

N. Iniotakis, C.B. v.d. Decken, Π. Γ. Μιχαηλίδης^(*), Μ. Κουμάκης, "Καθαρισμός κασιόγαρου με ταυτόχρονη αξιοποίηση χρήσιμων υλών", "Ημερίδα για τη διαχείριση των κασιόγαρων" του Γεωτεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας, Ηράκλειο 31 Μαρτίου 1989, πρακτικά σ. 81-88.

Καθαρισμός κασιόγαρου με ταυτόχρονη αξιοποίηση χρήσιμων υλών.

N. Iniotakis, C.B. v.d. Decken, *Kernforschungsanlage-J*lich (KFA-J*lich)*

Π. Γ. Μιχαηλίδης^(*), *Πανεπιστήμιο Κρήτης, Ρέθυμνο*

Μ. Κουμάκης, *Δημ. Επιχ. Ύδρ. Αποχ.(ΔΕΥΑΗ), Ηράκλειο Κρήτης*

^(*) Για περισσότερες Πληροφορίες

A.-Εισαγωγή. Τα απόβλητα των ελαιουργείων ("κασιόγαρος") συνιστούν μεγάλο περιβαλλοντικό πρόβλημα. Ιδιαίτερα στην περιοχή της Κρήτης η ρύπανση του εδάφους, των επιφανειακών και υπογείων υδάτων και, γενικά, η προκαλούμενη από αυτά επιβάρυνση του περιβάλλοντος είναι εκτεταμένη. Όμοια προβλήματα παρουσιάζονται σε όλες τις περιοχές με σημαντική ελαιοπαραγωγή. Η επιτακτική ανάγκη για καθαρό περιβάλλον κάνει επείγουσα την εύρεση λύσης για την διάθεση των αποβλήτων αυτών, όπως και των αποβλήτων από άλλες βιομηχανικές δραστηριότητες.

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται τα πειραματικά αποτελέσματα μιας νέας μεθόδου διάθεσης των αποβλήτων από ελαιουργεία. Για την επεξεργασία των αποβλήτων χρησιμοποιήθηκε μια πειραματική πρωτότυπη συσκευή από ένα επιτυχές πρόγραμμα για οικονομικά συμφέρουσα αφαλάτωση θαλασσινού νερού.

Με την χρήση της μεθόδου αυτής είναι δυνατό να λυθεί το πρόβλημα του κασιόγαρου με συμφέροντες οικονομικά όρους. Η όλη διαδικασία καθαρισμού των αποβλήτων μπορεί να οργανωθεί έτσι ώστε να είναι κερδοφόρα.

B.-Μεθοδολογία. Η επικρατούσα αντίληψη για τα απόβλητα των βιομηχανιών είναι πως πρόκειται για άχρηστα και ενοχλητικά υλικά, από τα οποία πρέπει να απαλλαγούμε. Πολλές μέθοδοι αντιρύπανσης ξεκινούν από την αντίληψη αυτή. Όμως "Για να καθαρίσεις κάτι λερώνεις κάτι άλλο. Μπορείς όμως να λερώσεις πολλά χωρίς να καθαρίσεις τίποτα⁽¹⁾". Η συνέπεια είναι οι προτεινόμενες λύσεις, και όταν ακόμη επιτυγχάνουν, να απαιτούν συνήθως σημαντική οικονομική επιβάρυνση.

Η μεθοδολογία που ακολουθείται εδώ βασίζεται στην αντίληψη πως τα απόβλητα μπορούν να αποτελέσουν χρήσιμη πηγή πρώτων υλών. Παράδειγμα, τα υγρά απόβλητα, τα οποία αποτελούνται από νερό και διάφορα διαλυμένα υλικά. Το νερό είναι σε έλλειψη στον τόπο μας και υπάρχει ανάγκη για καλύτερη αξιοποίηση του και για μεγαλύτερες ποσότητες. Τα διαλυμένα στα υγρά απόβλητα υλικά είναι κατάλοιπα επεξεργασίας, τα οποία μπορούν να ξαναχρησιμοποιηθούν, αν καταστεί δυνατή η ανάκτηση τους.

