

ΜΟΝΑΔΑ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ V-SEP
ΜΕ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΜΕΜΒΡΑΝΩΝ



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	Σελίδα
1. ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ V-SEP	3
▪ 1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	
▪ 1.2 ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ V-SEP	
▪ 1.3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΟΝΑΔΟΣ ΔΟΚΙΜΩΝ	
▪ 1.4 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	
2. ΑΠΛΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ	10
3. ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΔΟΚΙΜΩΝ	11
4. ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΔΟΚΙΜΩΝ ΣΕ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΑ ΤΗΣ ΒΙ.ΠΕ. ΣΙΝΔΟΥ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ	12
▪ 4.1 ΖΥΘΟΠΟΙΙΑ	
▪ 4.2 ΒΑΦΕΙΟ ΦΙΝΙΡΙΣΤΗΡΙΟ	
▪ 4.3 ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΠΑΤΑΤΑΣ	
▪ 4.4 ΧΑΡΤΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ	
5. ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	19
▪ 5.1 ΖΥΘΟΠΟΙΙΑ	
▪ 5.2 ΒΑΦΕΙΟ ΦΙΝΙΡΙΣΤΗΡΙΟ	
▪ 5.3 ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΠΑΤΑΤΑΣ	
▪ 5.4 ΧΑΡΤΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ	
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	20
7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	
▪ 7.1 ΔΟΚΙΜΕΣ ΖΥΘΟΠΟΙΙΑΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ	22
▪ 7.2 ΔΟΚΙΜΕΣ ΒΑΦΕΙΟΥ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ	25

1. ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ V-SEP

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η χρήση των μεμβρανών για τον διαχωρισμό υγρών από στερεά έχει κερδίσει σημαντικό έδαφος τα τελευταία 20 χρόνια. Το αυξημένο αυτό ενδιαφέρον οφείλεται στο μοναδικό πλεονέκτημα που παρουσιάζουν οι μεμβράνες σε σύγκριση με άλλες τεχνικές διαχωρισμού, όπως η κροκίδωση, η διήθηση υπό κενό, η απόσταξη, η εξάτμιση, η φυγοκέντριση και η εναλλαγή ιόντων. Τα κυριότερα πλεονεκτήματα είναι:

- Τέλειος διαχωρισμός και διαυγές διήθημα
- Ελεγχόμενο μέγεθος απόρριψης ενώσεων με επιλογή του μεγέθους των πόρων που αρχίζει από μερικά μικρά (μ) μέχρι μοριακές διαστάσεις και αντίστροφη όσμωση.
- Εξαιρετική συμβατότητα υλικών λόγω της μεγάλης ποικιλίας διαθέσιμων τύπων μεμβρανών.
- Δυνατότητα διαχωρισμού και παραλαβής πολύ καθαρών προϊόντων από μίγματα.

Οι μεμβράνες ανάλογα με το μέγεθος των πόρων κατατάσσονται στις παρακάτω κατηγορίες:

- Μεμβράνες μικρο-διήθησης (microfiltration) με μέγεθος πόρων από 0,05mm έως 3mm. Η συνήθης πίεση λειτουργίας είναι από 0,3 έως 3,5 bar
- Μεμβράνες υπέρ – διήθησης (ultrafiltration) με μέγεθος πόρων από 0,005 έως 0,1 μικρά. Η πίεση λειτουργίας είναι από 0,5 έως και 25 bar
- Μεμβράνες νάνο – διήθησης με δυνατότητα διαχωρισμού ουσιών με μοριακό βάρος μεταξύ 200 και 1000. Η πίεση λειτουργίας είναι από 3 έως και 35 bar.
- Αντίστροφη όσμωση με δυνατότητα διαχωρισμού πρακτικά όλων των μορίων και ιόντων. Η πίεση λειτουργίας είναι από 30 έως και 150 bar.

Αν και ο διαχωρισμός με μεμβράνες παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα έναντι άλλων μεθόδων διαχωρισμού, υπάρχει ένα βασικό μειονέκτημα από το οποίο επηρεάζεται η απόδοση και η καλή λειτουργία των μεμβρανών. Αυτό είναι ο σχηματισμός επικαθίσεων στο οριακό στρώμα της μεμβράνης, με συνέπεια την μείωση της διηθητικής ικανότητας της. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίστηκε επιτυχώς με την συνεχή δόνηση των μεμβρανών στο σύστημα V-SEP.

