Οι Marques P.A.S.S. et al (1996) ερεύνησαν την επίδραση της φωτοκατάλυσης στην αποτοξικοποίηση των αραιωμένων ΥΑΕ (αρχικό TOC 80-90mg/l). Ο καταλύτης που χρησιμοποιήθηκε ήταν το διοξείδιο του τιτανίου (TiO_2) σε διάφορες συγκεντρώσεις, συνήθως χρησιμοποιούμενο σαν χρωστική και το οποίο έχει το επιπρόσθετο πλεονέκτημα του χαμηλού κόστους. Το οξυγόνο χρησιμοποιήθηκε σαν οξειδωτικός παράγοντας για την φωτοκαταλυτική αποικοδόμηση των οργανικών συστατικών. Το υπερθειικό νάτριο χρησιμοποιήθηκε επίσης σαν επιπρόσθετο οξειδωτικό. Παρατηρήθηκε μια μείωση στο TOC κατά 98%. Αυτά τα πρώτα αποτελέσματα, δείχνουν ότι η μέθοδος μπορεί να είναι πολύ κατάλληλη για την αποικοδόμηση οργανικών τοξικών συστατικών όπως οι πολυφαινόλες. Ωστόσο πρέπει να διεξαχθεί βιομηχανική και εκτεταμένη έρευνα στην φωτοκαταλυτική αποικοδόμηση των ΥΑΕ και στην εφαρμογή του ηλιακού φωτός.

Σύμφωνα με μελέτη των Gernjak M. et al.(2004), η χρήση του διοξειδίου του τιτανίου σαν μοναδικού καταλύτη δεν ήταν επιτυχής. Η προσθήκη του υπεροξειδίου του θείου σαν καταλύτη, είχε σαν αποτέλεσμα μικρή επίδραση στη διαδικασία αποικοδόμησης και οδήγησε σε υψηλές συγκεντρώσεις αλάτων και σε ένα pH κοντά στο μηδέν. Αντίθετα η μέθοδος Fenton είχε πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Η φωτοκατάλυση είναι μια φθηνή διαδικασία (ηλιακή ενέργεια, χαμηλού κόστους καταλύτες), σχετικά γρήγορη και συμβαίνει κάτω από συνθήκες περιβάλλοντος π.χ. θερμοκρασία και πίεση δωματίου, με το οξυγόνο σαν οξειδωτικό, με αποτέλεσμα ένα ευρύ φάσμα οργανικών ρυπαντών να μετατρέπεται σε νερό και διοξείδιο του άνθρακα. Επίσης δεν απαιτείται η χρησιμοποίηση χημικών αντιδρώντων και καμιά ομάδα ουσιών ρύπανσης δεν παράγεται. Το TiO_2 είναι ανέξοδο, όχι τοξικό και έχει μακριά καταλυτική ζωή.

Αντίδραση Fenton: η διαδικασία οξείδωσης Fenton είναι μια μέθοδος οξείδωσης και κροκίδωσης των οργανικών ενώσεων. Πραγματοποιείται με την προσθήκη υπεροξειδίου του οξυγόνου και δισθενούς θειικού σιδήρου (αντιδραστήριο Fenton) στα απόβλητα. Με μια σειρά υδρολυτικών αντιδράσεων, που πιθανώς συνοδεύονται από αντιδράσεις αφυδάτωσης, σχηματίζονται σύμπλοκα Fe^{3+} με υδροξύλια. Καθώς το φορτίο του Fe^{3+} μειώνεται εξαιτίας της αύξησης του αριθμού των ιόντων υδροξυλίου, η απόθεση μεταξύ των ιόντων μειώνεται και η τάση τους να πολυμερίζονται αυξάνεται. Πιθανόν σχηματίζονται μερικά κolloειδή πολυμερή του υδροξυλίου, και τέλος αδιάλυτα

συσσωματώματα του ένυδρου οξειδίου του σιδήρου, τα οποία κατακρημνίζονται. Οργανικά μόρια καθώς και αιωρούμενα σωματίδια παρασύρονται από τα συσσωματώματα και κατακρημνίζονται. Ένα αξιοσημείωτο ποσοστό της μείωσης της τιμής του COD των αποβλήτων, μετά την διαδικασία Fenton, οφείλεται σε αυτή την διεργασία-δράση της συσσωμάτωσης.

Το αντιδραστήριο Fenton έχει χρησιμοποιηθεί σαν μέρος ολοκληρωμένης επεξεργασίας για την αποικοδόμηση των ΥΑΕ (Συνδυασμένες και Διάφορες Διαδικασίες).

Κατά την εφαρμογή των αντιδράσεων Fenton στην επεξεργασία των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων έχουμε τα εξής πλεονεκτήματα (Βλυσίδης Α. 2004):

- Είναι μια αποτελεσματική διεργασία ως προς την ελάττωση των ρυπαντικών φορτίων. Συνήθως επιτυγχάνει μείωση του COD (έως και 90%), των αιωρούμενων στερεών (έως και 95%), των λιπαρών οργανικών οξέων (έως και 100%), του χρώματος (έως και 97%), των ολικών φαινολικών ενώσεων (έως και 80%) και της θολερότητας (έως και 60%).
- Δεν φορτώνει το απόβλητο με επιπλέον τοξικότητα, λόγω χημικών προσθέτων, αφού το H_2O_2 διασπάται σε νερό και οι απαιτούμενες ποσότητες του $FeSO_4$ είναι μικρές.
- Η τοξικότητα του αποβλήτου μετά τις διεργασίες ελαττώνεται σημαντικά. Η μείωση αυτή οφείλεται στην αποικοδόμηση των οργανικών ενώσεων σε απλούστερες και περισσότερο βιοαποικοδομήσιμες ενώσεις και στην αύξηση του διαλελυμένου οξυγόνου, λόγω της διάσπασης του H_2O_2 σε οξυγόνο και νερό. Έτσι οι βιολογικές διαδικασίες για την πλήρη επεξεργασία του αποβλήτου (αναερόβια και αερόβια χώνευση, κλίνες υδροχαρών φυτών), γίνονται πολύ αποτελεσματικές.
- Ο απαιτούμενος εξοπλισμός είναι απλός, καθώς και η λειτουργικότητα της μονάδας. Έτσι από τη μία πλευρά η τεχνολογία αυτή γίνεται προσιτή, τόσο οικονομικά, όσο και λειτουργικά για κάθε ελαιοτριβείο και από την άλλη εξαλείφονται οι δυσκολίες λόγω περιοδικής λειτουργίας των ελαιοτριβείων. Μπορεί να εφαρμοστεί τόσο σε κλασικά ελαιοτριβεία, όσο και σε δύο φάσεων.
- Οι παραγόμενες χημικές και οργανικές λάσπες από την οξείδωση και κροκίδωση των αποβλήτων, μπορούν να παράγουν μετά από συγκομποστοποίηση τους με ξυλώδη παραπροϊόντα, όπως το πυρηνόξυλο ή τον πυρήνα, πολύ καλής ποιότητας εδαφοβελτιωτικό, το οποίο σαν εμπορεύσιμο προϊόν να δώσει την δυνατότητα απόσβεσης του κόστους εφαρμογής αυτής της τεχνολογίας.

Συνοπτικά ορισμένες από τις μελέτες που έχουν διεξαχθεί για να μελετηθεί η αποτελεσματικότητα των AOPs στην επεξεργασία των ΥΑΕ παραθέτονται στον παρακάτω Πίνακα:

ΠΙΝΑΚΑΣ 11: Μελέτες που αφορούν την αποτελεσματικότητα των AOPs στην επεξεργασία των ΥΑΕ (Mantzavinos D. et al., 2005)

Αναφορά	AOP	Αποτελεσματικότητα
Gernjak et al., 2003, 2004	Photo-Fenton με ηλιακή ακτινοβολία	Αφαίρεση του 74% του COD και 87% των ολικών φαινολών, μετά από 19 ώρες με 5 mM Fe ²⁺ 20g/l H ₂ O ₂ . Με την κροκιδώση σαν προεπεξεργασία, η αφαίρεση του COD και των φαινολών αυξήθηκε σε 89% και 100% αντίστοιχα. Αρχικό COD=81 g/l
Cermola et al., 2004	Φωτοοξειδωση της κατεχόλης με τέσσερις διαφορετικούς αισθητήρες: 1) rose Bengal(RB) 2) 9,10-dicyanoanthracene (DCA) 3) 2,4,6-triphenylpyrylium tetrafluoroborate (Pyryl)	Η μεγαλύτερη αποικοδόμηση παρατηρήθηκε στην αντίδραση UV/RB (66% μετά από 15ώρες ακτινοβολία).
Giannes et al., 2003	Ηλεκτρόλυση με άνοδο Ti/Ta/Pt/Ir και NaCl σαν ηλεκτρολύτη	Αφαίρεση του 71% του COD μετά από 8 ώρες, ολοκληρωτική αφαίρεση του χρώματος, της οσμής και των εν αιωρήσει στερεών.
Vlyssides et al., 2004	Fenton που ακολουθείται από κροκιδώση	Αφαίρεση του ~65% COD, ~30% BOD5 και 100% των ολικών φαινολών μετά από 2 ώρες με 2g/l FeSO ₄ .7H ₂ O και 5ml/l H ₂ O ₂ στους 20°C. Αρχικό COD= 80,3 g/l
Rivas et al., 2001a	Fenton	85-90% αφαίρεση του COD μετά από 3-4 ώρες με 10mM Fe ²⁺ και 1M H ₂ O ₂ στους 50°C Αρχικό COD =14,7g/l
Rivas et al., 2001b	Υγρή οξείδωση	Αφαίρεση του 79% COD, του 79% TOC και 98% των ολικών φαινολών μετά από 18s στους 500°C και 25 MPa. Αρχικό COD=3,3g/l
Rivas et al., 2001c	Υγρή οξείδωση με ή χωρίς CuO/C ή Pt/Al ₂ O ₃ καταλύτες και H ₂ O ₂	~50% αφαίρεση του COD μετά από 6 ώρες στους 180° C και 7MPa με καταλύτη και ~30% χωρίς καταλύτη. Προσθήκη 0,1M H ₂ O ₂ βελτίωση την απομάκρυνση κατά 15%. Αρχικό COD=14,7g/l
Benitez et al., 1999	Οζονόλυση	Αφαίρεση 22% COD μετά από 8 ώρες, ολοκληρωτική αφαίρεση των ολικών φαινολών μετά από 2 ώρες. Αρχικό COD=34g/l
Israilides et al., 1997	Ηλεκτρόλυση με άνοδο Ti/Pt και NaCl σαν ηλεκτρολύτη	Αφαίρεση του 93% COD, του 80% TOC, 99,5% των ολικών φαινολών και 99% των εν αιωρήσει στερεών μετά από 10 ώρες. Αρχικό COD=178g/l
Chakchouk et al., 1994	Υγρή οξείδωση συνδυασμένη με Fenton	Αφαίρεση του 77% του COD, 69% του TOC και ολοκληρωτική αφαίρεση του χρώματος μετά από 1 ώρα στους 200° C. Αρχικό COD=50g/l

4.2. Υγρή οξείδωση

Η οξείδωση των οργανικών ουσιών στην υδατική φάση με τη χρήση οξυγόνου καλείται υγρή οξείδωση. Η διαδικασία λαμβάνει χώρα σε αυξημένη πίεση (10-220bar) και θερμοκρασία (120-330°C). Με αύξηση της θερμοκρασίας η πίεση ανεβαίνει, και αυτό οδηγεί σε ένα αυξανόμενο βαθμό οξείδωσης. Με την μετατροπή των υλικών μένουν μόνο τα ανόργανα τελικά στάδια CO₂ και νερό (πιθανόν και άλλα οξείδια). Με μερική αποικοδόμηση τα αρχικά συστατικά (τα οποία είναι μη βιοαποικοδομήσιμα) αποσυντίθενται σε βιοαποικοδομήσιμα κλάσματα, έτσι ώστε να μπορεί να εφαρμοστεί ένα βιολογικό στάδιο επεξεργασίας μετά το στάδιο της υγρής οξείδωσης. Πιθανά οξειδωτικά είναι το όζον (O₃) ή το υπεροξείδιο του υδρογόνου (H₂O₂), προαιρετικά συνδυαζόμενα με το UV.

Συστήματα επεξεργασίας με υγρή οξείδωση με H₂O₂ περιγράφηκαν από τους Chakchouk et al (1994) (Niaounakis M. et al., 2004). Μελέτησαν την υγρή οξείδωση και τη διαδοχική βιοαποικοδόμηση των ΥΑΕ και ανέφεραν ότι η φτωχή βιοαποικοδομησιμότητα των ΥΑΕ (κυρίως λόγω της παρουσίας των πολυφαινολών και των ταννινών) βελτιώθηκε σημαντικά μετά από προεπεξεργασία με υγρή οξείδωση, από τη στιγμή που το οξειδούμενο μίγμα ήταν εύκολα βιοαποικοδομήσιμο κάτω από αερόβιες συνθήκες. Αυτό οφειλόταν στην οξείδωση των αρχικών συστατικών σε χαμηλότερα οργανικά οξέα όπως το μυρμηκικό, το οξαλικό και το ηλεκτρικό οξύ. Ωστόσο, αυτά τα συστήματα απαιτούν αρκετά υψηλές θερμοκρασίες και πιέσεις.

Ένα βασικό μειονέκτημα της διαδικασίας είναι ότι απαιτείται μακρά περίοδος αντίδρασης για αποτελεσματική οξείδωση. Από οικολογικής πλευράς η υγρή οξείδωση πρέπει να ληφθεί υπόψη κριτικά, λόγω των έντονων αέριων εκπομπών και την υψηλή ενεργειακή απαίτηση. Η διαδικασία μπορεί να έχει αρνητικές επιπτώσεις στον αέρα και τις φυσικές πηγές, και έτσι δεν συναντά τις απαιτήσεις που ορίζονται από την νομοθεσία περιβάλλοντος. Άλλα μειονεκτήματα της διαδικασίας είναι τα τελικά κόστη λειτουργίας της μονάδας και ότι απαιτείται έμπειρο προσωπικό για να εξασφαλισθεί λειτουργία χωρίς προβλήματα.

4.3. Ηλεκτροχημική οξείδωση

Η ηλεκτροχημική οξείδωση των οργανικών ρύπων που βρίσκονται στα ΥΑΕ είναι μια πολλά υποσχόμενη διαδικασία για ουσίες, που είναι πολύ δύστροπες στη βιολογική αποικοδόμηση. Οι διαδικασίες ηλεκτροοξείδωσης (που λαμβάνουν χώρα στην άνοδο) για την οξείδωση των δύστροπων οργανικών ουσιών έχουν μελετηθεί εκτενώς από τη δεκαετία του 80. Οι ηλεκτροχημικές διαδικασίες έχουν εφαρμοστεί επιτυχώς στον καθαρισμό

πολλών βιομηχανικών υγρών αποβλήτων, όπως τα αστικά λύματα και τα στραγγίσματα χώρων ταφής (landfill leachate).

Οξειδωση υψηλής θερμοκρασίας με υπερθειικό νάτριο ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$) και/ή ηλεκτροοξειδωση με την παρουσία NaCl χρησιμοποιήθηκαν για την επεξεργασία των ΥΑΕ. Και με τα δύο διαλύματα, η οξειδωση των φυτοτοξικών και βιοτοξικών συστατικών είναι μόνο μερική και έχει υψηλή απαίτηση σε ενέργεια. Επιπλέον πρέπει να επιλυθούν σύνθετα προβλήματα διαχείρισης. Κατά τους Vigo et al. (1990) το τελικό προϊόν είναι ακατάλληλο για χρήση στην γεωργία για άρδευση και σαν λίπασμα (Niaounakis M. et al., 2004).

Οι Israilides C.J et al., (1997) χρησιμοποίησαν την ηλεκτροχημική οξειδωση για την επεξεργασία ΥΑΕ, όπου μετά από 10 ώρες ηλεκτρόλυση το COD μειώθηκε κατά 93%, τα ολικά φαινορικά συστατικά κατά 99,4%, αλλά η κατανάλωση ενέργειας ήταν 26,5 kWh/kgCOD που αφαιρέθηκε. Αυτά τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η ηλεκτροχημική οξειδωση δεν είναι κατάλληλη για ολική οξειδωση των ΥΑΕ. Ωστόσο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν προκαταρκτικό στάδιο για την αποτοξικοποίηση των ΥΑΕ, αφού στις πρώτες 3 ώρες ηλεκτρόλυσης, έχουμε μείωση του COD κατά 76% και των φαινολών κατά 93%, ενώ η χρησιμοποιούμενη ενέργεια ανά kg COD είναι 4,73 kWh.

Συνοψίζοντας, αναφέρεται ότι τα μειονεκτήματα της ηλεκτροχημικής οξειδωσης των ΥΑΕ είναι το υψηλό ενεργειακό κόστος, η ανάγκη επιπλέον επεξεργασίας για την αφαίρεση του ηλεκτρολύτη (αλατιού) που χρησιμοποιήθηκε σε μεγάλες συγκεντρώσεις και η απαίτηση για έμπειρο προσωπικό.

Έτσι η ηλεκτροχημική οξειδωση, παρόλο που είναι αποτελεσματική, δεν φαίνεται εφικτή εκτός και αν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί σαν προεπεξεργασία για την αποτοξικοποίηση, για παράδειγμα για να μεγιστοποιήσει την αποτελεσματικότητα της βιολογικής επεξεργασίας.

Μια παραλλαγή αποτελεί η ηλεκτροκροκίδωση, η οποία βασίζεται στον από την αρχή σχηματισμό του κροκιδωτικού, καθώς διαβρώνεται η άνοδος (ηλεκτρολυτική οξειδωση) εξαιτίας του εφαρμοζόμενου ρεύματος, ενώ η ταυτόχρονη παραγωγή του υδρογόνου στην κάθοδο επιτρέπει την απομάκρυνση των ρύπων με επίπλευση. Αυτή η τεχνική συνδυάζει τρεις βασικές αλληλοεξαρτώμενες διαδικασίες, που λειτουργούν συνεργιστικά για την αφαίρεση των ρύπων: ηλεκτροχημεία, κροκίδωση και υδροδυναμική. Χαρακτηρίζεται από απλό εξοπλισμό, εύκολη λειτουργία, μικρή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και μειωμένη ποσότητα λάσπης.

Η εφαρμογή της ηλεκτροκροκίδωσης επέτρεψε υψηλές αποδόσεις στην απομάκρυνση των ρύπων, τόσο σε φρέσκα όσο και σε αποθηκευμένα ΥΑΕ. Τα πιο ευρέως

χρησιμοποιούμενα υλικά, στην άνοδο είναι ο σίδηρος και ο άργιλος. Η δυνατότητα απομάκρυνσης ήταν της τάξεως του 76% για το COD, του 91% για τις πολυφαινόλες και του 95% για το σκούρο χρώμα, μετά από 25 λεπτά, ενώ το τελικό pH των επεξεργασμένων ΥΑΕ είναι σχεδόν ουδέτερο. Τα αποτελέσματα είναι παρόμοια και για τα δύο υλικά ανόδου (Adhoum N. et al., 2004). Σχετικά μικρότερη είναι η απομάκρυνση των ρύπων σύμφωνα με τη μελέτη των Inan H. et al., (2004). Με άνοδο το αλουμίνιο, η αφαίρεση του COD ήταν 52%, ενώ με άνοδο το σίδηρο ήταν 42%, ενώ η αφαίρεση του χρώματος ήταν 90-97% και στις δύο περιπτώσεις. Συμπερασματικά, η ηλεκτροκροκίδωση μπορεί να θεωρηθεί σαν κατάλληλη εναλλακτική λύση έναντι των ήδη υπαρχουσών μεθόδων ή να εφαρμοστεί σαν στάδιο προεπεξεργασίας της βιολογικής διεργασίας.

E. Ιοντοεναλλαγή

Η ιοντοανταλλαγή είναι η υποκατάσταση των ιόντων στο διάλυμα χρησιμοποιώντας ένα χημικό. Αυτή η υποκατάσταση είναι ιδανική για την αφαίρεση βαριών μετάλλων, αλκαλικών γαιών όπως και των χλωριούχων, νιτρικών και θεικών ιόντων. Συνήθως αυτή η τεχνική χρησιμοποιείται για τον καθαρισμό αποβλήτων αλισίβας που παράγονται στη βιομηχανία της μαύρης επιτραπέζιας ελιάς.

Τα σωματίδια μπεντονίτη λειτουργούν επίσης σαν εναλλάκτες ιόντων, όπου η διαδικασία εναλλαγής λαμβάνει χώρα στην εσωτερική επιφάνεια των σωματιδίων ή επίσης από τα κατιόντα που έχουν εναποτεθεί ανάμεσα στα εσωτερικά στρώματα του μπεντονίτη (Niaounakis M. et al., 2004).

5.4.4.Βιολογικές μέθοδοι

Οι βιολογικές μέθοδοι, χωρίς αμφιβολία, είναι οι πιο περιβαλλοντικά συμβατές και οι λιγότερο ακριβές μέθοδοι επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων. Η αναερόβια ζύμωση είναι συνήθως η βασική μέθοδος επεξεργασίας των ΥΑΕ, από τη στιγμή που έχει σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι της αερόβιας μεθόδου. Οι αναερόβιες μέθοδοι είναι λιγότερο απαιτητικές σε ενέργεια και παράγουν λιγότερη λάσπη από τις αερόβιες μεθόδους, ενώ οδηγούν επίσης στην παραγωγή ενέργειας με τη μορφή βιοαερίου. Επίσης μπορούν να αντιμετωπίσουν το πρόβλημα της εποχικής παραγωγής ΥΑΕ, αφού οι αναερόβιοι αντιδραστήρες μπορούν εύκολα να επαναλειτουργήσουν μετά από πολλών μηνών παύση.

Ωστόσο και οι δύο μέθοδοι αντιμετωπίζουν κάποιο πρόβλημα με το υψηλό οργανικό φορτίο των ΥΑΕ και απαιτούνται αρκετές αραιώσεις των ΥΑΕ πριν τη βιολογική επεξεργασία τους. Επιπρόσθετα, ορισμένες ομάδες παρεμποδιστικών ή τοξικών ουσιών,

όπως είναι οι πολυφαινόλες και τα λιπίδια καθιστούν τα ΥΑΕ ακατάλληλα για απ' ευθείας βιολογική επεξεργασία (Mantzavinos D. et al., 2005).

Η βιολογική προσέγγιση απαιτεί βαθιά γνώση των καταβολικών μονοπατιών που χρησιμοποιούνται από τους μικροοργανισμούς για τα διάφορα συστατικά των ΥΑΕ, και με αυτό τον τρόπο, να επιλεγούν τα πιο κατάλληλα είδη ή να σχεδιαστούν νέα στελέχη τα οποία αποικοδομούν αποτελεσματικά τη μεγάλη ποικιλία αυτών των ουσιών.

A. Αναερόβιες μέθοδοι

Η αναερόβια ζύμωση είναι μια πολύπλοκη βιοχημική διεργασία κατά την οποία το οργανικό υλικό των αποβλήτων αποδομείται με τη συμβολή δύο διαφορετικών κατηγοριών βακτηρίων. Στην πρώτη ανήκουν τα οξεογόνα υδρολυτικά βακτήρια, τα οποία αποικοδομούν μέσω ενζυματικής υδρόλυσης τις πρωτεΐνες, τους υδατάνθρακες και τα λίπη σε μικρά μόρια, τα οποία στη συνέχεια μεταβολίζονται με οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις από τα μεθανογόνα βακτήρια, που αποτελούν τη δεύτερη κατηγορία.

Προσφέρει τα πλεονεκτήματα της χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης, της παραγωγής ενός πλούσιου σε ενέργεια αερίου (μεθάνιο), το οποίο μπορεί να είναι ενεργειακά αξιοποιήσιμο, μετά από κάποια επεξεργασία και σχετικά μικρό ποσό λάσπης, το οποίο πρέπει να υποβληθεί σε επιπλέον επεξεργασία.

Η βιολογική διάθεση των αποβλήτων των ελαιουργείων με αναερόβια αποικοδόμηση έχει ερευνηθεί από αρκετούς ερευνητές για την παραγωγή μεθανίου (μελέτες των Boari et al., 1984; Martin et al., 1991; Fiestas et al., 1996; Dalis, 1996; Georgacakis D. & Dalis D., 1993 Tekin and Dalgic, 2000) ή για την ανάκτηση πολύτιμων υλικών, όπως τα έγχρωμα συστατικά και οι πολυσακχαρίτες (Iniotakis et al., 1989, 1991) (Niaounakis M. et al., 2004). Τα επεξεργασμένα ΥΑΕ μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν σαν υγρά λιπάσματα (Vassilev et al., 1998). Ωστόσο έχουν αναφερθεί, από τους Beccari et al. (1998), παρεμποδιστικές επιδράσεις εναντίον των μεθανογενών βακτηρίων, από την υψηλή συγκέντρωση των αρωματικών συστατικών (φαινόλες) και των λιπιδίων (Niaounakis M. et al., 2004).

Η παραγωγή βιοαερίου (βιομεθανοποίηση), δηλαδή μεθανίου 70-80% του συνόλου και 20-30% CO₂, με αναερόβια ζύμωση των υγρών αποβλήτων, ήταν ένας από τους κύριους στόχους διαχειρίσεώς τους, που άρχισε πριν από πολλά χρόνια. Στη χώρα μας μια τέτοια έρευνα έγινε στην περιοχή Ηρακλείου της Κρήτης (Γεωργακάκης και άλλοι, 1986) και κατέληξε σε θετικά αποτελέσματα.

Ο Γεωργακάκης (1986), δοκίμασε ένα σύστημα αναερόβιας βιολογικής επεξεργασίας των αποβλήτων των ελαιοτριβείων σε ανοικτές δεξαμενές, στην περιοχή Πεζών της Κρήτης. Η μονάδα αποτελούνταν από μια βασική δεξαμενή συγκέντρωσης των αποβλήτων, στην οποία λαμβάνει χώρα αναερόβια ζύμωση στα κατώτερα στρώματα, με παράλληλη επιφανειακή ανάδευση, για εξουδετέρωση της κρούστας και των δυσάρεστων οσμών και από μία αποθηκευτική δεξαμενή, στην οποία συγκεντρώνονται τα υγρά που προέρχονται από την υπερχειλίση της βασικής δεξαμενής, και στην οποία συμπληρώνεται η αναερόβια ζύμωση. Την μονάδα συμπληρώνει μια κλειστή θερμαινόμενη δεξαμενή (αναερόβιος βιοαντιδραστήρας) για παραγωγή βιοαερίου, η οποία τροφοδοτείται με το ίζημα της βασικής δεξαμενής. Το βιοαέριο χρησιμοποιήθηκε για τη θέρμανση των θερμοκηπίων στην ίδια περιοχή των Πεζών Ηρακλείου. Αυτός ήταν ο οικονομικότερος τρόπος αξιοποίησής του.

Τα μερικώς εξαντλημένα με την ανωτέρω τεχνική υγρά απόβλητα είχαν χαρακτηριστικά που απαγόρευαν την παροχέτευσή τους σε υδάτινους επιφανειακούς αποδέκτες. Τα ίδια όμως θα μπορούσαν υπό ορισμένες συνθήκες να χρησιμοποιηθούν για φερτάρδευση ετήσιων και δενδρωδών καλλιεργειών.

Σχετικά με την παραγωγή βιοαερίου από τα υγρά απόβλητα διεξήχθησαν και άλλα πειράματα στον ελληνικό χώρο (Dalis et al., 1996). Στην περίπτωση αυτή τα υγρά απόβλητα με απλή ρύθμιση της σχέσεως C:N και χωρίς κατεργασία με ασβέστη για ρύθμιση της τιμής του pH και την αφαίρεση της ελαιώδους φάσεως, υποβάλλονταν σε αναερόβια ζύμωση σε βιοαντιδραστήρα αναρροής. Διαπιστώθηκε μια μείωση κατά 75-80% του αρχικού ρυπαντικού τους φορτίου, ενώ η παραγωγή του βιοαερίου υπολογίστηκε ότι ήταν μεταξύ 2,1 και 2,3 λίτρα βιοαέριο/λίτρο ζυμωτήρα/μέρα.

Σύμφωνα με μια άλλη έρευνα, τα ΥΑΕ μπορούν να επεξεργαστούν αναερόβια με πολύ μεγάλες αποδόσεις (85,4-93.4%) και επεξεργασία 11 ΥΑΕ με αναερόβιες μεθόδους κατέληξαν σε παραγωγή $57,1 \pm 1,51$ αερίου μεθανίου, ή διαφορετικά παρήχθησαν 413ml αερίου μεθανίου από την αποικοδόμηση 1g COD των ΥΑΕ. Για να επιτευχθεί αναερόβια επεξεργασία των ΥΑΕ και μετατροπή των αποβλήτων σε βιοαέριο, πρέπει να προστεθεί στους αντιδραστήρες NH_4Cl , $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ και KCl , για να επιτευχθεί η απαιτούμενη αλκαλικότητα. Στην ίδια μελέτη, η απόδοση της αναερόβιας επεξεργασίας της ελαιοπυρήνας ήταν πολύ μικρή, αλλά όταν αυτή αναμιγνύονταν με ΥΑΕ σε συγκεκριμένες αναλογίες, μπορούσε να επεξεργαστεί ικανοποιητικά υπό αναερόβιες συνθήκες. Οι αναερόβιες καλλιέργειες απαιτούν μια περίοδο προσαρμογής 15-20 μέρες για την επεξεργασία της ελαιοπυρήνας με ή χωρίς τα ΥΑΕ (Erguder T.H. et al., 2000).

Για να ξεπεραστεί το πρόβλημα που δημιουργείται από την υψηλή συγκέντρωση των φαινολών και των λιπιδίων απαιτείται προεπεξεργασία των ΥΑΕ (Συνδυασμένες και Διάφορες Διαδικασίες).

Η αναερόβια επεξεργασία σαν μοναδική διαδικασία δεν είναι κατάλληλη για τα 2POMW, εξαιτίας του χαμηλού περιεχόμενου σε νερό σε σχέση με τα ΥΑΕ. Ωστόσο έγιναν πειράματα αναερόβιας επεξεργασίας των 2POMW, σε διάφορες αραιώσεις αυτών και μελετήθηκε η κινητική της αναερόβιας ζύμωσης (Borja R., 2002; 2003). Σύμφωνα με αυτή τη μελέτη, επετεύχθη αφαίρεση COD κατά 88,4% και πτητικών στερεών κατά 90,9%, με ρυθμό φόρτωσης 12,02g COD/1/μέρα για το πιο συμπυκνωμένο δείγμα. Η μέγιστη παραγωγή μεθανίου βρέθηκε να είναι 2,12 λίτρα CH₄/ 1/μέρα για τον παραπάνω ρυθμό φόρτωσης και για χρόνο παραμονής 12,5 μέρες, ενώ οι συντελεστές παραγωγής μεθανίου ήταν 0.30, 0.27, 0.23 και 0,20 λίτρα μεθανίου/g COD που αφαιρείται από τις συγκεντρώσεις των 2POMW των 20, 40, 60, και 80% αντίστοιχα. Λαμβάνοντας υπόψη ότι θεωρητικά παράγονται 0,35 λίτρα μεθανίου για κάθε γραμμάριο COD που αφαιρείται όταν το αρχικό υπόστρωμα είναι η γλυκόζη, αποδεικνύεται η αποτελεσματικότητα της αναερόβιας διαδικασίας στο να μετατρέπει τα 2POMW σε μεθάνιο.

A.1. Landfills (υγειονομική ταφή)

Οι χώροι υγειονομικής ταφής μπορούν να θεωρηθούν σαν αναερόβιοι αντιδραστήρες με πολύ μικρό έλεγχο από τους χειριστές. Ένας τέτοιος χώρος στο στάδιο της μεθανογένεσης θα μπορούσε να συμπεριφερθεί σαν αναερόβιο φίλτρο και να μειώσει το ρυπαντικό φορτίο των ΥΑΕ, ενώ ταυτόχρονα θα δρα σαν προσωρινή δεξαμενή αποθήκευσης. Χώροι υγειονομικής ταφής των αστικών στερεών αποβλήτων, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να μειωθεί ο όγκος αποθήκευσης που απαιτείται σε εργοστάσια, εξασφαλίζοντας επεξεργασία των ΥΑΕ για όλο το χρόνο.

Σε πολύ ξηρά κλίματα, που συμπεριλαμβάνουν αρνητικές υδρολογικές ισορροπίες για τα συστήματα ταφής, τα ΥΑΕ μπορούν να προστεθούν με σκοπό να διατηρήσουν τη σωστή υγρασία, η οποία προωθεί αναερόβια αποικοδόμηση του οργανικού κλάσματος των αστικών στερεών αποβλήτων και περιλαμβάνει την αποικοδόμηση των ΥΑΕ (Rozzi and Malpei, 1996). Προφανώς, αυτός ο τύπος διάθεσης απαιτεί αποθήκευση των εκρεόντων κατά τη διάρκεια του έτους, αλλά είναι μια βιώσιμη λύση σε εκείνες τις περιοχές όπου ο όγκος των ΥΑΕ που παράγονται είναι σχετικά μικρός (Niaounakis M. et al., 2004).

B. Αερόβιες διαδικασίες

Η υψηλή περιεκτικότητα των αποβλήτων σε ανόργανα άλατα, αλλά κυρίως σε αφομοιώσιμες πηγές άνθρακα, τα καθιστούν πρόσφορο υπόστρωμα ανάπτυξης ποικίλων αερόβιων μικροβιακών ειδών, που μπορούν να αποτελέσουν βρώσιμη μικροβιακή πρωτεΐνη ή να παράγουν κάποιο χρήσιμο μεταβολικό προϊόν, όπως αιθυλική αλκοόλη, ενώ παράλληλα να μειώσουν και το οργανικό τους φορτίο. Οι αερόβιες τεχνολογίες περιλαμβάνουν:

B.1. Βιολογικό υμένιο (φίλτρο λεπτής ροής ή βιοφίλτρο): Το φίλτρο λεπτής ροής είναι ένας περιέκτης γεμάτος με υλικό πλήρωσης, υψηλής διαπερατότητας, στο οποίο είναι προσκολλημένοι οι μικροοργανισμοί. Το απόβλητο διασκορπίζεται με τη βοήθεια περιστροφικού εκτοξευτή στην κορυφή και έπειτα ρέει μέσα από αυτό. Το υλικό πλήρωσης λειτουργεί σαν φορέας και η ανάπτυξη των μικροοργανισμών πάνω σε αυτόν σχηματίζει το βιοφίλμ (βιολογικό υμένιο). Οι μικροοργανισμοί που καλύπτουν την επιφάνεια του υλικού-φίλτρου χρησιμοποιούν συστατικά των αποβλήτων σαν πηγή θρέψης, ενώ η βιολογική τους ανάπτυξη και δραστηριότητα εξαρτάται από τη συνεχή τροφοδοσία με διαλελυμένο οξυγόνο. Το εκρέον από τα φίλτρα μεταφέρει μαζί του ζωντανούς και νεκρούς οργανισμούς και απόβλητα προϊόντα από τις βιολογικές αντιδράσεις.

B.2 Σύστημα ενεργούς ιλύος: Το σύστημα ενεργούς ιλύος είναι η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδος για τη σταθεροποίηση σε υγρά απόβλητα που έχουν συστατικά οργανικών υλικών. Οι μικροοργανισμοί τρέφονται και μεγαλώνουν πάνω σε ένα οξειδώσιμο υπόστρωμα στα υγρά απόβλητα και σχηματίζουν ένα εν αιωρήσει συσσωμάτωμα από ενεργοποιημένη λάσπη στο νερό. Ο αέρας σε φυσαλίδες μέσα στο νερό ή αυτός που απορροφάται με τη συνεχή ανανέωση της διεπιφάνειας αέρα-νερού (με ανάδευση) ανανεώνει το οξυγόνο που απαιτείται για τη βιολογική οξείδωση. Το μίγμα του υγρού απόβλητου και της ενεργούς ιλύος καθιζάνει, για να διαχωριστούν τα ενεργοποιημένα στερεά λάσπης από το επεξεργασμένο νερό.

Τα ΥΑΕ που περιέχουν μεγάλα ποσά οργανικών ουσιών και μη βιοαποικοδομήσιμες ουσίες, δεν μπορούν να επεξεργαστούν σε βιολογικές μονάδες. Ωστόσο, μια βιολογική αποικοδόμηση των ΥΑΕ με την διαδικασία της ενεργούς ιλύος μπορεί να εφαρμοστεί, εάν τα ΥΑΕ προηγουμένως έχουν κατάλληλα αραιωθεί με ευκόλως βιοαποικοδομούμενα υγρά απόβλητα, όπως τα αστικά λύματα. Μετά από μια τέτοια αραιώση, οι βιοτοξικές ουσίες που περιέχονται στα ΥΑΕ είναι σε χαμηλές συγκεντρώσεις και όχι πλέον ικανές για απενεργοποίηση της μικροβιακής χλωρίδας, που ελέγχει την διαδικασία βιοαποικοδόμησης.

B.3. Περιστρεφόμενος βιολογικός δίσκος (RBC): είναι ένας αντιδραστήρας φίλτρου, παρόμοιο με το βιοφίλτρο, όπου οι μικροοργανισμοί είναι προσκολλημένοι στο υλικό στήριξης. Στην περίπτωση του RBC, το υλικό στήριξης είναι αργά περιστρεφόμενοι δίσκοι οι οποίοι είναι μερικώς βυθισμένοι σε δεξαμενή με ΥΑΕ που έχουν ουδέτερο pH. Το οξυγόνο τροφοδοτείται στο προσκολλημένο βιοφίλμ από τον αέρα, όταν το φίλμ είναι έξω από το νερό και από το υγρό όταν είναι βυθισμένο, δεδομένου ότι το οξυγόνο μεταφέρεται στο απόβλητο μέσω της ανακινούμενης επιφάνειας λόγω της περιστροφής των δίσκων. Η βιομάζα που αναπτύσσεται στη δεξαμενή του επαφέα είναι διπλής μορφής: εν αιωρήσει και προσκολλημένη στο υλικό πλήρωσης. Η προσκολλημένη βιομάζα αναπτύσσεται πάνω στο δίσκο. Η εν αιωρήσει βιομάζα αναπτύσσεται μέσα στον όγκο του αποβλήτου του αντιδραστήρα.

B.4. Τάφρος οξείδωσης: Μια τάφρος οξείδωσης είναι μια μεγάλη ανοικτή δεξαμενή, ρηχή, με μέσο όρο περίπου 1 μέτρο βάθος, και είναι εφοδιασμένη με αδιαπέραστα τοιχώματα. Αυτό δίνει στο απόβλητο απεριόριστη έκθεση στον ανοικτό αέρα για τη διάχυση του οξυγόνου, βοηθώντας στην αποφυγή ανάπτυξης αναερόβιων συνθηκών. Ένας ή περισσότεροι μηχανικοί αεριστήρες επιφανείας βρίσκονται στο πλάι της τάφρου και περιστρέφονται αργά, για να εισαγάγουν οξυγόνο στο απόβλητο χωρίς να προκαλούν μεγάλο στροβιλισμό.