Στο Σχήμα 1 παρουσιάζεται συνοπτικά το διάγραμμα και η λειτουργία της συσκευής που χρησιμοποιήθηκε. Η πειραματική αυτή συσκευή βρίσκεται στο Ηράκλειο, στις εγκαταστάσεις τις Δημοτικής Επιχείρησης Ύδρευσης Αποχέτευσης Ηρακλείου (ΔΕΥΑΗ). Κατασκευάστηκε στα πλαίσια ενός διακρατικού προγράμματος "Αφαλάτωσης θαλασσινού νερού με σύγχρονη ανάκτηση αλάτων", το οποίο ξεκίνησε στα πλαίσια της Ελληνογερμανικής Συνεργασίας για Έρευνα και Ανάπτυξη⁽²⁾. Στην επεξεργασία του τωρινού πειράματος συνέβαλε το Ινστιτούτο Αμπέλου Λαχανοκομίας και Ανθοκομίας Ηρακλείου (κ. Βασίλης Μανιός) για τον έλεγχο της φυτοτοξικότητας ενώ τα δείγματα κασιόγαρου ήταν από το ελαιουργείο της Ένωσης Πεζών.

Γ.-Πειραματική διαδικασία. Τα διάφορα πειράματα περιγράφονται συνοπτικά στο Σχήμα 2. Ο κασιόγαρος από τα ελαιουργεία της Ένωσης Πεζών στην Καλονή μεταφερόταν σε δοχεία στον χώρο που είναι εγκατεστημένη η πειραματική συσκευή στην Αλικαρνασό, σε απόσταση περίπου 20 χλμ. Εκεί επεξεργαζόταν με την συσκευή είτε αυτούσιος είτε μετά από κάποια προεπεξεργασία. Η προεπεξεργασία αυτή συνίστατο στην προσθήκη ορισμένων ουσιών, όπως CaO, NaOH, K₂CO₃, για την ρύθμιση της οξύτητας (pH). Στις περιπτώσεις που σχηματιζόταν ίζημα επεξεργάστηκαν με την συσκευή τόσο το

υπερκείμενο, (Y), όσο και το ίζημα, (I). Από την έξοδο της συσκευής εξεταζόταν τόσο το "νερό", (N), όσο και το κατάλοιπο, (K). Η συσκευή είχε ρυθμιστεί έτσι ώστε το κατάλοιπο να είναι σε μορφή παχύρρευστης λάσπης.

Για την εκτίμηση της μεθόδου, σε κάθε περίπτωση (κασιίγαρος, "νερό", κατάλοιπο, υπερκείμενο, ίζημα) μετρήθηκαν τρεις παράμετροι. Η οξύτητα, (pH), η αγωγιμότητα, (G), και η ισοδύναμη ποσότητα οξυγόνου, (COD). Οι τιμές των μεγεθών αυτών, ιδιαίτερα του COD, μεταβάλλονται με την πάροδο του χρόνου (προς το καλύτερο από άποψη περιβαλλοντική). Οι τιμές που δίδονται για το 'νερό' και το κατάλοιπο είναι μετά την έξοδο τους από την συσκευή και μόλις η θερμοκρασία τους κατέβει στην θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

Τα δείγματα 6.- και 7.- επεξεργάστηκαν σε στήλη κλασματικής απόσταξης για άλλους λόγους, έδωσαν δε αποτελέσματα σύμφωνα με τις μετρήσεις των δειγμάτων που επεξεργάστηκαν με την συσκευή.