1.2 ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ MEMBRANΩΝ ΤΗΣ V-SEP

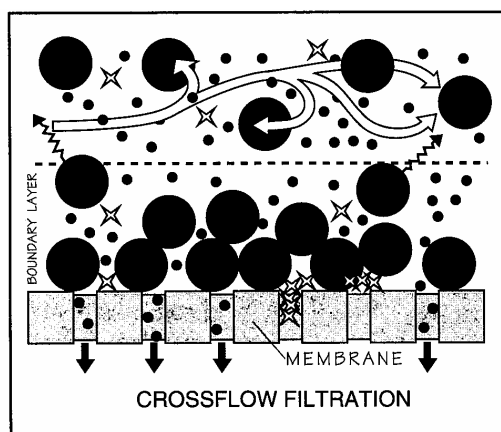
Βασική προσπάθεια των σχεδιαστών συστημάτων διαχωρισμού με μεμβράνες ήταν να μειώσουν τις αποθέσεις με την εφαρμογή εφαπτομενικής ροής ή διασταυρούμενης ροής (crossflow). Στις τεχνικές αυτές τα στοιχεία των μεμβρανών τοποθετούνται σε

κατάλληλα επίπεδα πλαίσια, κυλίνδρους ή σε σπειροειδή διαμόρφωση, μέσω των οποίων το συστατικό προς διήθηση (ρεύμα τροφοδοσίας) με άντληση σε υψηλές ταχύτητες, δημιουργεί διατμητικές τάσεις που έχουν σαν αποτέλεσμα την απομάκρυνση των επικαθίσεων.

Στην διασταυρούμενη ροή η δημιουργία διατμητικών τάσεων μεγαλύτερων των 10-15.000/sec κρίνεται αντισυμβατική. Αυτό οριοθετεί την χρήση της διασταυρούμενης ροής σε υδαρή υγρά (χαμηλού ιξώδους), με καλή προεπεξεργασία για απομάκρυνση αιωρούμενων στερεών, αποφυγή καταλατώσεων και λειτουργία κάτω από το όριο διαλυτότητας των αλάτων της τροφοδοσίας.

Η εταιρία New Logic ανέπτυξε μία εναλλακτική μέθοδο για δημιουργία ισχυρών διατμητικών τάσεων στην επιφάνεια του φύλλου της μεμβράνης.

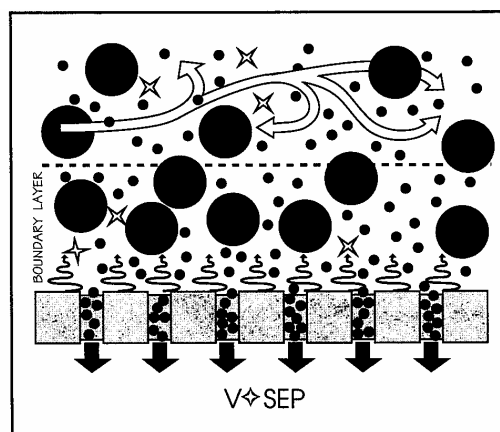
Η τεχνική αυτή καλείται "Διαδικασία Ενίσχυσης της Δόνησης Διάτμησης - Vibratory Shear Enhanced Process"(V-SEP). Στα συστήματα V-SEP, η υψηλή συγκέντρωση σε στερεά στην τροφοδοσία, παραμένει σχεδόν σταθερή, κινούμενη ήρεμα σε μαιάνδρους μεταξύ των φύλλων της μεμβράνης. Το φύλλο της μεμβράνης κινείται έντονα δονούμενο εφαιπτομενικά της διεπιφάνειας. Οι διατμητικές τάσεις που παράγονται από την δόνηση της μεμβράνης προκαλούν την απώθηση των στερεών και των επικαθίσεων και επιτρέπουν την ανεμπόδιτη ροή του υγρού διαμέσου των πόρων της μεμβράνης.