Το απόβλητο διοχετεύεται στην τάφρο όπου αναδύεται αργά από τους αεριστήρες. Μεγαλύτερος χρόνος παραμονής θα επιτρέψει για ένα μεγαλύτερο ποσό οργανικού φορτίου μέσα στο απόβλητο να διασπαστεί από τα αερόβια βακτήρια. Μετά την επεξεργασία το εκρέον αντλείται σε μια δεξαμενή κατακάθισης όπου η λάσπη και το νερό αφήνονται να διαχωριστούν. Από εδώ το μεγαλύτερο μέρος του υγρού απόβλητου, πηγαίνει σε άλλες διαδικασίες επεξεργασίας. Η λάσπη αφαιρείται από τη βάση της δεξαμενής κατακάθισης και ένα ποσοστό επιστρέφει στην τάφρο για να διευκολύνει την μικροβιακή δραστηριότητα στο επόμενο φορτίο των αποβλήτων.

Τα αρχικά κόστη εγκατάστασης είναι σχετικά υψηλά, ενώ οι απαιτήσεις σε ενέργεια είναι περιορισμένες. Το σύστημα δεν απαιτεί εξειδικευμένο προσωπικό να λειτουργήσει και να διατηρηθεί και δουλεύει καλά κάτω από τις περισσότερες περιβαλλοντικές συνθήκες. Ωστόσο, αυτή η διαδικασία δεν έχει χρησιμοποιηθεί για επεξεργασία των ΥΑΕ

B.5. Σύστοιχία αντιδραστήρων ασυνεχούς λειτουργίας (SBR): ένας συγκεκριμένος όγκος αποβλήτου, που καλείται παρτίδα, αρχικά κοσκινίζεται για την αφαίρεση μεγάλων σωματιδίων από το νερό. Ο αντιδραστήρας είναι μια δεξαμενή μέσα στην οποία αντλείται αέρας για την εξασφάλιση ικανοποιητικής ποσότητας οξυγόνου για να επιτευχθεί αερόβια

βιοχημική διαδικασία. Η προσθήκη του οξυγόνου επιτρέπει στους μικροοργανισμούς να καταναλώσουν διαλελυμένο οργανικό υλικό στο απόβλητο, το οποίο δεν έχει απομακρυνθεί με το κοσκίνισμα ή την προηγούμενη διαδικασία κατακάθισης. Μετά από συγκεκριμένη περίοδο αερισμού, το απόβλητο στη δεξαμενή αφήνεται να κατακαθίσει. Η λάσπη που καθιζάνει στον πάτο αρχικά αποτελείται από τους μικροοργανισμούς που τράφηκαν με τα οργανικά στο απόβλητο. Η συστοιχία αντιδραστήρων αξιοποιεί μια διαδικασία επεξεργασίας ενεργοποιημένης λάσπης. Αφού απορριφθεί το επεξεργασμένο εκρέον, όλη, εκτός από ένα μικρό μέρος της λάσπης που είναι πλούσια σε μικροοργανισμούς, αφαιρείται από τον αντιδραστήρα. Αυτό βοηθάει στη γρήγορη επανεγκατάσταση του πληθυσμού των μικροοργανισμών μέσα στην επόμενη παρτίδα των αποβλήτων που διοχετεύεται στον αντιδραστήρα, μειώνοντας το χρόνο που απαιτείται για την επεξεργασία κάθε παρτίδας. Συνήθως απαιτούνται περισσότεροι του ενός αντιδραστήρες, έτσι ώστε ενώ μια παρτίδα αποβλήτου επεξεργάζεται, επιπλέον ροή να μπορεί να διοχετευθεί αλλού. Ο αριθμός των αντιδραστήρων τελικά, εξαρτάται από τον αναμενόμενο όγκο αποβλήτων και τον χρόνο που αφήνεται για επεξεργασία στην κάθε παρτίδα στον αντιδραστήρα. Μεγαλύτερος χρόνος παραμονής παράγει λιγότερη λάσπη και καθαρότερο εκρέον.

Το κυριότερο πλεονέκτημα της συστοιχίας αντιδραστήρων είναι ότι παράγουν εκρέον φτωχό σε οργανικά συστατικά και έτσι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ικανοποιήσει προδιαγραφές εκρεόντων. Το σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά σαν μέρος μεγαλύτερου συστήματος όταν απαιτείται η αφαίρεση των θρεπτικών αζώτου και φωσφόρου. Άλλα πλεονεκτήματα είναι ότι απαιτεί μικρή έκταση γης, και είναι σχετικά εύκολο να επεκταθεί αυτό το σύστημα με την προσθήκη επιπλέον αντιδραστήρων. Ωστόσο η λειτουργία αυτού του συστήματος είναι πιο περίπλοκη από άλλα. Τείνει να είναι πιο ακριβό από άλλα όσον αφορά την κατασκευή και το κόστος λειτουργίας, ενώ έχει λιγότερα προβλήματα συντήρησης.

Το παραδοσιακό αερόβιο σύστημα της επεξεργασίας των ΥΑΕ γενικά επιτυγχάνει σχετικά μικρή μείωση του συνολικού οργανικού φορτίου. Για το λόγο αυτό είναι δύσκολο να επιτραπεί η ασφαλής απόρριψη των ΥΑΕ σε υδάτινους αποδέκτες μετά την επεξεργασία. Μπορεί όμως η αερόβια επεξεργασία να μειώσει δραστικά την φυτοτοξικότητα και τις αντιμικροβιακές ιδιότητες των ΥΑΕ, καθιστώντας τα κατάλληλα για εφαρμογή σε χερσαίους αποδέκτες, ακόμα και καλλιεργούμενα εδάφη (Οιχαλιώτης Κ. – Ζερβάκης Γ.Ι., 1999).

Μια μέθοδος βιολογικής επεξεργασίας (Μέθοδος Μπαλή) των ΥΑΕ για την παρασκευή ενός προϊόντος κατάλληλου για γεωργική χρήση, περιγράφεται στη μελέτη των

Balis C. (1996). Η μέθοδος αυτή εκμεταλλεύεται τα ΥΑΕ σαν υπόστρωμα για την ανάπτυξη αζωτοδεσμευτικών μικροοργανισμών (*Azotobacter vinelandii*), ικανών για τη μετατροπή τους σε οργανικό υγρό υψηλής λιπαντικής αξίας. Η μέθοδος περιλαμβάνει 2 φάσεις: α)προκατεργασία των ΥΑΕ με CaO μέχρι $pH=8\pm 0,5$ και β)βιοεπεξεργασία των ΥΑΕ με το βακτήριο *A.vinelandii* σε αερόβιο αντιδραστήρα. Κατά τη διάρκεια της ζύμωσης στη δεύτερη φάση εκδηλώνεται έντονη αζωτοδεσμευτική ικανότητα, βιοαποδομούνται τα φυτοτοξικά συστατικά των υγρών αποβλήτων, παράγονται εξωκυτταρικά σημαντικές ποσότητες βιοπολυμερών και οι μικροοργανισμοί εκκρίνουν αυξητικούς παράγοντες ευνοϊκούς για την αύξηση των φυτών. Το ζυμωμένο απόβλητο που παραλαμβάνεται είναι ένα παχύρευστο υγρό του οποίου το pH έχει διαμορφωθεί στο 7,5-8,0. Χαρακτηρίζεται σαν υγρό οργανικό εδαφοβελτιωτικό βιολογικό λίπασμα με κύρια πλεονεκτήματά του τα εξής:

1. Τα μικροβιακής προέλευσης πολυμερή που περιέχει βελτιώνουν τον ιστό και τη δομή του εδάφους.
2. Είναι εμπλουτισμένο βιολογικά με οργανικό N μέσω της δέσμευσης ατμοσφαιρικού N_2 καθώς και με αυξητικούς παράγοντες για τα φυτά (αυξίνες, κυτοκινίνες).
3. Συνιστά μικροβιακό εμβόλιο εδάφους που ενισχύει λόγω φαινομένων ανταγωνισμού τις επισχετικές ιδιότητες του εδάφους έναντι παθογόνων.

Το κύριο μειονέκτημα της παραπάνω μεθόδου είναι η δυσκολία αποθήκευσης και μεταφοράς του βιολιπάσματος, διότι βρίσκεται σε υγρή μορφή. Γι'αυτό το λόγο τα τελευταία χρόνια υπάρχει σημαντικό ενδιαφέρον για τη χρήση της συγκοστοποίησης, ως μεθόδου επεξεργασίας των ΥΑΕ.

Γενικά οι αερόβιες βιολογικές διαδικασίες είναι λιγότερο ελκυστικές για την επεξεργασία των ΥΑΕ εξαιτίας:

- Της υψηλής χρήσης ενέργειας
- Υψηλής απαίτησης για προσθήκη θρεπτικών (να επιτευχθεί μια αναλογία $BOD_5:N:P=100:5:1$ από $BOD_5:N:P=100:1:0,5$)
- Πολύ υψηλή παραγωγή δευτερογενούς λάσπης η οποία πρέπει να διατεθεί
- Υψηλό αρχικό κόστος

Πολλές μελέτες έγιναν γύρω από την αποδοτικότητα της αερόβιας αποικοδόμησης που αφορά τις φαινόλες και την απομάκρυνση της τοξικότητας και ορισμένες από αυτές παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 12: Μελέτες γύρω από την αποδοτικότητα της αερόβιας αποικοδόμησης των φαινολών και την απομάκρυνση της τοξικότητας

Αναφορά	Καλλιέργεια	Αποτελεσματικότητα
Aggelis et al., 2003	<i>Pleurotus ostreatus</i>	Σχεδόν τέλεια απομάκρυνση των φαινολών μετά από 20 μέρες σε ζυμωτήρα. Η φυτοτοξικότητα και η τοξικότητα στα βακτήρια της θάλασσας και του εδάφους μειώθηκε με την εξέλιξη της επεξεργασίας. Η τοξικότητα στα βακτήρια του νερού δεν άλλαξε.
Fadil et al., 2003	<i>Geotrichum sp.</i>	Αφαίρεση του 55% του COD και του 46,6% των φαινολών, με προϋπόθεση την προσθήκη N, P και S. Σημαντική αφαίρεση χρώματος.
Fadil et al., 2003	<i>Aspergillus sp.</i>	Αφαίρεση του 52,5% του COD και του 44,3% των φαινολών, με προϋπόθεση την προσθήκη N, P και S. Σημαντική αφαίρεση χρώματος.
Fadil et al., 2003	<i>C. tropicalis</i>	Αφαίρεση του 62,8% του COD και του 51,7% των φαινολών, με προϋπόθεση την προσθήκη N, P και S. Σημαντική αφαίρεση χρώματος.
Pinto et al., 2003	Μικροφύκη (<i>Ankistrodesmus braunii</i> , <i>Scenedesmus quadricauda</i>)	50% μείωση των μικρού μοριακού βάρους φαινολών, σε πέντε μέρες, καμία μείωση σε ταννίνες και λιγνίνες. Δεν παρατηρήθηκε βιοαπορρόφηση ή συσσώρευση των φαινολών στα κύτταρα των φυκών.
Casa et al 2003	Ένζυμο λακκάση, απομονωμένο από το μύκητα <i>Lentinula edodes</i>	65% μείωση των ολικών φαινολών και 86% μείωση των ορθο-διφαινολών. Αύξηση της βλαστικότητα των σπόρων σιταριού κατά 57% σε σχέση με τα ανεπεξέργαστα ΥΑΕ.
Tsioulpas et al., 2002	Διάφορα στελέχη του <i>Pleurotus</i>	69-76% απομάκρυνση των φαινολών μετά από 12-15 μέρες. Η φυτοτοξικότητα μειώθηκε με την εξέλιξη της επεξεργασίας αλλά όχι αναλογικά με την αφαίρεση των φαινολών.
FG et al, 2002	<i>Pleurotus ostreatus</i>	78,3% και 50% απομάκρυνση φαινολών από αποστειρωμένα και αραιωμένα ΥΑΕ αντίστοιχα και 66,7% και 64,7% απομάκρυνση φαινολών από θερμικά επεξεργασμένα ΥΑΕ, με ή χωρίς αραιώση αντίστοιχα.
Garcia et al., 2000	<i>Phanerochaete chrysosporium</i>	Απομάκρυνση του 92% των φαινολών, 100% των ο-διφαινολών και 75% του COD, μετά από 6 μέρες σε ζυμωτήρα.
Garcia et al., 2000	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Aspergillus terreus</i>	Απομάκρυνση του 76% των φαινολών, 82% των ο-διφαινολών και 73% του COD μετά από 4,8 μέρες με τον <i>A. niger</i> , και αντίστοιχα του 64%, 76% και 63% μετά από 4,7 μέρες με τον <i>A. Terreus</i> .
Garcia et al., 2000	<i>Geotrichum candidum</i>	Απομάκρυνση μόνο του 10% των ο-διφαινολών και καθόλου των φαινολών μετά από 9,3 μέρες
Robles et al., 2000	Διάφορα στελέχη του <i>Penicillium</i>	32-45% αφαίρεση των φαινολών και 25-38% αφαίρεση του COD μετά από 20 μέρες.
Piperidou et al. 2000	<i>Azotobacter vinelandii</i>	Μείωση φυτοτοξικότητας και παραγωγή τελικού προϊόντος που χρησιμοποιήθηκε στη λίπανση ελιών και πορτοκαλιών με ευεργετικά αποτελέσματα.
Ehaliotis et al., 1999	<i>Azotobacter vinelandii</i>	Μείωση της φυτοτοξικότητας με την εξέλιξη της επεξεργασίας για 5 μέρες σε περιστρεφόμενο αντιδραστήρα, με κατάληξη σε 10 % φυτοτοξικότητα στο τέλος των 5 ημερών.
D' Annibale et al., 1998	<i>Lentinula edodes</i>	Απομάκρυνση του 84% των φαινολών, 90% των ο-διφαινολών και 73% του TOC μετά από 8 μέρες με ακινητοποιημένη καλλιέργεια.
Yesilada et al., 1998	<i>Coriolus versicolor</i> , <i>Funalia trogii</i>	Απομάκρυνση του 93% των φαινολών, 81% του χρώματος και 70% του COD μετά από 6 μέρες με τον <i>F. trogii</i> . Οι αντίστοιχες τιμές για τον <i>C. versicolor</i> ήταν 90%, 65% και 63%.
Ramos-Cormenzana et al., 1996	<i>Bacillus pumilis</i>	Το βακτήριο έδειξε επίδραση στη μείωση του περιεχομένου φαινολών σε συγκεντρώσεις ΥΑΕ 40-100%. Παρατηρήθηκε επίσης, ότι σε συγκεντρώσεις ΥΑΕ 80%, παράγονται νέα φαινολικά συστατικά, τα οποία δεν προϋπήρχαν στο αρχικό δείγμα.
Zervakis et al., 1996	Διάφορα στελέχη του <i>Pleurotus</i>	Διάφορες αντιδράσεις για κάθε είδος που εξετάστηκε.
Nieto et al., 1993	<i>Aspergillus terreus</i> , <i>Bacillus pumilis</i>	Τα πειράματα έδειξαν καλύτερη αποτελεσματικότητα στην αποικοδόμηση των ΥΑΕ, για τον <i>Aspergillus terreus</i> .

Μια μελέτη με καλύτερα αποτελέσματα είναι αυτή των Κατσικάρη κ.α. (2003). Στη μελέτη αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα δοκιμών, που πραγματοποιήθηκαν με μία πιλοτική μονάδα αερόβιας χώνευσης σε ΥΑΕ, στην περιοχή του Πηλίου και στις εγκαταστάσεις ενός ελαιοτριβείου με ημερήσια παραγωγή 15m³ ΥΑΕ και φορτίο COD 240g/l. Η πιλοτική μονάδα περιλάμβανε δύο στάδια αερόβιας επεξεργασίας των ΥΑΕ σε σειρά, αποτελούμενη από έναν αντιδραστήρα αερόβιας χώνευσης- σχεδιασμένο για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων με αυξημένο ρυπαντικό φορτίο- και μια μονάδα για την τελική επεξεργασία της εξόδου του αντιδραστήρα. Τα αποτελέσματα της λειτουργίας της μονάδας έδειξαν ότι επιτεύχθηκαν υψηλά επίπεδα απομάκρυνσης οργανικού φορτίου στην έξοδο της μονάδας (COD: -99% /2.540mg/l), όμως η ποιότητα της εκροής δεν καλύπτει τα όρια απόρριψης στο δίκτυο αποχεύτησης (1000mg/l). Είναι προφανές ότι η προτεινόμενη πιλοτική μονάδα για την επεξεργασία των ΥΑΕ- με απαραίτητες τροποποιήσεις στη λειτουργία της- είναι ελπιδοφόρα, και είναι απαραίτητη η περαιτέρω διερεύνησή της.

Ωστόσο μια αερόβια προεπεξεργασία επηρεάζεται από πολλά προβλήματα (ανάγκη βελτιστοποίησης των συνθηκών ανάπτυξης των μικκυλίων, διάθεση σημαντικών ποσών βιομάζας που προκύπτουν), τα οποία δεν έχουν βρει ακόμη ικανοποιητική λύση, ώστε να επιτευχθεί η επιθυμητή πλήρης απόδοση.

Γ. Κομποστοποίηση

Η κομποστοποίηση είναι η αερόβια αποικοδόμηση οργανικού υλικού σε ένα υλικό σαν χόμα, που αποκαλείται χούμος. Η αποικοδόμηση λαμβάνει χώρα από μικροοργανισμούς του εδάφους, με ενζυματική ζύμωση των αποβλήτων. Η αερόβια αποικοδόμηση των οργανικών συστατικών και η ανοργανοποίηση προς CO₂, νερό και ανόργανα άλατα, συνοδεύεται από μείωση της μάζας της τάξεως του 40 με 50%. Το οργανικό απόβλητο τοποθετείται σε σωρούς, όπου εξαιτίας της έντονης βιολογικής δραστηριότητας των βακτηρίων στην πρώτη φάση αποικοδόμησης, λαμβάνουν χώρα εξώθερμες αντιδράσεις, που οδηγούν σε θερμοκρασίες 70-80° C στο εσωτερικό του σωρού. Αυτή η επίδραση της θερμοκρασίας οδηγεί σε παστερίωση του απόβλητου. Σημαντικός είναι ο αερισμός του σωρού για σωστή και γρήγορη αποικοδόμηση.

Η κομποστοποίηση των αποβλήτων ελαιουργείου και/ ή των ΥΑΕ έχει εξεταστεί σαν μια δυναμική επεξεργασία βιοδιόρθωσης αυτών των αποβλήτων. Μπορεί να λειτουργήσει με τη βοήθεια μείγματος στερεών με γεωργικά απόβλητα, κυρίως καλαμιά, κλάδους, πριονίδι ή εναπομείναντα απόβλητα από το ελαιουργείο.

Με τη χρησιμοποίηση τεχνολογιών κομποστοποίησης, είναι δυνατό να μετατραπούν είτε φρέσκα ΥΑΕ, είτε λάσπη από ΥΑΕ αποθηκευμένα σε δεξαμενές, αναμειγμένα με κατάλληλα φυτικά απόβλητα, σε οργανικά λιπάσματα (κομπόστ) χωρίς φυτοτοξικότητα για τη βελτίωση της γονιμότητας του εδάφους και της παραγωγής των καλλιεργειών. Η διαδικασία περιλαμβάνει τη μικροβιακή αποικοδόμηση του ρυπαντικού φορτίου των αποβλήτων.

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει σημαντικό ενδιαφέρον για τη χρήση της συγκομποστοποίησης, ως μεθόδου επεξεργασίας των ΥΑΕ. Κατά την συγκομποστοποίηση χρησιμοποιείται ένα στερεό υπόστρωμα, το οποίο διαβρέχεται με τα προς υπό επεξεργασία υγρά απόβλητα, με αποτέλεσμα τη βιολογική αποδόμηση της οργανικής ουσίας και των δύο, μέσα από τις ελεγχόμενες εξώθερμες βιοχημικές αντιδράσεις, που χαρακτηρίζουν τη διεργασία της κομποστοποίησης και λαμβάνουν χώρα κατά το μεγαλύτερο μέρος στη θερμόφιλη περιοχή. Παράλληλα το νερό που περιέχεται στα απόβλητα εξατμίζεται λόγω της βιολογικά παραγόμενης θερμότητας. Για τη συγκομποστοποίηση ΥΑΕ το συνηθέστερο υπόστρωμα είναι το πυρηνόξυλο, καθώς είναι διαθέσιμο στα ελαιουργεία, χωρίς να αποκλείεται η χρήση άλλων αγροτικών αποβλήτων.

Με τη συγκομποστοποίηση βιολιπάσματος (από τη μέθοδο Μπαλή), στον Αγροτικό Συνεταιρισμό στο Πέτα Άρτας, με πυρηνόξυλο, παρήχθη οργανικό λίπασμα σε στερεή μορφή το βιο-κομπόστ, υψηλής βιολογικής αξίας (Τασιοπούλου Θ. κ.α., Πρακτικά HELECO 2003). Το προϊόν που παρήχθη μετά την ολοκλήρωση της θερμόφιλης φάσης και της φάσης ωρίμανσης (συνολική διάρκεια συγκομποστοποίησης = 4 μήνες), μπορεί να χαρακτηριστεί ως ένα αξιόλογο οργανοχημικό λίπασμα, με την αξιοποίηση του οποίου μπορεί να υποστηριχθεί οικονομικά η βιωσιμότητα της μεθόδου.

Η συγκομποστοποίηση των στερεών υπολειμμάτων και των υγρών αποβλήτων από την διαδικασία παραγωγής του ελαιολάδου μελετήθηκε και από τους Vlyssides et al. (1996), σε μονάδα που κατασκευάστηκε στην Κρήτη, με σκοπό να διαχειριστούν τα απόβλητα από ένα ελαιουργείο με 250-300 τόνους ετήσια παραγωγή ελαιολάδου και 1000-1200 τόνους ΥΑΕ. Η θερμοκρασία κομποστοποίησης ρυθμίστηκε μεταξύ 45° και 65° C με την παροχή αέρα και η προσθήκη των ΥΑΕ γινόταν με σκοπό αρχικά να διατηρείται η υγρασία μεταξύ 45 και 60% και δευτερευόντως για να αντικαθίσταται το υπόστρωμα άνθρακα. Κατά τη διάρκεια 23 ημερών λειτουργίας στη θερμόφιλη περιοχή, το σύστημα τροφοδοτήθηκε συνολικά με 263m³ ΥΑΕ, που σημαίνει ένας μέσος ρυθμός των 11,4 m³ ΥΑΕ/ ημέρα ή 2,9kg ΥΑΕ για κάθε κιλό στερεού υπολείμματος. Η συνολική παραγωγή βιοενέργειας υπολογίστηκε περίπου 90.000.000 kcal, που ισοδυναμεί με τις θερμικές

ανάγκες για την εξάτμιση του νερού συν την ενέργεια που απαιτείται για την αύξηση της θερμοκρασίας των ΥΑΕ από θερμοκρασία περιβάλλοντος σε θερμοκρασία του βιοαντιδραστήρα. Στη συνέχεια ακολούθησε μια περίοδος σταθεροποίησης 3 μηνών στη μεσόφιλη περιοχή, μέχρι το τελικό προϊόν να αποκτήσει θερμοκρασία περιβάλλοντος. Η αξιολόγηση του τελικού προϊόντος έδειξε ότι πρόκειται για ένα πολύ καλό πρόσθετο εδάφους, που βελτιώνει την ικανότητα ανταλλαγής ιόντων του εδάφους και το πορώδες του. Επίσης η μονάδα λειτούργησε επιτυχώς, όσον αφορά την κατανάλωση των ΥΑΕ, χωρίς επικίνδυνες επιπτώσεις στο περιβάλλον.

Για να μελετηθεί η ικανότητα των ΥΑΕ για κομποστοποίηση, αυτό το υγρό απόβλητο προστέθηκε σε δυο διαφορετικά μείγματα από γεωργοβιομηχανικά και αστικά απόβλητα και η διαδικασία κομποστοποίησης συγκρίθηκε με δύο άλλους σωρούς παρόμοιας σύστασης, αλλά χωρίς ΥΑΕ (Paredes C. et al., 2001). Η προσθήκη των ΥΑΕ είχε σαν αποτέλεσμα ένα υψηλότερο ρυθμό αποδόμησης, υψηλότερες τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας, μεγαλύτερες απώλειες ολικού Ν και μικρότερη νιτροποίηση από ότι στους σωρούς χωρίς τα ΥΑΕ. Η προσθήκη του επίσης περιόρισε την αύξηση της ικανότητας ανταλλαγής κατιόντων. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας, η κομποστοποίηση μπορεί να θεωρηθεί σαν εναλλακτική λύση για την ανακύκλωση των ΥΑΕ και μπορεί να βοηθήσει για τη λύση των περιβαλλοντικών προβλημάτων αυτού του αποβλήτου. Η ποιότητα των κομπόστ στα οποία προστέθηκαν ΥΑΕ, ήταν σε γενικές γραμμές παρόμοια με τα κομπόστ που παρήχθησαν χωρίς τα ΥΑΕ. Επίσης οι Paredes et al. (2000) εξέτασαν διάφορα υποστρώματα (υπολλείματα καλαμποκιού και βαμβακιού, κοπριά πτηνών και λάσπη αστικών λυμάτων) με ΥΑΕ και εκτίμησαν την εξέλιξη του οργανικού υλικού και του αζώτου, κατά τη διάρκεια της διαδικασίας κομποστοποίησης. Κατέληξαν ότι η κοπριά πτηνών και η λάσπη αστικών λυμάτων είναι τα καλύτερα οργανικά απόβλητα για την προσφορά του αζώτου, που είναι απαραίτητο για την κομποστοποίηση.

Συγκομποστοποίηση των ΥΑΕ μπορεί να γίνει και με διάφορα υπολείμματα από τις καλλιέργειες. Στην περίπτωση χρησιμοποίησης άχυρου σιταριού, το οποίο είναι ένα υπόστρωμα φτωχό σε άζωτο απαιτείται η προσθήκη ουρίας για να εξασφαλισθεί το άζωτο που απαιτείται για τη διαδικασία (Galli E. et al., 1997; Tomati U., et al., 1995). Το τελικό προϊόν δεν παρουσιάζει καμία φυτοτοξικότητα και οι φυσικές και χημικές ιδιότητές του το καθιστούν κατάλληλο για χρήση σαν λίπασμα.

Σύμφωνα με άλλη μελέτη (Paredes C. 2002), τα υπολείμματα της καλλιέργειας σιταριού και τα υπολείμματα καλλιέργειας βαμβακιού χρησιμοποιήθηκαν σαν υπόστρωμα για την συγκομποστοποίηση με την λάσπη που προκύπτει μετά την αποθήκευση των ΥΑΕ

σε λίμνες εξάτμισης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι και τα δύο υλικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν υποστρώματα. Τα υπολείμματα της καλλιέργειας σιταριού είχαν μικρότερη βιοοξειδωτική φάση, ενώ τα υπολείμματα της καλλιέργειας βαμβακιού έδωσαν ένα κομπόστ με υψηλότερη συγκέντρωση οργανικού και διαθέσιμου στα φυτά αζώτου, ένα πιο σταθερό οργανικό περιεχόμενο και πιο υψηλά πολυμερισμένα χουμικά συστατικά, παράγοντες που δηλώνουν μια καλύτερη ποιότητα κομπόστ για γεωργική χρήση.

Τα 2POMW μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη λίπανση καλλιεργειών μετά από κομποστοποίηση. Ωστόσο, το υψηλό pH που προκύπτει από την κομποστοποίηση των 2POMW με άλλα γεωργικά απόβλητα, μπορεί να αποτελέσει περιοριστικό παράγοντα. Γι' αυτό το λόγο οι Roig et al. (2004) πρότειναν την προσθήκη στοιχειακού θείου, σαν κατάλληλη τεχνική για έλεγχο του pH κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης, σύμφωνα με τους κανόνες οργανικής γεωργίας.

Σύμφωνα με μελέτη των Baeta-Hall I. et al. (2005), τα 2POMW παρ' όλη την υψηλή υγρασία που περιέχουν με αποτέλεσμα μια συνεκτική δομή, μπορούν να κομποστοποιηθούν σε μια χρονική περίοδο έξι μηνών. Ωστόσο, για να μπορέσει η διεργασία να αναπτυχθεί αποδοτικά, είναι απαραίτητη η προσθήκη ενός δομικού παράγοντα και η παροχή ικανοποιητικού αερισμού στο μίγμα.

Οι Alburquerque et al., (2005a,b) συγκομποστοποίησαν τα 2POMW με υπολείμματα βαμβακιού και το κομπόστ που προέκυψε το σύγκριναν με κοπριά αγελάδας και ένα κομπόστ, προερχόμενο από αστικά λύματα, κατά τη χρήση τους σαν διορθωτικό σε ασβεστώδες έδαφος. Το πείραμα διεξήχθη σε θερμοκήπιο με πιπεριές. Το κομπόστ που προέκυψε από τα 2POMW, ήταν πλούσιο σε οργανική ουσία και ελεύθερο φυτοτοξικότητας, με υψηλό περιεχόμενο καλίου και οργανικού αζώτου, αλλά χαμηλό περιεχόμενο φωσφόρου και θρεπτικών μικροστοιχείων. Και τα τρία βελτιωτικά έδωσαν παρόμοιες εμπορεύσιμες σοδειές πιπεριάς, ενώ στην περίπτωση που χρησιμοποιήθηκαν η κοπριά αγελάδας και το κομπόστ από αστικά λύματα, το οργανικό περιεχόμενο του εδάφους μειώθηκε σημαντικά μετά την καλλιέργεια, σε αντίθεση με την περίπτωση των 2POMW, όπου παρέμεινε ίδιο.

Δ.Βιοτεχνολογικές διαδικασίες

Οι παραδοσιακές φυσικοχημικές μέθοδοι καταναλώνουν πολλή ενέργεια και χρόνο, με αποτέλεσμα να είναι πολύ ακριβές. Η εφαρμοσμένη βιοτεχνολογία μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την πρόληψη και τον έλεγχο ρύπανσης. Για παράδειγμα, οι περισσότερες μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων χρησιμοποιούν μικροοργανισμούς για να διασπάσουν

τοξικά χημικά σε μη τοξικά χημικά. Αυτοί οι μικροοργανισμοί μπορούν να τροποποιηθούν γενετικά για να αυξήσουν τη δυναμικότητα και την αποδοτικότητα των μονάδων επεξεργασίας. Τα βιομηχανικά απόβλητα, τα οποία συχνά περιέχουν ουσίες που είναι επιβλαβείς για το περιβάλλον σε υψηλές συγκεντρώσεις, μπορούν επίσης να επεξεργαστούν με ιθαγενείς ή τροποποιημένους μικροοργανισμούς.

Το πρόγραμμα της EU:ICA-3-1999-00010 “MEDUSA-WATER” προτίθεται να εφαρμόσει καινοτόμες βιοτεχνολογικές διεργασίες για την επεξεργασία των ΥΑΕ και όπου μπορεί να συνδυαστεί με αστικά λύματα, για να επαναχρησιμοποιηθούν τα προκύπτοντα νερά στην κηπουρική. Ένα νέο σύστημα το Linear Matrix Multicellular Photoreactors (LMMP), που χρησιμοποιεί καλλιέργειες μικροφυκών για την επεξεργασία του τελικού εκρέοντος θα σχεδιαστεί, κατασκευαστεί και ελεγχθεί από την αρχή. Αυτή η καινοτόμα διαδικασία σκοπεύει να πετύχει μια υιοθέτηση της τεχνολογίας στις ειδικές περιβαλλοντικές συνθήκες των περιοχών που εμπλέκονται, η οποία θα είναι πολύ χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης και επομένως με υψηλά οικονομικά οφέλη.

5.4.5. Συνδυασμένες και Διάφορες Διεργασίες

Πλήρης απομάκρυνση των ρυπαντικών των ΥΑΕ δεν μπορεί να επιτευχθεί με την υιοθέτηση μιας μοναδικής διεργασίας. Η καύση και η συμπύκνωση με απόσταξη είναι αξιόπιστες αλλά σχετικά ακριβές και μεγάλης ενεργειακής κατανάλωσης. Οι αερόβιες διαδικασίες δεν είναι προτεινόμενες λόγω της μηχανικής ενέργειας, της υψηλής κατανάλωσης των θρεπτικών (να πιάσει μια αναλογία $BOD_5:N:P=100:5:1$ από $BOD_5:N:P=100:1:0,5$), της πολύ υψηλής παραγωγής εποχιακής λάσπης, η οποία πρέπει να απορριφθεί και του υψηλού κόστους κεφαλαίου. Η αναερόβια αποικοδόμηση είναι σχετικά ελκυστική από την ενεργειακή πλευρά αλλά έχει μακρύ χρόνο εκκίνησης και απαιτεί αραίωση των ΥΑΕ με νερό. Ο συνδυασμός διαφόρων διεργασιών είναι συχνά ο τρόπος για την βελτιστοποίηση της συνολικής διαδικασίας. Η πρώτη επεξεργασία, εάν επιλεγεί κατάλληλα, θα διευκολύνει τη δεύτερη, και έτσι θα οδηγηθούμε σε μια πιο αποτελεσματική επεξεργασία των αποβλήτων.

Οι δυσκολίες στην αναερόβια επεξεργασία των ΥΑΕ συνδέονται κυρίως με την παρουσία δύστροπων και παρεμποδιστικών ουσιών, κυρίως των λιπιδίων και των πολυφαινολών. Γι' αυτό το λόγο είναι απαραίτητη η προεπεξεργασία των ΥΑΕ για την αφαίρεση αυτών των ουσιών. Πειράματα σε εργαστηριακή κλίμακα έγιναν με σκοπό να προσδιορισθούν τύπος προεπεξεργασίας και συνθήκες ικανές για τη βελτιστοποίηση της αναερόβιας αποικοδόμησης των ΥΑΕ όσον αφορά την κινητική και την παραγωγή

μεθανίου. Η υπερδιήθηση, ακόμα και όταν επιτρέπει πολύ υψηλή αφαίρεση λιπιδίων και πολυφαινολών, δείχνει πολύ χαμηλή εκλεκτικότητα (πράγματι αφαιρέθηκαν επίσης μεγάλα ποσά βιοαποικοδομήσιμου COD). Η φυγοκέντρωση απεδείχθη προτιμότερη από την καθίζηση καταλήγοντας σε μικρότερους όγκους διαχωριζόμενων φάσεων. Έχει αναφερθεί ότι η διήθηση, η οξείωση και η αερόβια προεπεξεργασία (με τη βοήθεια του μύκητα *Aspergillus niger*) ήταν καλές λύσεις στα προβλήματα παρεμπόδισης και ακολούθως σε μία καλύτερη ζύμωση (Hamdi M. 1996)

Επίσης μια άλλη προεπεξεργασία που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον αρχικό καθαρισμό των ΥΑΕ είναι η οξονόλυση, με την οποία μειώνονται σημαντικά τα φαινολικά συστατικά, τα οποία είναι η βασικότερη αιτία τοξικότητας αυτών των αποβλήτων εναντίον των μεθανογόνων βακτηρίων. Το παραπάνω γεγονός αποδεικνύεται και από την αύξηση της παραγωγής μεθανίου στα προεπεξεργασμένα απόβλητα, σε σχέση με την παραγωγή μεθανίου μη επεξεργασμένων αποβλήτων (Benitez F.J. et al., 1997b).

Στην μελέτη των Filidei S. et al. (2003) τα ΥΑΕ προεπεξεργάστηκαν με δύο τρόπους. Στη μία περίπτωση χρησιμοποιήθηκε CaCO_3 και NH_3 , ενώ στην άλλη περίπτωση H_3PO_4 και $\text{Ca}(\text{OH})_2$ και φιλτράρισμα. Στη συνέχεια ακολούθησε αναερόβια ζύμωση, όπου η αποτελεσματικότητα του καθαρισμού ήταν καλύτερη στη δεύτερη περίπτωση (ολική αφαίρεση του άνθρακα: 60,38% και αφαίρεση πολυφαινολών: 20%) από ό,τι στην πρώτη (ολική αφαίρεση του άνθρακα: 34% και αφαίρεση πολυφαινολών: 12%). Ωστόσο στην πρώτη περίπτωση υπήρξε μεγαλύτερη παραγωγή μεθανίου (11,23L μεθανίου /L ζυμωτήρα) από ότι στη δεύτερη (7,76L μεθανίου /L ζυμωτήρα). Συμπερασματικά, η αναερόβια ζύμωση των ΥΑΕ, που έχουν προεπεξεργαστεί με H_3PO_4 και $\text{Ca}(\text{OH})_2$ και στη συνέχεια φιλτραριστεί δείχνει καλύτερη από την αναερόβια ζύμωση των ΥΑΕ, που έχουν προεπεξεργαστεί με CaCO_3 και NH_3 , χωρίς διαχωρισμό στερεών – υγρών.

Οι Borja et al. (1995, 1998) μελέτησαν την αναερόβια αποικοδόμηση ΥΑΕ, τα οποία προηγουμένως είχαν ζυμωθεί αερόβια με τρεις διαφορετικούς μικροοργανισμούς (*G.candidum*, *A.chroococcum* και *A. terreus*). Η αναερόβια διαδικασία αποικοδόμησης διεξήχθη σε βιοαντιδραστήρα, ο οποίος περιείχε τους μικροοργανισμούς ακινητοποιημένους. Η προεπεξεργασία των ΥΑΕ με αυτούς τους τρεις μικροοργανισμούς μείωσε σημαντικά το COD (63,3 – 74,5 – 74,0% αντίστοιχα) και το ολικό φαινολικό περιεχόμενο (65,6 – 90,0 – 94,3% αντίστοιχα), τα οποία είναι υπεύθυνα για τη φυτοτοξικότητά τους. Το γεγονός φάνηκε από την ενίσχυση της σταθεράς κινητικής, της αναερόβιας διαδικασίας αποικοδόμησης και από την αύξηση του συντελεστή απόδοσης της παραγωγής μεθανίου.

Ο Marques I. P. (2001) για να βελτιώσει την απόδοση της αναερόβιας αποδόμησης των ΥΑΕ, τα ανέμιξε με απόβλητα από χοιροστάσια, τα οποία μειώνουν την τοξικότητα των ΥΑΕ και τα προμηθεύουν με τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά, για να γίνει η αναερόβια ζύμωση. Πρέπει τα ΥΑΕ να αποτελούν το 80% του μίγματος, για μεγαλύτερη αποδοτικότητα και τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η διαδικασία μετέτρεψε το 70-80% του εισρέοντος COD ($20-60 \text{ kg COD/m}^3$), παρήγαγε $1-3 \text{ m}^3 / \text{m}^3 / \text{μέρα}$ βιοαερίου και ένα πιο σταθεροποιημένο εκρέον με ουδέτερο/βασικό pH. Η διαδικασία εξασφάλισε την αδρανοποίηση του εκρέοντος καθώς και μετατροπή του 50-70% του φαινολικού περιεχομένου. Το εναπομείναν χρώμα οφείλεται κυρίως στην παρουσία υψηλά πολυμερισμένων φαινολικών συστατικών, τα οποία δεν είναι γρήγορα βιοαποικοδομήσιμα. Ωστόσο, από τη στιγμή που αυτά τα υπολείματα δεν είναι τοξικά και οξειδώνονται σε χουμικό υλικό, το παραγόμενο προϊόν είναι περιβαλλοντικά ασφαλές και κατάλληλο για γεωργική άρδευση.