Τα Σχήματα 2 και 3 δίνουν τα αποτελέσματα. Παρατηρείται πως το "νερό" είναι όξινο. Η φυτοτοξικότητα των δειγμάτων αυτών παρουσιάζεται στο Σχήμα 4. Στο σχήμα αυτό παρουσιάζεται το ποσοστό των σπόρων που βλάστησαν ύστερα από 3 και ύστερα από 5 ημέρες όταν ποτίστηκαν με τα δείγματα αραιωμένα μέχρι $G=1.8$ mmhos/cm. Δίνονται επίσης για σύγκριση τα αποτελέσματα για πότισμα με μάρτυρα (νερό) και με νερό βρασμένο. Τα αποτελέσματα αφορούν δείγματα από το νερό που βγαίνει από την συσκευή και, επίσης, από τον κασιίγαρο μετά την προεπεξεργασία του (για τα Δείγματα 1, 2 και 3). Το κατάλοιπο βρέθηκε να "καιει" τα φυτά με τρόπο όμοιο με αυτόν των λιπασμάτων.

Δ.-Σχολιασμός. Οι παρατηρήσεις από τα αποτελέσματα δείχνουν ότι:

- το κατάλοιπο σε όλες τις περιπτώσεις έχει υψηλές τιμές COD, περίπου ουδέτερο pH και σχετικά υψηλή αγωγιμότητα.
- το "νερό" έχει γενικά όξινο pH και σχετικά χαμηλές τιμές COD
- το "νερό" γενικά δεν είναι φυτοτοξικό
- οι παρατηρήσεις αυτές αξίζουν ιδιαίτερη προσοχή για την περίπτωση 5, όπου η επεξεργασία του κασιίγαρου με την συσκευή έγινε χωρίς προηγούμενη προεπεξεργασία του⁽³⁾.
- για την περίπτωση των προεπεξεργασμένων δειγμάτων, παρατηρείται πως τόσο το κατάλοιπο όσο και το "νερό" στην έξοδο της συσκευής έχουν μεγαλύτερη οξύτητα από τα απόνερα στην είσοδο της. Αυτό μπορεί να οφείλεται στην μετατροπή του λαδιού που απομένει στον κασιίγαρο σε οργανικά οξέα⁽⁴⁾.

Οι παρατηρήσεις αυτές μας οδηγούν στο συμπέρασμα πως η επεξεργασία του κασιίγαρου με την προτεινόμενη συσκευή δίνει "νερό" που δεν είναι φυτοτοξικό και μπορεί να διατεθεί για πότισμα ή να αποβληθεί σε φυσικούς αποδέκτες χωρίς σοβαρή επιβάρυνση στο περιβάλλον⁽⁵⁾.

Επίσης δεδομένου ότι το κατάλοιπο έχει όγκο περίπου 7-10% του αρχικού όγκου του κασιίγαρου (και μπορεί αν χρειαστεί να παραχθεί και σε στερεά μορφή), η απόθεση του σε χωματερές (ή/και η καύση του) είναι πολύ εύκολη. Αυτό αποτελεί μεγάλο πλεονέκτημα έναντι άλλων προτεινόμενων μεθόδων στις οποίες, λόγω μη μείωσης του όγκου των αποβλήτων, το πρόβλημα διάθεσης του επεξεργασμένου κασιίγαρου παραμένει, έστω και σε μικρότερο βαθμό. Υπάρχει επίσης η δυνατότητα χρησιμοποίησης του (στερεού ή υδαρούς) κατάλοιπου για βελτίωση εδαφών. Τέτοια εδάφη είναι ιδιαίτερα τα ασβεστώδη, τα οποία με τον εμπλουτισμό τους από τα παραγόμενα κατάλοιπα μπορούν να γίνουν κατάλληλα για πιο αποδοτικές καλλιέργειες.