Διασταυρούμενη ροή

Στην κλασική διασταυρούμενη ροή η μεμβράνη φράζει από τα σωματίδια της τροφοδοσίας διότι οι διατμητικές τάσεις που δημιουργούνται από το τυρβώδες είναι σχετικά μακριά από το οριακό στρώμα και δεν μπορεί να απομακρύνει τις επικαθίσεις.

Αυτό έχει σαν συνέπεια την μείωση της απόδοσης με την πάροδο του χρόνου.

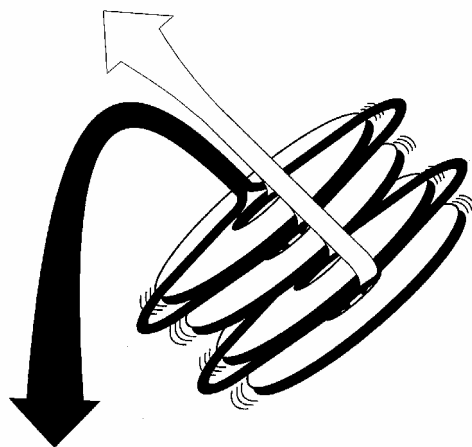


V-SEP

Στο σύστημα της V-SEP η ενέργεια δόνησης εστιάζεται στις διατμητικές τάσεις στην διεπιφάνεια της μεμβράνης με αποτέλεσμα την αποκόλληση των στερεών και των επικαθίσεων. Η τεχνική αυτή εξασφαλίζει υψηλές συγκεντρώσεις και σταθερή ροή διηθήματος με την πάροδο του χρόνου, που φτάνει μέχρι δέκα φορές παραπάνω από τα κλασικά συστήματα διήθησης.

Στα βιομηχανικά συστήματα V-SEP τα φύλλα της μεμβράνης ταξινομούνται σε παράλληλους δίσκους που διαχωρίζονται από παρεμβύσματα (φλάντζες). Οι δίσκοι είναι ενωμένοι, όπως οι δίσκοι του πικάπ και ταλαντεύονται περιστροφικά. Η παλινδρομική περιστροφή της μεμβράνης προκαλεί διαμητικές τάσεις 150.000/sec, δέκα φορές υψηλότερα από τις βιβλιογραφικές αναφορές για τις διαμητικές τάσεις που αναπτύσσονται στην διασταυρούμενη ροή.

Σε αντίθεση με την διασταυρούμενη ροή, όπου μόνο το 10% της ενέργειας για την



λειτουργία του συστήματος μετατρέπεται σε διάτμηση, στο V-SEP το 90% της ενέργειας μετατρέπεται σε διάτμηση στην επιφάνεια της μεμβράνης.

Επειδή στο σύστημα V-SEP η διάτμηση δεν εξαρτάται από την ταχύτητα του υγρού, η τροφοδοσία μπορεί να έχει πολύ αυξημένο ιξώδες και να επιτυγχάνονται ικανοποιητικά αποτελέσματα διαχωρισμού και υψηλή συμπύκνωση.

Το τελικό προϊόν ουσιαστικά εξάγεται υπό πίεση διαμέσου των δονούμενων στοιχείων των δίσκων. Οι πολύ υψηλές διαμητικές τάσεις που αναπτύσσονται στο V-SEP εξαλείφουν ουσιαστικά την μείωση της ροής του διηθήματος λόγω των επικαθίσεων, σε μεγάλο αριθμό εφαρμογών. Η αντίσταση των V-SEP σε επικαθίσεις είναι μεγαλύτερη όταν η μικροδομή της μεμβράνης είναι τύπου μικρού βάθους φίλτρανσης. Μεμβράνες που περιέχουν κυλινδρικούς πόρους είναι ιδανικές. Αντικολλητικές επιφάνειες από πολυπροπυλένιο και τεφλόν παρουσιάζουν αντίσταση στις επικαθίσεις, όταν χρησιμοποιούνται στα συστήματα της V-SEP και ιδιαίτερα όταν επιλέγεται σφιχτή δομή πόρων. Επειδή οι διαμητικές τάσεις αναπτύσσονται στην επιφάνεια της μεμβράνης και όχι στο ρευστό της διεργασίας (τροφοδοσία), το σύστημα της V-SEP μπορεί να λειτουργεί σε μονή διέλευση. Στην διεργασία μονής διέλευσης η τροφοδοσία εισέρχεται στους πακεταρισμένους δίσκους, αναπτύσσοντας την διαμητική τάση και υφίσταται προοδευτική αφυδάτωση από δίσκο σε δίσκο. Το τελικό προϊόν, όταν φθάσει στο επιθυμητό επίπεδο συγκέντρωσης, εξέρχεται από την στήλη των δίσκων. Η στήλη των δίσκων έχει μικρή χωρητικότητα, με συνέπεια η ανάκτηση του προϊόντος σε ασυνεχή διεργασία μπορεί να είναι εξαιρετικά υψηλή. Τα απόβλητα μετά την αποστράγγιση της στήλης, είναι περίπου το 10% της αρχικής τροφοδοσίας.