Γενικά οι φυσικοχημικές διαδικασίες χρησιμοποιήθηκαν και από πολλούς άλλους ερευνητές για την βελτίωση των χαρακτηριστικών των ΥΑΕ και την περαιτέρω επεξεργασία τους με βιολογική διαδικασία, είτε αερόβια, είτε αναερόβια. Στην πλειονότητα των μελετών, ο συνδυασμός των φυσικοχημικών και των βιολογικών διαδικασιών έχει θετικά αποτελέσματα στην αποτοξικοποίηση των ΥΑΕ (Bressan M. et al., 2004; Fiorentino A., 2004; Beccari M. et al., 2002; Benitez F.J., 1999 κ.α), ενώ υπήρξαν και περιπτώσεις με αρνητικά αποτελέσματα (πχ. Andreozzi R., 1998).

Το μεγαλύτερο πρόβλημα στην υπερδιήθηση των υγρών αποβλήτων είναι το φράξιμο των μεμβρανών, που μειώνει δραστικά την αποτελεσματικότητα της διείσδυσης και επίσης αλλάζει την επιλεκτικότητα της μεμβράνης. Στην μελέτη των Turano E. et al. (2002) χρησιμοποιήθηκε μια διαδικασία προεπεξεργασίας για να μειωθεί το φράξιμο των μεμβρανών και να αυξηθεί η αποτελεσματικότητα της υπερδιήθησης, που διαχωρίζει τα εν αιωρήσει στερεά από τα απόβλητα. Γι' αυτό το σκοπό επιλέχθηκε η φυγοκέντρωση, της οποίας η απλότητα και η δυνατότητα λειτουργίας μόνο μηχανικά (χωρίς καμιά χημική αλλαγή) αποτελούν πλεονεκτήματα αυτής της τεχνικής έναντι άλλων. Αν χρησιμοποιηθούν προεπεξεργασμένα με φυγοκέντρωση ΥΑΕ, τότε μπορεί να γίνει ανάκτηση της διαπερατότητας της μεμβράνης της υπερδιήθησης κατά 83%, ενώ μόνο το 37% ανακτάται με την υπερδιήθηση μη επεξεργασμένων ΥΑΕ. Επίσης αν χρησιμοποιηθούν μη προεπεξεργασμένα ΥΑΕ, ο χρόνος ζωής της μεμβράνης υπερδιήθησης περιορίζεται σε έναν κύκλο ζωής.

Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν μια σημαντική μείωση της ρύπανσης των αποβλήτων κατά 80% για τα εν αιωρήσει στερεά και την τέφρα και κατά 90% για το COD. Ωστόσο, παρόλο που η μείωση του COD είναι σημαντική το τελικό διήθημα έχει ακόμη μια υψηλή για την Ευρωπαϊκή νομοθεσία, τιμή (περίπου 5.000 mg O₂/l), και χρειάζεται περαιτέρω επεξεργασία. Το διήθημα είναι ελεύθερο ελαίου και αποτελείται μόνο από σάκχαρα (2-12g/l), ανόργανα άλατα (3-8 g/l) και πολυφαινόλες (0,2-0,3 g/l). Οι τελευταίες μπορούν είτε να μετατραπούν, με τη βοήθεια ακινητοποιημένων ενζύμων σε βιοαντιδραστήρα μεμβράνης, με αποτέλεσμα τη μείωση του ρυπαντικού φορτίου του διηθήματος, είτε να ανακτηθούν και να χρησιμοποιηθούν για την υψηλή αντιοξειδωτική δράση τους. Αντίθετα, το παραμένον στη μεμβράνη υλικό, έχοντας χάσει το περιεχόμενο σε πολυφαινόλες, έχει μειωθεί και η φυτοτοξικότητά του, οπότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν λίπασμα, μετά από ενζυματική επεξεργασία για την παραγωγή χουμικών ουσιών.

Σε μια άλλη έρευνα, δείγματα ΥΑΕ προερχόμενα από το παραδοσιακό σύστημα πίεσης και από το σύστημα φυγοκέντρησης τριών φάσεων διαχωρίστηκαν με εξάτμιση σε ένα διαυγές ρευστό (80-90% του αρχικού όγκου) από τη συμπύκνωση των ατμών και σε ένα υπόλειμμα, στο οποίο συμπυκνώθηκε περίπου το 98% του οργανικού φορτίου. Η ανάλυση των συμπυκνωμένων ατμών έδειξε την απουσία πολυφαινολών, οι οποίες παρέμειναν στο υπόλειμμα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα οι συμπυκνωμένοι ατμοί να μπορούν να καθαριστούν στη συνέχεια με κάποια παραδοσιακή βιολογική μέθοδο (Vitulo S. et al., 1999).

Στην ίδια μελέτη προσδιορίστηκε η θερμιδική αξία της ελαιοπυρήνας (13.825kJ/kg) και των υπολειμμάτων (9991kJ/kg) της εξάτμισης ΥΑΕ προερχόμενα από το παραδοσιακό σύστημα πίεσης και η θερμιδική αξία των υπολειμμάτων (4047kJ/kg) της εξάτμισης ΥΑΕ προερχόμενα από το σύστημα φυγοκέντρησης τριών φάσεων. Υλοποιήθηκαν επίσης τέστ πυρόλυσης και καύσης, τα οποία μαζί με τον προσδιορισμό της θερμιδικής αξίας βοηθούν στην αποτίμηση της δυναμικότητας του καυσίμου. Τα τεστ έδειξαν ότι η ελαιοπυρήνα έχει μεγαλύτερη δυναμικότητα σαν καύσιμο σε σχέση με τα συμπυκνωμένα υπολείμματα. Αυτό υποδεικνύει ότι ένα μίγμα των δύο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν αποτελεσματικό καύσιμο, για να προμηθεύσει τη θερμότητα που απαιτείται για την εξάτμιση.

Μία ολοκληρωμένη βιοτεχνολογική διαδικασία παρουσιάζεται και στη μελέτη των Fiestas Ros de Ursinos J.A. & Borja-Padilla R. (1996). Ξεκινώντας από την υπόθεση ότι περίπου το 80% των οργανικών συστατικών είναι βιομεθανοποιήσιμο, η μελέτη στράφηκε στην εφαρμογή της διαδικασίας αναερόβιας ζύμωσης. Αυτή θα μπορούσε να παράγει 37m³ μεθανίου για κάθε m³ υγρού αποβλήτου, με μια απόδοση ενέργειας των 325KWh. Από

αυτήν το 30% μπορεί να μετατραπεί σε ηλεκτρική ενέργεια και το 63% σε θερμική ενέργεια, με τη βοήθεια μονάδων συμπαραγωγής. Το σύστημα που περιγράφεται αναπτύχθηκε για την επεξεργασία των ΥΑΕ και βασίζεται στην διαδοχική εφαρμογή των παρακάτω διεργασιών:

- Βιομετατροπή
- Βιομεθανοποίηση
- Αερόβια βιολογική επεξεργασία

Βιομετατροπή: ο βασικός σκοπός αυτής της διαδικασίας είναι η ανάκτηση του ελαιολάδου, το οποίο έχει γαλακτωματοποιηθεί με τα ΥΑΕ και η μείωση των φαινολικών συστατικών που παρεμποδίζουν τις διαδικασίες βιολογικής επεξεργασίας του υγρού αποβλήτου. Με τη βιομετατροπή επιτυγχάνεται: α)ο σχηματισμός μιας λιποπρωτεϊνικής βιομάζας, η οποία συγκρατεί πρακτικά όλο το ελαιόλαδο το οποίο συνήθως χάνεται στα υγρά απόβλητα, β)η μείωση του φαινολικού περιεχομένου κατά 60-70%, γ)η μείωση του COD κατά 40-50% και δ)η εξάλειψη των εν αιωρήσει στερεών, των κολλοειδών ουσιών και μερικών από τα ανόργανα άλατα. Η διαδικασία λαμβάνει χώρα στην αερόβια φάση, με προηγούμενη προσθήκη λυοφιλωμένου ενζύμου. Η λιποπρωτεϊνική βιομάζα ($50-60\text{kg}/\text{m}^3$) διαχωρίζεται με μετάγγιση και φυγοκέντρωση, ενώ η μέση σύστασή της είναι: Υγρασία 60%, Λιπίδια 7% (ελαιόλαδο), Πρωτείνες 10%, Υδατάνθρακες 11% και Ανόργανη ύλη 12%.

Βιομεθανοποίηση: για την περίπτωση των ΥΑΕ οι συνθήκες λειτουργίας και τα εξαγόμενα προϊόντα του ζυμωτήρα είναι: Θερμοκρασία $35-37^\circ\text{C}$, Πυκνότητα φορτίου $7-8\text{kg COD}/\text{m}^3$ ζυμωτήρα/μέρα, Υδραυλικός χρόνος παραμονής 5 μέρες, Παραγωγή βιοαερίου $12-16\text{m}^3/\text{m}^3$ ΥΑΕ/μέρα και Αποδοτικότητα καθαρισμού 75-80%.

Αερόβια βιολογική επεξεργασία: αυτή η διαδικασία εφαρμόζεται για τη μείωση του εναπομείναντος υψηλού COD του αναερόβιου εκρέοντος. Ο υδραυλικός χρόνος παραμονής είναι 3-5 μέρες και η αποδοτικότητα καθαρισμού 40-50%. Τα χαρακτηριστικά του επεξεργασμένου ΥΑΕ είναι: BOD_5 200ppm, COD 3.000ppm, TSS 400ppm, pH 8,4, Αγωγιμότητα $9\text{mS}/\text{cm}$, N 125 ppm, P 10 ppm, K 2.000 ppm και Θείο 600 ppm. Τα χαρακτηριστικά αυτά το καθιστούν κατάλληλο για γεωργική χρήση.

Μία ολοκληρωμένη μέθοδος πρόληψης της ρύπανσης, δοκιμασμένη σε πιλοτική μονάδα, παρουσιάζεται στη μελέτη των Vlyssides A.G. (2004). Σύμφωνα με αυτή τη μέθοδο, στην διαδικασία φυγοκέντρωσης τριών φάσεων προστίθεται το στάδιο της αφαίρεσης των πυρήνων πριν το στάδιο της μάλαξης. Αυτό οδηγεί σε μια μείωση 50% του προστιθέμενου νερού και μια ακόλουθη μείωση 50% των υγρών αποβλήτων που

προκύπτουν. Επιπρόσθετα, υπάρχει μια αύξηση 1,5x στην δυναμικότητα του ελαιουργείου και μια μείωση 50% των στερεών αποβλήτων, με επακόλουθη μείωση της ποσότητας του ελαιολάδου που απορροφείται από αυτά.

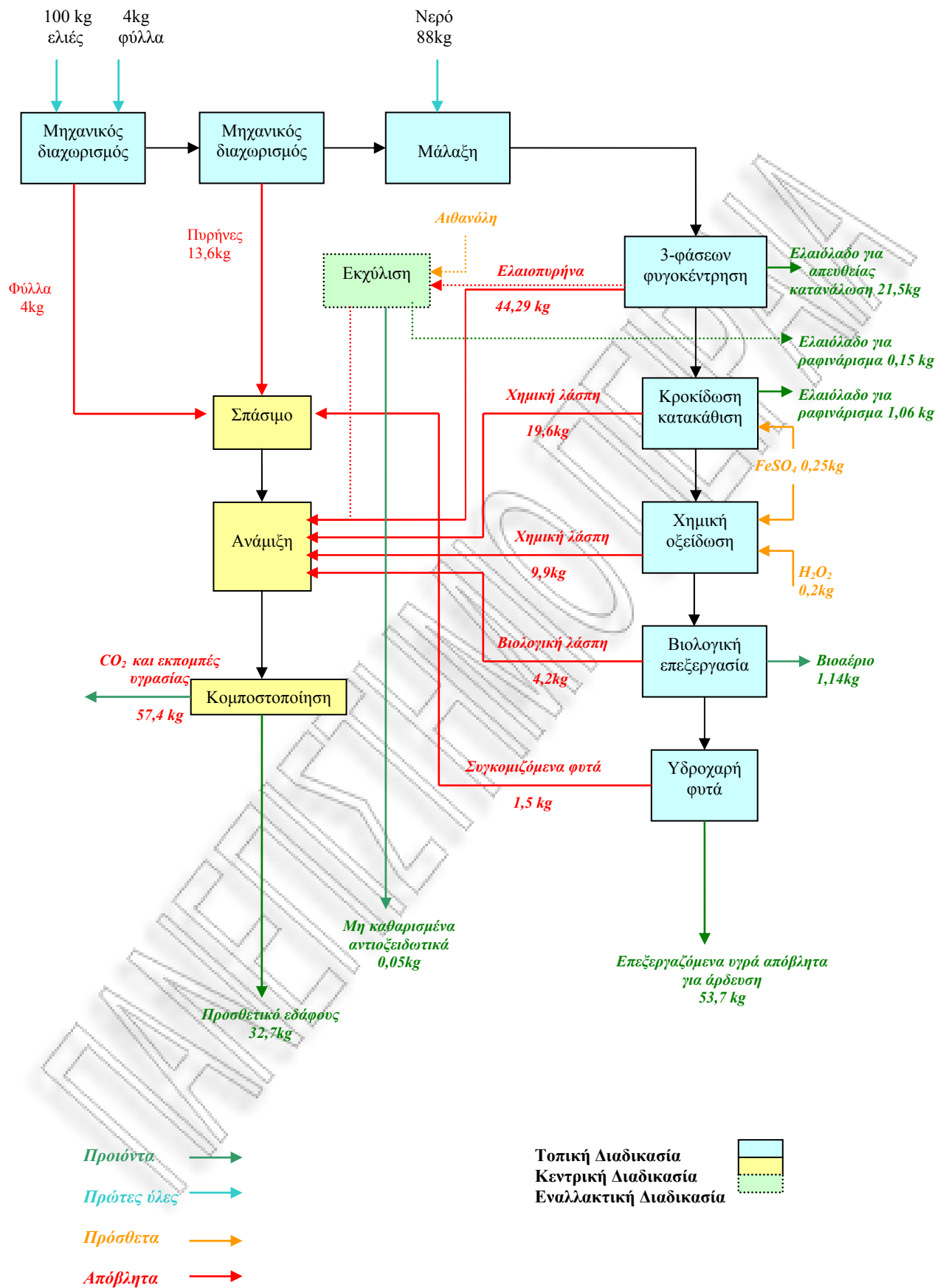
Η ελαιοπυρήνα που προκύπτει από τη διαδικασία φυγοκέντρησης τριών φάσεων είναι κατάλληλη για την αποτελεσματική εξαγωγή των εμπορικών αντιοξειδωτικών, με τη χρήση αιθανόλης. Η παραπάνω εφαρμογή της εξαρτάται από την εμπορική αξία των αντιοξειδωτικών και γι' αυτό παρουσιάζεται σαν εναλλακτική διαδικασία στην παραπάνω μέθοδο.

Τα παραγόμενα υγρά απόβλητα είναι λιγότερα κατά 50% από τα αντίστοιχα της διαδικασίας φυγοκέντρησης τριών φάσεων, αλλά το ρυπαντικό φορτίο τους είναι 1,2-1,5 φορές μεγαλύτερο. Τα ΥΑΕ επεξεργάζονται με την εφαρμογή της οξειδωτικής διαδικασίας Fenton ($\text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{HO}\cdot$), οπότε μειώνεται το ρυπαντικό τους φορτίο. Στη συνέχεια οι παραδοσιακές βιολογικές επεξεργασίες είναι αποδοτικές και οικονομικά εφικτές. Επιπρόσθετα, περαιτέρω επεξεργασία με υδροχαρή φυτά, μπορεί να τα καταστήσει εντελώς ανακυκλώσιμα.

Τα στερεά απόβλητα της προτεινόμενης μεθόδου είναι οι λάσπες που παράγονται στη φυγοκέντρηση, οι χημικοοργανικές λάσπες που παράγονται στην οξειδωτική διαδικασία, οι λάσπες που παράγονται στην βιολογική επεξεργασία, τα φύλλα των ελαιόδενδρων, οι πυρήνες και τα υπολείμματα από τα υδροχαρή φυτά. Αυτά τα στερεά απόβλητα συλλέγονται, αναμιγνύονται, πιέζονται και στέλνονται σε μια μονάδα κομπόστ για την παραγωγή ενός οικολογικού προσθετικού εδάφους με πολύ καλές θρεπτικές ιδιότητες.

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα της προτεινόμενης μεθόδου είναι ο μηχανικός διαχωρισμός του πυρήνα πριν την εξαγωγή του ελαίου, η χρήση των πυρήνων σαν υπόστρωμα κομποστοποίησης που καταλήγει σε κομπόστ με 40% περισσότερο άζωτο και φώσφορο και το γεγονός ότι οι αποτοξικοποιημένες λάσπες είναι πιο κατάλληλες για την διαδικασία κομποστοποίησης, εξαιτίας της παρουσίας περισσότερων βιοαποικοδομήσιμων συστατικών.

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται όλη η μέθοδος, καθώς και τα ισοζύγια μάζας όλων των προϊόντων και παραπροϊόντων, ενώ στον Πίνακα 13 παρουσιάζονται κάποιες άλλες μελέτες με συνδυασμένες τεχνικές για τον καθαρισμό των ΥΑΕ:



Διάγραμμα 4 : Ολοκληρωμένη μέθοδος πρόληψης της ρύπανσης (Vlyssides A.G. 2004).

ΠΙΝΑΚΑΣ 13: Συνδυασμένες τεχνικές για τον καθαρισμό των ΥΑΕ

Αναφορά	Προεπεξεργασία	Επεξεργασία	Αποτέλεσμα	Παρατηρήσεις
Oukili et al., 2001	Ταυτόχρονη επεξεργασία με H ₂ O ₂ σαν οξειδωτικό και άργιλλο σαν ροφητικό		87% μείωση των πολυφαινολών και κατ'επέκταση αποχρωματισμός και 66% μείωση του COD	Μπορεί να ακολουθήσει άλλη διαδικασία (π.χ. βιολογική) για ολικό αποχρωματισμό
Drouiche et al., 2004	Υπερδύθηση	AOP: UV/ H ₂ O ₂	Τέλειος αποχρωματισμός και σημαντική μείωση στα COD, TOC και TSS σε σύντομο χρονικό διάστημα (περίπου 1,5 ώρες για όλη τη διαδικασία)	94% μείωση των ρυπαντών μετά την υπερδύθηση
Kestioglu et al., 2005	Οξική διάσπαση με θειικό οξύ	Κροκίδωση με Al ₂ (SO ₄) ₃ .18H ₂ O	94-95% αφαίρεση του COD (COD εκρέοντος= 11.200 mg/L) και 90-91% αφαίρεση των ολικών φαινολών	Δημιουργία τεράστιων ποσοτήτων λάσπης που απαιτούν πρόσθετο εξοπλισμό αφαίρεσης νερού
	Οξική διάσπαση με θειικό οξύ	Κροκίδωση με FeCl ₃ .6H ₂ O	94-95% αφαίρεση του COD (COD εκρέοντος= 9.600 mg/L) και 90-91% αφαίρεση των ολικών φαινολών	Δημιουργία τεράστιων ποσοτήτων λάσπης που απαιτούν πρόσθετο εξοπλισμό αφαίρεσης νερού
	Οξική διάσπαση με θειικό οξύ + κροκίδωση με FeCl ₃ .6H ₂ O	AOP : O ₃ /UV	98% αφαίρεση του COD (COD εκρέοντος= 4.560 mg/L) και 99% αφαίρεση των ολικών φαινολών	Αρκετά πιο φθηνός συνδυασμός από τον επόμενο, ενώ δεν απαιτείται ρύθμιση του pH
	Οξική διάσπαση με θειικό οξύ + κροκίδωση με FeCl ₃ .6H ₂ O	AOP : H ₂ O ₂ /UV	99% αφαίρεση του COD (COD εκρέοντος= 3.800 mg/L) και των ολικών φαινολών	Δυνατότητα διοχέτευσης του εκρέοντος στους κοινούς αγωγούς υπονόμου, που καταλήγουν στη δημόσια μονάδα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, αφού συμφωνεί με τους Κανονισμούς Ελέγχου Ρύπανσης Νερού στην Τουρκία (COD έως 4.000 mg/L)
Angelidaki I. et al., 1997	Συνδυασμένη αναερόβια ζύμωση ΥΑΕ μαζί με κοπριά, οικιακά απόβλητα ή λάσπη υπονόμων		Ζύμωση με κοπριά: θεωρητική χρησιμοποίηση των ΥΑΕ της τάξεως του 75% και ~ 87% μείωση του περιεχομένου λιπιδίων των ΥΑΕ Ζύμωση με οικιακά απόβλητα: θεωρητική χρησιμοποίηση των ΥΑΕ της τάξεως του 55% και ~ 73% μείωση του περιεχομένου λιπιδίων των ΥΑΕ	Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η υψηλή ικανότητα ουδετεροποίησης της κοπριάς, μαζί με την ύπαρξη πολλών βασικών θρεπτικών, κάνουν δυνατή την αποικοδόμηση των ΥΑΕ, χωρίς προηγούμενη διάλυση, χωρίς αύξηση της αλκαλικότητας και χωρίς την προσθήκη εξωτερικής πηγής αζώτου

Σε πείραμα που διεξήχθη σε μια συνεχή εργαστηριακή μονάδα, επιβεβαιώθηκε ότι η προεπεξεργασία των ΥΑΕ με τη βοήθεια της ρόφησης σε μπεντονίτη υπό βέλτιστες συνθήκες, επιτρέπει υψηλές αποδόσεις βιομεθανοποίησης, ακόμα και σε μικρές αναλογίες αραίωσης. Ένα τέτοιο αποτέλεσμα εξαρτάται από το διπλό ρόλο του μπεντονίτη ο οποίος ροφά παρεμποδιστές (κυρίως λιπίδια) κατά την προεπεξεργασία και έπειτα είναι ικανός να απελευθερώσει αργά τα ροφημένα βιοαποικοδομήσιμα υλικά κατά τη διάρκεια της βιολογικής διαδικασίας. Ένα μεγάλο ποσοστό (περίπου 80%) του φαινολικού κλάσματος κάτω από 500Da, αφαιρείται στο στάδιο της μεθανογένεσης, ενώ ένα σημαντικό ποσοστό του φαινολικού κλάσματος πάνω από 1000 Da ροφάται από τον μπεντονίτη.

Η μεταεπεξεργασία αυτού του εκρέοντος με τη χρήση αερόβιου αντιδραστήρα οδηγεί σε αφαίρεση ενός σημαντικού κλάσματος (40%) από τα εναπομείνοντα φαινολικά συστατικά. Αυτή η επεξεργασία ήταν αποτελεσματική κυρίως εναντίον του φαινολικού κλάσματος κάτω από 500 Da (ποσοστό αφαίρεσης: περίπου 81%). Συμπερασματικά, το τελικό εκρέον περιείχε λιγότερο από 4% φαινολικών ουσιών κάτω από 500 Da, που βρισκόνταν αρχικά στα μη επεξεργασμένα ΥΑΕ. Λαμβάνοντας υπόψη ότι όσο μικρότερου μοριακού βάρους είναι τα φαινολικά συστατικά, τόσο μεγαλύτερη τοξικότητα παρουσιάζουν στη βλάστηση των σπόρων, το εκρέον από την αναερόβια ζύμωση και ακόμη περισσότερο το αντίστοιχο από την αερόβια μεταεπεξεργασία, μπορεί να διασκορπιστεί σε καλλιεργούμενα εδάφη χωρίς κανένα ρίσκο.

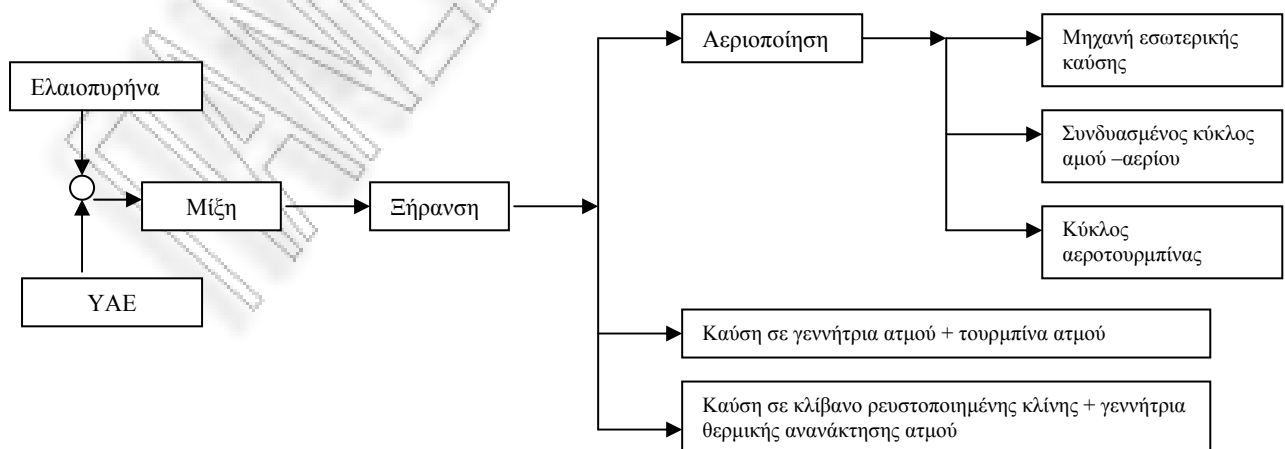
Σύμφωνα με τα παραπάνω αποτελέσματα της μελέτης και από προηγούμενες μελέτες, μια ολοκληρωμένη διαδικασία για την επεξεργασία των ΥΑΕ μπορεί να προταθεί, βασιζόμενη σε α)χημικοφυσική προεπεξεργασία με μπεντονίτη, β)αναερόβια ζύμωση και γ)αερόβια μεταεπεξεργασία (Beccari M. et al., 2002).

Μια ερευνητική ομάδα στο Πανεπιστήμιο Valladolid, στην Ισπανία, ανέπτυξε το σχέδιο του "ολοκληρωμένου ελαιουργείου" (IOM), κυρίως με σκοπό να λύσει τα οικολογικά προβλήματα. Αυτή η μονάδα ξηραίνει τα ανεπεξέργαστα 2POMW με μηχανικό τρόπο, μέχρι 50% υγρασία και εκχυλίζει το εναπομείναν έλαιο. Η διεργασία IOM αριστοποιεί την αξιοποίηση της ενέργειας, εξοικονομώντας ενέργεια με χρήση των πυρήνων σαν καύσιμο και με ανάκτηση της θερμότητας των αποβλήτων για εσωτερική χρήση. Στη συνέχεια τα ελεύθερα ελαίου 2POMW επεξεργάζονται για χρήση των υγρών εκρεόντων στην άρδευση των ελαιώνων και προώθηση της λάσπης στην κομποστοποίηση ή στη βιομηχανία ζωοτροφών. Εναλλακτικά, είναι δυνατή η μείωση των υγρών εκρεόντων σε λεκάνες εξάτμισης (Azbar et al., 2004).

Όπως φαίνεται λοιπόν από τα παραπάνω η ξεχωριστή επεξεργασία των ΥΑΕ και της ελαιοπυρήνας έχει εφαρμοστεί πολλές φορές. Ωστόσο θα μπορούσε να γίνει συνδυασμένη επεξεργασία των ΥΑΕ και της ελαιοπυρήνας σε μια μονάδα. Η μονάδα επεξεργασίας μπορεί να είναι κεντρική ώστε να εξυπηρετεί ένα μεγάλο αριθμό ελαιοτριβείων, αποκτώντας προνόμια λόγω οικονομίας κλίμακος. Διαφορετικά ένας αριθμός από μικρού μεγέθους μονάδες επεξεργασίας μπορεί να αναπτυχθεί, η κάθε μία από τις οποίες να εξυπηρετεί ένα ελαιοτριβείο, με εξοικονόμηση κυρίως σε κόστος μεταφορών. Μπορούν να προσδιοριστούν τέσσερις θεμελιώδεις προσεγγίσεις για την επεξεργασία των αποβλήτων των ελαιοτριβείων, όπως φαίνονται στο παρακάτω σχήμα (Caruto et al., 2003).

Μέγεθος μονάδας διάθεσης	Μικρό	Αποκεντρωμένη και ξεχωριστή Τα ΥΑΕ και η ελαιοπυρήνα επεξεργάζονται χωριστά σε διαφορετικές μονάδες που λειτουργούν στα ελαιοτριβεία	Αποκεντρωμένη και συνδυασμένη Τα ΥΑΕ και η ελαιοπυρήνα επεξεργάζονται μαζί στην ίδια μονάδα που λειτουργεί στο κάθε ένα ελαιοτριβείο.
	Μεγάλο	Κεντρική και ξεχωριστή Τα ΥΑΕ και η ελαιοπυρήνα επεξεργάζονται χωριστά σε διαφορετικές μονάδες που λειτουργούν σε ένα κεντρικό κτίριο επεξεργασίας, που εξυπηρετεί αρκετά ελαιοτριβεία	Κεντρική και συνδυασμένη Τα ΥΑΕ και η ελαιοπυρήνα επεξεργάζονται μαζί στην ίδια μονάδα που λειτουργεί σαν κεντρικό κτίριο επεξεργασίας για αρκετά ελαιοτριβεία
		Χαμηλή	Υψηλή
Βαθμός ενοποίησης διαδικασιών για την επεξεργασία των ΥΑΕ και της ελαιοπυρήνας			

Στη μελέτη των Caruto et al. (2003) αναλύονται λύσεις διάθεσης αποβλήτων προς ενέργεια βασισμένες σε μια κεντρική και συνδυασμένη προσέγγιση, η οποία στηρίζεται σε τεχνολογίες αεριοποίησης ή καύσης (Σχήμα).



Διάγραμμα 5: Συνδυασμένη προσέγγιση για τη διάθεση των αποβλήτων των ελαιοτριβείων

Επίσης, οι Jurado et al. (2003) πρότειναν την αεριοποίηση των 2POMW για παραγωγή ενέργειας. Η αεριοποίηση είναι μια μέθοδος, η οποία μετατρέπει τη στερεή βιομάζα σε συνθετικό αέριο (που καλείται “syngas”), ένα μείγμα από CO και H₂. Το συνθετικό αέριο, μπορεί στη συνέχεια να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή σημαντικών χημικών προϊόντων όπως τα CH₃OH και NH₃ και για την προετοιμασία συνθετικού καυσίμου.

6.5. Ανακύκλωση και ανάκτηση χρήσιμων συστατικών

Η Ευρωπαϊκή Οδηγία 91/156/EEC για τα απόβλητα διαπιστώνει ότι προκειμένου να επιτευχθεί ένα υψηλό επίπεδο περιβαλλοντικής προστασίας, τα Κράτη Μέλη, ταυτόχρονα με την ανάληψη δράσης για την εξασφάλιση της απομάκρυνσης και ανάκτησης των αποβλήτων, πρέπει να λάβουν μέτρα για τον περιορισμό των αποβλήτων, κυρίως προωθώντας καθαρές τεχνολογίες και προϊόντα που μπορούν να ανακυκλωθούν και να επαναχρησιμοποιηθούν, λαμβάνοντας υπόψη τις υπάρχουσες ή εν δυνάμει δυνατότητες της αγοράς για τα ανακτημένα απόβλητα.

Το περιεχόμενο οργανικό φορτίο είναι 15-18%, το οποίο συνεπάγεται μια ετήσια παραγωγή των 1,5-1,8 εκατομμυρίων τόνων ουσιών, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν πρώτη ύλη είτε για την ανάκτηση χρήσιμων φυσικών συστατικών, είτε παραπροϊόντων, είτε σαν καλλιέργεια από την οποία θα αναπτυχθούν μικροοργανισμοί για νέα προϊόντα. Μέχρι τη δεκαετία των '70 η πίεση της ρύπανσης προώθησε μελέτες για τη μετατροπή των ΥΑΕ σε χρήσιμα προϊόντα, όπως λιπάσματα, ζωοτροφές, ένα υπόστρωμα για ζύμωση απλής πρωτεΐνης (SCP) και ενζύμων, παραγωγή αλκοόλης (αιθανόλης, βουτανόλης, μανιτόλης), βιοαερίου, κ.λ.π. Πρόσφατα, έχουν αναπτυχθεί πολλές τεχνικές για την αποτελεσματική και οικονομική εκχύλιση των αντιοξειδωτικών.

Η χρήση της διαδικασίας δύο φάσεων δημιούργησε ένα νέο παραπροϊόν (2POMW) και μεγάλα ποσά αυτού του απόβλητου παράγονται ήδη (Aragon et al., 2000), κυρίως στην Ισπανία (~ 3,5-6 εκατομμύρια τόνοι ημερησίως), όπου έλαβε χώρα μια μαζική αλλαγή από την παραδοσιακή διαδικασία τριών φάσεων στη νέα διαδικασία δύο φάσεων. Η μαζική παραγωγή αυτού του παραπροϊόντος ενέτεινε τις προσπάθειες για να βρεθούν πιθανές χρήσεις και να μειωθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις (EU project: FAIR CT96-1420 “IMPROLIVE”).

Όσον αφορά τα στερεά απόβλητα των ελαιουργείων, υπάρχει ήδη ένας μεγάλος αριθμός χρήσεων. Η βασική χρήση είναι σαν καύσιμο και οικιακό και βιομηχανικό. Άλλες χρήσεις περιλαμβάνουν χρήση σαν λίπασμα και σαν υλικό κατασκευής.

6.5.1. Χρησιμοποίηση σαν λίπασμα

Η θρεπτική επίδραση των μικροβιακώς επεξεργασμένων ΥΑΕ ελέγχθηκε σε φυτά *Trifolium* (Vassilev et al., 1998). Τα ΥΑΕ με προσθήκη Ν και Mg χρησιμοποιήθηκαν σαν υπόστρωμα σε μια διαδικασία ζύμωσης, με ένα οξεοπαραγωγικό στέλεχος του *Aspergillus niger*. Ο τελευταίος μείωσε το φαινολικό περιεχόμενο του απόβλητου στο 59% του αρχικού ποσού και χαμήλωσε το pH του. Η ευεργετική επίδραση των μικροβιακώς επεξεργασμένων ΥΑΕ ήταν εμφανής από τον πρώτο κύκλο της σοδειάς. Αρκετοί τύποι ΥΑΕ με ή χωρίς την προσθήκη ορυκτού φωσφόρου, μικροβιακώς επεξεργασμένα ή μη, εξετάστηκαν σε θερμοκήπιο για τη θρεπτική τους ικανότητα σε καλλιέργεια σιταριού (*Triticum durum*). Τα πιο ευεργετικά αποτελέσματα προέκυψαν με την χρήση των μικροβιακώς (με κύτταρα *Aspergillus niger*) επεξεργασμένων ΥΑΕ, που ήταν εμπλουτισμένα με ορυκτό φώσφορο. Τα φυτά έδειξαν μια αύξηση στη βιομάζα του σπόρου, στον αριθμό των στάχων και στο βάρος της ψίχας (Cereti C.F. et al., 2004).

Αποτελέσματα από πειράματα αγρού και γλάστρας με τη χρήση κομπόστ από ΥΑΕ σε διάφορες καλλιέργειες έδειξαν ότι οι παραγωγές που αποκτήθηκαν με την οργανική λίπανση είναι ίδιες και καμιά φορά υψηλότερες από αυτές που αποκτήθηκαν με ένα ισορροπημένο ανόργανο λίπασμα. Μια σύγκριση μεταξύ των μακρο και μικροθρεπτικών περιεχομένων των φυτών που καλλιεργήθηκαν με οργανικά ή ανόργανα λιπάσματα δεν έδειξε γενικά σημαντικές διαφορές. Ωστόσο αξίζει να αναφερθούν οι περιπτώσεις του σιδήρου και του μαγγανίου, τα οποία βρίσκονταν σε μεγαλύτερες ποσότητες στα φυτά που λιπαίνονταν με κομπόστ και των οποίων η βιοδιαθεσιμότητα μπορεί να αυξάνεται λόγω των εδαφικών χουμικών συμπλόκων που περιέχονται στα οργανικά λιπάσματα, τα οποία προέρχονται από τα ΥΑΕ (Cegarra et al., 1996).

Οι Tomati et al (1996) παρήγαγαν λιπάσματα από την κομποστοποίηση των ΥΑΕ. Η αερόβια βιοεπεξεργασία των ΥΑΕ παράγει ένα υψηλής ποιότητας κομπόστ, που χαρακτηρίζεται από μια σημαντική παρουσία θρεπτικών, κυρίως οργανικά δεσμευμένο άζωτο (1,5-3%), ένα καλό επίπεδο χουμοποίησης (βαθμός χουμοποίησης =78%, περιεχόμενο χουμοποίησης =0,28) και από την απουσία φυτοτοξικότητας. Η γεωπονική αξία ενός κομπόστ που αποκτιέται έτσι, αποτιμήθηκε και με το τεστ της καλλιέργειας. Πειράματα αγρού που έγιναν σε καλαμπόκι έδειξαν ότι το κομπόστ όταν προστίθεται πριν τη σπορά σε ποσά 60-90 κιλά ανά εκτάριο (ισοδύναμο με μια λίπανση με βάση το οργανικό υλικό) είναι ικανό να μειώσει την ανάγκη για χημική λίπανση. Η ίδια ποσότητα υποστήριξε τις θρεπτικές ανάγκες σίκαλης και περιβολίσσιων φυτών. Η προσθήκη κομπόστ ενέτεινε και την εδαφική κατανάλωση οξυγόνου και την παραγωγή του αζώτου στον αγρό.