Ε.-Συμπεράσματα. Τα κυριότερα συμπεράσματα της εργασίας αυτής είναι:

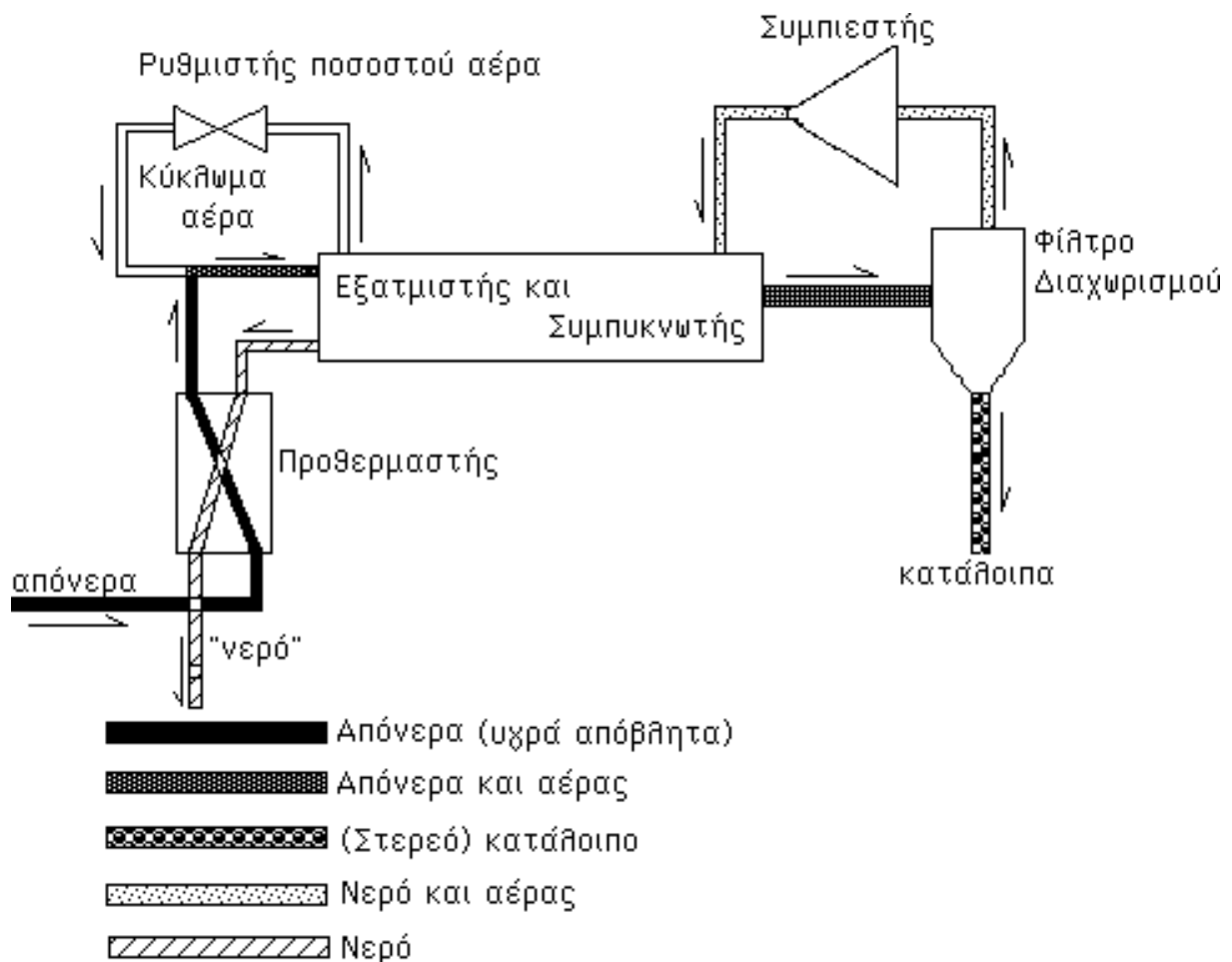
- Τα απόβλητα των ελαιουργείων μπορούν να διαχωριστούν σε υψηλής καταλληλότητας επαναχρησιμοποιήσιμο νερό και σε κατάλοιπα,
- τα κατάλοιπα έχουν μικρό όγκο, μόνο 7-10% του αρχικού όγκου των αποβλήτων. Μπορούν όχι μόνο να εναποθεθούν ευκολότερα αλλά και να διατεθούν ως λιπάσματα ή βελτιωτικά του εδάφους,