1.3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΟΝΑΔΟΣ ΔΟΚΙΜΩΝ

Η μονάδα δοκιμών για το έργο της πιλοτικής εφαρμογής πολλαπλών μεθόδων διαχωρισμού με μεμβράνες αποτελείτο:

- Από ένα πλήρες σύστημα διαχωρισμού V-SEP της εταιρίας NEW LOGIC International Αμερικής σειράς L.
- Δοχεία τροφοδοσίας, συλλογής διηθήματος και συμπυκνώματος
- Υποβρύχια φορητή αντλία πλήρωσης δοχείου τροφοδοσίας
- Φορητό αεροσυμπιεστή για ανάδευση τροφοδοσίας
- Εμβαπτιζόμενο ηλεκτρικό θερμαντή
- Ψύκτη νερού

Το σχηματικό διάγραμμα της πιλοτικής μονάδος πολλαπλών μεθόδων διαχωρισμού με τεχνολογία μεμβρανών επισυνάπτεται στην σελίδα 9.

1.3α ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ V-SEP

Η μονάδα διαχωρισμού με χρήση μεμβρανών V-SEP σειρά L της εταιρίας New Logic αποτελείται από:

- Καμπίνα
- Σύστημα οδήγησης
- Ηλεκτρικό σύστημα
- Στοιχεία φίλτρων

Τα χαρακτηριστικά του εξοπλισμού είναι:

Καμπίνα

Υλικό	: Fiberglass
Μήκος	: 914,5
Πλάτος	: 914,5
Ύψος	: 1982 mm
Επιφ. Μεμβράνης	: 0,5 sq ft

Σύστημα οδήγησης

Κινητήρας	: Baldor VM3555
Στροφές	: 2850
Τύπος	: TEFC
Ισχύς	: 2 HP
Ρυθμιστής στροφών	: Woods E-TRAC WFC2002-C
Ισχύς	: 1 HP
Αντίβαρο	: Carbon steal βαμμένο ηλεκτροστατικά
Στήριξη	: Δύο έκκεντρα ρουλεμάν

Υδραυλικές συνδέσεις - Αντλία

Αντλία	: Hydra Cell
Τύπος	: M-O3 M03MRSEHC
Ισχύς	: 2HP
Κινητήρας	: Baldor M3558
Μέγιστη πίεση	: 40 Kg/ cm ²
Μέγιστη ροή	: 681 ltr/ hr
Είσοδος	: 1”
Έξοδος	: 1”
By-pass	: 1”
Βάνα ρύθμισης πίεσης	: 3/4” Parker 6Z-PR4-VT-SS
Βάνα ρύθμισης συμπηκ.	: 3/4” NPT Parker 6Z-PR4-VT-SS
Σωληνώσεις	: 316 SS tubing

1.3β ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΟΧΕΙΩΝΔοχείο τροφοδοσίας

Τύπος	: Κυλινδρικό
Διάμετρος	: 1330 mm
Ύψος	: 1170 mm
Όγκος	: 1500 ltr
Υλικό	: SS304
Στόμια	
Είσοδος	: 3/4” NPT
Έξοδος	: 1/ 2”NPT
Αποστράγγιση	: 3/4” NPT

Δοχείο συλλογής διηθήματος

Τύπος	: Κυλινδρικό
Διάμετρος	: 1430 mm
Ύψος	: 850 mm
Όγκος	: 1000 ltr
Υλικό	: Πολυαιθυλένιο
Στόμια	
Είσοδος	: 1/ 2” NPT
Αποστράγγιση	: 3/4” NPT