Το προϊόν που προκύπτει από τη μέθοδο Μπαλή (βιολίπασμα) εφαρμόστηκε σε καλλιέργειες ελιάς, αμπελιού και πατάτας, στην περιοχή της Μεσσηνίας και τα αποτελέσματα ήταν πολύ ενθαρρυντικά (Chatjiravlidis I. et al., 1996). Όσον αφορά την εφαρμογή του βιολιπάσματος στην ελιά, αυτό δεν είχε καμιά φυτοτοξική ή άλλη άμεση παρενέργεια στα ελαιόδενδρα, ενώ οι αποδόσεις των δένδρων ήταν εφάμιλλες εκείνων που είχαν δεχθεί τη συμβατική χημική λίπανση. Στην περίπτωση του αμπελιού υπάρχει σαφής υπεροχή στις αποδόσεις των πρέμνων που δέχθηκαν βιολίπασμα έναντι των πρέμνων του μάρτυρα αλλά, ως ένα μικρό βαθμό, και έναντι των πρέμνων που δέχθηκαν χημική λίπανση. Τέλος όσον αφορά την πατάτα, η προσθήκη βιολιπάσματος είχε ευεργετικά αποτελέσματα στη βελτίωση των αποδόσεων. Η προκατεργασία του χέρσου εδάφους με υπερβολικά υψηλές δόσεις βιολιπάσματος είχε αρνητική επίδραση στην απόδοση της πατάτας. Η παρατήρηση αυτή έχει ιδιαίτερη σημασία, διότι δείχνει σαφώς ότι πρέπει να υπάρχει άριστη δόση εφαρμογής, πέραν της οποίας οι επιπλέον ποσότητες μπορεί να έχουν, βραχυπρόθεσμα τουλάχιστον, αρνητικές επιπτώσεις στην απόδοση.

Οι Paredes et al., 2005 μελέτησαν την καταλληλότητα των ΥΑΕ για κομποστοποίηση, με την προσθήκη ΥΑΕ σε μείγμα αποβλήτων βαμβακιού και αστικής λάσπης και σύγκριναν το προκύπτον κομπόστ με άλλο παρόμοιας σύστασης, χωρίς όμως ΥΑΕ και με ανόργανα λιπάσματα. Η προσθήκη του κομπόστ στο έδαφος δεν οδήγησε σε φυτοτοξικά αποτελέσματα σε φυτά Swiss chard (*Beta vulgaris*), οδηγώντας σε σοδειά παρόμοια με αυτή των κομπόστ χωρίς ΥΑΕ και των ανόργανων λιπασμάτων και σε βελτίωση των χημικών και φυσικοχημικών ιδιοτήτων του εδάφους. Οι θετικές επιπτώσεις στην γονιμότητα του εδάφους αυξήθηκαν με την αύξηση των δόσεων εφαρμογής των κομπόστ από ΥΑΕ. Ωστόσο, οι υψηλότερες δόσεις του κομπόστ από ΥΑΕ (60 τόνους / εκτάριο) αύξησε την εδαφική αλατότητα, κυρίως εξαιτίας των ιόντων Cl^- και Na^+ , και αυτό μπορεί να είναι το σημαντικότερο πρόβλημα της χρήσης των κομπόστ από ΥΑΕ σε υψηλές δόσεις στο έδαφος.

Τα 2POMW μπορούν επίσης να έχουν ρόλο λιπάσματος, εξασφαλίζοντας ότι μπορούν να αποτοξικοποιηθούν, για παράδειγμα μέσω της βιοδιόρθωσης με σπάσιμο των τοξικών φαινολικών συστατικών. Τα αποτελέσματα της εφαρμογής των 2POMW στην ανάπτυξη των φυτών και στα φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά του εδάφους έχουν εκτιμηθεί από τον Jones C.E. et al. (1998, 1999) (Niaounakis M. et al., 2004). Λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης, η χρησιμοποίηση των 2POMW σαν οργανικό πρόσθετο φαίνεται πιθανή. Αυτή η πρακτική θα μπορούσε να εξασφαλίσει μια

ενδιαφέρουσα λύση για αυτό το παραπροϊόν οδηγώντας σε μια βιώσιμη ανάπτυξη της ελαιουργίας.

Επίσης εξετάστηκαν οι επιδράσεις της φυλλικής λίπανσης με ένα παραπροϊόν της διαδικασίας φυγοκέντρωσης δύο φάσεων σε διάφορες δόσεις, στην παραγωγή και την ποιότητα του ρυζιού. Το προϊόν αυτό προέρχεται από μια δεύτερη φυγοκέντρωση των 2POMW, όπου αφαιρείται το εναπομείναν έλαιο. Τα αποτελέσματα που αποκτήθηκαν έδειξαν ότι η φυλλική λίπανση με ένα παραπροϊόν πλούσιο σε χουμικές ουσίες (το οποίο όμως περιέχει και μακρο- και μικροστοιχεία) αύξησε την συγκέντρωση των μικροστοιχείων Fe, Cu, Zn και Mn στα φύλλα και την λήψη των μακροστοιχείων N και του κόκκου K από τα φυτά. Επίσης βρέθηκαν υψηλότερες τιμές χλωροφύλλης A, B και καροτενοειδών, τα οποία ευνοούν τη φωτοσύνθεση. Η φυλλική λίπανση με το παραπροϊόν αύξησε σημαντικά την συγκέντρωση της πρωτεΐνης του κόκκου (22%), του αμύλου του κόκκου (5%), της απόδοσης του κόκκου (4%) και της απόδοσης του ρυζιού (6%) (Tejada M. et al., 2004)

6.5.2. Χρησιμοποίηση σαν ζωοτροφή

Τα 2POMW έχουν προταθεί και για ζωοτροφή (Molina Alcaide et al., 1996). Ωστόσο, εξαιτίας του υψηλού ποσοστού μη εύπεπτων ινών και της χαμηλής συγκέντρωσης πρωτεϊνών, κυρίως λυσίνης, συνιστάται να χρησιμοποιούνται πρωτεϊνικά πρόσθετα (Molina Alcaide et al., 2003). Είναι επίσης δυνατό να αυξηθούν οι θρεπτικές τους ιδιότητες μέσω της στερεής ζύμωσης. Αυτή η διαδικασία, που εκτελείται από μικροοργανισμούς σε στερεό υπόστρωμα, έχει αξιοποιηθεί για την παραγωγή ζωοτροφών, καυσίμων και ενζύμων. Ο Haddadin et al (1999) αύξησε το ποσοστό πρωτεΐνης στην ελαιοπυρήνη από 5,9% στο 40,3% με αυτή τη διαδικασία.

Κατά τους Garcia M.A.I. et al.(2003), τα 2POMW είναι λιγνοκυτταρικό υλικό με δυνατότητα χρήσης στη διατροφή των προβάτων και των αιγών, όπως προκύπτει από εργαστηριακά πειράματα, με τις αίγες να είναι πιο δεκτικές στη χρήση αυτού του παραπροϊόντος. Η χρήση αυτών των παραπροϊόντων, με την προσθήκη κατάλληλων επιπρόσθετων, μπορεί να αποδειχθεί εξαιρετικής σημασίας για τις ημερήσιες Μεσογειακές χώρες που διαθέτουν περιορισμένα φυσικά βοσκοτόπια .

6.5.3. Ανάκτηση υπολειπόμενου ελαίου

Η ελαιοπυρήνη έχει ένα ποικίλο περιεχόμενο ελαίου, το οποίο εξαρτάται από το σύστημα εξαγωγής (Πίνακας 14). Το λάδι αυτό που απομένει, παραδοσιακά εκχυλιζόταν με οργανικούς διαλύτες- κυρίως εξάνιο ή βενζόλιο- αφού πρώτα μειωνόταν το περιεχόμενο του νερού στο 5-8%. Επειδή το απόβλητο έχει υψηλή υγρασία και υψηλό ενζυμικό περιεχόμενο και τα συστατικά του έχουν διασπαστεί, αποτελεί ιδανικό υλικό για υδρόλυση και οξείδωση, εκτός και αν ξηραθεί πολύ γρήγορα ή γίνει άμεσα η εκχύλιση. Γι' αυτούς τους λόγους, το υπολειπόμενο έλαιο συχνά έχει υψηλά επίπεδα οξέων, τα οποία καθιστούν την διαδικασία ραφινάρισματος δύσκολη. Η ποιότητα αυτού του ελαίου δεν είναι αποδεκτή για απευθείας κατανάλωση από ανθρώπους.

ΠΙΝΑΚΑΣ 14: Σύσταση ελαιοπυρήνης (Niaounakis M. et al., 2004)

	Σύστημα Πίεσης	Σύστημα φυγοκέντρησης 3-φάσεων	Σύστημα φυγοκέντρησης 2-φάσεων
Στερεά (%)	64-74	46-57	42,6-57
Ελαιόλαδο (%)	6-9	3-4	2,4-3
Νερό (%)	20-27	40-50	55-70

Το νέο απόβλητο (2POMW), που δημιουργήθηκε με την είσοδο της τεχνολογίας φυγοκέντρησης των δύο φάσεων, έχει μικρότερο περιεχόμενο ελαίου (2,4-3%)- το οποίο αντιπροσωπεύει το 12% του συνολικού ελαιολάδου- αλλά και ένα περιεχόμενο νερού 55-70%. Η υψηλότερη υγρασία, μαζί με τα σάκχαρα και τα λεπτά στερεά, τα οποία στη φυγοκέντρηση 3-φάσεων περιέχονται στα ΥΑΕ, δίνουν στα 2POMW μια πλεονάζουσα σύσταση. Η υψηλή υγρασία απαιτεί περισσότερη ενέργεια και τα παρόντα σάκχαρα κάνουν τα 2POMW κολλώδη και δύσκολα στην ξήρανση (Niaounakis M. et al., 2004).

Μια μέθοδος για την εξαγωγή του εναπομείναντος ελαίου από την ελαιοπυρήνη (εκτός της εκχύλισης) περιγράφεται από την πατέντα ES2006904 (1989). Η διαδικασία αποτελείται από: 1) διαχωρισμό των πυρήνων από την ελαιοπυρήνη σε δεξαμενές επίπλευσης, 2) διάλυση και θέρμανση της πούλπας που σχηματίζεται, ώστε τα σταγονίδια ελαίου να ενωθούν και να διαχωριστούν από τα στερεά και το νερό και 3) διαχωρισμό των φάσεων ανάλογα με τη μέθοδο που επιλέγεται.

Μια άλλη μέθοδος για την εξαγωγή του εναπομείναντος ελαίου από την ελαιοπυρήνη, χωρίς τη χρήση διαλύτη, περιγράφεται από την πατέντα ES2048667 (1994). Η ελαιοπυρήνη: 1) αναμιγνύεται με ζεστό νερό (40-70°), 2) ομογενοποιείται, 3) φυγοκεντρείται σε διαχωριστή ή σε οριζόντιο φυγοκεντρητή για να αποκτηθεί το υγρό

κλάσμα και ένα δευτερογενές υπόλειμμα, 4)φιλτράρεται το υγρό κλάσμα, 5)διαχωρίζεται σε έναν κατακόρυφο φυγοκεντρητή σε ελαιόλαδο και σε ένα δευτερογενές υγρό κλάσμα και 6)το τελευταίο θερμαίνεται στους 90° και ανακυκλώνεται στο στάδιο 1.

Η πατέντα ES2076899 (1995) περιγράφει μια διαδικασία για το διαχωρισμό των 2POMW σε υπολειμματικό έλαιο, πυρήνες και πούλπα. Η διαδικασία αποτελείται από τα ακόλουθα βήματα: 1)διαχωρισμός των 2POMW σε πυρήνες και πούλπα με μηχανικό τρόπο, 2)η πούλπα ακολούθως μπαίνει σε ντεκάντερ στον οποίο διαχωρίζεται με μηχανικό τρόπο σε λάδι και σε πούλπα ελεύθερη λαδιού, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν ζωοτροφή ή σαν λίπασμα, 3)οι πυρήνες, που αρχικά είναι διαποτισμένοι με την πούλπα, μπαίνουν σε καθαριστήρα αέρα, όπου διαχωρίζεται η πούλπα από τους πυρήνες και οι τελευταίοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν καύσιμο. Με αυτό τον τρόπο αποκτάται ένα λάδι υψηλής ποιότητας, γιατί είναι ελεύθερο προσθέτων και έχει υποβληθεί σε μικρή θερμική επεξεργασία.

6.5.4. Ανάκτηση οργανικών συστατικών

Υπάρχουν αρκετές τεχνικές που επιτρέπουν την εκχύλιση κάποιων ενδεχομένως πολύτιμων οργανικών συστατικών από τα ΥΑΕ. Τέτοια συστατικά είναι οι πηκτίνες, διάφορες αντιοξειδωτικές ουσίες και ένζυμα.

Στις αντιοξειδωτικές ουσίες ανήκουν οι πολυφαινόλες, που αποβάλλονται κατά την παραγωγή του ελαιολάδου στα ΥΑΕ (το 98% των πολυφαινολών μεταφέρεται στα υγρά απόβλητα, ενώ μόλις το 2% περιέχεται στο ελαιόλαδο). Από τις πολυφαινόλες τα σπουδαιότερα συστατικά είναι η υδροξυ-τυροσόλη (~60%) και η τυροσόλη (~20%). Τα παραπάνω συστατικά, είτε αυτούσια είτε σε συνδυασμό, μετά από μελέτες που πραγματοποιήθηκαν αποδείχθηκε ότι έχουν πολύ ισχυρή αντιοξειδωτική δράση, αφού μπορούν να διαπεράσουν τις κυτταρικές μεμβράνες και να προστατεύσουν το DNA από οξειδωτικές βλάβες (Manna C. Et al., 1999). Επίσης οι πολυφαινόλες του ελαιοκάρπου έχει αποδειχθεί ότι αυξάνουν την ανθεκτικότητα της LDL (Low-Density Lipoproteins) στην οξείδωση, γεγονός με ιδιαίτερη σημασία, καθώς η οξείδωση της LDL πιστεύεται ότι αυξάνει το κίνδυνο της δημιουργίας αθηρωματικών πλακών που αποτελούν τη βάση για την ανάπτυξη της στεφανιαίας νόσου. Γενικά, οι πολυφαινόλες μπορούν να έχουν εφαρμογή στην παραγωγή φαρμάκων, καλλυντικών και συμπληρωμάτων διατροφής (Obied H.K. et al., 2005). Στα πλαίσια του Προγράμματος MINOS έχει αναπτυχθεί και λειτουργεί σε πιλοτικό επίπεδο τεχνολογία, η οποία θα εξασφαλίζει την ολοκληρωμένη διαχείριση των ΥΑΕ, ενώ ταυτόχρονα θα οδηγεί στην ανάκτηση ουσιών υψηλής προσθετικής αξίας. Η

εφαρμογή της εν λόγω τεχνολογίας οδηγεί στην παραγωγή: α)Καθαρού νερού κατάλληλου για άρδευση ή για άλλους παραγωγικούς σκοπούς, β)Πολυφαινολών (υδροξυτυροσόλη κλπ.) σε μορφή και καθαρότητα κατάλληλη για φαρμακευτική χρήση και γ)Εδαφοβελτιωτικού (compost) (Manios T. et al., 2004).

Οι Fernandez-Bolanos J. et al (2002) διερεύνησαν την πιθανότητα απόκτησης υδροξυτυροσόλης σε μεγάλες ποσότητες από τα 2POMW μέσω μιας σειράς υδροθερμικών διαδικασιών, όπου γίνεται επεξεργασία των 2POMW με νερό ή ατμό σε θερμοκρασία 160-240°C. Η υδροξυτυροσόλη που προκύπτει καθαρίζεται με τη βοήθεια ενός νέου απλού χρωματογραφικού συστήματος. Από 1000 κιλά 2POMW, με υγρασία 70%, μπορούν να αποκτηθούν 4,5-5 κιλά υδροξυτυροσόλη. Μετά τη διαδικασία καθαρισμού, αποκτώνται τουλάχιστον 3κιλά υδροξυτυροσόλης, 90-95% καθαρότητας.

Τα 2POMW έχουν προταθεί επίσης σαν υπόστρωμα για την εξαγωγή πηκτινών, οι οποίες είναι φυσικά υδροκολλοειδή, ευρέως χρησιμοποιούμενα σαν παράγοντες ζελατινοποίησης, σταθεροποιητές και γαλακτοματοποιητές στη βιομηχανία τροφίμων και οι οποίες σήμερα προέρχονται από δύο σημαντικές πηγές, την πούλπα μήλων και τις φλούδες των εσπεριδοειδών. Ωστόσο, γίνεται μια εκτεταμένη έρευνα για την ανεύρεση άλλων πηγών πηκτίνης, κυρίως χρησιμοποιώντας σαν πρώτη ύλη προϊόντα αποβλήτων. Οι Cardoso et al. (2003) μελέτησαν την οικονομική αποδοτικότητα της εξαγωγής πηκτινών από τα 2POMW, καταλήγοντας σε θετικά αποτελέσματα.

6.5.5.Παραγωγή διαφόρων προϊόντων

A.Αλκοόλες

Ένα από τα αντικείμενα του προγράμματος "BIOWARE" FAIR-CT94_1987 της Ε.Ε. ήταν η ανάκτηση αιθανόλης από επιλεγμένα στελέχη ζυμών, ικανά να διασπάσουν τα σάκχαρα που είναι παρόντα στα ΥΑΕ, με αποτελεσματικότητα μετατροπής κοντά στις θεωρητικές τιμές. Το συμπέρασμα ήταν ότι η ποσότητα της αιθανόλης που παράγεται είναι πολύ μικρή, εξαιτίας του μικρού ποσού των σακχάρων και έτσι τα τελικά αποτελέσματα δείχνουν ότι η αλκοολική ζύμωση από ζύμες δεν αποτελεί οικονομικό τρόπο για τη χρησιμοποίηση των ΥΑΕ, κυρίως εξαιτίας της τοξικότητας του υποστρώματος και της χαμηλής συγκέντρωσης της αλκοόλης στο υγρό της ζύμωσης. Τα ίδια αποτελέσματα προκύπτουν και από μελέτες των Bambalov G. et al. (1989a, b).

B. Βιοπολυμερή

Τα ΥΑΕ προτάθηκαν σαν ένα χαμηλού κόστους υπόστρωμα για την παραγωγή ξανθάνης (Lopez M.J. et al., 1996; Lopez M.J. et al., 2001). Η ξανθάνη, ένας εξωκυτταρικός ετεροπολυσακχαρίτης που παράγεται από το βακτήριο *Xanthomonas campestris*, είναι ο πιο εμπορικά αποδεκτός μικροβιακός πολυσακχαρίτης. Εξαιτίας των ρεολογικών χαρακτηριστικών του, αυτό το βιοπολυμερές χρησιμοποιείται ευρέως σαν πηκτική ουσία σε φαγητά, καλλυντικά, φαρμακευτικά, χαρτί, μπογιά, υφάσματα κ.α. Τα ΥΑΕ μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν υπόστρωμα για την παραγωγή ξανθάνης, λόγω της υψηλής αναλογίας C/N και της συγκέντρωσης των σακχάρων σε αυτά, παράγοντες που είναι ιδανικοί για την παραγωγή της ξανθάνης. Επιπλέον, τα ΥΑΕ περιέχουν οργανικά οξέα και άλλα συστατικά όπως υδατάνθρακες και φαινολικά, τα οποία μπορούν να αποτελέσουν πηγή άνθρακα για την παραγωγή πολυμερούς. Η χρήση των ΥΑΕ σαν υπόστρωμα μπορεί να μειώσει το κόστος παραγωγής της ξανθάνης, το οποίο είναι ο σημαντικότερος παράγοντας που εμποδίζει την χρήση της ξανθάνης σε μεγάλης κλίμακας διαδικασίες ζύμωσης, όταν συγκρίνεται με παρόμοια πολυμερή από φύκη ή φυτά.

Το πρόγραμμα της EU: QLK5-2000-00766 “BIOLIVE” σκοπεύει στην ανάπτυξη τεχνολογίας ικανής να χρησιμοποιεί εξαντλημένη ελαιοπυρήνα για την δημιουργία νέων βιοπολυμερών. Η εξαντλημένη ελαιοπυρήνα έχει ένα υψηλό περιεχόμενο σε λιγνίνη, κυτταρίνη και ημικυτταρίνη. Είναι πιθανό αυτά τα φυσικά βιοπολυμερή να μπορούν να μετατραπούν με υδροποίηση σε νέα μονομερή συστατικά για την κατασκευή της πολουρεθάνης και φαινοπλαστικών πολυμερών. Σύμφωνα με την έκθεση προόδου, οι πρώτες δοκιμές σε εργαστηριακή κλίμακα του αφρού πολουρεθάνης και της φαινολικής ρητίνης για εφαρμογές σε πάνελ ξύλου είναι αρκετά ενθαρυντικές.

Γ. Ενεργοί άνθρακες

Οι ενεργοί άνθρακες μπορούν να παραχθούν από μια μεγάλη ποικιλία πρώτων υλών, κυρίως με δύο μεθόδους: Φυσική ή χημική ενεργοποίηση ή συνδυασμός τους. Η μέθοδος της φυσικής ενεργοποίησης περιλαμβάνει την ανθρακοποίηση της πρώτης ύλης και στη συνέχεια την ενεργοποίηση σε υψηλή θερμοκρασία, σε ατμόσφαιρα διοξειδίου του άνθρακα ή ατμού. Η χημική ενεργοποίηση περιλαμβάνει την ανθρακοποίηση της πρώτης ύλης, που έχει διαποτιστεί πριν με κάποιο χημικό παράγοντα.

Ενεργοί άνθρακες έχουν παραχθεί από στερεά απόβλητα ελαιοπυργείων, όπως οι πυρήνες και η εξαντλημένη ελαιοπυρήνα, υλικά που αποτελούν φθηνές ύλες, με αποτέλεσμα αυτοί οι ενεργοί άνθρακες να είναι και οικονομικοί. Τα στερεά υπολείμματα

ανθρακοποιήθηκαν στους 850°C και ενεργοποιήθηκαν φυσικώς είτε με CO₂, είτε με ατμό στους 800°C (Mameri et al., 2000; Galiatsatou et al., 2001, 2002; El-Sheikh A.H., 2004). Ο ενεργός άνθρακας που παράχθηκε, έχει τα κατάλληλα χαρακτηριστικά για να χρησιμοποιηθεί στην επεξεργασία του νερού.

Σε κάποια άλλη μελέτη ερευνήθηκε η δυνατότητα της χρήσης των ΥΑΕ σαν πρώτη ύλη για την παραγωγή ενεργών ανθράκων (Moreno-Castilla et al., 2001). Τα ΥΑΕ αρχικά εξατμίστηκαν στους 60°C μέχρι που μετατράπηκαν σε πάστα. Έπειτα, αυτή η πάστα κόπηκε σε μικρά κομμάτια και ξηράθηκε σε φούρνο κενού στους 110°C. Η απώλεια βάρους κατά την ξήρανση ήταν 70%, το οποίο αντιπροσωπεύει το υδατικό περιεχόμενο του αρχικού υλικού. Το υλικό αυτό λοιπόν χρησιμοποιείται για να την παραγωγή ενεργών ανθράκων με χημικές και φυσικές μεθόδους ενεργοποίησης. Στην πρώτη περίπτωση, τα KOH και H₃PO₄ χρησιμοποιούνται σαν παράγοντες ενεργοποίησης και στη δεύτερη περίπτωση το CO₂ στους 840°C. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η χημική ενεργοποίηση των ΥΑΕ με KOH στους 800°C, σε αδρανή ατμόσφαιρα, παρήγαγε ενεργούς άνθρακες με πολύ μικρότερο περιεχόμενο στάχτης (υψηλό περιεχόμενο στάχτης στους άνθρακες είναι ανεπιθύμητο επειδή μειώνει την μηχανική αντοχή και την απορροφητική ικανότητα) και πολύ καλύτερα αναπτυγμένο πορώδες, από ό,τι η χημική ενεργοποίηση με H₃PO₄ ή η φυσική ενεργοποίηση με CO₂ στους 840°C. Οι ενεργοί άνθρακες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν απορροφητικά υγρών και αέριων φάσεων, σαν καταλύτες ή σαν υποστήριξη καταλυτών.

Δ. Βιοαέριο

Η βιολογική διάθεση των ΥΑΕ με αναερόβια αποικοδόμηση, για την παραγωγή μεθανίου, έχει ερευνηθεί από αρκετούς μελετητές, όπως έχει ήδη αναφερθεί. Ωστόσο αυτή η τεχνική έχει μικρή αποτελεσματικότητα εξαιτίας της φυτοτοξικότητας των αποβλήτων και των απαιτήσεων σε κόστη λειτουργίας και επενδύσεως.

Επίσης έχει μελετηθεί η παραγωγή βιοαερίου από μια λάσπη, που προκύπτει από την ανάμιξη εξαντλημένης ελαιοπυρήνης με νερό, με τη χρήση αναερόβιων ζυμωτήρων, με εργαζόμενο όγκο 1l στους 37°C (Tekin and Dalgic, 2000). Μια καλλιέργεια έναρξης αναπτύχθηκε στη λάσπη για 10 μέρες στην παραπάνω θερμοκρασία. Ο μέγιστος ρυθμός βρέθηκε ότι είναι 0,7 l βιοαερίου ανά 1 ζυμωτήρα και για χρόνο παραμονής 20 ημερών, με παραγωγή 0,08 l βιοαερίου για κάθε g COD που προστίθεται στο ζυμωτήρα. Το περιεχόμενο σε μεθάνιο ήταν 75-80% και το υπόλοιπο αρχικά διοξείδιο του άνθρακα. Θεωρώντας ιδανική αναερόβια παραγωγή βιοαερίου και για μια παραγωγή ελαιοπυρήνης

100-120 χιλιάδες τόνους ετησίως, η παραγωγή του μεθανίου θα είναι $1 \times 10^7 \text{ m}^3$, το οποίο έχει περίπου $4,0 \times 10^8 \text{ MJ}$ ενεργειακή αξία.

6.6. Διάφορα

Ερευνήθηκε μια διαδικασία για την πρόσθετη αξιοποίηση των 2POMW, η οποία περιλαμβάνει μια υδροθερμική επεξεργασία. Σε αυτή την επεξεργασία μετά από μια αυτοϋδρολυτική διαδικασία τα 2POMW διαλυτοποιούνται μερικώς. Από το υδατοδιαλυτό κλάσμα μπορούν να ανακτηθούν, εκτός της αντιοξειδωτικής υδροτυροσόλης, αρκετά άλλα συστατικά υψηλής προσθετικής αξίας. Σε αυτή την έρευνα τρία διαφορετικά δείγματα 2POMW χαρακτηρίστηκαν και υποβλήθηκαν σε υδροθερμική επεξεργασία με ή χωρίς οξικό καταλύτη. Τα κυριότερα διαλυτά συστατικά μετά από την υδρόλυση απαρτίζονται από μονοσακχαρίτες: ξυλόζη, αραβινόζη και γλυκόζη, ολιγοσακχαρίτες, μαννιτόλη και προϊόντα από την αποικοδόμηση των σακχάρων. Το στερεό υπόλειμμα, που είναι πλούσιο σε κυτταρίνη και εναπομείναν έλαιο, μπορεί να αξιοποιηθεί με περαιτέρω διαδικασία (Fernandez-Bolanos J. et al., 2004).

Τέλος αρκετές μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί για την ανακύκλωση των αποβλήτων των ελαιουργείων και την χρησιμοποίησή τους σε διάφορες διεργασίες, όπως η δυνατότητα χρήσης της ελαιοπυρήνας σε μίγμα με θερμοπλαστικά πολυμερή για την παραγωγή νέων υλικών που θα χρησιμοποιηθούν στην κατασκευή π.χ. συσκευασιών (Siracusa G. et al., 2001), η χρήση της σαν υλικό ρόφησης βαρέων μετάλλων από υδατικά διαλύματα (Pagnanelli et al., 2002) κ.α.

7. Νομοθεσία

Στην Ελλάδα μέχρι το 1987 τα ΥΑΕ διοχετεύονταν ανεξέλεγκτα σε φυσικούς αποδέκτες, κυρίως σε χειμάρρους ή στη θάλασσα. Μετέπειτα, η Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση υποχρέωσε τους υπεύθυνους των ελαιουργείων να καταθέτουν, κατά τη διάρκεια ανανέωσης της άδειας λειτουργίας της επιχείρησής τους, μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων (Μ.Π.Ε), που βασίζεται στην Ε1β/221/22-1-65 Υγειονομική Απόφαση. Σύμφωνα με την νομοθεσία αυτή, απαγορεύεται η ανεξέλεγκτη διάθεση των ΥΑΕ σε υδατικούς αποδέκτες, ενώ υποχρεώνει τους ιδιοκτήτες των ελαιουργείων να κατασκευάσουν συστήματα επεξεργασίας (υποχρεωτικά από το 1987 και έπειτα) και εξατμισοδεξαμενές (υποχρεωτικά από το 1993 και έπειτα). Σύμφωνα με αυτή, τα ΥΑΕ πρέπει να διοχετευθούν δια μέσου λιποσυλέκτη και ανάμιξης με $\text{Ca}(\text{OH})_2$ σε εξατμισοδιαπνοή (Καπελλάκης κ.α., 2003).

Με τον Ν.3010/25-4-2002 και τις ΚΥΑ ΗΠ 15393/2332/2002 και ΚΥΑ ΗΠ 11014/703/Φ104/2003 γίνεται εναρμόνιση της Ελληνικής νομοθεσίας με την Οδηγία IPPC 96/61/ΕΚ, ενώ από τις 20-3-2003 ισχύει η νέα κατηγοριοποίηση και η νέα διαδικασία περιβαλλοντικής αδειοδότησης.

Σύμφωνα με την ΚΥΑ 15393/2332/2002 λοιπόν, τα ελαιοτριβεία κατατάσσονται (όσον αφορά την περιβαλλοντική αδειοδότηση) στις παρακάτω κατηγορίες:

- Κατηγορία Α, υποκατηγορία 2^η για δυναμικότητα >50τόνους/ ημέρα (σε α'ύλη)
- Κατηγορία Β, υποκατηγορία 3^η για δυναμικότητα <50τόνους/ημέρα
- Κατηγορία Β, υποκατηγορία 4^η για δυναμικότητα <10τόνους/ημέρα

Σύμφωνα με την ΚΥΑ 13727/724/2000 κατατάσσονται:

- Στη μέση όχληση για δυναμικότητα \geq 50τόνους/ ημέρα
- Στη χαμηλή όχληση για δυναμικότητα <50τόνους/ ημέρα

Παρόλες τις απαγορεύσεις όμως το μεγαλύτερο ποσοστό αυτών καταλήγει σε χείμαρους (58%), ή στη θάλασσα και τα ποτάμια (11.5%), ή στο έδαφος (19,5%), σύμφωνα με τα στοιχεία της μελέτης «IMPEL Olive Oil». Επίσης δεν υπάρχουν συγκεκριμένες οριακές τιμές για τα ΥΑΕ, αλλά υπάρχουν συγκεκριμένες οριακές τιμές εκρεόντων για κάθε αποδέκτη, όπως φαίνονται στον Πίνακα 15, που ακολουθεί και τα οποία αναφέρονται και στην ΥΑ 179182/656 (ΦΕΚ 582/2-7-1979). Στη συνέχεια παρατίθεται Πίνακας, όπου αναφέρονται οι οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης που αφορούν γενικά τα απόβλητα και επομένως ισχύουν και για τα απόβλητα της ελαιουργίας.

ΠΙΝΑΚΑΣ 15: Οριακές τιμές εκρεόντων (IMPEL project)

Παράμετρος	Διάθεση σε επιφανειακά νερά			Διάθεση στη θάλασσα		Διάθεση στο αποχετευτικό		
	Ελλάδα	Ιταλία	Κύπρος	Ελλάδα	Κύπρος	Ελλάδα	Κύπρος	Ιταλία
pH	6-9	5,5-9,5	6,5-8	6-9	6,5-8	6-9	5-9,5	5,5-9,5
BOD ₅ (mg/L)	40	<40	25	40	25	500	250	<250
COD (mg/L)	120	<160	125	120	125	1.000	700	<250
Ολικά διαλυμένα στερεά (mg/L)	40	<80	35	50	35	500	80	<200
Λάδι και λίπη (mg/L)	5		25	5	25	40	100	
Φαινόλες (mg/L)	0.5	<0.5	0.1	0.5	0.1	5	10	<1
Ολικό N (mg/L)						25		
Ολικός P (mg/L)						10		
T (ο C)			35		35	35	45	
Anion surfactans			1		1		10	
Mineral oil			5		5		30	
TDS	1.000					3.000		
% O ₂	>30%							

Πίνακας 16: Ευρωπαϊκή Νομοθεσία για τη διάθεση των αποβλήτων

Αριθμός αναφοράς οδηγίας	Τίτλος	Ελλάδα	Στόχος
<p>75/442/ΕΟΚ όπως τροποποιήθηκε από την 91/156/ΕΟΚ και απόφαση 96/350, για την προσαρμογή των παραρτημάτων ΙΑ και ΙΙΒ της Οδηγίας 75/442</p>	<p>Οδηγία 75/442/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 15^{ης} Ιουλίου 1975 περί των αποβλήτων</p>	<p>Για την 75/442/ΕΟΚ: Υπουργική Απόφαση 49541/1424/86 Περί στερεών αποβλήτων, σε συμμόρφωση προς την Οδηγία 75/442/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 15^{ης} Ιουλίου 1980</p> <p>Για την 91/156: ΚΥΑ 69728/824/96 Μέτρα και όροι για τη διαχείριση στερεών αποβλήτων και ΚΥΑ 114218/1997 Κατάρτιση πλαισίου Προδιαγραφών και γενικών προγραμμάτων διαχείρισης στερεών αποβλήτων</p>	<p>Αποτελεί το νομικό πλαίσιο της Ευρωπαϊκής πολιτικής στη διαχείριση των αποβλήτων για το περιορισμό της παραγωγής τους. Ακολούθησε τροποποίηση με Οδηγία 91/692/ ΕΕC του Συμβουλίου, Οδηγία 96/350/ ΕΚ της Επιτροπής και Οδηγία 96/59/ ΕΚ του Συμβουλίου.</p>
<p>76/464/ΕΕC</p>	<p>Οδηγία 76/464/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 4^{ης} Μαΐου 1976 περί ρυπάνσεως που προκαλείται από ορισμένες επικίνδυνες ουσίες που εκχέονται στο υδάτινο περιβάλλον της Κοινότητας</p>	<p>ΚΥΑ 18186/271/1988 Μέτρα και περιορισμοί για την προστασία του υδατικού περιβάλλοντος και ειδικότερα καθορισμός οριακών τιμών των επικίνδυνων ουσιών στα υγρά απόβλητα</p> <p>ΚΥΑ 4859/726/2001 Μέτρα και περιορισμοί για την προστασία του υδατικού περιβάλλοντος από απορρίψεις και ειδικότερα καθορισμός οριακών τιμών ορισμένων επικίνδυνων ουσιών που υπάγονται στον Κατάλογο ΙΙ της Οδηγίας 76/464/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 4^{ης} Μαΐου 1976</p> <p>ΠΡΑΞΗ Υ.Σ. 2/1.2.2001 Καθορισμός των κατευθυντήριων και οριακών τιμών ποιότητας των νερών από απορρίψεις ορισμένων επικίνδυνων ουσιών που υπάγονται στον Κατάλογο ΙΙ της οδηγίας 76/464/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 4^{ης} Μαΐου 1976</p>	<p>Η Οδηγία εφαρμόζεται στα εσωτερικά επιφανειακά νερά, στα εσωτερικά παράκτια νερά και στα υπόγεια νερά και ρυθμίζει την απόρριψη σε αυτά δύο κατηγοριών επικίνδυνων ουσιών, που αναφέρονται σε παράρτημα της οδηγίας.</p>
<p>80/68/ΕΟΚ</p>	<p>Οδηγία 80/68/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 17^{ης} Δεκεμβρίου 1979 περί προστασίας των υπογείων υδάτων από τη ρύπανση που προέρχεται από ορισμένες επικίνδυνες ουσίες.</p>	<p>ΚΥΑ 26857/553/1988 Μέτρα και περιορισμοί για την προστασία των υπόγειων νερών από απορρίψεις ορισμένων επικίνδυνων ουσιών</p>	<p>Στόχος της Οδηγίας η αποφυγή απόρριψης τοξικών, ανθεκτικών και βιοσυσσωρευόμενων ουσιών στα υπόγεια νερά.</p>

Αριθμός αναφοράς οδηγίας	Τίτλος	Ελλάδα	Στόχος
<p>86/280/ΕΟΚ όπως τροποποιήθηκε από τις Οδηγίες 88/347/ΕΟΚ και 90/415/ΕΟΚ του Συμβουλίου</p>	<p>Οδηγία 86/280/ΕΟΚ, σχετικά με τις οριακές τιμές και τους ποιοτικούς στόχους για τις απορρίψεις ορισμένων επικίνδυνων ουσιών που υπάγονται στον κατάλογο I του παραρτήματος της οδηγίας 76/464/ΕΟΚ</p>	<p>Για την 86/280/ΕΟΚ: ΚΥΑ 55648/2210/91 Μέτρα και περιορισμοί για την προστασία του υδατικού περιβάλλοντος και ειδικότερα καθορισμός οριακών τιμών των επικίνδυνων ουσιών στα υγρά απόβλητα και ότι ισχύει για τις 88/347/ΕΟΚ και 90/415/ΕΟΚ</p> <p>Για την 90/415/ΕΟΚ: ΚΥΑ 90461/2193/94 Συμπλήρωση του παραρτήματος του άρθρου 12 της υπ' αριθμ. 55648/2210/91 ΚΥΑ και ΠΥΣ 255/94 Συμπλήρωση του παραρτήματος του άρθρου 12 της υπ' αριθμ. 55648/2210/91 ΚΥΑ</p> <p>Για την 88/347/ΕΟΚ: ΠΥΣ 73/90 Καθορισμός των κατευθυντήριων και οριακών τιμών ποιότητας των νερών από απορρίψεις επικίνδυνων ουσιών, που υπάγονται στον κατάλογο I του παραρτήματος Α του άρθρου 6 της αριθ. 144/2.11.1987 Πράξης του Υπουργικού Συμβουλίου.</p>	
<p>259/93/ΕΟΚ</p>	<p>Κανονισμός (ΕΟΚ) αριθ. 259/93 του Συμβουλίου της 1ης Φεβρουαρίου 1993 σχετικά με την παρακολούθηση και τον έλεγχο των μεταφορών αποβλήτων στο εσωτερικό της Κοινότητας καθώς και κατά την είσοδο και έξοδο τους</p>		<p>Καθορίζει τους κανόνες που διέπουν την μεταφορά αποβλήτων μεταξύ των χωρών μελών και στο εσωτερικό κράτους μέλους, καθώς και την εισαγωγή και την εξαγωγή αποβλήτων προς διάθεση.</p>
<p>96/61/ΕΚ όπως τροποποιήθηκε από τις Οδηγίες 2003/87/ΕΚ και 2003/35/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου</p>	<p>Οδηγία 96/61/ΕΕ του Συμβουλίου της 24ης Σεπτεμβρίου 1996 σχετικά με την ολοκληρωμένη πρόληψη και έλεγχο της ρύπανσης (Οδηγία IPPC)</p>	<p>ΚΥΑ 15393/2332/2002 Κατάταξη δημοσίων και ιδιωτικών έργων και δραστηριοτήτων σε κατηγορίες σύμφωνα με το άρθρο 3 του Ν.1650/1986 όπως αντικαταστάθηκε με το άρθρο 1 του Ν.3010/2002 «Εναρμόνιση του Ν.1650/86 με τις Οδηγίες 97/11/ΕΕ και 96/61/ΕΕ κ.α.»</p> <p>ΚΥΑ 11014/703/Φ104/2003 Διαδικασία Προκαταρκτικής Περιβαλλοντικής Εκτίμησης και Αξιολόγησης (Π.Π.Ε.Α.) και Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (Ε.Π.Ο.) σύμφωνα με το άρθρο 4 του Ν.1650/1986 όπως αντικαταστάθηκε με το άρθρο 2 του Ν.3010/2002 «Εναρμόνιση του Ν.1650/86 με τις Οδηγίες 97/11/ΕΕ και 96/61/ΕΕ κ.α.»</p>	<p>Στόχος η αποφυγή ή ελαχιστοποίηση των εκπομπών στην ατμόσφαιρα, στο νερό και στο έδαφος, καθώς και των αποβλήτων που προέρχονται από βιομηχανικές και γεωργικές εγκαταστάσεις στην Κοινότητα, ώστε να επιτευχθεί υψηλό επίπεδο προστασίας του περιβάλλοντος. Καθορίζει τις θεμελιώδεις υποχρεώσεις οι οποίες πρέπει να τηρούνται για κάθε σχετική βιομηχανική εγκατάσταση, νέα ή ήδη υπάρχουσα. Οι εν λόγω θεμελιώδεις υποχρεώσεις καλύπτουν μια σειρά μέτρων εναντίον της διοχέτευσης ρύπων στο νερό, στον αέρα και στο έδαφος, της παραγωγής αποβλήτων, της κατασπατάλησης υδάτινων και ενεργειακών πόρων και της πρόκλησης περιβαλλοντικών ατυχημάτων. Χρησιμοποιούν ως βάση για την έκδοση αδειών εκμετάλλευσης των αντίστοιχων εγκαταστάσεων.</p>

Αριθμός αναφοράς οδηγίας	Τίτλος	Ελλάδα	Στόχος
99/31/ΕΚ	Οδηγία του Συμβουλίου 1999/31/ΕΚ της 26 ^{ης} Απριλίου περί της υγειονομικής ταφής των αποβλήτων	ΚΥΑ 29407/3508/2002 Μέτρα και όροι για την υγειονομική ταφή των αποβλήτων	Στόχος η πρόληψη και μείωση κατά το δυνατόν των αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την υγειονομική ταφή των αποβλήτων, στα επιφανειακά ύδατα, στα υπόγεια ύδατα, στο έδαφος, στον αέρα ή στην υγεία του ανθρώπου, μέσω της εισαγωγής αυστηρών τεχνικών απαιτήσεων για τα απόβλητα και τους χώρους υγειονομικής ταφής. Παρουσιάζει λεπτομερώς τις διάφορες κατηγορίες αποβλήτων (αστικά απόβλητα, επικίνδυνα, μη επικίνδυνα, αδρανή) και ισχύει για όλους τους χώρους ταφής, οι οποίοι ορίζονται ως χώροι διάθεσης αποβλήτων, με εναπόθεση των αποβλήτων επί ή εντός του εδάφους.
2000/532 όπως τροποποιήθηκε από την Απόφαση 2001/573/ΕΚ	Απόφαση Επιτροπής της 3 ^{ης} Μαΐου 2000, που αντικαθιστά την Απόφαση 94/3/ΕΚ για τη θέσπιση καταλόγου αποβλήτων, σύμφωνα με το άρθρο 1(α) της Οδηγίας του Συμβουλίου 75/442/ΕΟΚ για τα στερεά απόβλητα και την Απόφαση Συμβουλίου 94/904/ΕΚ, για την κατάρτιση καταλόγου επικίνδυνων αποβλήτων, κατ' εφαρμογή του άρθρου 1(4) της Οδηγίας του Συμβουλίου 91/689 για τα επικίνδυνα απόβλητα.	ΚΥΑ 50910/2727/2003 Μέτρα και όροι για τη Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων. Εθνικός και Περιφερειακός Σχεδιασμός Διαχείρισης	Περιλαμβάνει τον κατάλογο των επικίνδυνων και μη αποβλήτων
2000/76	Οδηγία 2000/76/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 4 ^{ης} Δεκεμβρίου 2000 για την αποτέφρωση των αποβλήτων		Στόχος η πρόληψη ή περιορισμός, στο μέτρο του δυνατού, της ρύπανσης του αέρα, του νερού και του εδάφους, η οποία προέρχεται από την αποτέφρωση και τη συνδυασμένη αποτέφρωση αποβλήτων, καθώς και των κινδύνων που απορρέουν για την ανθρώπινη υγεία. Καλύπτει τα κενά που υπήρχαν σε θέματα αποτέφρωσης αποβλήτων η οποία καλύπτονταν παλαιότερα από τις οδηγίες 89/369/ ΕΕC, 89/429/ ΕΕC, και 94/67/ ΕC (ΚΥΑ 2487/455/1999 - Μέτρα και όροι για την πρόληψη και τον περιορισμό της ρύπανσης του περιβάλλοντος από την αποτέφρωση επικίνδυνων αποβλήτων).