- μια οικονομικοτεχνική μελέτη, η οποία έγινε για την περίπτωση της Ένωσης Πεζών, έδειξε πως το κόστος επεξεργασίας των αποβλήτων με την μέθοδο αυτή είναι μικρό, (για τον κασίγαρο της τάξης του 1% της αξίας του λαδιού) ενώ με την κατάλληλη αξιοποίηση των καταλοίπων καλύπτεται το κόστος, και η επεξεργασία αυτή των αποβλήτων, πέρα από την διατήρηση καθαρού περιβάλλοντος, μπορεί να γίνει και κερδοφόρα,
- συμπληρωματικά αναφέρεται πως η μέθοδος αυτή για την επεξεργασία αποβλήτων έχει εφαρμοστεί:
 - ⇒ με επιτυχία και στα βεβαρημένα απόβλητα γαλβανουργείων (όπου πήρε και βραβείο προστασίας περιβάλλοντος),
 - ⇒ στα απόβλητα οινόπνευματοποιείων (βινάσες) με επιτυχία,
 - ⇒ στην αφαλάτωση θαλασσινού νερού (όπου έχει αποδειχτεί πειραματικά η εφαρμογή της με οικονομικά συμφέροντες όρους),
 - ⇒ για την απόσταξη υποβαθμισμένου κρασιού και παραγωγή ρακής

Αναμένεται βάσιμα να μπορεί να εφαρμοστεί με οικονομικά συμφέρουσες συνθήκες και σε υγρά απόβλητα (απόνερα) άλλων βιομηχανιών.

Στ.-Παραπομπές-Σημειώσεις.

- 1.-Το Β' θερμοδυναμικό αξίωμα σε διατύπωση Murphy's law. Βλέπε π.χ. Arthur Bloch "Murphy's Law complete", Methuen Press 1987, pp.114
- 2.-Συνεργάτες είναι: -Από την Γερμανική πλευρά το Πυρηνικό Κέντρο Ερευνών στο J*lich (KFA-J*lich) και η εταιρία AZUR, και από την Ελληνική πλευρά η ΔΕΥΑΗ και συνεργάτες.
- 3.-Πειραματισμοί που έγιναν αργότερα χωρίς την χρήση φίλτρου ενεργού άνθρακα έδωσαν όμοια αποτελέσματα.
- 4.- Σύμφωνα με την μελέτη Γεωργακάκη για τον κασίγαρο από την Ένωση Πεζών, ο κασίγαρος περιέχει περίπου 4 γραμμάρια λάδι ανά λίτρο. Η ποσότητα αυτή μπορεί να συλλεχθεί με ειδικά φίλτρα-μεμβράνες πριν την είσοδο του κασίγαρου στην συσκευή.
- 5.-Εξετάζεται η περίπτωση επαναχρησιμοποίησης του στο ελαιουργείο καθώς και η περίπτωση ανάκτησης χρήσιμων χρωστικών που βρίσκονται σε αυτό.