Δοχεία συλλογής συμπυκνώματος

Τύπος	: Κυλινδρικό
Διάμετρος	: 1430 mm



Ύψος	: 850 mm
Όγκος	: 1000 ltr
Υλικό	: Πολυαιθυλένιο
Στόμια	:
Είσοδος	: 1/ 2" NPT
Αποστράγγιση	: 3/4" NPT

1.4 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Κατά την εκκίνηση του συστήματος V-SEP η βάνα εξόδου συμπυκνώματος είναι κλειστή. Με την απλή συσκευή της V-SEP, η παραγωγή διηθήματος είναι συνεχής ενώ τα αιωρούμενα στερεά της τροφοδοσίας είτε απομακρύνονται συνεχώς είτε συλλέγονται μέσα στην συσκευή. Μετά από προγραμματισμένο χρονικό διάστημα, η βάνα συμπυκνώματος ανοίγει και απορρίπτονται τα συμπυκνωμένα στερεά.

Η επιλογή του τύπου της μεμβράνης είναι η σημαντικότερη παράμετρος για την λειτουργία του συστήματος. Άλλες σημαντικές παράμετροι που επηρεάζουν την απόδοση του συστήματος είναι η πίεση, η θερμοκρασία, το εύρος της δόνησης. Όλες οι παραπάνω παράμετροι ελέγχονται και βελτιστοποιούνται κατά την διάρκεια των δοκιμών.

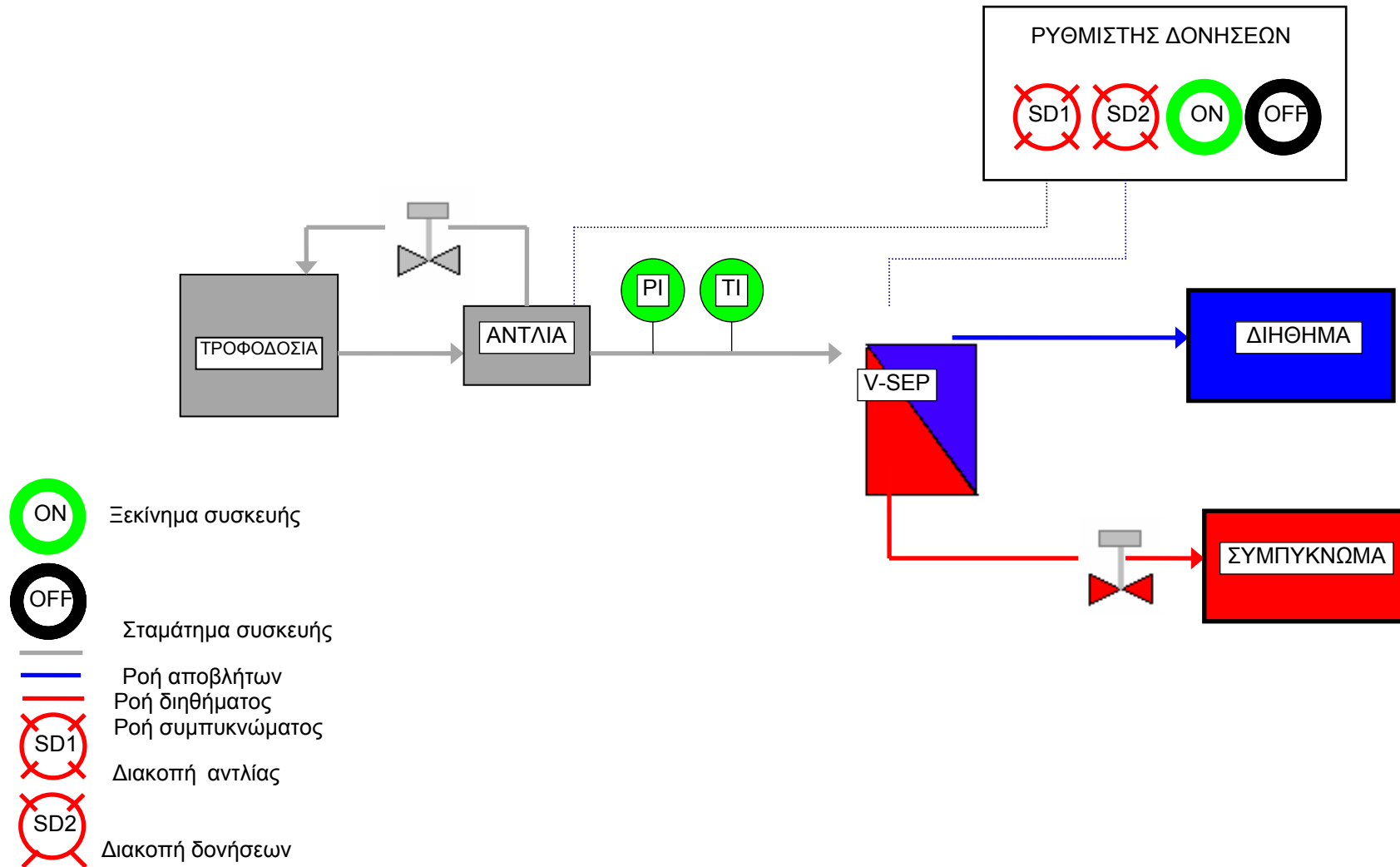
Η πίεση λειτουργίας δημιουργείται από την αντλία τροφοδοσίας του V-SEP η οποία μπορεί να φθάσει μέχρι 35 bar. Ορισμένες φορές η μεγαλύτερη πίεση δίνει καλύτερα αποτελέσματα. Σε άλλες περιπτώσεις δεν δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα, οπότε η λειτουργία θα πρέπει να γίνεται σε χαμηλότερη πίεση που είναι και πιο οικονομική από πλευράς κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος.