8. Οικονομικά στοιχεία

Εξαιτίας των προβλημάτων που έχουν ήδη αναφερθεί στην επεξεργασία των ΥΑΕ, δεν υπάρχουν πολλές πλήρεις μονάδες επεξεργασίας, από τις οποίες να μπορούν να εξαχθούν οικονομικά στοιχεία και έτσι μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο οι πιλοτικές μονάδες για να υπολογιστούν τα κόστη που περιλαμβάνονται. Τα παρακάτω στοιχεία είναι ενδεικτικά μόνο για το κόστος που μπορεί να έχουν οι διάφορες διεργασίες και δεν αποτελούν κριτήριο για την επιλογή της μίας ή της άλλης, επιλογή που μπορεί να γίνει μόνο έπειτα από ολοκληρωμένη μελέτη των ιδιαίτερων συνθηκών που επικρατούν σε κάθε χώρα, ακόμη και σε κάθε περιοχή.

Τα στοιχεία του Πίνακα που ακολουθεί (και για τα σχήματα επεξεργασίας από 1-11), αφορούν την παραγωγή 5.000 m³ ΥΑΕ ανά έτος, σε μια περίοδο 100 ημερών και με χρονική διάρκεια λειτουργίας 10 ετών (Azbar N., 2004). Στο εναλλακτικό σχήμα 11, ο εμπορικός ξηραντήρας έχει μια δυναμικότητα 288 m³ ανά ημέρα, το οποίο σημαίνει ότι μπορεί να εξυπηρετήσει περισσότερα από 5 ελαιοτριβεία του μεγέθους των ελαιοτριβείων των σχημάτων 1-10. Στο τέλος των δέκα ετών, θα έχουν υποστεί επεξεργασία 50.000m³ ΥΑΕ, ενώ η παρούσα αξία του κόστους λειτουργίας υπολογίστηκε με ένα επιτόκιο 2%. Τα κόστη στη στήλη 4 υπολογίστηκαν με την πρόσθεση στα κόστη επένδυσης και των ολικών δαπανών λειτουργίας για χρονική περίοδο 10 ετών και έπειτα διαιρέθηκε το αποτέλεσμα με το 50.000m³. Για την μετατροπή του κόστους επεξεργασίας ανά μονάδα των ΥΑΕ της στήλης 4 σε κόστη ανά τόνο ελαιολάδου (στήλη 5), χρησιμοποιήθηκε μια αναλογία ΥΑΕ:ελαιολάδου των 1:5. Όλες οι μονάδες επεξεργασίας αποβάλλουν επεξεργασμένο νερό με COD περίπου 4g/l.

Οι διεργασίες 12, 13 και 14 προσαρμόστηκαν, από τα στοιχεία που δίνονταν στις αντίστοιχες μελέτες, ώστε να μπορούν να συγκριθούν με τις τεχνικές 1-11.

Στην διεργασία 13 η μονάδα έχει δυναμικότητα επεξεργασίας 50 m³ ΥΑΕ ανά ημέρα και το μηνιαίο λειτουργικό κόστος υπολογίζεται ότι ανέρχεται στα 54.000 Ευρώ, οπότε προκύπτει ότι το ημερήσιο λειτουργικό κόστος ανά m³ ΥΑΕ είναι 36 Ευρώ. Με την παραδοχή ότι η μονάδα λειτουργεί 100 μέρες το χρόνο, τότε στα 10 έτη λειτουργίας μπορούμε να πούμε ότι έχει ένα κόστος λειτουργίας 36x50x 100x 10=1.800.000 Ευρώ. Επίσης, λαμβάνοντας υπόψη ότι η μέση περιεκτικότητα των αποβλήτων σε πολυφαινόλες ανέρχεται στα 2-4g/l και ότι η τιμή πώλησης του τελικού εκχυλίσματος στη σχετική αγορά εκτιμάται ότι θα κυμαίνεται μεταξύ 0,4-1 Ευρώ/g, προκύπτει με βάση τους

μετριοπαθέστερους υπολογισμούς, ότι είναι εφικτή η πλήρης απόσβεση του εξοπλισμού της μονάδας εντός των δύο πρώτων ετών λειτουργίας του.

Στην διεργασία 14 έχουμε ετήσια παραγωγή αποβλήτων 25.000m^3 (200 μέρες λειτουργίας ανά έτος). Τα λειτουργικά κόστη (προσωπικό, θρεπτικά και αντιδραστήρια, ηλεκτρική ενέργεια, θερμική ενέργεια) είναι 5,19 Ευρώ ανά m^3 ΥΑΕ. Σε αυτή την τεχνική έχουμε και έσοδα από τα παραπροϊόντα που παράγονται (λιποπρωτεϊνική βιομάζα, ηλεκτρική ενέργεια, θερμική ενέργεια, νερό άρδευσης) και είναι 6,6 Ευρώ ανά m^3 ΥΑΕ.

Από τον Πίνακα αυτό φαίνεται ότι οι οικονομικότερες διεργασίες είναι η εξάτμιση (φυσική και βελτιωμένη) και η εφαρμογή στο έδαφος, διεργασίες όμως που έχουν και πολλά προβλήματα, όπως έχουν αναφερθεί παραπάνω. Είναι γεγονός όμως ότι δεν μπορεί να ειπωθεί ότι θα εφαρμοστεί η μία ή η άλλη διεργασία επειδή είναι πιο οικονομική, από τη στιγμή που υπάρχουν παράγοντες όπως η όχληση των κατοίκων της περιοχής, η ανάγκη διάθεσης δευτερογενών αποβλήτων, η εμπειρία του προσωπικού κ.α. που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την επιλογή της κατάλληλης διεργασίας.

Πίνακας 17 : Κόστη εφαρμογής διαφόρων διεργασιών

Σχήμα επεξεργασίας	Κόστος επένδυσης (€)	Κόστος λειτουργίας/ m ³ ΥΑΕ (€/m ³)	Ολικό κόστος/ m ³ ΥΑΕ (€/m ³)	Υπολογισμένο κόστος / τόνο ελαιολάδου (€/τόνο)	Έσοδα	Αναφορά / Παρατηρήσεις
1. Εξαναγκασμένη μηχανική εξάτμιση + μέθοδος λίμνασης	180.700	6,82	10,43	52,1		Azbar N. et al., 2004
2. Φυσικοχημική + Βιολογική + Υπερδιήθηση	150.600	8,68	11,69	58,4		Azbar N. et al., 2004
3. Βιολογική (επεξεργασία και στερεών αποβλήτων και ΥΑΕ)	180.700	6,21	9,82	49,1		Azbar N. et al., 2004
4. Φυσικοχημική + Αντίστροφη ώσμωση	138.600	5,27	8,04	40,2		Azbar N. et al., 2004
5. Φυσικοχημική + Υπερδιήθηση	216.900	Άγνωστο	-	-		Azbar N. et al., 2004
6. Βιολογική (αναερόβια + αερόβια)	180.700	Άγνωστο	-	-		Azbar N. et al., 2004
7. Εξάτμιση με αντλία	96.400	3,69	5,62	28,1		Azbar N. et al., 2004
8. Εξαναγκασμένη φυσική εξάτμιση	42.200	0,47	1,31	1,5		Azbar N. et al., 2004
9. Βελτιωμένη φυσική εξάτμιση	30.100	0,05	0,65	3,2		Azbar N. et al., 2004
10. Μηχανική βιολογική προεπεξεργασία (παραγωγή βιοαερίου) + διαχείριση λάσπης (αερόβια σταθεροποίηση + ηλιακή ξήρανση)	500.000-850.000	3,5-5,5	13,5-22,5	67,5-112,5	Έσοδα από την ανάκτηση του βιοαερίου 2-5 Ευρώ / m ³ ΥΑΕ	Azbar N. et al., 2004 (Πρόγραμμα OLIVIA)
11. Εμπορικός ξηραντήρας	850.000	1	3,95	19,7		Azbar N. et al., 2004
12. Εφαρμογή στο έδαφος	42.500	1,36 (10.250 €/έτος)	1,9	9,5		Χαρτζουλιάκης (Ετήσια παραγωγή 1.500 τόννου/έτος. Με δόση 41,6m ³ /στρ. η εφαρμογή των 1500 τόννων απαιτεί έκταση 36 στρεμμ.)
13. Ανάκτηση των πολυφαινολών μέσω ρητίνης + λιπασματοποίηση της λάσπης	1.150.000	36	59	295	Έσοδα από την πώληση των πολυφαινολών	Πρόγραμμα MINOS
14. Βιομεθανοποίηση	480.810	5,19	7,11	35,56	Έσοδα 6,6 Ευρώ/ m ³ από παραπροϊόντα που παράγονται	Fiestas Ros de Ursinos et al., 1996

9. Συμπεράσματα

Το πρόβλημα της διαχείρισης των αποβλήτων της ελαιουργίας είναι τεράστιο και απασχόλησε και απασχολεί πολλούς τομείς της κοινωνίας μας, από τους ίδιους τους ελαιοπαραγωγούς μέχρι και το κράτος και την κοινωνία. Πολλές οι τεχνικές που εφαρμόστηκαν κατά καιρούς και ακόμη περισσότερες αυτές που ερευνούνται εργαστηριακά.

Μερικά από τα συμπεράσματα της παρούσας εργασίας είναι:

- Οι περισσότερες από τις διεργασίες που αναφέρονται στη μελέτη έχουν δοκιμαστεί σε μικρή κλίμακα μόνο, με αποτέλεσμα να απαιτείται η περαιτέρω εκτίμηση αυτών των αποτελεσμάτων και η επακόλουθη μεγάλη κλίμακας εφαρμογή.
- Η διαχείριση των αποβλήτων της ελαιουργίας μπορεί να θεωρηθεί σαν : α) εξαγωγή πολύτιμων υλικών (π.χ. νερό άρδευσης, κομπόστ, καύσιμο, ζωτροφή, αντιοξειδωτικά κλπ.) και β) μείωση του ρυπαντικού φορτίου για τελική διάθεση σε φυσικούς αποδέκτες (επιφανειακό νερό, έδαφος και θάλασσα). Η διπλή ιδιότητα των αποβλήτων (σαν ρυπαντές των ποταμών ή σαν πηγή που μπορεί να ανακυκλωθεί) προκαλεί ανταγωνισμό μεταξύ των γεωπονικών και περιβαλλοντικών ομάδων, εξαιτίας της διαφορετικής οπτικής τους πάνω στο θέμα.
- Οι περισσότερες διεργασίες επικεντρώνονται τόσο στη βιοδιόρθωση, σαν τρόπος μείωσης της ρυπαντικής επίδρασης των αποβλήτων και μετατροπής τους σε πολύτιμα προϊόντα, όσο και στην τροποποίηση της τεχνολογίας που χρησιμοποιείται για την εξαγωγή του ελαιολάδου. Το μεγαλύτερο εμπόδιο στην αποτοξικοποίηση των ΥΑΕ, είναι η παρουσία μεγάλων ποσοτήτων φαινολικών συστατικών, τα οποία επιβραδύνουν τη διαδικασία και εμποδίζουν την απομάκρυνση μέρους του COD. Σήμερα, η τάση είναι να μετατραπεί αυτό το πρόβλημα σε κέρδος, με εξαγωγή αυτών των συστατικών. Πρόσφατες μελέτες έδειξαν ότι τα άφθονα αντιοξειδωτικά φαινολικά κλάσματα του ελαιολάδου έχουν μια δυνητικά παρεμποδιστική ικανότητα σε ενεργά οξειδωτικά είδη, με αποτέλεσμα τα ΥΑΕ να έχουν μια σημαντική αντιοξειδωτική δραστηριότητα και έτσι να μπορούν να αποτελέσουν μια φθηνή πηγή φυσικών αντιοξειδωτικών. Μέχρι σήμερα τα αντιοξειδωτικά συστατικά των ΥΑΕ δεν έχουν εξαχθεί

ικανοποιητικά, εξαιτίας της μικρής ποσότητας τους που αποκτάται με τη χρήση της παραδοσιακής τεχνολογίας.

- Τέλος το πρόβλημα των αποβλήτων των ελαιουργείων επιδυνώνεται από την έλλειψη κοινής πολιτικής μεταξύ των ελαιοπαραγωγών χωρών. Κάθε χώρα έχει τη δική της νομοθεσία και κανονισμούς, που συχνά ποικίλλουν μεταξύ τους, με αποτέλεσμα τη μη υπάρξη κοινής εφαρμογής γενικά αποδεκτών οδηγιών. Γι' αυτό το λόγο υπάρχει ανάγκη ενοποιημένης στρατηγικής μεταξύ των μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Οι νομοθέτες πρέπει στο μέλλον να αφοσιωθούν στα παρακάτω, πολύ σημαντικά σημεία:

- Πληροφορίες γύρω από την κατάσταση της ελαιουργίας. Υπάρχει έλλειψη πραγματικών στοιχείων, που αφορούν την ποσότητα των αποβλήτων που παράγονται και που αυτά παράγονται.

- Περιβαλλοντική αντίληψη (εδαφικές, υδρολογικές και κλιματικές συνθήκες, γεωργικές πρακτικές). Για παράδειγμα, η δυνατότητα του εδαφικού διασκορπισμού εξαρτάται από την ικανότητα των εδαφών να δεχτούν τα απόβλητα και τις θρεπτικές ανάγκες των καλλιεργειών. Επίσης πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η δυνατότητα εφαρμογής των τεχνολογιών στις περιβαλλοντικές συνθήκες κάθε χώρας.

- Διάδοση της πληροφορίας που σχετίζεται με τις τεχνικές διάθεσης και ανακύκλωσης, με αποτελεσματικό και οικονομικό τρόπο, των ελαιουργικών αποβλήτων.

- Εναρμόνιση των διάφορων εθνικών κανονισμών. Σύγκριση της νομοθεσίας των διαφόρων ελαιοπαραγωγικών χωρών και ανάπτυξη κοινών κανόνων σχετικά με τη διαχείριση των αποβλήτων.

- Επαναχρησιμοποίηση των ελαιουργικών αποβλήτων.

- Περιβαλλοντικά σύμφωνη διάθεση των αποβλήτων

- Οικονομική εκτίμηση

- Περιβαλλοντική πολιτική για προστασία των πόρων.

Στον Πίνακα 18, που ακολουθεί, φαίνονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των διαφόρων διεργασιών που έχουν ερευνηθεί για την επεξεργασία και αξιοποίηση των ΥΑΕ.

Μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι κάποιες διεργασίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν τεχνικές προεπεξεργασίας, για να ακολουθήσουν κάποιες άλλες. Ωστόσο καμία από αυτές, σε ατομική βάση, δεν επιτρέπει να λυθεί ολοκληρωτικά το πρόβλημα της διάθεσης των αποβλήτων, με αποτελεσματικό και περιβαλλοντικά ικανοποιητικό τρόπο. Οι λύσεις που αντιμετωπίζουν την κατάσταση πιο ολοκληρωμένα

και συνδυάζουν διάφορες διεργασίες, συνήθως έχουν καλύτερα αποτελέσματα και είναι αυτές που πρέπει να προτιμώνται.

Μια τεχνική, η οποία υπόσχεται πολλά είναι η κομποστοποίηση, στην οποία τα απόβλητα στο σύνολό τους μπορούν να μετατραπούν σε λίπασμα, με πολύ καλές ιδιότητες και τιμή που να συμβάλλει στην οικονομική βιωσιμότητα της διεργασίας. Ένα πρόβλημα που πρέπει να ξεπεραστεί είναι αυτό των οσμών και των νερών στράγγισης, το οποίο όμως μπορεί εύκολα να διευθετηθεί, με ένα επιπλέον αλλά όχι απαγορευτικό κόστος. Επίσης είναι σημαντικό η μονάδα να μπορεί να λειτουργήσει και με άλλα απόβλητα, αφού τα ελαιουργικά απόβλητα παράγονται λίγους μήνες το χρόνο. Το κόστος εγκατάστασης της συγκεκριμένης διεργασίας είναι σχετικά χαμηλό, ενώ δεν απαιτείται εξειδικευμένο προσωπικό.

Ο τομέας της ελαιουργίας είναι πολύ σημαντικός και από οικονομική και από κοινωνική άποψη, γι' αυτό πρέπει να γίνει κατανοητό ότι, είναι απαραίτητη η συμμετοχή όλων των μερών που εμπλέκονται σε αυτόν, για να βρεθεί η καταλληλότερη λύση για τη διάθεση των αποβλήτων, σε κάθε περιοχή.

Πίνακας 18: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των διαφόρων διεργασιών που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία των αποβλήτων

Διεργασίες	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα	Παρατηρήσεις
Εφαρμογή στο έδαφος	-μεγάλη αποδοτικότητα -μικρή κατανάλωση ενέργειας -μικρό κόστος -εμπλουτισμός του εδάφους με οργανική ουσία, P και K -αντιμικροβιακή δράση έναντι παθογόνων του εδάφους	-η χρήση μεγάλων ποσοτήτων μπορεί να προκαλέσει οξίνιση των εδαφών και προβλήματα στην ομαλή ανάπτυξη των καλλιεργειών -κίνδυνος μόλυνσης του υδροφόρου ορίζοντα -μη ανάγκη άρδευσης το χειμώνα -δυσοσμία	-είναι δυνατή η εφαρμογή υπό προϋποθέσεις -συνιστάται η προεπεξεργασία με άλλες τεχνικές, όπως αερισμός, αραίωση
Παροχέτευση σε επιφανειακά νερά και στη θάλασσα	-ανέξοδη -απλή	-βαρύτατες επιπτώσεις λόγω διαταραχής των οικοσυστημάτων	-αυστηρές προδιαγραφές για μείωση του ρυπαντικού φορτίου πριν τη διοχέτευση στο υδάτινο στοιχείο
Αραίωση	-απλή, με ελάχιστο κόστος -μπορεί να γίνει και στο σύστημα αποχέτευσης	-απαιτούνται μεγάλες ποσότητες νερού -αυξάνεται ο όγκος των αποβλήτων	-δεν αποτελεί διεργασία διαχείρισης αποβλήτων
Κατακράτηση/ Καταστάλαξη	-απλή -ελάχιστο κόστος (εκτός και αν πρόκειται για εξαναγκασμένη, όπου απαιτείται φυγοκεντρικός διαχωριστήρας)	-ανάγκη διάθεσης των κλασμάτων που δημιουργούνται -απαιτεί δεξαμενές αποθήκευσης	-μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν μέθοδος -προεπεξεργασίας -μείωση 50% των διαλελυμένων στερεών και 35% του BOD ₅
Φιλτράρισμα/ Διήθηση	-απλή -μικρό κόστος	-φράξιμο μεμβρανών	-πρακτικά ακατάλληλη
Επίπλευση	-απλή -μικρό κόστος	-χαμηλή αναλογία δαπάνης/οφέλους	-μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αφαίρεση της πολύ λεπτής φάσης του ελαίου
Φυγοκέντρηση	-απλή -σημαντική ανάκτηση ελαίου (30-50%), με συνέπεια αύξηση εσόδων -μείωση του COD μέχρι και 70%	-για περαιτέρω μείωση του COD σε αποδεκτά επίπεδα, μόνη κατάλληλη η βιολογική επεξεργασία, η οποία όμως θα είναι πολύ ακριβή, λόγω του υψηλού οργανικού φορτίου, για τα μικρά ελαιουργεία	-μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν μέθοδος προεπεξεργασίας
Διαχωρισμός με μεμβράνες (μικροδιήθηση, υπερδιήθηση, αντίστροφη ώσμωση)	-αρκετά αποτελεσματική	-υψηλού κόστους -όχι ιδιαίτερα κατάλληλη λόγω υψηλού ρυπαντικού φορτίου, που οδηγεί σε φραξίματα των μεμβρανών	-απαιτείται προεπεξεργασία για να είναι αποτελεσματική -ο συνδυασμός υπερδιήθησης και αντίστροφης ώσμωσης μπορεί να μειώσει το COD κατά 99%

Διεργασίες	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα	Παρατηρήσεις
Εξάτμιση- Απόσταξη	-αξιόπιστη -ιδιαιτερή επιτυχία (μείωση 80% του COD και 70-75% στον όγκο)	-ακριβή -μεγάλη κατανάλωση ενέργειας -ανάγκη διάθεσης του συμπυκνώματος -προβλήματα οσμής	- το συμπύκνωμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν λίπασμα ή να αποτεφρωθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας
Καύση	-απλή -αποτελεσματική	-εκπομπή αερίων ρύπων -χαμηλή ανάκτηση ενέργειας -συσσώρευση μεγάλων ποσοτήτων τέφρας	-ανάγκη ύπαρξης ειδικών συσκευών για την επεξεργασία των αερίων και της τέφρας -μπορεί να γίνει διάθεση της τέφρας στη γεωργία σαν πηγή ανόργανων αλάτων -γενικά υπάρχει αυστηρό νομικό πλαίσιο για την καύση (Οδηγίες 2000/76 και 75/442/ΕΟΚ)
Πυρόλυση	-σχηματισμός συνθετικού αερίου, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ενέργειας και για τη δημιουργία διαφόρων χημικών προϊόντων	-δημιουργία υγρών και στερεών υπολειμμάτων -δημιουργία μεγάλων ποσοτήτων συμπυκνωμένου νερού που απαιτεί περαιτέρω διαχείριση	-ενδείκνυται κυρίως για απόβλητα χαμηλής υγρασίας, όπως είναι τα στερεά απόβλητα της ελαιουργίας
Μέθοδος λίμνασης	-μείωση του COD κατά 80% -ελάχιστο κόστος -απλή	-απειλή διαρροών μέσω του εδάφους και στον υδροφόρο ορίζοντα -ανάγκη διαθεσιμότητας μεγάλων λεκανών συλλογής -ανάγκη διάθεσης της λάσπης που δημιουργείται -μεγάλη περίοδο επεξεργασίας -έντονη οσμή	- η λάσπη έπειτα από κομποστοποίηση μπορεί να μετατραπεί σε κομπόστ
Κροκίδωση	-μικρό κόστος, ιδιαίτερα στην περίπτωση του ασβέστη -μείωση κατά 50% του COD και 50% του χρώματος	-δυσοσμία του ιζήματος που σχηματίζεται -ανάγκη διάθεσης του ιζήματος και της επιπολάζουσας φάσης	
Ρόφηση	-μικρές απαιτήσεις χώρου -καθαρό νερό -όχι εκπομπές οσμών -μικρά κόστη για το ροφητικό	-περιορισμένη δυνατότητα καθαρισμού των ροφητικών -κόστη λειτουργίας της μονάδας -έμπειρο προσωπικό	-μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν διαδικασία προεπεξεργασίας
Προχωρημένες Οξειδωτικές Διαδικασίες – Αντίδραση Fenton	-μείωση του COD έως και 90% και των φαινολικών ενώσεων έως και 80% -δεν επιβαρύνει το απόβλητο με επιπλέον τοξικότητα -απλός απαιτούμενος εξοπλισμός	-υψηλό κόστος -δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνη της	Η αντίδραση Fenton έχει χρησιμοποιηθεί σαν μέρος ολοκληρωμένης επεξεργασίας

Διεργασίες	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα	Παρατηρήσεις
Υγρή οξείδωση	-αποδοτική διαδικασία για την προεπεξεργασία των αποβλήτων -απλή	-μακρά περίοδο αντίδρασης -υψηλή ενεργειακή απαίτηση -αέριες εκπομπές	-μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την προεπεξεργασία των αποβλήτων πριν την εφαρμογή βιολογικών μεθόδων
Ηλεκτροχημική οξείδωση	-αποτελεσματική -μείωση του COD έως και 93%	-υψηλό ενεργειακό κόστος -ανάγκη επιπλέον επεξεργασίας για την αφαίρεση του ηλεκτρολύτη -έμπειρο προσωπικό	-μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν προεπεξεργασία για να μεγιστοποιήσει την αποτελεσματικότητα της βιολογικής επεξεργασίας
Αναερόβιες μέθοδοι	-μικρές απαιτήσεις σε ενέργεια -παραγωγή βιοαερίου -σχετικά μικρό ποσό λάσπης	-η υψηλή συγκέντρωση φαινολών παρεμποδίζει τους μικροοργανισμούς, οπότε χρειάζεται προκατεργασία	-η βιολογική προσέγγιση απαιτεί βαθιά γνώση των καταβολικών μονοπατιών που χρησιμοποιούνται από τους μικροοργανισμούς και σωστή επιλογή των κατάλληλων ειδών
Αερόβιες μέθοδοι	-χαμηλό λειτουργικό κόστος -απλή και αποτελεσματική -δυνατότητα παραγωγής οργανικού υγρού υψηλής λιπαντικής αξίας	-υψηλή χρήση ενέργειας -υψηλή απαίτηση για προσθήκη θρεπτικών -υψηλό αρχικό κόστος -υψηλή παραγωγή δευτερογενούς λάσπης και ανάγκη διάθεσής της	-πολύ καλός ο συνδυασμός αναερόβιων με αερόβιες διεργασίες
Κομποστοποίηση	-απλή -βιοδιόρθωση των αποβλήτων, χωρίς δημιουργία δευτερογενών αποβλήτων -μικρό κόστος -παραγωγή λιπάσματος, υψηλής ποιότητας, πλούσιο σε άζωτο	-παρουσία ανεπιθύμητων οσμών -δημιουργία νερού στράγγισης, που απαιτεί συμπληρωματικό χειρισμό -η απομάκρυνση των αερίων που σχηματίζονται, γίνεται με χρήση βιοφίλτρων, που οδηγεί σε αύξηση του κόστους. -μεγάλη περίοδο ωρίμανσης -απαιτεί προσθήκη διογκωτικού παράγοντα, που δεν είναι πάντα διαθέσιμος.	-η οικονομική βιωσιμότητα μιας μονάδος κομποστοποίησης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη δυνατότητα πώλησης του τελικού προϊόντος. Καλό είναι να επιλεγεί μια μέθοδος που να μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για άλλους τύπους αποβλήτων, για να καλυφθεί η εποχιακή παραγωγή αποβλήτων από τα ελαιουργεία.
Χρησιμοποίηση σαν ζωοτροφή	-χαμηλό κόστος	-χαμηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη -έλλειψη λυσίνης -υψηλή περιεκτικότητα σε κυτταρίνη -πικρή γεύση	

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΡΡΑΙΑ

ΕΥΡΩΠΑΪΚΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ

1.LIFE ENV/GR/000671

ΤΙΤΛΟΣ ΕΡΓΟΥ: MINOS

Ανάπτυξη διαδικασίας για την ολοκληρωμένη διαχείριση των αποβλήτων ελαιοτριβείων με ανάκτηση φυσικών αντιοξειδωτικών και παραγωγή οργανικού λιπάσματος

Υπεύθυνος Φορέας: Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Διάρκεια Έργου: 1/9/2001-1/3/2004

Το Πρόγραμμα **MINOS** συνχρηματοδοτήθηκε από το Πρόγραμμα **LIFE-Environment** της Γενικής Διεύθυνσης «Περιβάλλον» της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Τμήμα του Προγράμματος χρηματοδοτήθηκε επίσης από την Δήμο Ρούβας, την Περιφέρεια Κρήτης, τον Αγροτικό Συνεταιρισμό Γέργερης και την Νομαρχία Ηρακλείου.

Κύριος στόχος του έργου ήταν να αποδείξει ότι είναι δυνατή η απομόνωση των πολυφαινολικών ενώσεων σε βιομηχανική κλίμακα και οικονομικά συμφέρουσα η ορθολογική διαχείριση των αποβλήτων των ελαιουργείων, με την οικονομική εκμετάλλευση των ενώσεων αυτών.

Κατά την υλοποίησή του σχεδιάστηκαν, εξετάστηκαν και δοκιμάστηκαν διάφορα εναλλακτικά σενάρια διαχείρισης των ΥΑΕ, επιλέχθηκε, βάσει τεχνικοοικονομικών και περιβαλλοντικών όρων, το βέλτιστο σενάριο διαχείρισης και επί του επιλεγθέντος σεναρίου σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε σε πιλοτική κλίμακα μονάδα επεξεργασίας των ΥΑΕ. Η πιλοτική μονάδα λειτούργησε δοκιμαστικά κατά τη διάρκεια δύο διαδοχικών ελαιουργικών περιόδων. Κατά το διάστημα αυτό πραγματοποιήθηκαν συνεχείς βελτιώσεις, ώστε να επιτευχθεί ο υψηλότερος δυνατός βαθμός απόδοσης.

Τα κύρια στάδια της αναπτυχθείσας τεχνολογίας είναι τα ακόλουθα:

- Διαδοχικά φιλτραρίσματα των ΥΑΕ
- Δέσμευση των περιεχόμενων πολυφαινολών, από εξειδικευμένη προσροφητική ρητίνη
- Επεξεργασία της εκροής της ρητίνης σε σύστημα νανοδιήθησης/ αντίστροφης ώσμωσης
- Ανάκτηση των πολυφαινολών από την ρητίνη με χρήση οργανικού διαλύτη

- Παραλαβή του μίγματος πολυφαινολών μέσω θερμικής ανάκτησης του οργανικού διαλύτη
- Χρωματογραφικός διαχωρισμός των πολυφαινολών
- Λιπασματοποίηση της λάσπης που παράγεται κατά τα στάδια φιλτραρίσματος και των φύλλων ελιάς που απορρίπτονται σαν στερεά απόβλητα από τα ελαιουργεία

Η εφαρμογή της αναπτυχθείσας τεχνολογίας οδηγεί στην παραγωγή:

► Καθαρού νερού κατάλληλου για τελική διάθεση σε υδάτινο φυσικό αποδέκτη, για υπεδάφια διάθεση, για άρδευση και για αξιοποίηση στην ίδια τη μονάδα, για την κάλυψη των διαφόρων αναγκών της σε κατανάλωση νερού

► Πολυφαινολών σε μορφή και καθαρότητα κατάλληλη για χρήση ως πρώτη ύλη σε διάφορες εφαρμογές (παραγωγή φαρμάκων, συμπληρωμάτων διατροφής, καλλυντικών κ.λ.π.)

► Φυσικού εδαφοβελτιωτικού (compost)

Η εφαρμογή της αναπτυχθείσας τεχνολογίας απαιτεί αφενός την προμήθεια και εγκατάσταση εξειδικευμένου εξοπλισμού και αφετέρου την απασχόληση εξειδικευμένου προσωπικού. Γι' αυτό καθίσταται ασύμφορη η εγκατάσταση της τεχνολογίας σε κάθε ένα από τα ελαιουργεία, τα οποία στην πλειονότητά τους είναι επιχειρήσεις μικρής κλίμακας. Για να είναι βιώσιμη λοιπόν η εφαρμογή της τεχνολογίας, προτείνεται η εγκατάσταση κεντρικών μονάδων σε διάφορες γεωγραφικές περιοχές, οι οποίες θα εξυπηρετούν τα ελαιουργεία που δραστηριοποιούνται στις περιοχές αυτές, με αποτέλεσμα και με βάση τις οικονομίες κλίμακος, το πάγιο κόστος και τα λειτουργικά κόστη των κεντρικών μονάδων να είναι χαμηλότερα.

Όσον αφορά τα οικονομικά στοιχεία μιας τέτοιας μονάδας, σημειώνεται ότι για δυναμικότητα επεξεργασίας 50m³ΥΑΕ/ μέρα, το κόστος του απαιτούμενου εξοπλισμού εκτιμάται στα 1.150.000 € (το κόστος κατασκευής του κτιρίου δεν περιλαμβάνεται), ενώ το μηνιαίο κόστος υπολογίζεται ότι ανέρχεται στα 54.000€. Λαμβάνοντας υπόψη ότι η μέση περιεκτικότητα των ΥΑΕ σε πολυφαινόλες είναι 2-4g/l και ότι η τιμή πώλησης του τελικού εκχυλίσματος στην σχετική αγορά εκτιμάται ότι θα κυμαίνεται μεταξύ 0,4-1€/g, προκύπτει με βάση τους μετριοπαθέστερους υπολογισμούς, ότι είναι εφικτή η πλήρης απόσβεση του εξοπλισμού της μονάδας εντός των δύο πρώτων ετών λειτουργίας της. Συμπερασματικά, πρόγραμμα κατέληξε ότι η εφαρμογή της συγκεκριμένης τεχνολογίας αποτελεί μια κερδοφόρα επένδυση και μια βιώσιμη λύση στο σοβαρό πρόβλημα της διαχείρισης των ελαιουργικών αποβλήτων.

2.FAIR-CT97-3807

Τίτλος έργου : LAGAR

Ανάκτηση νερού από υγρά απόβλητα ελαιουργείων, μετά από φωτοκαταλυτική αποτοξικοποίηση και απολύμανση

Υπεύθυνος Φορέας: Departamento de Energias Renovaveis, Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial

Διάρκεια Έργου: 1/9/1998-28/2/2001

Ο τελικός σκοπός του προγράμματος είναι η ανάπτυξη μιας οικονομικής τεχνολογίας, βασισμένης στη χρήση του ηλιακού φωτός για την επεξεργασία των ΥΑΕ με την φωτοκαταλυτική οξειδωση. Πραγματοποιήθηκαν η ανοργανοποίηση των δύσκολων φαινολικών ρύπων, που βρίσκονται στα ΥΑΕ και η εφαρμογή σε πιλοτική μονάδα. Μετά τη φωτοκαταλυτική επεξεργασία το απομένον απόβλητο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν λίπασμα, νερό άρδευσης ή να επαναχρησιμοποιηθεί στη διαδικασία εξαγωγής ελαιολάδου. Επειδή τα στερεά σωματίδια μπορούν να δημιουργήσουν πρόβλημα στην εφαρμογή της μεθόδου, κρίνεται απαραίτητη η χρήση της κροκίδωσης με 5 g/l υδροξειδίου του ασβεστίου και μια 24ωρη κατακάθιση για την αφαίρεση των διαλελυμένων στερεών πριν την φωτοκαταλυτική επεξεργασία.