Σχηματικό Διάγραμμα λειτουργίας της Συσκευής

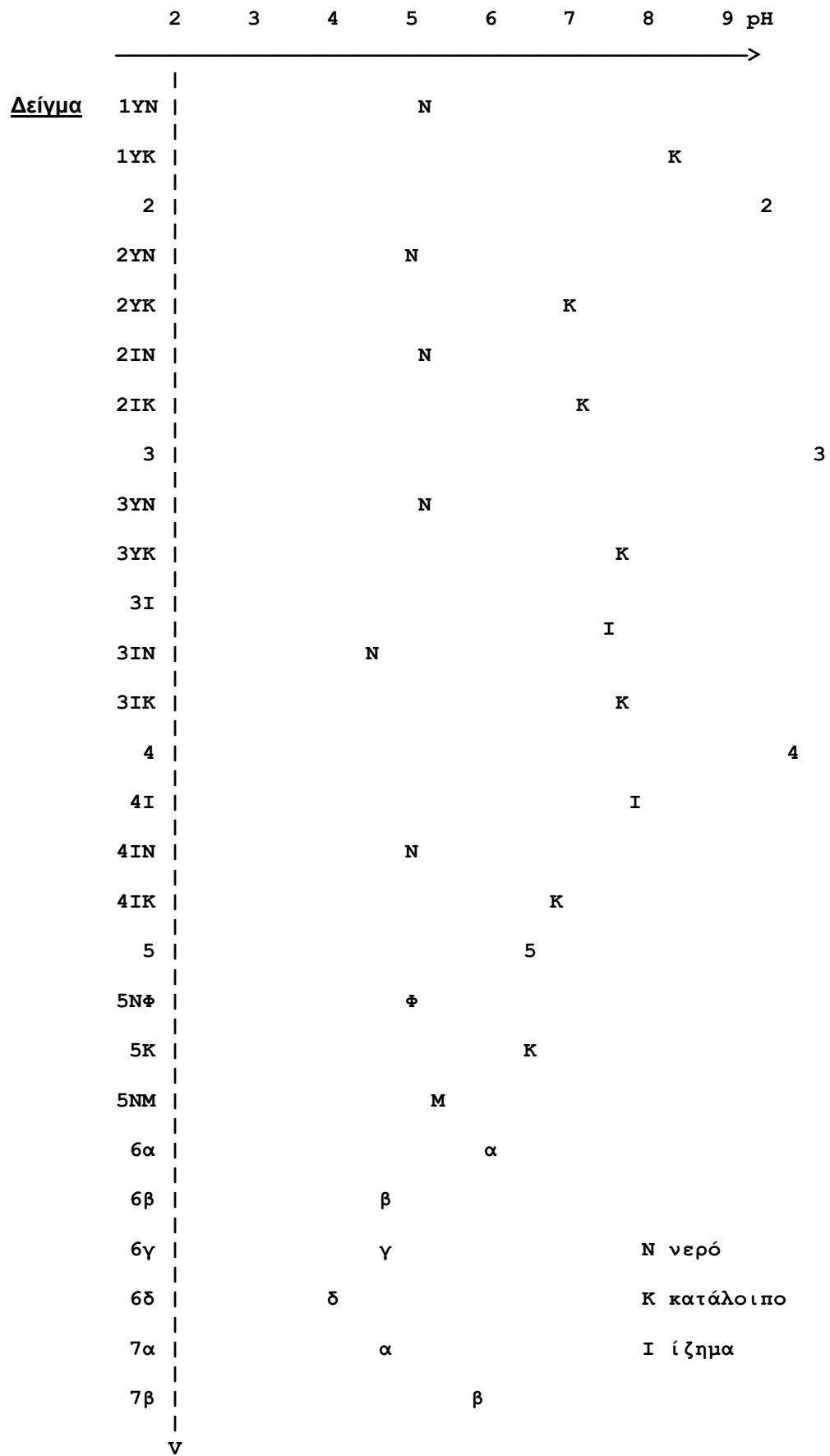
Τα απόνερα αφού προθερμανθούν, αναμιγνύονται με αέρα, εξατμίζονται και σε μορφή αεροζόλ περνούν από το φίλτρο διαχωρισμού όπου παρακρατούνται τα στερεά ενώ το υπόλοιπο μέσα από τον συμπιεστή επανέρχεται στον εναλλάκτη θερμότητας όπου συμπυκνώνεται και αποβάλλεται ("νερό") θερμαίνοντας στον προθερμαστή τα απόνερα που συνεχίζουν να εισέρχονται. Η θερμότητα που αποδίδεται στο στάδιο της συμπύκνωσης χρησιμοποιείται για την εξάτμιση της επόμενης ποσότητας των υγρών αποβλήτων. Η συσκευή είναι έτσι σχεδιασμένη ώστε, πέρα από τις (μικρές) απώλειες ενέργειας, να χρειάζεται μόνο την ενέργεια λόγω διαφοράς ενθαλπίας μεταξύ διαλύματος και διαχωρισμένων ουσιών και την επί πλέον ενέργεια λόγω υψηλότερης (της τάξης των 20⁰C) θερμοκρασίας του "νερού" που παράγεται σε σχέση με την θερμοκρασία των αποβλήτων. Η ενεργειακή κατανάλωση της συσκευής, για την περίπτωση της αφαλάτωσης θαλασσινού νερού, είναι τουλάχιστον δυο φορές μικρότερη από τις μεθόδους της αντίστροφης όσμωσης και των πολλαπλών σταδίων εξάτμισης. Με μια βελτίωση της συσκευής, ένα σημαντικό ποσοστό της ενέργειας αυτής μπορεί να είναι ηλιακή.