Στις περισσότερες περιπτώσεις ο ρυθμός διήθησης μπορεί να βελτιστοποιηθεί περαιτέρω, με αύξηση της θερμοκρασίας. Η ρύθμιση αυτή επιτυγχάνεται με την μεταβολή της θερμοκρασίας της τροφοδοσίας. Θα πρέπει να ληφθεί υπόψη και ο χρόνος παραμονής, που προσδιορίζει το ποσό της θερμότητας που προστίθεται στο σύστημα. Το όριο της θερμοκρασίας λειτουργίας σε ένα τυπικό σύστημα V-SEP είναι 80 °C.

Το εύρος της δόνησης (ρυθμός διάτμησης) μπορεί να μεταβάλλεται συνεχώς και επηρεάζει άμεσα τον ρυθμό διήθησης. Η διάτμηση προκαλείται από την περιστροφική ταλάντωση της στήλης των δίσκων. Μία τυπική περιστροφική ταλάντωση της στήλης, στα άκρα της, είναι 1 ίντσα από κορυφή σε κορυφή, για την εκτόπιση του υπολείμματος. Η συχνότητα ταλάντωσης είναι 50 Hz. Αυτή προκαλεί μία διατμητική ροή περίπου 150.000/sec στα άκρα της στήλης. Ο χρόνος παραμονής της τροφοδοσίας καθορίζεται από το άνοιγμα και κλείσιμο της βάνας εξόδου. Όσο γίνεται η συγκέντρωση των στερεών.

Τα σωματίδια με μέγεθος μεγαλύτερο από 200 μ πρέπει να απομακρύνονται σε ένα στάδιο προ-κατεργασίας με φιλτράρισμα, καθίζηση ή άλλες μεθόδους πριν την τροφοδοσία στην συσκευή. Τα σωματίδια αυτά μπορεί να καταστρέψουν την επιφάνεια της μεμβράνης λόγω απόξεσης.

2. ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΚΑΙ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΩΝ



3. ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΔΟΚΙΜΩΝ

Πριν την εκτέλεση των δοκιμών στα διάφορα εργοστάσια ο υπεύθυνος μηχανικός του έργου πραγματοποιούσε επίσκεψη στο κάθε εργοστάσιο για προσδιορισμό του χώρου εγκατάστασης της πιλοτικής μονάδος και ενημέρωση του προσωπικό του εργοστασίου για την λειτουργία της μονάδος και τον τρόπο δοκιμών.