Τα παραπάνω αποτελούν συμπεράσματα που συνοψίζονται στην αναφορά προόδου του Σεπτεμβρίου 2000. Στην ίδια αναφορά περιγράφονται και οι δραστηριότητες που πρόκειται να υλοποιηθούν στη συνέχεια του προγράμματος, οι οποίες είναι οι εξής:

- ❖ Θα συνεχιστεί η αποτίμηση της βιοτοξικότητας των διαφόρων σταδίων επεξεργασίας, με δείγματα από τα ελαιουργεία
- ❖ Οι φωτοαντιδραστήρες που σχεδιάστηκαν για την φωτοχημική αποτοξικοποίηση των ΥΑΕ με τη μέθοδο Φωτο-Fenton, θα εγκατασταθούν σε ελαιουργεία στην Πορτογαλία και την Ελλάδα και θα ελεγχθεί η λειτουργία τους

Συμπερασματικά, μπορεί να λεχθεί ότι η ενεργειακή αποδοτικότητα (χρήση ηλιακού φωτός) και τα αβλαβή εφαρμοζόμενα χημικά, κάνουν αυτή τη μέθοδο μια ιδανική διαδικασία επεξεργασίας των ΥΑΕ.

3.FAIR-CT-97-3620

Λιπασματοποίηση των στερεών αποβλήτων που προκύπτουν από τα ελαιουργεία με σύστημα φυγοκέντρωσης 2-φάσεων

Υπεύθυνος Φορέας: University of Milan Dept. of Food Science and Microbiology

Διάρκεια Έργου: 1/8/1998-31/7/2001

Σκοπός του έργου ήταν να συλλεγούν κατάλληλα μικροβιακά στελέχη και να ελεγχθούν δύο διαφορετικές τεχνολογίες λιπασματοποίησης (σωρός λιπασματοποίησης και αντιδραστήρας λιπασματοποίησης, οριζόντιος και κατακόρυφος), ώστε να βρεθεί μια ενεργειακά και οικονομικά αποδεκτή λύση στο πρόβλημα των 2POMW.

Ορισμένα από τα βήματα που θα ακολουθούνταν είναι:

- Προετοιμασία των καλλιεργειών έναρξης για τη λιπασματοποίηση, με επιλογή από αερόβια βακτήρια και μύκητες, ικανών να αποικοδομούν τα τοξικά συστατικά που είναι παρόντα στα 2POMW. Οι επιλεγόμενες καλλιέργειες θα αποκτώνται τελικά από εμπλουτισμένες καλλιέργειες που παράγονται στο εργαστήριο
- Παραγωγή λιπάσματος, ισορροπημένου σε άζωτο, κάλιο και φώσφορο με προσθήκη διάφορων αποβλήτων (απόβλητα από βιομηχανίες ζάχαρης, λάσπη από μονάδα επεξεργασίας αστικών λυμάτων, από ζυθοποιία, κ.λ.π.) στα 2POMW
- Χρήση τεχνολογιών μοριακής βιολογίας για τον έλεγχο των ιδιοτήτων υγιεινής του λιπάσματος, σε συνδυασμό με την παρουσία των πιο σημαντικών παθογόνων μικροοργανισμών
- Έλεγχος της γεωπονικής καταλληλότητας του παραγόμενου λιπάσματος.
- Σχεδιασμός και έλεγχος δύο τεχνολογιών λιπασματοποίησης. Θα χρησιμοποιηθεί ένα οριζόντιος αντιδραστήρας και ένας δύο φάσεων κατακόρυφος αντιδραστήρας.
- Αποτίμηση του κόστους και της τεχνο-οικονομικής επιτευξιμότητας της διαδικασίας

Το πρόγραμμα προσδοκά να σχεδιάσει μια απλή τεχνολογία λιπασματοποίησης, που να υποστηρίζεται από επιλεγμένα μικροβιακά στελέχη, ικανή να λύσει το πρόβλημα που

δημιουργείται από τα 2POMW που παράγονται κατά την 2-φάσεων διαδικασία παραγωγής ελαιολάδου. Το παραγόμενο μίγμα θα είναι κατάλληλο για χρήση σαν λίπασμα, ενώ η προτεινόμενη τεχνολογία θα έχει χαμηλή περιβαλλοντική επίδραση (εκπομπές) και θα είναι ενεργειακά και οικονομικά κατάλληλη για μικρού μεγέθους ελαιουργεία.

Δεν βρέθηκαν τελικά αποτελέσματα.

4. LIFE99 ENV/D/000424

Τίτλος έργου: OLIVIA

Επεξεργασία των υγρών αποβλήτων από τα ελαιουργεία

Υπεύθυνος Φορέας: Aquatec 3w GmbH

Διάρκεια Έργου: 1/2/1999-31/10/2002

Το πρόγραμμα αυτό μελέτησε μια τεχνολογικά και οικονομικά κατάλληλη λύση για τη διάθεση των ΥΑΕ. Στόχος του ήταν να αποδείξει τα πλεονεκτήματα μιας οικονομικά βιώσιμης, πολυχρηστικής διαδικασίας για την εκμετάλλευση των στερεών και ενεργειακών συστατικών των ΥΑΕ. Ο τελικός στόχος είναι να περιοριστεί η εκτεταμένη οργανική ρύπανση των ποταμών και του υπόγειου νερού, οι εν δυνάμει κίνδυνοι ρύπανσης του πόσιμου νερού, καθώς και οι τυπικές οσμές που εκπέμπονται από τη διαδικασία εξαγωγής ελαιολάδου.

Το βασικό στοιχείο αυτής της τεχνολογίας ήταν να αποτελέσει μια πολυβάθμια αναερόβια βιολογική διαδικασία. Σε αυτή, το βιοαέριο που αποκτάται από το οργανικό περιεχόμενο των ΥΑΕ, μπορεί να μετατραπεί σε ηλεκτρική και θερμική ενέργεια. Επιπρόσθετα, από τα υπολείμματα μπορούν να αποκτηθούν υψηλής ποιότητας λίπασμα και άλλα χρήσιμα συστατικά. Το καθαρισμένο νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην παραπάνω διαδικασία ή σαν νερό άρδευσης.

Στο μέλλον προβλέπεται η διαδικασία να είναι διαθέσιμη σαν μια ολοκληρωμένη λύση για μικρά και μεσαία ελαιουργεία, καθώς και σαν βάση οργάνωσης(engineering) για μεγάλα ελαιουργεία ή κεντρικές μονάδες διάθεσης στην περιοχή της Μεσογείου.

Η Aquatec 3w GmbH είναι μια ιδιωτική εταιρεία, η οποία ήταν υπεύθυνη για την ανάπτυξη αυτής της τεχνολογίας. Η τεχνολογία Aquatec OLIVIA αποτελείται από τρία στάδια:

- Καθαρισμός των ΥΑΕ: μέσω μιας μηχανικο-βιολογικής προεπεξεργασίας, τα απόβλητα χωρίζονται στα διαλελυμένα και αδιάλυτα μέρη τους, οπότε μειώνεται το οργανικό φορτίο τους κατά 40-60%. Επειδή τα απόβλητα παράγονται σε μικρή περίοδο λίγων μηνών, πρέπει για οικονομικούς λόγους να λάβει χώρα μια ενδιάμεση αποθήκευση. Οι υπάρχουσες λίμνες και τα συστήματα αποθήκευσης μπορούν να συμπεριληφθούν στη μέθοδο. Σε ένα ειδικό αναερόβιο στάδιο, πάνω από το 95% των διαλελυμένων και μη συστατικών αφαιρούνται από το απόβλητο και μετατρέπονται σε βιοαέριο. Στη συνέχεια τα απόβλητα επεξεργάζονται επιπλέον σε ένα αερόβιο στάδιο ή με διήθηση από μεμβράνη, για να εξασφαλισθεί η απαραίτητη ποιότητα για την απόρριψη. Αυτή η επιπλέον επεξεργασία μπορεί να εφαρμοστεί και σε μια υπάρχουσα κοινοτική μονάδα βιολογικού καθαρισμού. Το καθαρισμένο νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την άρδευση στη γεωργία ή για βιομηχανικούς σκοπούς ή να διοχετευθεί στα επιφανειακά νερά.

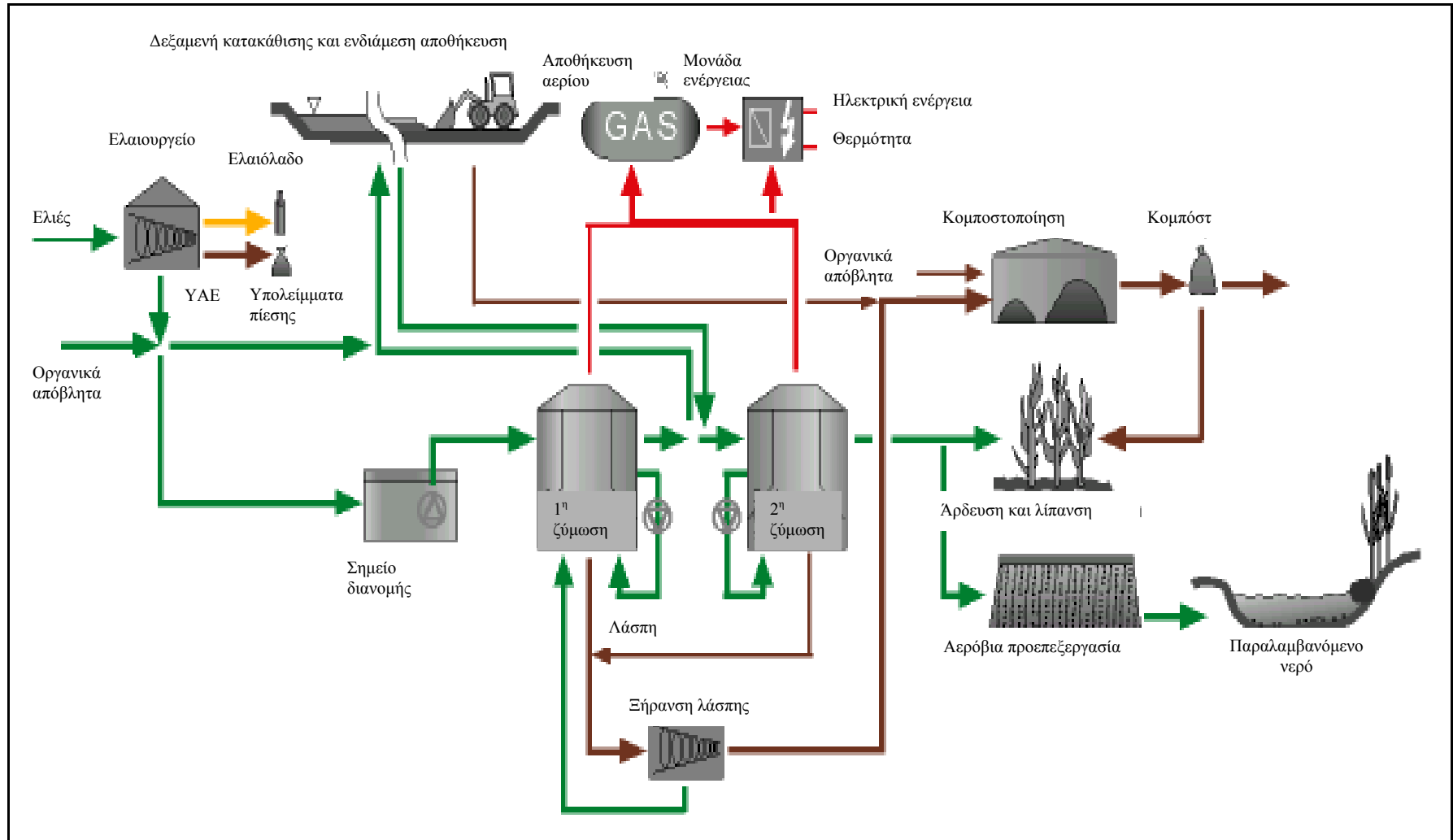
- Επεξεργασία της λάσπης: η λάσπη που προκύπτει από την προεπεξεργασία με κατακάθιση των ΥΑΕ και ανάλογα με το σχέδιο του προγράμματος, προωθείται για την παραγωγή ενέργειας ή την παρασκευή λιπάσματος. Όπου η ανάκτηση ενέργειας είναι πρωταρχικός σκοπός, η λάσπη μετατρέπεται σε βιοαέριο, αφού προηγουμένως ξηραθεί. Ένα κυβικό μέτρο λάσπης ΥΑΕ αποδίδει ενέργεια ίση με 140-200 kWh ηλεκτρικής ενέργειας. Για την παραγωγή λιπάσματος, η λάσπη σταθεροποιείται αερόβια και ξηραίνεται. Το λίπασμα (υπό τη μορφή σκόνης ή κόκκων) μπορεί να αναμιχθεί με άζωτο και φώσφορο και να δώσει ένα λίπασμα με υψηλό περιεχόμενο χουμικού υλικού. Ένα κυβικό μέτρο ΥΑΕ δίνει 40-60 kg λιπάσματος.

- Εκμετάλλωση βιοαερίου: περίπου 30m³ βιοαερίου μπορούν να παραχθούν για κάθε m³ των ΥΑΕ (COD περίπου 100g/l), από το οποίο μπορούν να παραχθούν σχεδόν 70kWh/m³ ηλεκτρικής και 150 kWh θερμικής ενέργειας και στην περίπτωση που δεν χρησιμοποιείται μονάδα συμπαραγωγής 210kWh θερμικής ενέργειας. Οι απαιτήσεις σε ενέργεια του συστήματος καλύπτονται πλήρως και η επιπλέον ενέργεια μπορεί να πουληθεί ή να χρησιμοποιηθεί με τη μορφή ζεστού νερού ή ατμού.

Άλλα απόβλητα με υψηλό οργανικό περιεχόμενο, όπως αυτά από τις επεξεργασίες του κρέατος, των λαχανικών ή των φρούτων μπορούν επίσης να διαχειριστούν από το σύστημα που χρησιμοποιεί η τεχνολογία AquatecOLIVIA. Η ταυτόχρονη επεξεργασία άλλων αποβλήτων βελτιώνει την ολική χρησιμότητα του συστήματος και προσφέρει την

ευκαιρία για τη δημιουργία επιπρόσθετου εσόδου και τη μείωση του κόστους του συστήματος (Διαγρ. 6). Τα έξοδα κεφαλαίου και τα κόστη λειτουργίας καθορίζονται κυρίως από το στόχο καθαρισμού. Για κάθε ξεχωριστό έργο ωστόσο, πρέπει να προσδιορισθεί μια οικονομική ακτίνα απόρριψης, και να παρθεί μια απόφαση εάν είναι πιο οικονομικά αποδοτικό ένα μεγαλύτερο κεντρικό σύστημα ή αρκετά αποκεντρωμένα συστήματα. Το μικρότερο οικονομικά εφικτό σύστημα επεξεργασίας έχει μια επαρκή δυναμικότητα για την διάθεση των ΥΑΕ από την παραγωγή περίπου 1.500 τόνων ελαιολάδου.

Ένα σύστημα επίδειξης βασισμένο στην τεχνολογία OLIVIA της Aquatec κατασκευάστηκε το 1999 στην Κρήτη και λειτουργεί επιτυχώς από τότε. Το σύστημα λειτουργεί περίπου πέντε μήνες το χρόνο και καθαρίζει τα υγρά απόβλητα από ένα ελαιουργείο (3-φάσεων) που παράγει περίπου 400 τόνους ελαιόλαδο ετησίως. Το επίπεδο καθαρισμού που επετεύχθη ήταν 95%. Υπολογίστηκε ότι εφαρμόζοντας αυτή τη τεχνολογία θα αυξηθεί η τιμή του ελαιόλαδου κατά 3%. Επέκταση του συστήματος ώστε να εξυπηρετεί και άλλα ελαιουργεία της περιοχής ήταν στα σχέδια για το τέλος του προγράμματος.



Διάγραμμα 6: Επεξεργασία των υγρών αποβλήτων από τα ελαιουργεία, με τη τεχνολογία OLIVIA.

5. ICA3-CT-1999-00011

Τίτλος έργου: *WAWAROMED*

Wastewater recycling of olive mills in Mediterranean countries- demonstration and sustainable reuse of residuals

Υπεύθυνος Φορέας: Department of Mechanical Engineering, Aachen University of Applied Sciences, Germany

Διάρκεια Έργου: 1/3/2000- 31/5/2003

Σκοπός του προγράμματος ήταν η επεξεργασία και επαναχρησιμοποίηση των ΥΑΕ, τα οποία στις χώρες της Μεσογείου συνήθως αποθηκεύονται σε ανοικτές λεκάνες και προκαλούν επιβλαβείς οικολογικές επιπτώσεις εξαιτίας της υπερχειλίσης κατά τη διάρκεια του χειμώνα.

Τα ΥΑΕ επεξεργάστηκαν αερόβια και αναερόβια, προκειμένου να μειωθεί το οργανικό ρυπαντικό φορτίο, με αποτέλεσμα να επιτευχθεί απομάκρυνση του COD κατά 89%, αλλά να παραμένει υψηλή η αγωγιμότητα του εκρέοντος. Προκειμένου να διευκολυνθεί η επεξεργασία, αναπτύχθηκε ένας νέος βιολογικός ζηματοποιητής, ο οποίος συνδυάζει τα πλεονεκτήματα της αερόβιας και της αναερόβιας επεξεργασίας. Αυτή η πιλοτική μονάδα κατασκευάστηκε σε ένα ελαιουργείο στην Κρήτη και παρουσιάζει καλούς ρυθμούς απομάκρυνσης για το COD και τα φαινολικά συστατικά. Εξετάστηκε επίσης, σαν δεύτερη τεχνολογία επεξεργασίας η Eruvalisation, η οποία χρησιμοποιεί φυτά σε υδροπονία για τον καθαρισμό των αποβλήτων. Τα αραιωμένα ΥΑΕ διοχετεύονται σε κανάλια, στα οποία έχουν εγκατασταθεί φυτά και ανακυκλώνονται για κάποιες μέρες. Τα φυτά απορροφούν όλα τα θρεπτικά από τα απόβλητα προκειμένου να τραφούν, ενώ οι ρίζες τους λειτουργούν σαν φυσικά φίλτρα, κατακρατώντας τα στερεά που περιέχονται στα ΥΑΕ. Μετά και από την επεξεργασία στο σύστημα Eruvalisation, η μείωση του COD φθάνει το 98%, μετά από μερικές μέρες (5-9).

Μερικά από τα φυτά που χρησιμοποιήθηκαν (*Canna sp*, *Cyperus sp*) προσαρμόστηκαν πολύ καλά στα απόβλητα και απέκτησαν μεγάλο ύψος και φυλλική επιφάνεια. Αυτά τα φυτά έχαναν μεγάλα ποσά νερού μέσου της εξατμισοδιαπνοής. Από τεστ βρέθηκε ότι από τα απόβλητα που διοχετεύονταν στα φυτά (με 33% συγκέντρωση σε αναερόβια επεξεργασμένα ΥΑΕ), χάνονταν περισσότερο από 220L απόβλητου/μέρα/ κανάλι, μέσω της εξατμισοδιαπνοής, που σημαίνει περισσότερο από 70L ΥΑΕ τη μέρα. Στη

συνέχεια πραγματοποιήθηκαν κάποια πειράματα σε λυσίμετρα και σε καλλιέργειες ελιάς (20 ετών) σε αγρό στα Χανιά, προκείμενου να μελετηθούν οι επιδράσεις της χειμερινής εφαρμογής (μετά από μια ημέρα κατακάθιση) και της καλοκαιρινής εφαρμογής του τελικού εκρέοντος (από τη συνδυασμένη επεξεργασία), στις ιδιότητες του εδάφους και την παραγωγή των δένδρων. Η εποχιακή εφαρμογή, με 416m³ ανεπεξέργαστων ΥΑΕ/εκτάριο (5 εφαρμογές) για 3 χρόνια δεν είχε καμιά αρνητική επίδραση στη φυσιολογία των φυτών, στη θρεπτική κατάσταση, στις ιδιότητες της παραγωγής και του εδάφους, ενώ το εδαφικό Κ αυξήθηκε, αυξάνοντας και την γονιμότητα του εδάφους. Το τελικό εκρέον από το παραπάνω συνδυασμό των τεχνολογιών, ήταν κατάλληλο για καλοκαιρινή άρδευση των ελιών. Ωστόσο, το εκρέον αυτό πρέπει να διαλυθεί πρώτα πριν χρησιμοποιηθεί για άρδευση.

Ανάμεσα στους μικροοργανισμούς που απομονώθηκαν από τα ΥΑΕ ήταν και οι *Aspergillus niger* και *Geotrihum candidum*, οι οποίοι χρησιμοποιήθηκαν εκ νέου στη μονάδα επεξεργασίας στην Κρήτη, με σκοπό την μείωση της τοξικότητας των ΥΑΕ.

Η μονάδα κατασκευάστηκε κατά τέτοιο τρόπο ώστε μέρος της απαιτούμενης ενέργειας να καλύπτεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Μια γεννήτρια προμηθεύει ηλεκτρική ενέργεια, ενώ σχεδιάστηκε ένα ηλιακό – θερμικό σύστημα για τη θέρμανση του αναερόβιου αντιδραστήρα μέχρι τους 37°C. Οι υπολογισμοί έδειξαν, ότι αυτό το σενάριο είναι κατάλληλο για μικρής κλίμακας μονάδες επεξεργασίας, ενώ για μεγάλης κλίμακας το σύστημα θέρμανσης είναι ένα σύστημα βιομάζας.

6. IMPEL OLIVE OIL PROJECT

Υπεύθυνος Φορέας: Consejeria de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, σε συνεργασία με το Εθνικό Αστεροσκοπείο των Αθηνών και το Ελληνικό Υπουργείο Περιβάλλοντος.

Διάρκεια Έργου : Ιανουάριος 2003-Νοέμβριος 2003

Το έργο συνχρηματοδοτήθηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση και την Ένωση της Ανδαλουσίας.

Σκοπός του προγράμματος ήταν η εξέταση απόψεων και η ανάπτυξη μεθόδων για ολοκληρωμένο έλεγχο της ρύπανσης, συμμόρφωση και επιβολή στους τομείς παραγωγής ελαιολάδου και πυρηνελαίου, με την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των Ευρωπαϊκών

Μεσογειακών χωρών παραγωγής ελαιολάδου, λαμβάνοντας υπόψη τα ιδιαίτερα προβλήματά τους και συμβάλλοντας με προτάσεις για καλές πρακτικές και Best Available Techniques (BATs) σε αυτούς τους τομείς. Οι χώρες που συμμετείχαν ήταν οι: Ισπανία, Ελλάδα, Ιταλία, Πορτογαλία, Κύπρος, Κροατία και Μάλτα.

Το πρόγραμμα δομήθηκε ως εξής:

Φάση Α: α) Δικτύωση των συμμετεχουσών χωρών, β) Συλλογή πληροφοριών για την παραγωγή ελαιολάδου μέσω ερωτηματολογίων που κυκλοφόρησαν στις συμμετέχουσες χώρες και επεξεργασία των στοιχείων και γ) Επαφές με βιομηχανικούς οργανισμούς ελαιολάδου της ΕΕ και άλλων Μεσογειακών χωρών

Φάση Β: α) Οργάνωση ενός τριήμερου συνεδρίου στην Ισπανία, β) Εξερεύνηση των απόψεων για συνέχιση της πρωτοβουλίας και γ) Προετοιμασία της τελικής αναφοράς με αποτελέσματα του προγράμματος και προτάσεις για περαιτέρω δράσεις.

Τα βασικά συμπεράσματα του προγράμματος ήταν:

- Ο τομέας είναι πολύ σημαντικός για τις Μεσογειακές χώρες, και από την πλευρά της οικονομίας, όσο και από την πλευρά της παράδοσης. Τα μεγάλα ελαιουργεία είναι περιορισμένα στην Ισπανία και την Ιταλία, ενώ η Πορτογαλία είναι η μόνη χώρα με σχετικά μεγάλες μονάδες πυρηνελαιουργίας. Με εξαίρεση ένα πυρηνελαιουργείο στην Πορτογαλία, δεν υπάρχουν ελαιουργεία που να λειτουργούν στα πλαίσια της οδηγίας IPPC.

- Η διαχείριση των αποβλήτων και των παραπροϊόντων είναι το κλειδί για το περιβαλλοντικό ζήτημα και φαίνεται ότι η ελαχιστοποίηση των αποβλήτων και η επαναχρησιμοποίηση των παραπροϊόντων είναι μια ανάγκη. Οι Τιμές Ορίων Εκρέοντος (TOE) για τη διάθεση των υγρών αποβλήτων και της λάσπης εξαρτώνται τον αποδέκτη, ενώ δεν επιβάλλονται, ούτε υπάρχει συμμόρφωση πάντα, κυρίως σε Μικρού Μεγέθους Ελαιουργεία (ΜΜΕ). Όσον αφορά τις αέριες εκπομπές, οι TOE για τα καύσιμα βιομάζας υφίστανται στην Ιταλία και την Ισπανία και θα εισαχθούν σύντομα και στην Πορτογαλία. Δεν υπάρχουν συγκεκριμένες TOE στις άλλες χώρες και αυτό αναμένεται να είναι ένας περιορισμός στη ενδεχόμενη χρήση της ελαιοπυρήνας σαν καύσιμο βιομάζας. Απαιτούνται ειδικά νομοθετικά άρθρα για τα στερεά υπολείμματα, από τη στιγμή που καταρχήν μπορούν να χαρακτηριστούν σαν «επικίνδυνα απόβλητα».

- Το σύστημα 2-φάσεων πρακτικά εξαλείφει τα υγρά απόβλητα και είναι υποψήφια BAT. Επικρατεί στην Ισπανία και την Κροατία. Δεν έχει εισχωρήσει

σημαντικά στις άλλες χώρες ακόμη, εξαιτίας της δυσκολίας στο χειρισμό της λάσπης (δεν είναι αποδεκτή από τις παραδοσιακές μονάδες εκχύλισης). Η κομποστοποίηση (κυρίως στην Ιταλία) και η χρήση σαν καύσιμο βιομάζας – κυρίως στην Ισπανία (όταν είναι διαθέσιμη μια σημαντική ποσότητα λάσπης, όχι σε περιπτώσεις διασκορπισμένων και απομονωμένων μονάδων) φαίνεται ότι είναι οι δυο σημαντικότερες βιώσιμες λύσεις για την επαναχρησιμοποίηση αυτού του αποβλήτου. Η άρδευση, μετά από δεξαμενή εξάτμισης ή χωρίς επεξεργασία, είναι η πιο κοινή πρακτική επαναχρησιμοποίησης για τα ΥΑΕ από το σύστημα 3-φάσεων.

Μερικές επισημάνσεις των συμμετεχόντων στο πρόγραμμα παρουσιάζονται παρακάτω:

Ισπανία

- σήμερα στην Ισπανία σχεδόν όλα τα ελαιουργεία είναι δύο φάσεων. Αυτό σημαίνει ότι η χρήση του νερού μειώθηκε από 1,2 σε 0,3 lt /kg ελιών. Υπάρχει ακόμη κάποιο ποσό υγρών αποβλήτων από την διαδικασία, αλλά οι υπάρχουσες λεκάνες εξατμισοδιαπνοής είναι υπεραρκετές για να τα διαχειριστούν. Ωστόσο, τα στερεά απόβλητα έχουν αυξηθεί σε 4 εκατομμύρια τόνους/ έτος και πρέπει να γίνει μεγάλη προσπάθεια για την εξεύρεση λύσης για τη διαχείρισή τους. Παρόλο που το απόβλητο από το σύστημα 2-φάσεων είναι πιο δύσκολο στο χειρισμό, σε αυτό το στάδιο το πρόβλημα της ελαιοπυρήνας φαίνεται ότι έχει λυθεί. Μια από τις επιλογές φαίνεται ότι είναι η εκχύλιση, μετά από ξήρανση και η χρήση του τελικού-εκχυλισμένου-στερεού αποβλήτου σαν στερεό καύσιμο. Σήμερα περίπου 800.000 τόνοι αυτής της πάστας εξάγονται.

- Στην Ισπανία λειτουργεί μονάδα βιομάζας που χρησιμοποιεί το στερεό υπόλειμμα από την διαδικασία παραγωγής ελαιολάδου (ελαιοπυρήνα) σαν καύσιμο για την παραγωγή ενέργειας. Είναι μια μονάδα 16MW, που αντιπροσωπεύει μια συνολική επένδυση των 21Μ€. Το κόστος λειτουργίας και συντήρησης είναι 1,29Μ€ (σε λιγότερο από ένα χρόνο λειτουργίας). Η κατασκευή ξεκίνησε το Μάιο του 1999 και ολοκληρώθηκε το Σεπτέμβριο του 2002. Η μονάδα χρησιμοποιεί 100.000 τόνους ελαιοπυρήνα το έτος σαν πρώτη ύλη. Η θερμιδική της αξία είναι 3.600-3.700kcal/kg και η υγρασία της 10-14%.

- Επίσης ένας άλλος τρόπος διαχείρισης του στερεού υπολείμματος από το σύστημα των 2-φάσεων είναι η κομποστοποίηση.

Ελλάδα

- Τα ετήσια προϊόντα και παραπροϊόντα από την επεξεργασία της ελιάς κυμαίνονται ως εξής: 300.000-450.000 τόνοι ελαιόλαδο, 0,9-1,1 εκατομμύρια τόνοι ελαιοπυρήνα και 400.000-500.000 τόνοι πυρήνων.

- Στην Ελλάδα υπάρχει ένας πολύ μικρός αριθμός ελαιουργείων που λειτουργούν με το σύστημα των 2-φάσεων. Ορισμένοι παραγωγοί ελαιολάδου δοκίμασαν την τεχνολογία, αλλά αναγκάστηκαν να την εγκαταλείψουν επειδή δεν υπήρχε βιώσιμη εναλλακτική για τη διαχείριση της ελαιοπυρήνας (οι υπάρχουσες μονάδες εκχύλισης δεν μπορούν να την χειριστούν και δεν τη δέχονται).

- Η συνήθης μέθοδος επεξεργασίας και διάθεσης για τα ΥΑΕ στην Ελλάδα είναι οι τεχνητές δεξαμενές εξάτμισης (lagooning), μετά από εξουδετέρωση με ασβέστη. Πρακτικά όλα τα ΥΑΕ καταλήγουν σε ρυάκια (58%), ή στη θάλασσα και στα ποτάμια (11,5%), ή στο έδαφος (19,5%). Δεν υπάρχουν συγκεκριμένες ΤΟΕ για τα ΥΑΕ, αλλά υπάρχουν συγκεκριμένες ΤΟΕ για κάθε αποδέκτη (δημόσια αποχέτευση, θάλασσα, ποτάμια ή ρυάκια, εδαφική διάθεση).

- Διαδικασία επεξεργασίας των αποβλήτων χωρίς την παραγωγή εμπορεύσιμων παραπροϊόντων, δεν έχει τη δυνατότητα να είναι βιώσιμη. Τέτοια παραπροϊόντα μπορεί να είναι προσθετικά εδάφους, οικολογικά λιπάσματα, αντιοξειδωτικά και ενέργεια από βιομάζα, αλλά σε αυτή την περίπτωση μόνο μια ολοκληρωμένη διαδικασία παραγωγής ελαιολάδου βασισμένη σε αρχές καθαρής τεχνολογίας μπορεί να δώσει βιώσιμες λύσεις.

Ιταλία

- Τα ετήσια προϊόντα την επεξεργασία της ελιάς κυμαίνονται ως εξής: 550.000 τόνοι ελαιόλαδο και 300.000 τόνοι πυρηνέλαιο.

- Δεν υπάρχει μονάδα που να λειτουργεί βάσει της οδηγίας IPPC

- Από τα άρθρα 2, 3, 4 και 5 του νόμου Νο 574 του 1996, επιτρέπεται α)τα ΥΑΕ, που δεν έχουν αποκτήσει πρόσθετα ή ειδική επεξεργασία, κατά τη διάρκεια παραγωγής του ελαιολάδου, να διασκορπίζονται στο έδαφος για γεωργική χρήση, β)τα όρια για το διασκορπισμό των ΥΑΕ στο έδαφος είναι : από το παραδοσιακό σύστημα 50m³/ha/έτος και από το συνεχές σύστημα 80 m³/ha/έτος, γ)ο διασκορπισμός πρέπει να έχει μια ομοιόμορφη κατανομή, ώστε να μην διαταραχθεί η ισορροπία του εδάφους, δ)τουλάχιστον 30 μέρες πριν το διασκορπισμό, το ενδιαφερόμενο άτομο πρέπει να ανακοινώσει στο δήμαρχο, το μέρος και την

ημερομηνία διασκορπισμού, περιλαμβάνοντας μια τεχνική μελέτη από ειδικευμένο γεωπόνο, για τα υπόγεια νερά και τις γεωλογικές συνθήκες, με τους αντίστοιχους χάρτες και τις τεχνικές πληροφορίες για το διασκορπισμό.

- Η χρήση των ΥΑΕ για άρδευση υπόκειται επίσης σε περιορισμούς (παρόμοιους με αυτούς που εφαρμόζονται στην Πορτογαλία). Δηλαδή, απαγορεύεται να διασκορπίζονται: μέσα σε 300 μέτρα από πηγή πόσιμου νερού, μέσα σε 200 μέτρα από οποιοδήποτε κατοικήσιμο κέντρο, πάνω από περιοχές όπου αναπτύσσονται καλλιέργειες, πάνω από εδάφη που μπορεί να έχουν οποιαδήποτε επαφή με υπόγεια νερά ή όπου η ροή των υπόγειων νερών γίνεται μέσα σε 10 μέτρα από την επιφάνεια. Απαγορεύεται επίσης να αποβάλλονται σε επιφανειακά νερά, τη θάλασσα και τα υπόγεια νερά.

- Όσον αφορά την ελαιοπυρήνα, αναφέρεται ότι παράγονται περίπου 1 εκατομμύριο τόνοι / έτος και 500.000 τόνοι ανά έτος εξαντλημένη ελαιοπυρήνα. Σύμφωνα με την υπάρχουσα νομοθεσία, η εξαντλημένη ελαιοπυρήνα χαρακτηρίζεται σαν επαναχρησιμοποιούμενο απόβλητο, ενώ η ελαιοπυρήνα σαν πρωτογενές και δευτερογενές υλικό. Η εξαντλημένη ελαιοπυρήνα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν λίπασμα, αν επεξεργαστεί σύμφωνα με το νόμο. Γενικά χρησιμοποιείται σαν καύσιμο, από το ίδιο το πυρηνελαιουργείο.

Κροατία

- Υπάρχουν 4 εκατομμύρια ελαιόδενδρα και η παραγωγή ελαιολάδου είναι περίπου 5.000 τόνοι/ έτος
- Τα περισσότερα ελαιουργεία είναι 2-φάσεων
- Δεν υπάρχει πυρηνελαιουργείο και η ελαιοπυρήνα συνήθως διασκορπίζεται στο έδαφος.

Μάλτα

- Υπάρχουν πέντε ελαιουργεία σε λειτουργία
- Είναι τυπική πρακτική για τη Μάλτα να ανακυκλώνει τα απόβλητα που δημιουργούνται. Η ελαιοπαστα που παράγεται αφήνεται να ξηραθεί και αναμιγνύεται με φυσική κοπριά για κομποστοποίηση και χρησιμοποιείται σαν λίπασμα. Ορισμένη από αυτή αφήνεται σε κυλινδρικό σχήμα και τυλίγεται σε εφημερίδες για να απορροφηθεί το νερό και έπειτα ξηραίνεται, οπότε και χρησιμοποιείται σαν καύσιμο. Τα ΥΑΕ που παράγονται από το παραδοσιακό

σύστημα διασκορπίζονται πάλι στα δένδρα, επειδή περιέχουν χρήσιμα ιχνοστοιχεία και Κ, Ρ κλπ καθώς και οργανικά συστατικά.

Κύπρος

- Στην Κύπρο υπάρχουν σήμερα 35 ελαιουργεία που παράγουν 7.500 τόνους /έτος ελαιόλαδο. Λόγω του μικρού τους μεγέθους δεν διαθέτουν το κάθε ένα δική του μονάδα επεξεργασίας των ΥΑΕ, ενώ δεν υπάρχει ελαιουργείο που να λειτουργεί σύμφωνα με την οδηγία IPPC.

- Η πιο κοινή πρακτική είναι η αποθήκευση σε τεχνητές δεξαμενές και η παραμονή τους για εξάτμιση. Δεν επιτρέπεται η διάθεση στη θάλασσα, στα επιφανειακά νερά ή στα ποτάμια. Το 95% των πυρήνων χρησιμοποιείται για θέρμανση, το 85% των ΥΑΕ αποθηκεύονται σε λίμνες εξάτμισης και/ή διατίθενται στο έδαφος και περίπου το 10% διοχετεύονται σε κεντρικές βιομηχανικές μονάδες επεξεργασίας, ειδικά κατασκευασμένες και λειτουργώντας για τα ΜΜΕ.

Πορτογαλία

- Λειτουργούν περίπου 1.427 ελαιουργεία, τα οποία σήμερα αποτελούν αντικείμενο παρακολούθησης λόγω της καινούριας νομοθεσίας που εφαρμόζεται, που αφορά κανονισμούς για τη χρήση των ΥΑΕ στην άρδευση, τον αποκλεισμό της ελαιοπυρήνας από την κατηγορία των αποβλήτων και την επιλογή αντιπροσωπευτικών δειγμάτων για τον χαρακτηρισμό των αέριων εκπομπών.

7.FAIR-CT96-1420

Τίτλος έργου: IMPROLIVE

Improvements of Treatments and Validation of Liquid-Solid Waste from the Two-Phase Olive Oil Extraction

Υπεύθυνος Φορέας: Department of Chemical Engineering, Madrid, Universidad Complutense de Madrid

Διάρκεια Έργου: 1/1/1997-31/12/1999

Σκοπός του προγράμματος ήταν η ανάπτυξη ολοκληρωμένων και πολυσχιδών επεξεργασιών για την αξιοποίηση των 2POMW, που θα βοηθήσουν τη μείωση της περιβαλλοντικής επίδρασης, θα δημιουργήσουν νέες αγορές και θα υποστηρίξουν την

αγροτική οικονομία και βιομηχανία. Δημιουργήθηκε ένα μεγάλο εύρος πακέτο επεξεργασιών για τα 2POMW με σκοπό να φανούν οι πιο αποτελεσματικές, πιο οικονομικές και πιο επιτεύξιμες για τη βιομηχανία ελαιολάδου.