Σχήμα 1

Πίνακας Χρησιμοποιηθέντων Δειγμάτων

Δείγμα	Περιγραφή	pH	G μS/cm	COD mg/l
1.	<u>Προσθήκη 0.5% CaO</u> Υπερκείμενο (Υ)			
1YN	"νερό" (N)	3,9-4,1	50	5 120
1YK	κατάλοιπο (K)	7,02	16 700	40 000
2.	<u>Προσθήκη NaOH & 0.2%CaO</u> μέχρι pH 8.0-8.3 Υπερκείμενο			
2		8,2		
2YN	"νερό"	3,6	60-100	5 400
2YK	κατάλοιπο (K)	5,68		155 000
	Ίζημα μετά από ανάδευση			
2IN	'νερό' (N)	3,8		
2IK	κατάλοιπο (K)	6,0		200 000
3.	<u>Προσθήκη K₂CO₃, ποτάσσα & 0.2%CaO</u> μέχρι pH 8.8-8.9 Υπερκείμενο			
3YN	"νερό"	3,9	102	4 500-2 500
3YK	κατάλοιπο (K)	6,3		216 000-180 000
	Ίζημα μετά από ανάδευση			
3IN	"νερό" (N)	6,12		
3IK	κατάλοιπο (K)	3,38	123	5 250
		6,23		600 000
4.	<u>Προσθήκη K₂CO₃ (3.2g/l)</u> μέχρι pH 8.3 Ίζημα pH 6.57			
		8,3		
		6,57		45 000
4IN	'νερό' (N)	3,95	57	
4IK	κατάλοιπο (K)	5,95		75 000
5.	<u>Κατσίγαρος pH 5.2</u>	5,2		
5NΦ	'νερό' από φίλτρο ενεργού C	4,1	86	780
5K	κατάλοιπο	5,3	11 000	190 000
5NM	"νερό" μετά δυο ημέρες	4,2	80	260
5KM	κατάλοιπο μετά δυο ημέρες			170 000
6.	<u>Κλασματική απόσταξη χωρίς αέρα</u> θ=102°C			
6α		4,6	6 190	66 000
6β		3,4	62	8 600
6γ		3,3	78	8 700
6δ	'λάδια'	2,9	400	9 000
6K	κατάλοιπο			700 000
7.	<u>Κλασματική απόσταξη με αέρα</u> θ=95-98°C			
7α		3,5	64	9 000
7β	υπερκείμενο	4,7		57 000
7γ	ίζημα			200 000

Σχήμα 2



Σχήμα 3

Έλεγχος Φυτοτοξικότητας

Ποσοστό σπόρων που βλάστησαν

<u>Δείγμα</u>	<u>σε 3 ημέρες</u>	<u>σε 5 ημέρες</u>
Μάρτυρας	52	56
Νερό βρασμένο	58	61
Δείγμα 1		
αριθμός 3	54	68
" " 8	34	53
" " 15	52	62
" " 18	47	62
Δείγμα 2		
αριθμός 9	23	42
" " 12	39	45
" " 13	39	68
" " 14	44	46
Δείγμα 3		
αριθμός 4	6	21
" " 16	43	50
Δείγμα 4		
αριθμός 11	56	65
Δείγμα 5		
αριθμός 17	50	60

Σχήμα 4