Βασικά αντικείμενα του προγράμματος ήταν:

- Ανάπτυξη ενός καταλόγου και μιας βάσης δεδομένων για επεξεργασία των τεχνικών και οικονομικών πληροφοριών
- Αξιοποίηση των 2POMW με βελτιστοποίηση της πρωτεΐνης (ζύμωση στερεής φάσης), για την απόκτηση ζωοτροφής
- Αξιοποίηση των 2POMW με αερόβια βιοδιόρθωση/ κομποστοποίηση των υγρών/ στερεών φάσεων, για την απόκτηση ενισχυτικών της ανάπτυξης των φυτών
- Η βελτίωση της ανάκτησης του εναπομείναντος ελαιολάδου και της ξήρανσης των 2POMW για να αποκτηθεί καλύτερη ποιότητα ελαιολάδου και να μειωθεί το κόστος
- Αξιοποίηση των 2POMW και των τελικών στερεών αποβλήτων με καύση και αεριοποίηση, για ανάκτηση ενέργειας και καύσιμων αερίων
- Σχεδιασμός και έλεγχος προχωρημένων συστημάτων παρακολούθησης/ ελέγχου

Το πρόγραμμα εξέτασε θεωρητικά και /ή πειραματικά ένα μεγάλο αριθμό επεξεργασιών και διαδικασιών, από αυτές που χρησιμοποιούνται ή έχουν προταθεί για την επεξεργασία των 2POMW. Οι επεξεργασίες κατηγοριοποιούνται σε τρεις ομάδες: 1. φυσικούς χειρισμούς (ξήρανση, εξάτμιση, ανάμιξη και κυκλοφορία), 2. βιοτεχνολογικές διαδικασίες (κομποστοποίηση, ζύμωση στερεών, αναερόβια/μικτή ζύμωση) 3. θερμικές διαδικασίες (αποτέφρωση, καύση, πυρόλυση, αεριοποίηση).

Από το πρόγραμμα αποκτήθηκαν τα παρακάτω σημαντικά αποτελέσματα:

Ζύμωση στερεής φάσης: είναι η επεξεργασία και αξιοποίηση των 2POMW, χρησιμοποιώντας τα σαν υπόστρωμα για την ανάπτυξη διαφόρων μικροοργανισμών όπως μύκητες, ζύμες και βακτήρια. Σκοπός είναι η βελτιστοποίηση της πρωτεΐνης (ποσοτικά και ποιοτικά) για να αποκτηθούν υλικά για τη θρέψη των ζώων. Τα αποτελέσματα από την εφαρμογή της επεξεργασίας έδειξαν ότι τα 2POMW είναι ένα κατάλληλο υπόστρωμα για την ανάπτυξη ζυμών και μυκήτων, ενώ τα βακτήρια δεν ευνοήθηκαν από το υπόστρωμα υπό αυτές τις συνθήκες. Μια σειρά από πειράματα ζυμώσεων διεξήχθησαν χρησιμοποιώντας σαν υπόστρωμα ξηραμένα 2POMW και εμπλουτισμένα με ένα

παραπροϊόν της ελληνικής βιομηχανίας, το οποίο είναι πλούσιο σε σάκχαρα και ονομάζεται μελάσσα. Αυτό το παραπροϊόν της βιομηχανίας ζάχαρης είναι εξαιρετικά φθινό και μπορεί να αυξήσει την συγκέντρωση σακχάρων των 2POMW χωρίς σχεδόν κόστος με αποτέλεσμα την καλύτερη ανάπτυξη των μικροοργανισμών και συνεπακόλουθα και την αύξηση του πρωτεϊνικού περιεχομένου, το οποίο θα επιτρέψει τη χρήση τους σαν ζωοτροφή ή σαν πρόσθετο τροφίμων.

Βιοδιόρθωση και Κομποστοποίηση: Σκοπός της βιοδιόρθωσης ήταν να μετατραπεί το υγρό κλάσμα (μπορεί να διαχωριστεί από τα 2POMW με διήθηση ή ελαφριά πίεση-2POMWLF) των 2POMW σε χρήσιμο για τα φυτά υλικό, με διάφορες αερόβιες ζυμώσεις. Ωστόσο τα πειραματικά δεδομένα έδειξαν ότι το υγρό κλάσμα των 2POMW είναι πολύ φυτοτοξικό και παρεμποδίζει την ανάπτυξη των *Pleurotus* και άλλων μυκήτων και μερικών βακτηρίων, ενώ ο *A. vinelandii* παρόλο που μπορεί να αποικοδομήσει και να χρησιμοποιήσει τα φαινολικά συστατικά, αναπτύσσεται πολύ αργά τις πρώτες τρεις μέρες, λόγω της αντιμικροβιακής ιδιότητας των 2POMW. Ίσως η αφαίρεση όλων των προϊόντων βιοδιόρθωσης στο τέλος κάθε κύκλου και ο νέος εμβολιασμός με τον *A. vinelandii* στην αρχή του επομένου κύκλου, ή ακόμη και συνεχής εμβολιασμός, μπορεί να εγγυηθεί την επίτευξη μιας σταθερής διαδικασίας βιοδιόρθωσης και μια σταθερή ποιότητα προϊόντος. Η κομποστοποίηση του στερεού κλάσματος των 2POMW παράγει ένα χρήσιμο για την ανάπτυξη των φυτών υλικό. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του προγράμματος, η κομποστοποίηση των 2POMW είναι εφικτή μετά από ανάμιξη με υπόστρωμα σε αναλογία 3:1.

Ξήρανση και Ανάκτηση ελαίου: Δύο από τα σημαντικότερα προβλήματα που σχετίζονται με την επεξεργασία των 2POMW είναι η βελτιστοποίηση της ξήρανσης και η ανάκτηση του ελαίου με φυσικούς τρόπους. Ένα νέος ξηραντήρας που βασίζεται στο συνδυασμό της ρευστοποιημένης και κινούμενης κλίνης μελετήθηκε και διάφορες πιλοτικές επεξεργασίες για αφαίρεση των πυρήνων, ξήρανση και αφαίρεση ελαίου των 2POMW διερευνήθηκαν στα ελαιουργεία. Τα βασικά συμπεράσματα από την αφαίρεση ελαίου και την ξήρανση των 2POMW ήταν:

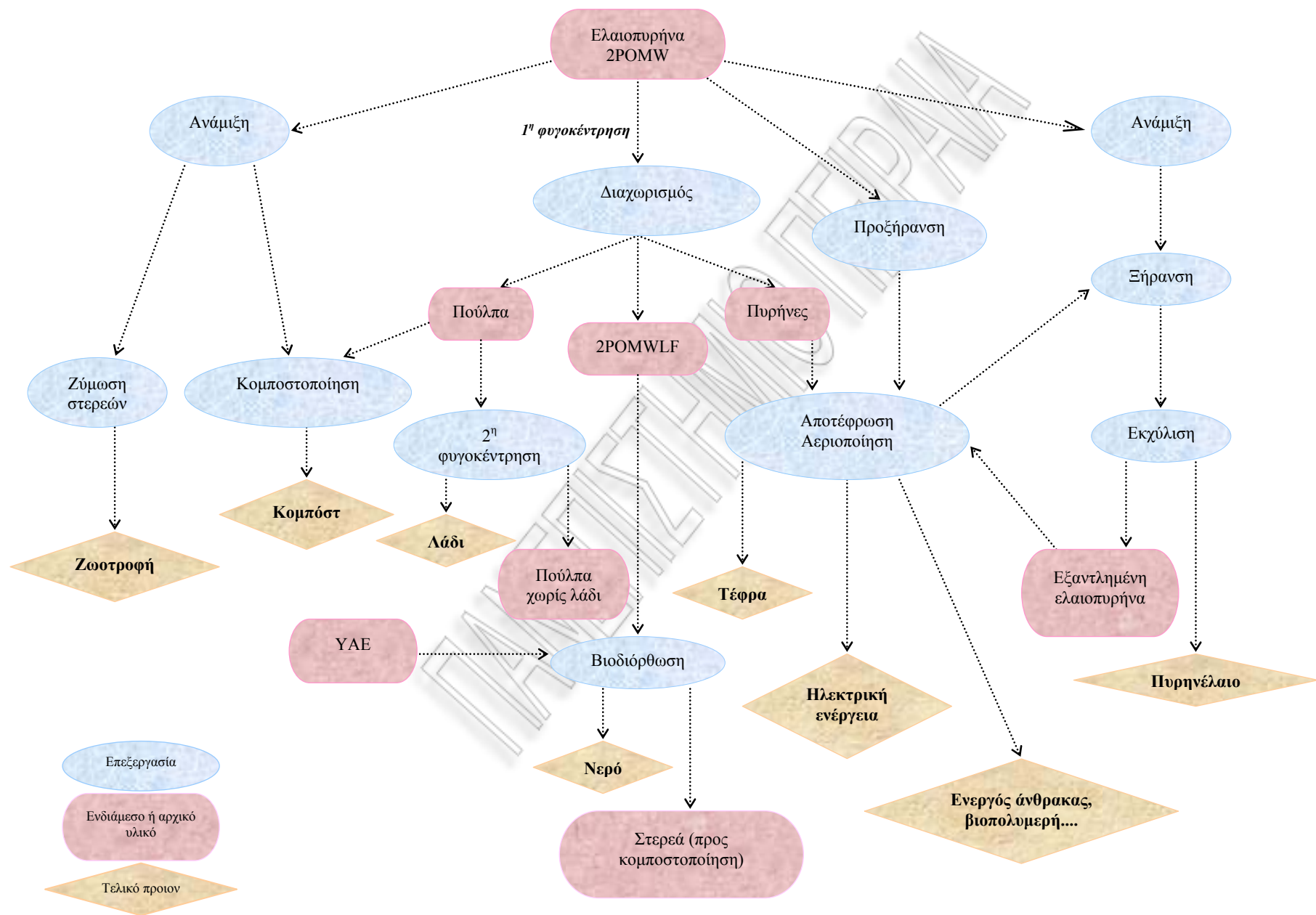
- Είναι δυνατό να ανακτηθεί μέρος του ελαίου από τα 2POMW σε ένα ελαιουργείο αμέσως μετά την εξαγωγή του ελαιολάδου. Περίπου το 50% του ελαίου που περιέχεται στα φρέσκα 2POMW μπορεί να διαχωριστεί, ανάλογα με την ποικιλία της ελιάς, το χρόνο, την ωριμότητα κ.λ.π.

- Τα καλύτερα αποτελέσματα θα αποκτηθούν με ελαφρά άλεση των 2POMW πριν την πίεση. Τα ένζυμα ή οι σκόνες δεν χρησιμεύουν.
- Ο διαχωρισμός των πυρήνων πριν τη διαδικασία είναι μια καλή λύση, ο οποίος μπορεί να χρησιμοποιηθεί απ' ευθείας σαν καύσιμο στο ελαιουργείο.
- Χρησιμοποιώντας τον κυκλικό ξηραντήρα, η υγρασία των 2POMW μειώνεται περίπου 10-15%.

Αεριοποίηση: μια νέα τεχνική για την αεριοποίηση της βιομάζας, κυρίως της ελαιοπυρήνας και των πυρήνων, αναπτύχθηκε και ελέγχθηκε επιτυχώς. Το αέριο που παράγεται μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε για την παραγωγή ηλεκτρισμού στην ίδια την μονάδα ή να καεί αλλού. Η διαδικασία αεριοποίησης παράγει ένα ποσό πίσσας (μείγμα από υγρά συστατικά με σημεία βρασμού μεταξύ 80 και 170° C με περίπου 10% βαρέων υπολειμάτων). Πρέπει είτε να διασπασθεί ή να ανακτηθεί και να ανακυκλωθεί στον αντιδραστήρα από τη στιγμή που το αέριο για να χρησιμοποιηθεί σε στρόβιλο, πρέπει να καθαρισθεί εξαντλητικά (πίσσα και ιπτάμενη τέφρα).

Ολοκλήρωση: Από την εμπειρία και τις πληροφορίες που αποκτήθηκαν από το πρόγραμμα, υπάρχει ένα γεγονός: η πιο κατάλληλη επεξεργασία εξαρτάται όχι μόνο από εσωτερικούς παράγοντες, αλλά επίσης, και μερικές φορές με σημαντική σπουδαιότητα, από το σενάριο και τη δυναμικότητα παραγωγής των μονάδων. Γι' αυτούς τους λόγους, δεν υπάρχουν γενικές λύσεις και κάθε περίπτωση πρέπει να μελετάται ξεχωριστά για αυτές τις τοπικές, περιφερειακές και τεχνικές καταστάσεις.

Μια πιο περίπλοκη στρατηγική μπορεί να προταθεί, βασισμένη στις πιο πρόσφατες ερευνητικές και τεχνικές προόδους (Διάγραμμα 7). Ο διαχωρισμός των 2POMW σε πούλπα, υγρό κλάσμα 2POMW και πυρήνες επιτρέπει την εφαρμογή εκλεκτικών επεξεργασιών και τεχνικών όπως η κομποστοποίηση, η βιοδιόρθωση και η αεριοποίηση. Η ανάμιξη των 2POMW με άλλα απόβλητα, όπως η μελάσσα και τα απόβλητα του εκκοκκισμού του βαμβακιού θα βελτιώσουν την παραγωγή ζωοτροφής με υψηλό περιεχόμενο πρωτεΐνης και την παραγωγή υψηλής ποιότητας κομπόστ. Η ολοκλήρωση των ενεργειακών κύκλων θα βελτιώσει τα κόστη και τις περιβαλλοντικές επιδράσεις π.χ. με καύση των πυρήνων να ξηραθούν τα 2POMW και με αεριοποίησή τους να αποκτηθεί και να χρησιμοποιηθεί ηλεκτρική ενέργεια.



Διάγραμμα 7: Στρατηγική ολοκληρωμένων επεξεργασιών (Improlive project –FAIR CT96 1420/ Τελική αναφορά)

7. Πρόγραμμα ΝΑΙΑΣ

«Καινοτόμα Συστήματα Διαχείρισης Ελαιουργείων»

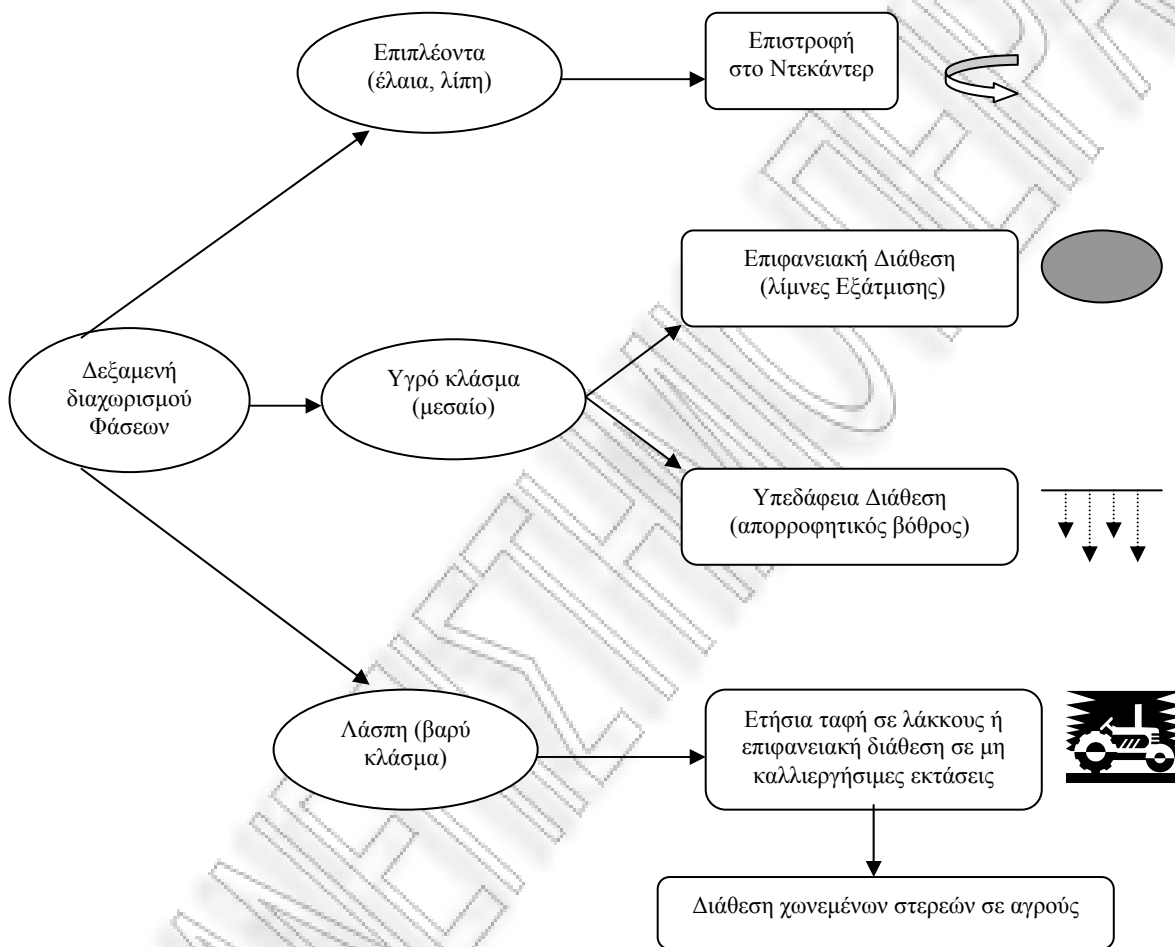
Υπεύθυνος Φορέας: Εργαστήριο Διαχείρισης Αποβλήτων του Τμήματος Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Αιγαίου

Διάρκεια Έργου: 4/2003-9/2004

Γενικότερος στόχος η ανάπτυξη καινοτόμων δράσεων στα νησιά της Περιφέρειας Βορείου Αιγαίου (ΠΒΑ). Ειδικότερος στόχος της δράσης 7.6 του προγράμματος με τίτλο «Καινοτόμα Συστήματα Διαχείρισης Ελαιουργείων» είναι η εγκατάσταση πιλοτικών συστημάτων διαχείρισης αποβλήτων σε διάφορα ελαιουργεία της ΠΒΑ, με απώτερο σκοπό να εντοπιστούν ολοκληρωμένες λύσεις στο θέμα της διαχείρισης αποβλήτων ελαιουργείων. Ο όρος ολοκληρωμένες σημαίνει ότι θα δοθεί έμφαση τόσο στην παραγωγική διαδικασία που δημιουργεί τα εν λόγω απόβλητα, άρα στην ελαχιστοποίηση των αποβλήτων, καθώς και στην επεξεργασία των παραγόμενων αποβλήτων. Δεν αναζητάται απαραίτητα μια και μοναδική λύση για τη διαχείριση των αποβλήτων, αφού οι διαχειριστικές λύσεις πιθανά να είναι διαφορετικές ως συνάρτηση των ιδιομορφιών του κάθε ελαιουργείου (π.χ. διαφορές σε διαθεσιμότητα έκτασης, διαφορετικές δυναμικότητες κ.λ.π.). επίσης θα δοθεί έμφαση στην αξιοποίηση των αποβλήτων ή των συστατικών τους, στη χρήση φυσικών συστημάτων επεξεργασίας αυτών και στην απλότητα της κατασκευής και λειτουργίας των συστημάτων επεξεργασίας, ώστε οι λύσεις να είναι οικονομικά βιώσιμες, τεχνικά εφικτές και κοινωνικά αποδεκτές.

Σήμερα, οδεύοντας προς τη λήξη του προγράμματος, έχουν ήδη ολοκληρωθεί ή ολοκληρώνονται τρία έργα σε ισάριθμα ελαιουργεία της Περιφέρειας που θα τεθούν σε λειτουργία μέσα στο 2004. Από τη λειτουργία των πιλοτικών μονάδων θα αντλούνται πληροφορίες για τον καθορισμό των κανονισμών από τους τοπικούς δημόσιους φορείς για τη διάθεση των αποβλήτων, που θα αφορούν πλέον όλα τα ελαιουργεία του νομού. Το σύστημα διαχείρισης που επελέγη για τα παραπάνω ελαιουργεία προέκυψε από μελέτη της βιβλιογραφίας και βελτιστοποιήθηκε με την πραγματοποίηση εργαστηριακών πειραμάτων, συνδυάζοντας την απλότητα λειτουργίας με την οικονομική βιωσιμότητα και την κοινωνική αποδοχή. Αποτελείται από μια δεξαμενή διαχωρισμού φάσεων, όπου τα απόβλητα παραμένουν για διάστημα πέντε ημερών και διαχωρίζονται σε τρία κλάσματα (ελαφρύ, μεσαίο, βαρύ). Το ελαφρύ κλάσμα (ελαιώδες) επιστρέφει στο ελαιουργείο για την

παραγωγή λαδιού χαμηλής ποιότητας, το μεσαίο κλάσμα διατίθεται υπεδάφια ή επιφανειακά, ενώ το βαρύ κλάσμα διατίθεται σε αναερόβιους λάκκους (Διάγραμμα 8). Γενικά η διάθεση των κλασμάτων λαμβάνει υπόψη και τις ιδιαιτερότητες κάθε ελαιουργείου (αποκεντρωτική προσέγγιση).



Διάγραμμα 8: Διάθεση ΥΑΕ (Πρόγραμμα ΝΑΙΑΣ)

Πίνακας 17 : Ευρωπαϊκά προγράμματα για τη διάθεση και ανακύκλωση των αποβλήτων της ελαιουργίας

Αριθμός Προγράμματος	Τίτλος Προγράμματος	Υπεύθυνος Φορέας	Διάρκεια Έργου	Σκοπός	Αποτελέσματα
RI1B0291	Development of membrane processes for the olive oil and other vegetable oil industries	Istituto Ricerche Breda SpA, Divisione Laboratory di Bari, Italy	1/31989-31/51992	Παραγωγή μεμβρανών και δοκιμή τους σε πιλοτική μονάδα.	Βρέθηκε ότι αυτή η τεχνολογία μπορεί να μειώσει σημαντικά την ρύπανση και ότι το ελεύθερο φαινολών υπόλειμα, που προκύπτει από τη διαδικασία μπορεί να ενσωματωθεί σε ζωοτροφή. Η προεπεξεργασία των αποβλήτων βελτιώνει τη λειτουργία της μεμβράνης.
EVWA0006	Bioremediation of olive-mill wastes for use as fertiliser	Department of Biochemistry, University of Wales, United Kingdom	1/8/1993-31/7/1995	Εξερεύνηση της εμπορικής δυνατότητας των ΥΑΕ για χρήση σαν λίπασμα ή βελτιωτικό εδάφους μετά από βιοδιόρθωση από μικροοργανισμούς και απομόνωση καλλιιεργειών βακτηρίων και μυκήτων από αυτά.	Τέστ ανάπτυξης επιβεβαίωσαν την εξαιρετική δυνατότητα χρήσης των ΥΑΕ σαν λίπασμα.
CR178091/ BRE21281	Industrial system for the treating and use of the residues generated in the olive oil production	Juan Del Pozo Sanchez SA	1/5/1994-31/7/1994	Ανάπτυξη βιομηχανικού συστήματος για την ξήρανση των 2ΡΟΜW. Συνιστάται ο διαχωρισμός των πυρήνων από την πούλλα για καλύτερη χρήση (οι πυρήνες σαν καύσιμο και η πούλλα σαν ζωοτροφή).	Δεν βρέθηκαν.
AIR3-CT94-1987	<i>BIOWARE</i> : Development of A Biological Integrated Process for Purifying Olive Oil Waste Water Recovering Energy and Producing Alcohol	Department of Food science and technology, Università degli Studi di Milano, Italy	1/1/1995-31/1/1997	Σχεδιασμός, υλοποίηση και έλεγχος σε πιλοτική μονάδα, μιας συνδυασμένης βιολογικής διαδικασίας, για τον καθαρισμό των ΥΑΕ και μείωση του επιπέδου των ρυπαντικών, με ανάκτηση ενέργειας με τη μορφή μεθανίου και/ή παραγωγή αιθανόλης.	Τα εργαστηριακά αποτελέσματα ήταν πολύ ενθαρρυντικά για την αναερόβια επεξεργασία των ΥΑΕ, ενώ για τη μεταφορά της σε βιομηχανικό επίπεδο απαιτείται: α) στο ξεκίνημα, πρέπει να εισάγονται μεγάλα ποσά εμβολίου σταδιακά στον αντιδραστήρα, προκειμένου να διευκολυνθεί ο αποικισμός των μικροοργανισμών, β) τα ΥΑΕ πρέπει να φιλτράρονται, γ) η μονάδα πρέπει να εγκαθίσταται σε περιοχή, όπου οι κλιματικές συνθήκες είναι ευνοϊκές, ώστε να αποφεύγεται ο παγετός και δ) τα ελαιουργία να είναι αρκετά μεγάλα, ώστε να τροφοδοτούν έναν αντιδραστήρα των 250-500m ³ , με μια ημερήσια παραγωγή των 60-170 m ³ ΥΑΕ. Επίσης αποδείχθηκε ότι το εκρέον μπορεί να διασκορπιστεί στο έδαφος χωρίς περαιτέρω επεξεργασία. Όσον αφορά την παραγωγή της αιθανόλης, με τη χρήση ζυμών, είναι πολύ χαμηλή λόγω του χαμηλού ποσοστού των σακχάρων, ενώ η αερόβια επεξεργασία είναι λιγότερο ελκυστική, αφού δεν καταλήγει σε ανάκτηση ενέργειας και καταναλώνει πολύ ενέργεια, συγκρινόμενη με την απομάκρυνση του COD και των φαινολών.

Αριθμός Προγράμματος	Τίτλος Προγράμματος	Υπεύθυνος Φορέας	Διάρκεια Έργου	Σκοπός	Αποτελέσματα
FAIR-CT97-3039	Natural Antioxidants from Olive oil Processing Waste Water	Institute of Pharmacological Sciences, Universita' Degli Studi di Milano, Italy	1/10/97-30/9/2001	Βελτίωση της γνώσης σχετικά με τις βιολογικά ενεργές αντιοξειδωτικές φαινόλες, που προκύπτουν από τα ΥΑΕ, ανάπτυξη μιας περιβαλλοντικά φιλικής διαδικασίας εξαγωγής τους από τα απόβλητα και αξιοποίησή τους σαν προσθετικά τροφίμων.	Δεν βρέθηκαν.
FAIR-CT98-9584	Recycling and use of waste from olive oil production	Bethan Technology Ltd United Kingdom	1/1/1999-31/12/2000	Ανακύκλωση των αποβλήτων και εισαγωγή τους σε νέες χρήσεις. Εκτίμηση της δυνατότητας χρήσης για γεωργικούς, θρεπτικούς και φαρμακευτικούς σκοπούς. Θα αναπτυχθούν πέντε τομείς δράσεις: α) εξαγωγή συστατικών υψηλής θρεπτικής και φαρμακευτικής αξίας, β) χρήση σαν χαμηλού κόστους ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, γ) σαν ροφητικό ρυπαντικών ουσιών από υγρά (μέταλλα, χρώματα), δ) επίδραση αναερόβιων βακτηρίων για την απομάκρυνση του ρυπαντικού φορτίου και ε) χρήση του παραγόμενου μεθανίου σαν πηγή ενέργειας και τέλος χρήση στη βελτίωση της παραγωγής και της ποιότητας σε καλλιέργειες.	α) δεν έχει γίνει επεξεργασία των αποτελεσμάτων, β) ικανοποιητικά αποτελέσματα, γ) 90% ροφητική ικανότητα, δ) ικανοποιητικά αποτελέσματα, με προϋπόθεση την χρήση αερόβιων καλλιεργειών για την προεπεξεργασία των αποβλήτων, ε) δεν υπάρχουν δεδομένα
ICA3-CT-1999-00010	<i>MEDUSA WATER</i> : Μεσογειακή χρήση του βιοτεχνολογικά επεξεργασμένου εκρέοντος νερού	Department of Biotechnology, National Laboratory for Engineering and Industrial Technology, Portugal	1/3/2000-31/8/2004	Σκοπός του προγράμματος είναι η εφαρμογή καινοτόμων βιοτεχνολογικών διαδικασιών για την επεξεργασία των νερών εκροής από τα ελαιουργεία και όπου είναι δυνατό ο συνδυασμός τους με τα αστικά απόβλητα και η επαναχρησιμοποίησή τους στην κηπουρική. MEDUSA Ένα νέο σύστημα από Linear Matrix Multicellular Photoreactors (LMMP), που χρησιμοποιεί καλλιέργειες μικροφυκών για την επεξεργασία του τελικού εκρέοντος, θα σχεδιαστεί, θα κατασκευαστεί και θα ελεγχθεί in situ. Αυτή η καινοτόμος διαδικασία σκοπεύει να πετύχει την υιοθέτηση της τεχνολογίας στις ιδιαίτερες περιβαλλοντικές συνθήκες των περιοχών που εμπλέκονται, η οποία θα είναι πολύ χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης και επακόλουθα με υψηλά οικονομικά οφέλη.	

Αριθμός Προγράμματος	Τίτλος Προγράμματος	Υπεύθυνος Φορέας	Διάρκεια Έργου	Σκοπός	Αποτελέσματα
QLK5-2000-00766	BIOLIVE: Development of industrial solutions for the recycling and valorization of the olive oil fabrication residues for biopolymers and fine chemicals	Ecole Nationale Supérieure de Chimie, Institut National Polytechnique de Toulouse, France	1/1/2001-31/12/2004	Ανάπτυξη τεχνολογίας ικανής να χρησιμοποιεί εξαντλημένη ελαιόπαστα για την μετατροπή των φυσικών βιοπολυμερών της (λιγνίνη, κυτταρίνη, ημικυτταρίνη), μέσω της υγροποίησης σε νέα μονομερή συστατικά, για την κατασκευή πολυουρεθάνης και φαινοπλαστικών πολυμερών.	Σύμφωνα με την έκθεση προόδου, οι πρώτες δοκιμές σε εργαστηριακή κλίμακα του αφρού πολυουρεθάνης και της φαινολικής ρητίνης για εφαρμογές σε πάνελ ξύλου, είναι αρκετά ενθαρυντικές.
QLK1-CT-2001-41693	Development of new food additives extracted from the solid residue of olive oil production for application in functional foods	Alcubilla 2000 SL, Espana	3/5/2001-2/5/2002	Εξαγωγή (ενζυματικά ή χημικά) των πικρών συστατικών των ΥΑΕ και ακόλουθη παραγωγή προσθετικών τροφίμων, υψηλής διατροφικής αξίας. Αναμένονται θετικές επιδράσεις στην υγεία, κυρίως λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε διαιτητικές ίνες, πολυφαινόλες, φλαβονοειδή και αντιοξειδωτικά.	Δεν βρέθηκαν.
EVK1-CT-2002-30018	MOWOM: Development of a new mobile waste water treatment process for SME olive mills	Stab Ambiente, Concepcao e Exploracao de Sistemas Ambientais, Portugal	1/11/2002-31/12/2005	Ανάπτυξη μιας κινητής και ευέλικτης μονάδας επεξεργασίας ΥΑΕ, που θα δίνει τη δυνατότητα ουσιαστικής εξοικονόμησης στα πάγια κόστη, σε σχέση με τις μόνιμες μονάδες, αφού θα μπορεί να μεταφέρεται από ένα ελαιουργείο σε άλλο για την επεξεργασία των ΥΑΕ.	<i>Αναμενόμενα αποτελέσματα:</i> Η μονάδα θα επιτρέψει στα μικρά ελαιουργεία να επεξεργάζονται τα αποθηκευμένα ΥΑΕ με μηχανικό/χημικό τρόπο, επιτυγχάνοντας 95% μείωση του οργανικού περιεχομένου, με ταυτόχρονη απομάκρυνση των τοξικών φαινολών, σε υποφερτό κόστος. Επίσης, σε σχέση με τις μονάδες αναερόβιας επεξεργασίας, θα μειώσει το κόστος επεξεργασίας κατά 30%.
EVK1-CT-2002-3002	SOLARDIST: Development of solar distillation wastewater treatment plant for olive oil mills	IB Alternativen, Technologien, Germany	1/1/2003-31/12/2004	Η επεξεργασία των ΥΑΕ που παράγονται σε μικρά ελαιουργεία, πολλά από τα οποία χωρίς κατάλληλο οικονομικό σύστημα επεξεργασίας, με τη βοήθεια του συνδυασμού μιας διαδικασίας ηλιακής απόσταξης και τεχνητών λιμνών. Επιπρόσθετα, το οργανικό στερεό απόβλητο που δημιουργείται κατά την εξαγωγή του ελαιολάδου, προτείνεται να κομποστοποιηθεί με σκοπό μια περιβαλλοντικά φιλική λύση για το υπόλειμμα.	<i>Αναμενόμενα αποτελέσματα:</i> μείωση του οργανικού περιεχομένου κατά 98%, περιλαμβανομένων των φαινολών και πολυφαινολών. Το σύστημα SOLARDIST θα είναι ένα εύρηστο, χωρίς κόστος συντήρησης και πρακτικά χωρίς κόστος λειτουργίας σύστημα επεξεργασίας. Δεν απαιτείται έμπειρο προσωπικό για τη λειτουργία του συστήματος.

Αριθμός Προγράμματος	Τίτλος Προγράμματος	Υπεύθυνος Φορέας	Διάρκεια Έργου	Σκοπός	Αποτελέσματα
QLK5-CT-2002-02344	BIOTROLL: Integrated biological treatment and agricultural reuse of olive mill effluents with the concurrent recovery of energy sources	BioCentrum-DTU Technical University of Denmark	1/1/2003-31/12/2005	Η βιολογική επεξεργασία των 2POMW για παραγωγή αιθανόλης και υδρογόνου, η ακόλουθη αναερόβια επεξεργασία του εκρέοντος, με ταυτόχρονη παραγωγή μεθανίου και η επαναχρησιμοποίηση στη γεωργία του τελικού υπολείματος σαν λίπασμα ή βελτιωτικό. Προσπάθεια βελτιστοποίησης της διαδικασίας (από οικονομική και περιβαλλοντική πλευρά), με βελτιστοποίηση του συνδυασμού των διαφόρων βημάτων επεξεργασίας.	
ICA3-CT-2002-10034	CAT-MED: Novel catalytic technologies for the treatment of wastewater from agro-food and industrial productions in med countries	Dipartimento di Chimica Industriale ed Ingegneria dei Materiali, Università Degli Studi di Messina, Italy	1/2/2003-31/1/2006	α) Αποτίμηση της παραγωγής των ΥΑΕ και των χαρακτηριστικών που απαιτούνται από τις τεχνολογίες επεξεργασίας των αποβλήτων, για να είναι εφαρμόσιμες στις χώρες της Μεσογείου, β) ανάπτυξη καινοτόμων τεχνολογιών επεξεργασίας αποβλήτων, που θα στηρίζονται στις διεργασίες οξειδωτικής κατάλυσης και γ) ειδικές δράσεις σχετικά με την μετάδοση της γνώσης γύρω από την εκπαίδευση και την κατάρτιση στον τομέα των πηγών νερού, καθώς και διασπορά των αποτελεσμάτων και αύξηση της κοινωνικής ευαισθησίας σε αυτά τα θέματα.	

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΡΠΙΑ

Πίνακας: Ορολογία που χρησιμοποιείται για τα απόβλητα της ελαιουργίας (Niaounakis, 2004)

	Σύστημα πίεσης	Φυγοκέντρηση 3-φάσεων	Φυγοκέντρηση 2-φάσεων
Υγρά απόβλητα ελαιουργείων – Olive-mill waste water (OMWW)	λιοζούμια, κατσίγαρος/ Ελληνικά alphechin, morga, murga, amorca/ Ισπανικά amurca/ Λατινικά inferno, jamila / Ιταλικά kara su/ Τούρκικα margine/ Γαλλικά olive lees/ Αγγλικά	λιοζούμια, κατσίγαρος/ Ελληνικά alphechin, morga, murga, amorca/ Ισπανικά inferno, jamila / Ιταλικά kara su/ Τούρκικα margine/ Γαλλικά zubar/ Αραβικά	alphechin-2/ Ισπανικά* margine-2/ Γαλλικά* jamila -2/ Ιταλικά*
Στερεά απόβλητα ελαιουργείων	(crude) olive cake, husks, pit, stone(s), trester/ Αγγλικά grignons, marc/ Γαλλικά jefet, jift/ Αραβικά orujo/ Ισπανικά rigina/ Ελληνικά - Τούρκικα pomace/ Αγγλικά – Ιταλικά	(crude) olive cake, husks/ Αγγλικά grignons, marc/ Γαλλικά jefet, jift/ Αραβικά orujo de tres fases/ Ισπανικά rigina/ Ελληνικά - Τούρκικα pomace/ Αγγλικά – Ιταλικά	“two- phase olive mill waste (2POMW)” alpeorujo, alperujo, orujo humedo, orujo de dos fases/ Ισπανικά orujillo/ Ισπανικά** foot cake/ Αγγλικά
Εναπομείναναν έλαιο	pomace oil, seed- oil/ Αγγλικά	orujo oil/ Ισπανικά pomace oil, seed-oil/ Αγγλικά	orujo oil/ Ισπανικά pomace oil/ Αγγλικά

*Υγρά κλάσματα από δευτερεύουσες επεξεργασίες των 2POMW

**2POMW από τα οποία έχει αφαιρεθεί το εναπομείναν ελαιόλαδο

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3

ΛΕΞΙΛΟΓΙΟ

Βακτήρια (Bacteria): μικροοργανισμοί χωρίς κυτταρικό πυρήνα. Μπορεί να έχουν σχήμα ράβδου, σφαίρας ή σπείρας. Αποικοδομούν και σταθεροποιούν την οργανική ουσία των αποβλήτων. Μπορούν να ταξινομηθούν με διάφορους τρόπους: από τον τύπο του κυττάρου τους (Gram θετικά ή αρνητικά) ή από τις απαιτήσεις τους σε οξυγόνο (τα αερόβια βακτήρια χρειάζονται οξυγόνο για την ανάπτυξή τους, ενώ τα αναερόβια όχι)

Βιοδιόρθωση (Bioremediation): διαδικασία κατά την οποία, ζωντανοί οργανισμοί δρουν για την αποικοδόμηση επικίνδυνων οργανικών ρυπαντών ή τη μετατροπή επικίνδυνων ανόργανων ρυπαντών, σε περιβαλλοντικά ασφαλή επίπεδα σε εδάφη, υπόγεια υλικά, νερό, λάσπες και υπολείμματα.

Βιολογική απαίτηση σε οξυγόνο (BOD₅): η ποσότητα του διαλελυμένου οξυγόνου που καταναλώνεται σε πέντε μέρες, από βιολογικές διαδικασίες που διασπούν την οργανική ουσία.

Ελαιοπυρήνα (Olive cake, pomace): στερεό απόβλητο από τα 3-φασικά φυγοκεντρικά ελαιουργικά συγκροτήματα και τα υδραυλικά πιεστήρια

Ελευρωπαΐνη (Oleuropein): το κυριότερο φαινολικό συστατικό του ελαιόκαρπου, το οποίο είναι υπεύθυνο για την πικρή γεύση του ελαιοκάρπου και έχει αντιοξειδωτικές και αντιφλεγμονώδεις ιδιότητες.

Ενεργός άνθρακας (Activated Carbon): μια υψηλά ροφητική μορφή άνθρακα, που χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση αδιάλυτου οργανικού υλικού από νερό και απόβλητα, ή για την απομάκρυνση οσμών και τοξικών συστατικών από αέριες εκπομπές.

Ζύμες (Yeast): μονοκύτταροι μύκητες

Κομποστοποίηση (Composting): η αερόβια αποικοδόμηση οργανικού υλικού σε ένα οργανικό υλικό σαν χώμα, που αποκαλείται χούμος. Η αποικοδόμηση λαμβάνει χώρα από μικροοργανισμούς του εδάφους, με ενζυματική ζύμωση των αποβλήτων

Λιοζούμια (κασίγαρος ή YAE)- (Olive Mill Wastewater- OMWW): υγρά απόβλητα από τα 3-φασικά φυγοκεντρικά ελαιουργικά συγκροτήματα και τα υδραυλικά πιεστήρια

Λυσίμετρο (Lysimeter): είδος βροχόμετρου. Αποτελείται από ένα κιβώτιο ή κύλινδρο και περιέχει έδαφος μέχρι ένα ορισμένο βάθος.

Μύκητες (Fungi): μικροί, πολυκύτταροι μη φωτοσυνθέτοντες μικροοργανισμοί, οι οποίοι τρέφονται με οργανική ουσία.

Οξύτητα (Acidity): κριτήριο ποιοτικής αξιολόγησης του ελαιολάδου. Μετρείται σε γραμμάρια ελεύθερου ελαϊκού οξέος ανά 100gr λιπαρής ύλης (βαθμός οξύτητας).

Τάγγισμα: είναι η οξείδωση του ελαιολάδου, που συμβαίνει μετά την επαφή του τελευταίου με το οξυγόνο και καταστρέφει την οσμή και τη γεύση του.

Χημική απαίτηση σε οξυγόνο (COD- Chemical Oxygen Demand): η ποσότητα οξυγόνου (σε mg/l) που απαιτείται για την οξείδωση των οργανικών και ανόργανων ενώσεων.

Cfu/ml (colony forming unit): μονάδα μέτρησης κυττάρων.

Da (Dalton): μονάδα μέτρησης μάζας, ισοδύναμη με την ενοποιημένη ατομική μάζα. Από το όνομα του J.Dalton, βρετανού φυσικού και χημικού. Συνήθως χρησιμοποιείται στη βιοχημεία για να εκφράσει τη μοριακή μάζα.

Kjeldahl N: το άθροισμα του οργανικού συν το αμμωνιακό άζωτο σε δείγμα νερού.

TOC (Total organic carbon): ολικός οργανικός άνθρακας

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Adhoum N. & Monser L. (2004) Decolourization and removal of phenolic compounds from olive mill wastewater by electrocoagulation. *Chemical Engineering and Processing* **43**: 1281-1287
2. Aggelis G., Iconomou D., Christou M., Bokas D., Kotzailias, Christou G., Tsagou V. & Papanikolaou S. (2003) Phenolic removal in a model olive oil mill wastewater using *Pleurotus ostreatus* in bioreactor cultures and biological evaluation of the process. *Water Research* **37**: 3897-3904
3. Aktas E.S., Impre S. & Ersoy L. (2001) **TECHNICAL NOTE** – Characterization and lime treatment of olive mill wastewater. *Water Research* **35** (9): 2336-2340
4. Albarran A., Celis R., Hermosin M.C., Lopez-Pineiro A. & Cornejo J. (2004) Behavior of simazine in soil amended with the final residue of the olive-oil extraction process. *Chemosphere* **54**: 717-724
5. Albuquerque J.A, Gonzalez J., Garcia D. & Ceggara J. (2004) Agrochemical characterization of “alperujo”, a solid by-product of the two-phase centrifugation method for olive oil extraction. *Bioresource Technology* **91**: 195-200
6. Albuquerque J.A, Gonzalez J., Garcia D. & Ceggara J. (2005a) Composting of a solid olive-mill by-product (‘alperujo’) and the potential of the resulting compost for cultivating pepper under commercial conditions. *Waste Management* xxx **ARTICLE IN PRESS**
7. Albuquerque J.A, Gonzalez J., Garcia D. & Ceggara J. (2005b) Measuring detoxification and maturity in compost made from ‘alperujo’, the solid by-product of extracting olive oil by the two-phase centrifugation system. *Chemosphere* xxx **ARTICLE IN PRESS**
8. Al-Malah K., Azzam M. O.J. & Abu-Lail N.I. (2000) Olive mills effluent (OME) wastewater post-treatment using activated clay. *Separation and Purification Technology* **20**: 225-234
9. Andreozi R., Longo G., Majone M. & Modesti G. (1998) Integrated treatment of Olive Oil Mill Effluents (OME): study of ozonation coupled with anaerobic digestion. *Water Research* **32** (8): 2357-2364
10. Angelidaki I. & Ahring B.K. (1997) Codigestion of olive oil mill wastewaters with manure, household waste or sewage sludge. *Biodegradation* **8**: 221-226
11. Arienzo M. & Capasso R. (2000) Analysis of Metal Cations and Inorganic Anions in Olive Oil Mill Waste Waters by Atomic Absorption Spectroscopy and Ion Chromatography. Detection of Metals Bound Mainly to the Organic Polymeric Fraction. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **48**: 1405-1410
12. Arienzo M., De Martino A., Capasso R., Di Maro A. & Parente A. (2003) Analysis of Carbohydrates and Amino Acids in Vegetable Waste Waters by Ion Chromatography. *Phytochemical Analysis* **14**: 74-82
13. Armesto L., Bahillo A., Cabanillas A., Veijonen K., Otero J., Plumed A. & Salvador L. (2003) Co-combustion of coal and olive oil industry residues in fluidized bed. *Fuel* **82** : 993-1000
14. Arjona R., Garcia A. & Ollero P. (1999) The drying of alpeorujo, a waste product of olive oil mill industry. *Journal of Food Engineering* **41**: 229-234
15. Arjona R., Ollero P. & Vidal F. B. (2005) Automation of an olive waste industrial rotary dryer. *Journal of Food Engineering* **68**: 239-247
16. Attom M.F. & Al-Sharif M.M. (1998) Soil stabilization with burned olive waste. *Applied Clay Science* **13**: 219-230

17. Azbar N. (2004) A Review of Waste Management Options in Olive Oil Production. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* **34**: 209-247
18. Bambalov G., Israilides C. & Tanchev St. (1989) Characterization of yeasts isolated from spontaneously fermenting fresh olive effluents. *Mircen Journal* **5**: 259-261
19. Bambalov G., Israilides C. & Tanchev St. (1989) Alcohol Fermentation in Olive Oil Extraction Effluents. *Biological Wastes* **27**: 71-75
20. Baeta-Hall L., Ceu Saagua M., Lourdes Bartolomeu M., Anselmo A. M. & Fernanda Rosa M. (2005) Bio-degradation of olive oil husks in composting aerated piles. *Bioresource Technology* **96**: 69-78
21. Balis C., Chatzipavlidis & Flouri F. (1996) Olive Mill Waste as a substrate for Nitrogen Fixation. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 169-178
22. Beccari M., Carucci G., Lanz A.M., Majone M. & Petrangeli Papini M. (2002) Removal of molecular weight fractions of COD and phenolic compounds in an integrated treatment of olive oil mill effluents. *Biodegradation* **13**: 401-410
23. Benitez F.J., Beltran-Heredia J., Torregrosa J. & Acero J.L. (1997b) Improvement of the anaerobic biodegradation of olive mill wastewaters by prior ozonation pretreatment. *Bioprocess Engineering* **17**: 169-175
24. Benitez F.J., Beltran-Heredia J., Torregrosa J. & Acero J.L. (1999) Treatment of olive mill wastewaters by ozonation, aerobic degradation and the combination of both treatments. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology* **74**: 639-646
25. Borja R., Alba J., Mancha A., Martin A., Alonso V. & Sanchez (1998) Comparative effect of different aerobic pretreatments on the kinetics and macroenergetic parameters of anaerobic digestion of olive mill wastewater in continuous mode. *Bioprocess Engineering* **18**: 127-134
26. Borja R., Martin A., Alonso V., Garcia I. & Banks C.J. (1995) Influence of Different Aerobic Pretreatments on the Kinetics of Anaerobic Digestion of Olive Mill Wastewater. *Water Research* **29**(2): 489-495
27. Borja R., Rincon B., Raposo F., Alba J. & Martin A. (2002) A study of anaerobic digestibility of two-phases olive mill solid waste at mesophilic temperature. *Process Biochemistry* **38**: 733-742
28. Borja R., Rincon B., Raposo F., Alba J. & Martin A. (2003) Kinetics of mesophilic anaerobic digestion of the two-phase olive mill solid waste. *Biochemical Engineering Journal* **15**: 139-145
29. Borja R., Sanchez E., Raposo F., Rincon B., Jimenez A.M. & Martin A. (2005) A study of the natural biodegradation of two-phase olive mill solid waste during its storage in an evaporation pond. *Waste Management* **26**(5): 477-486
30. Bressan M., Liberatore L., D'Alessandro N., Tonucci L., Belli C. & Ranalli G. (2004) Improved Combined Chemical and Biological Treatments of Olive Oil Mill Wastewaters. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **52**: 1228-1233
31. Cabrera F., Lopez R., Martinez-Bordiu A., Dupuy de Lome E. & Murillo J.M. (1996) Land Treatment of Olive oil Mill Wastewater. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 215-225
32. Caputo A. C., Scacchia F. & Pelagagge P. M. (2003) Disposal of by-products in olive oil industry: waste-to energy solutions. *Applied Thermal Engineering* **23** : 197-214
33. Cardoso S.M., M.A. Coimbra and J.A. Lopes da Silva, Calcium-mediated gelation of an olive pomace pectic extract (2003) *Carbohydrate polymers* **52** : 125-133.
34. Casa R., D' Annibale A., Pieruccetti, S.R. Stazi, Giovannozzi Sermanni G. & Lo Cascio B. (2003) Reduction of the phenolic components in olive-mill wastewater by an enzymatic treatment and its impact on durum wheat (*Triticum durum* Desf.) germinability. *Chemosphere* **50**: 959-966

35. Cegarra J., Paredes C., Roig A., Bernal M.P. & Garcia D. (1996) Use of Olive Mill Wastewater Compost for Crop Production. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 193-203
36. Cereti C.F., Rossini F., Federici F., Quarantino D., Vassilev N. & Fenice M. (2004) Reuse of microbially treated olive mill wastewater as fertilizer for wheat (*Triticum durum* Desf.). *Bioresource Technology* **91**: 135-140
37. Cermola F., DellaGreca M., Rosaria Iesce M., Montella S., Pollio A. & Temussi F. (2004) A mild photochemical approach to the degradation of phenols from olive oil mill wastewater. *Chemosphere* **55**: 1035-1041
38. Chatjipavlidis I., Antonakou M., Demou D., Flouri F. & Balis C. (1996) Bio-Fertilization of Olive Oil Mills Liquid Wastes. The Pilot Plant in Messinia, Greece. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 183-187
39. Cliffe K.R. & Patumsawad S. (2001) Co-combustion of waste from olive oil production with coal in a fluidized bed. *Waste Management* **21**: 49-53
40. Cox L., Celis R., Hermosin M.C, Becker A. & Cornejo J. (1997) Porosity and herbicide leaching in soils amended with olive-mill wastewater. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **65**: 151-161
41. D' Acqui L.P., Sparvoli E., Agnelli A. & Santi C.A. (2002) Olive oil mills waste waters and clay minerals interactions: organics transformation and clay particles aggregation. 17th WCSS, 14-21 August 2002, Thailand (Paper no. 1578)
42. D' Annibale A., Crestini C., Vinciguerra V. & Sermanni G.G. (1998) The biodegradation of recalcitrant effluents from an olive mill by a white rot fungus. *Journal of Biotechnology* **61**: 209-218
43. Dalis D., Anagnostidis K., Lopez A., Letsiou I. & Hartmann L. (1996) Anaerobic Digestion of Total Raw Olive-Oil Wastewater in a Two-Stage Pilot-Plant (up-flow and fixed-bed bioreactors). *Bioresource Technology* **57**: 237-243
44. DellaGreca M., Monaco P., Pinto G., Pollio A., Previtera L. & Temussi F. (2001) Phytotoxicity of Low-Molecular-Weight Phenols from Olive Mill Waste Waters. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* **67**: 352-359
45. Di Giacomo G., Brandani V. & Del Re G. (1991) Evaporation of Olive Oil Mill Vegetation Waters. *Desalination* **81**: 249-259
46. Drouiche M., Le Mignot V., Lounici H., Belhocine D., Grib H., Paus A. & Mameri N. (2004) A compact process for the treatment of olive mill wastewater by combining UF and UV/H₂O₂ techniques. *Desalination* **169**: 81-88
47. Ehaliotis C., Papadopoulou K., Kotsou M., Mari I. & Balis C. (1999) Adaptation and population dynamics of *Azotobacter vinelandii* during aerobic biological treatment of olive-mill wastewater. *FEMS Microbiology Ecology* **30**: 301-311
48. El-Sheikh A.H., Newman A.P., Al-Daffae H.K., Phull S. & Cresswell N. (2004) Characterization of activated carbon prepared from a single cultivar of Jordanian Olive stones by chemical and physicochemical techniques. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* **71**: 151-164
49. Erguder T.H., Guven E. & Demirer G.N. (2000) Anaerobic treatment of olive mill wastes in batch reactors. *Process Biochemistry* **36**: 243-248
50. Fadil K., Chahlaoui A., Ouahbi A., Zaid A. & Borja R. (2003) Aerobic biodegradation and detoxification of wastewaters from the olive oil industry. *International Biodeterioration & Biodegradation* **51**: 37-41
51. Fernandez-Bolanos J., Rodriguez G., Gomez E., Guillen R., Jimenez A., Heredia A. & Rodriguez R. (2004) Total Recovery of the Two-Phase Olive Oil Processing: Isolation of Added-Value Compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **52**: 5849-5855

52. Fernandez-Bolanos J., Rodriguez G., Rodriguez R., Heredia A., Guillen R. & Jimenez A. (2002) Production in Large Quantities of Highly Purified Hydroxytyrosol from Liquid-Solid Waste of Two-Phase Olive Oil Processing or "Alperujo". *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **50**: 6804-6811
53. Fiestas Ros de Ursinos J.A. & Borja-Padilla R. (1996) Biomethanization. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 145-153
54. Filidei S., Masciandaro G. & Ceccanti B. (2003) Anaerobic Digestion of Olive Mill Effluents: Evaluation of Wastewater Organic Load and Phytotoxicity Reduction. *Water, Air and Soil Pollution* **145** : 79-94
55. Fiorentino A., Gentili A., Isidori M., Lavorgna M., Parrella A. & Temussi F. (2004) Olive Oil Mill Wastewater Treatment Using a Chemical and Biological Approach. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **52** : 5151-5154
56. Fiorentino A., Gentili A., Isidori M., Monaco P., Nardelli A., Parrella A. & Temussi F. (2003) Environmental Effects Caused by Olive Mill Wastewaters: Toxicity Comparison of Low-Molecular-Weight Phenol Components. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **51** : 1005-1009
57. Fountoulakis M.S., Dokianakis S.N., Kornaros M.E., Aggelis G.G. & Lyberatos G. (2002) Removal of phenolics in olive mill wastewaters using the white-rot fungus *Pleurotus ostreatus* *Water Research* **36** : 4735-4744
58. Galiatsatou P., Metaxas M., Arapoglou D. & Kasselouri-Rigopoulou V. (2002) Treatment of olive mill waste water with activated carbons from agricultural by-products. *Waste Management* **22** : 803-812
59. Galiatsatou P., Metaxas M. & Kasselouri-Rigopoulou V. (2001) Mesoporous Activated Carbon from Agricultural Byproducts. *Mikrochimica Acta* **136** : 147-152
60. Galli E., Pasetti L., Fiorelli F. & Tomati U. (1997) Olive-Mill Wastewater Composting: Microbiological Aspects. *Waste Management and Research* **15** : 323-330
61. Garcia Garcia I., Jimenez Pena P.R., Bonilla Venceslada J.L., Martin Martin A., Martin Santos M.A. & Ramos Gomez E. (2000) Removal of phenol compounds from olive mill wastewater using *Phanerochaete chrysosporium*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus terreus* and *Geotrichum candidum*. *Process Biochemistry* **35** : 751-758
62. Garcia – Gomez A., Roig A. & Bernal M.P. (2003) Composting of the solid fraction of olive mill wastewater with olive leaves: organic matter degradation and biological activity. *Bioresource Technology* **86** : 59-64
63. Garcia Martin A.I., Moumen A., Ruiz Yanez D.R. & Molina Alcaide E. (2003) Chemical composition and nutrients availability for goats and sheep of two-stage olive cake and olive leaves. *Animal Feed Science and Technology* **107** : 61-74
64. Georgacakis D., Andreadi E. & Christopoulou N. (2002) Exploitation of cost efficient biogas production and utilization from Greek pig farms and olive oil mill wastes. *Research program report*.
65. Georgacakis D. & Christopoulou N. (2002) Olive oil mill wastewaters treatment and disposal. A case application study at Samos island. *Research report on the results of a full scale demonstration installation at Marathokampos of Samos island*. Laboratory of Agricultural Structures, Agricultural University of Athens.
66. Georgacakis D. & Dalis D. (1993) Controlled anaerobic digestion of settled olive-oil wastewater. *Bioresource Technology* **46** : 221-226
67. Gernjak M., Krutzler T., Glaser A., Malato S., Caceres J., Bauer R. & Fernandez-Alba A.R. (2003) Photo-Fenton treatment of water containing natural phenolic pollutants. *Chemosphere* **50** : 71-78

68. Gernjak M., Maldonado M.I., Malato S., Caceres J., Krutzler T., Glaser A. & Bauer R. (2004) Pilot-plant treatment of olive mill wastewater (OMW) by solar TiO₂ photocatalysis and solar photo-Fenton. *Solar Energy* **77** : 567-572
69. Greco G., Toscano G., Cioffi M., Gianfreda L. & Sannino F. (1999) **RESEARCH NOTE**: Dephenolisation of Olive Mill Waste-Waters by Olive Husk.
70. Haddadin M.S., Abdulrahim S.M., Al-Khawaldeh G.Y. & Robinson R.K. (1999) Solid state fermentation of waste pomace from olive processing. *J. Chem. Technol. Biotechnol* **74** : 613-618
71. Hadrami A. El., Belaqziz M., Hassni M. El., Hanifi S., Abbad A., Capasso R., Gianfreda L. & Hadrami I. El. (2004) Physico-chemical Characterization and Effects of Olive Oil Mill Wastewaters Fertirrigation on the Growth of Some Mediterranean Crops. *Journal of Agronomy* **3** (4) : 247-254
72. Hamdi M. (1996) **Review** – Anaerobic Digestion of Olive Mill Wastewaters. *Process Biochemistry* **31**(2) : 105-110
73. Hytiris N., Kapellakis I.E., La Roi de R. & Tsagarakis K.P. (2004) The potential use of olive mill sludge in sodification process. *Resources Conservation & Recycling* **40** : 129-139
74. Inan H., Dimoglo A., Simsek H. & Karpuzcu M. (2004) Olive oil mill wastewater treatment by means of electro-coagulation. *Separation and Purification Technology* **36** : 23-31
75. Israilides C.J., Vlyssides A.G., Mourafeti V.N., & Karvouni G. (1997) Olive Oil Wastewater Treatment with the Use of an Electrolysis System. *Bioresource Technology* **61** : 163-170
76. Jauhiainen J., Conesa J.A., Font R. & Martin-Gullon I. (2004) Kinetics of the pyrolysis and combustion of olive oil solid waste. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* **72** : 9-15
77. Jauhiainen J., Martin-Gullon I., Conesa J.A. & Font R. (2005) Emissions from pyrolysis and combustion of olive oil solid waste. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* **74** : 512-517
78. Jurado F., Cano A. & Caprio J. (2003) Modeling of combined cycle power plants using biomass. *Renewable Energy* **28** : 743-753
79. Kotsou M., Mari I., Lasaridi K., Chatzipavlidis I., Balis C. & Kyriacou A. (2004) The effect of olive oil mill wastewater (OMW) on soil microbial communities and suppressiveness against *Rhizoctonia solani*. *Applied Soil Ecology* **26** : 113-121.
80. Kestioglu K., Yonar T. & Azbar N. (2005) Feasibility of physico-chemical treatment and Advanced Oxidation Processes (AOPs) as a means of pretreatment of olive mill effluent (OME). *Process Biochemistry* **40** : 2409-2416
81. Knupp G., Rucker G., Ramos-Cormenzana A., Hoyos S.G., Neugebauer M. & Ossenkop T. (1996) Problems of Identifying Phenolic Compounds During the Microbial Degradation of Olive Mill Wastewater. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 277-282
82. Komilis D.P., Karatzas E. & Halvadakis C.P. (2004) The effect of olive oil mill wastewater on seed germination after various pretreatment techniques. *Journal of Environmental Management* **74**(4): 339-348.
83. Lopez M. J., Moreno J. & Ramos-Cormenzana A. (2001) The effect of olive mill wastewaters variability on xanthan production. *Journal of Applied Microbiology* **90** : 829-835
84. Lopez M.J. & Ramos-Cormenzana A. (1996) Xanthan Production from Olive-Mill Wastewaters *International Biodeterioration & Biodegradation*, 263-270

85. Mameri N., Aiouèche F., Belhocine D., Grib H., Lounici H., Piron D.L. & Yahiat (2000) Preparation of activated carbon from olive mill solid residue. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology* **75** : 625-631
86. Manios T., Maniadakis K., Kalogeraki M., Mari E., Terzakis S., Magiatis P., Mikros, Agalias, Spanos I. & Manios V. (2004) Cocomposting Olive Residuals And Green Waste On Crete. *BioCycle* **45** : 67-70
87. Manna C., Galletti P., Cucciolla V., Montedoro G. & Zappia V. (1999) Olive oil hydroxytyrosol protects human erythrocytes against oxidative damages. *Journal of Nutritional Biochemistry* **10** : 159-165
88. Mantzavinos D., Kalogerakis N. (2005) Treatment of olive mill effluents. Part I. Organic matter degradation by chemical and biological processes—an overview. *Environment International* **31** : 289-295
89. Marques I.P. (2001) Anaerobic digestion treatment of olive mill wastewater for effluent re-use in irrigation. *Desalination* **137** : 233-239
90. Marques P.A.S.S., Rosa M.F., Mendes F., Collares Pereira M., Blanco J. & Malato S. (1996) Wastewater detoxification of organic and inorganic toxic compounds with solar collectors. *Desalination* **108** : 213-220
91. Masghouni M. & Hassairi M. (2000) Energy applications of olive-oil industry by-products: -- I. The exhaust foot cake. *Biomass and Bioenergy* **18** : 257-262
92. Mitrakas M., Papageorgiou G., Docoslis A. & Sakellaropoulos G. (1996) Evaluation of various pretreatment methods for olive oil mill wastewaters. *European Water Pollution Control* **6** (6) : 10-16
93. Molina Alcaide and A. Nefzaoui, Recycling of olive oil by-products: Possibilities of utilization in animal nutrition (1996) *International Biodeterioration and Biodegradation* **38** (3/4) : 227-235
94. Molina Alcaide, D.R. Yáñez Ruiz, A. Moumen and A.I. Martín García (2003) Ruminal degradability and in vitro intestinal digestibility of sunflower meal and in vitro digestibility of olive by-products supplemented with urea or sunflower meal: Comparison between goats and sheep, *Animal Feed Science and Technology* **110** (1-4) : 3-15.
95. Moreno-Castilla C., Carrasco-Marin F., Lopez-Ramon M.V. & Alvarez-merino M.A. (2001) Chemical and physical activation of olive-mill waste water to produce activated carbons. *Carbon* **39** : 1415-1420
96. Mulinacci N., Romani A., Galardi C., Pinelli P., Giaccherini C. & Vincieri F.F. (2001) Polyphenolic Content in Olive Oil Waste and Related Olive Samples. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **49** : 3509-3514
97. Nieto Martínez L., Hoyos Garrido S.E., Rubio Camacho F., Pareja Garcia M.P. & Ramos Cormenzana A. (1993) The Biological Purification of Waste Products from Olive Oil Extraction. *Bioresource Technology* **43** : 215-219
98. Obied H.K., Allen M.S., Bedgood D.R., Prenzler P.D., Robards K. & Stockmann R. (2005) **REVIEWS** Bioactivity and Analysis of Biophenols Recovered from Olive Mill Waste. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **53** : 823-837
99. Pagnanelli F., Toro L. & Veglio F. (2002) Olive mill solid residues as heavy metal sorbent material: a preliminary study. *Waste Management* **22** : 901-907
100. Paixao S.M., Mendonca E., Picado A. & Anselmo A.M. (1999) Acute Toxicity Evaluation of Olive Oil Mill Wastewaters: A Comparative Study of Three Aquatic Organisms. *John Wiley & Sons, Inc.*
101. Paredes C., Bernal M.P., Roig A. & Cegarra J. (2001) Effects of olive mill wastewater addition in composting of agroindustrial and urban wastes. *Biodegradation* **12** : 225-234

102. Paredes C., Bernal M.P., Roig A. & Cegarra J. & Roig A. (2002) Bio-degradation of olive mill wastewater sludge by its co-composting with agricultural wastes. *Bioresource Technology* **85** : 1-8
103. Paredes C., Bernal M.P., Roig A. & Cegarra J. & Sanchez-Monedero M.A. (1996) Influence of the Bulking Agent on the Degradation of Olive-Mill Wastewater Sludge During Composting. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 205-210
104. Paredes C., Cegarra J., Bernal M.P. & Roig A. (2005) Influence of olive mill wastewater in composting and impact of the compost on a Swiss chard crop and soil properties. *Environment International* **31** : 305-312
105. Paredes C., Cegarra J., Roig A., Sanchez-Monedero M.A. & Bernal M.P. (1999) Characterization of olive mill wastewater (alpechin) and its sludge for agricultural purposes. *Bioresource Technology* **67** : 111-115
106. Paredes M.J., Monteoliva-Sanchez M., Moreno E., Perez J., Ramos-Cormenzana A. & Martinez J. (1986) Effect of waste waters from olive oil extraction plants on the bacterial population of soil. *Chemosphere* **15** (5) : 659-664
107. Paredes M.J., Moreno E., Ramos-Cormenzana A. & Martinez J. (1987) Characteristics of soil after pollution with waste waters from olive oil extraction plants. *Chemosphere* **16** (7) : 1557-1564
108. Paredes C., Roig A., Bernal M.P., Sanchez-Monedero M.A. & Cegarra J. (2000) Evolution of organic matter and nitrogen during co-composting of olive mill wastewater with solid organic wastes. *Biology and Fertility of Soils* **32** : 222-227
109. Pinto G., Pollio A., Previtera L., Stanzione M. & Temussi F. (2003) Removal of low molecular weight phenols from olive oil mill wastewater using microalgae. *Biotechnology Letters* **25** : 1657-1659
110. Piotrowska A. Iamarino G., Rao M.A. & Gianfreda L. (2005) Short-term effects of olive mill waste water (OMW) on chemical and biochemical properties of a semiarid Mediterranean soil. *Soil Biology & Biochemistry* 1-11 **ARTICLE IN PRESS**
111. Piperidou C. I., Chaidou C. I., Stalikas C. D., Soulti K., Pilidis G. A. & Balis C. (2000) Bioremediation of Olive Oil Mill Wastewater : Chemical Alterations Induced by *Azotobacter vinelandii*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **48** : 1941-1948.
112. Potoglou D., Kouzeli-Katsiri A. & Haralambopoulos D. (2003) Solar distillation of olive mill wastewater. *Renewable Energy* **29** : 569-579
113. Ramos-Cormenzana A., Juarez-Jimenez B. & Garcia pareja M.P. (1996) Antimicrobial Activity of Olive Mill Waste-Waters (Alphechin) and Biotransformed Olive Oil Mill Wastewater. *International, Biodeterioration & Biodegradation* 283-290
114. Ramos-Cormenzana A., Monteoliva-Sanchez M. & Lopez M.J. (1995) Bioremediation of Alpechin. *International Biodeterioration & Biodegradation* : 249-268
115. Rana G., Rinaldi M. & Introna M. (2003) Volatilization of substances after spreading olive oil waste water on the soil in a Mediterranean environment. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **96** : 49-58
116. Riffaldi R., Minzi-Levi R., Saviozzi A., Vanni G. & Scagnozzi A. (1993) Effect of the disposal of sludge from olive processing on some soil characteristics: Laboratory experiments. *Water, Air and Soil Pollution* **69** : 257-264
117. Rinaldi M., Rana G. & Introna M. (2003) Olive-mill wastewater in southern Italy: effects on a durum wheat crop. *Field Crops Research* **84** : 319-326

118. Rivas F.J., Beltran F.J, Gimeno O. & Acedo B. (2001c) Wet Air Oxidation of Wastewater From Olive Oil Mills. *Chemical Engineering & Technology* **24** : 415-421
119. Rivas F.J., Beltran F.J, Gimeno O. & Frades J. (2001a) Treatment of Olive Oil Mill Wastewater by Fenton's Reagent. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **49** : 1873-1880
120. Rivas F.J., Gimeno O., Portela J.R., De la Ossa E. M. & Beltran F.J (2001b) Supercritical Water Oxidation of Olive Oil Mill Wastewater. *Industrial & Engineering Chemistry Research* **40** : 3670-3674
121. Robles A., Lucas R., Alvarez de Cienfuegos G. & Galvez A. (2000) Biomass production and detoxification of wastewaters from the olive oil industry by strains of *Penicillium* isolated from wastewater disposal ponds. *Bioresource Technology* **74** : 217-221
122. Roig A., M.L. Cayuela and M.A. Sánchez-Monedero (2005) An overview on olive mill wastes and their valorization methods. *Waste Management* xxx **ARTICLE IN PRESS**
123. Roig A., M.L. Cayuela and M.A. Sánchez-Monedero (2004) The use of elemental sulphur as organic alternative to control pH during composting of olive mill wastes. *Chemosphere* **57** : 1099–1105.
124. Rozzi A. & Malpei F. (1996) Treatment and Disposal of Olive Mill Effluents. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 135-144
125. Sarika R., Kalogerakis N. & Mantzavinos D. (2005) Treatment of olive mill effluents Part II. Complete removal of solids by direct flocculation with poly-electrolytes. *Environment International* **31** : 297-304
126. Saviozzi A., Levi-Minzi R., Cardelli R., Biasci A. & Riffaldi R. (2001) Suitability of moist olive pomace as soil amendment. *Water, Air and Soil Pollution* **128** : 13-22
127. Saviozzi A, Riffaldi R., Levi-Minzi R., Scagnozzi A. & Vanni G. (1993) Decomposition of Vegetation-Water Sludge in Soil. *Bioresource Technology* **44**: 223-228
128. Sierra J., Marti E., Montserrat G., Cruanas & Garau M.A. (2001) Characterization and evolution of a soil affected by olive oil mill wastewater disposal. *The Science of the Total Environment* **279** : 207-214
129. Siracusa G., La Rosa A. D., Siracura & Trovato M. (2001) Eco- Compatible Use of Olive Husk as Filler in Thermoplastic Composites. *Journal of Polymers and the Environment* **9** (4) : 157-161
130. Spandre R. & Dellomonaco (1996) Polyphenols Pollution by Olive Mill Waste Waters, Tuscany, Italy. *Journal of Environmental Hydrology* **4** : 1-13
131. Tardioli S., Banne E.T.G. & Santori F. (1997) Species-Specific Selection on Soil Fungal Population After Olive Mill Waste-Water Treatment. *Chemosphere* **34** : 2329-2336
132. Tejada M. & Gonzalez J.L.(2004) Effects of foliar application of a byproduct of two-step olive oil mill process on rice yield. *European Journal of Agronomy* **21** : 31-40
133. Tekin Ali R. & Dalgic A.C. (2000) Biogas production from olive pomace. *Resources, Conservation and Recycling* **30** : 301-313
134. Tomati U., Galli, Fiorelli F. & Pasetti L. (1996) Fertilizers from Composting of Olive-Mill Wastewaters. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 155-162
135. Tomati U., Galli E., Pasetti L & Volterra E. (1995) Bioremediation of Olive-Mill Wastewaters by Composting. *Waste Management & Research* **13** : 509-518

136. Tsioulpas A., Dimou D., Iconomou D. & Aggelis G. (2002) Phenolic removal in olive oil mill wastewater by strains of *Pleurotus* spp. in respect to their phenol oxidase (laccase) activity. *Bioresource Technology* **84** : 251-257
137. Turano E., Curcio S., De Paola M.G., Calabro V. & Iorio G. (2002) An integrated centrifugation- ultrafiltration system in the treatment of olive mill wastewater. *Journal of Membrane Science* **209** : 519-531
138. Vassilev N., Vassileva M., Azcon R., Fenice M., Federici F. & Barea J-M. (1998) Fertilizing Effect of Microbially Treated Olive Mill Wastewater on *Trifolium* Plants. *Bioresource Technology* **66** : 133-137
139. Vitolo S., Petarca L. & Bresci B. (1999) Treatment of olive-oil industry wastes. *Bioresource Technology* **67** : 129-137
140. Vlyssides A.G., Bouranis D.L., Loizidou M. & Karvouni G. (1996) Study of a Demonstration Plant for the Co-composting of Olive-Oil-Processing Wastewater and Solid Residue. *Bioresource Technology* **56** : 187-193
141. Vlyssides A.G., Loizides M. & Karlis P.K. (2004) Integrated strategic approach for reusing olive oil extraction by-products. *Journal of Cleaner Production* **12** : 603-611
142. Zervakis G., Yiatras P. & Balis C. (1996) Edible Mushrooms from Olive Oil Mill Wastes. *International Biodeterioration & Biodegradation* **237-243**
143. Zouari N. (1998) Decolorization of Olive Oil Mill Effluent by Physical and Chemical Treatment Prior to Anaerobic Digestion. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology* **73** : 297-303
144. Βλυσίδης Α., Λοιζίδης Μ., Λουκάκης Χ., Μάη Σ. & Μπαραμπούτη Ε.-Μ. (Ημερίδα 2003) Αποτοξικοποίηση Απόβρωτων Ελαιουργείων με Διεργασίες Fenton με Παράλληλη Παραγωγή Υψηλής Ποιότητας Εδαφοβελτιωτικού
145. Γεωργακάκης Δ. & Χριστοπούλου Ν. (2002) **Τελική Έκθεση Αποτελεσμάτων** του Ερευνητικού Προγράμματος «Σχεδίαση και επίβλεψη λειτουργίας των πιλοτικών εγκαταστάσεων ολοκληρωμένης διαχείρισης των αποβλήτων του ελαιολιπιδίου του κ.Χριστοδούλου Αντωνάκη, που λειτουργεί στο Μαραθόκαμπο Σάμου και εφαρμογή των συμπερασμάτων στα υπόλοιπα ελαιολιπιδία της νήσου Σάμου»
146. Καπελλάκης Ι.Ε., Τσαγκαράκης Κ.Π., Αβραμάκη Χ., Crowther J.M., Χυτήρης Ν., Φαιτάκη Ε.Κ. και Αγγελάκης Α.Ν. Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υγρών Αποβλήτων Ελαιολιπιδίων. *Πρακτικά Συνεδρίου Heleco 2003*
147. Κατσικάρης Κ., Βουτσάς Ε., Μαγουλάς Κ. & Τασιός (2003) Πιλοτικές δοκιμές αερόβιας χώνευσης υγρών αποβλήτων από ελαιολιπιδία
148. Μιχαλακοπούλου Χ. (2004) Νομοθεσία για το Περιβάλλον (Εκδόσεις Ζήτη)
149. Μπαλατσούρας Γ. (1997) Το Ελαιόλαδο – Τόμος δεύτερος
150. Μπαλατσούρας Γ. (1999) Η Ελαιουργία – Τόμος τέταρτος
151. Μιχαλοπούλου Χ. (2004) Νομοθεσία για το Περιβάλλον- Εκδόσεις Ζήτη
152. Οιχαλιώτης Κ.Δ. & Ζερβάκης Γ.Ι. (1999) Τα Απόβλητα των Ελαιολιπιδίων Δύο και Τριών Φάσεων : Μια Αξιολόγηση της Υφιστάμενης Κατάστασης. *Ελιά & Ελαιόλαδο* **14** : 52-61
153. Τασιόπουλου Θ., Κυριακού Α., Κώτσου Μ., Χατζηπαυλίδης Ι. & Λαζαρίδη Κ. Συγκομποστοποίηση Βιολιπιδίου Υγρών Αποβλήτων Ελαιολιπιδίων για την Παραγωγή Υποστρωμάτων. *Πρακτικά Συνεδρίου Heleco 2003*.
154. Χατζηπαυλίδης Ι.Γ. (1999) Επιπτώσεις των υγρών αποβλήτων της ελαιουργίας στη δυναμική και τις δράσεις των μικροβιακών πληθυσμών στο έδαφος. *Διδακτορική Διατριβή*.
155. Χατζουλιάκης Κ., Ψαρράς Γ., Μουστοπούλου Μ. & Στεφανουδάκη Ε. (2003) Εφαρμογή των υγρών αποβλήτων ελαιουργείων στο έδαφος των ελαιώνων: Μια

περιβαλλοντικά αποδεκτή και οικονομικά εφικτή μέθοδος διαχείρισης- Εργασία στα πλαίσια του ευρωπαϊκού προγράμματος “WAWAROMED”

Πατέντες

1. ES2150360 (2001): Integrated process for the treatment and recycling of olive mill waste from two-phase olive processing (alperujo). *Inventor*: Olmo Peinado _Jost Marva. *Applicant*: Olmo Peinado _Jost Marva; Rojas Ruiz Sonsoles; Aigner Josef Konrad
2. EP324314 (1989): Carrier and reactor for biological treatment of liquids and use thereof *Inventor*: Cannazza Simon N. *Inventor*: Cannazza S.N. *Applicant*: Cannaza-Cantatore-Luigia
3. EP557758 (1993): Process for producing olive oil. *Inventor*: Dopjohann Josef; Geissen Klemens. *Applicant*: Westfalia Separator AG
4. ES2006904 (1989): Process for obtaining oil from olive pomace. *Inventor*: Jimanez Rodriguez Jose Luis *Applicant*: Jimanez Rodriguez Jose
5. ES2076899 (1995): New method for the treatment of the solid wastes originating from the extraction of olive oil. *Inventor*: Rodriguez Prieto Cristian *Applicant*: Fuentes Cardona S.A.
6. ES2048667 (1994): Process for extracting oil from olive stones without using organic solvents. *Inventor*: Artacho del Pino Antonio *Applicant*: Oleicola El Tejar Ntra. Sra de Araceli, Sdad Coop. Lta.

Sites

1. <http://www.biomatnet.org/secure/projects.html>
2. <http://cordis.europa.eu/fp5/home.html>
3. <http://www.aegean.gr/environment/eda/OliveNet>
4. <http://www.pharm.uoa.gr/minos/manualeng.pdf>
5. <http://www.ucm.es/info/improliv/index.htm>
6. <http://ec.europa.eu/comm/environment/impel>
7. <http://www.aegean.gr/environment/eda/naias/>