Σε συνεργασία με το προσωπικό της μονάδος καθορίζονταν η ακριβής θέση εγκατάστασης της πιλοτικής μονάδος, ο τρόπος παροχής ηλεκτρικού ρεύματος η παροχή φρέσκου νερού στην μονάδα και η ημερομηνία εκτέλεσης των δοκιμών.

Βασικός σκοπός επίσης της επίσκεψης αυτής ήταν η συλλογή πληροφοριών για το προς κατεργασία υγρό και το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα, έτσι ώστε να είναι δυνατή η προεπιλογή του τύπου των μεμβρανών που θα χρησιμοποιηθούν στην συγκεκριμένη δοκιμή.

Η μεταφορά της μονάδος στην θέση δοκιμής γινόταν με κατάλληλο γερανοφόρο όχημα.

Μετά την τοποθέτηση της στην οριστική θέση δοκιμών ο υπεύθυνος μηχανικός του έργου σε συνεργασία με τον βοηθό τεχνίτη ολοκλήρωνε τις διασυνδέσεις μεταξύ των διαφόρων τμημάτων του εξοπλισμού.

Μετά την ολοκλήρωση των συνδέσεων η συσκευή λειτουργούσε για περίπου μία ώρα με καθαρό νερό έτσι ώστε να γίνει πλήρης έλεγχος όλων των συνδέσεων για στεγανότητα, καθώς και έλεγχος καλής λειτουργίας της αντλίας τροφοδοσίας και του εξοπλισμού δόνησης.

Μετά τους παραπάνω ελέγχους γινόταν αποστράγγιση της συσκευής, των δοχείων τροφοδοσίας συλλογής συμπυκνώματος και διηθήματος έτσι ώστε η συσκευή να είναι έτοιμη για να δεχθεί το προς κατεργασία υγρό.

Το αρχικό ξεκίνημα της μονάδος και η εκπαίδευση του προσωπικού στον τρόπο λειτουργίας της, έγινε στην Θεσσαλονίκη από ειδικό σύμβουλο εξειδικευμένο στα συστήματα διαχωρισμού από την προμηθεύτρια εταιρία από 25/5/2000 έως και 11/6/2000.

4. ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΔΟΚΙΜΩΝ ΣΕ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΑ ΤΗΣ ΒΙ.ΠΕ.Θ. ΣΙΝΔΟΥ

Οι δοκιμές έγιναν σε εργοστάσιο παραγωγής μπύρας, σε βαφείο φινιριστήριο, σε εργοστάσιο παραγωγής βιομηχανικής πατάτας και μία χαρτοβιομηχανία. Όλα τα εργοστάσια εγκατεστημένα στην βιομηχανική περιοχή Σίνδου Θεσσαλονίκης της ΕΤΒΑ.

4.1 ΔΟΚΙΜΕΣ ΣΤΟ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΤΗΣ ΖΥΘΟΠΟΙΙΑΣ

Οι δοκιμές στο εργοστάσιο της Ζυθοποιίας έγιναν την περίοδο από 25/5/2000 έως και 1/6/2000 και αφορούσαν την εξέταση της δυνατότητας ανάκτησης εμπορεύσιμης μπύρας από την μαγιά που σήμερα μετά από φυγοκέντριση καταλήγει στο σύστημα κατεργασίας αποβλήτων.

Το προς κατεργασία υλικό είχε την μορφή παχύρρευστου υγρού χαμηλής θερμοκρασίας αποτελούμενο από μίγμα μπύρας και μαγιάς. Λόγω της φύσης του ρευστού και του ανακτόμενου προϊόντος αποφασίσθηκε να χρησιμοποιηθούν μεμβράνες teflon κατάλληλες για τρόφιμα στην περιοχή της μικρο-διήθησης.

Από τις διαθέσιμες μεμβράνες κατόπιν δοκιμών βρέθηκε ότι η μεμβράνη με άνοιγμα πόρων 0,45μm είναι η πλέον κατάλληλη για τον διαχωρισμό της μπύρας από την μαγιά.

Με την μεμβράνη αυτή έγιναν οι τελικές δοκιμές για συλλογή και ανάλυση δειγμάτων στις παρακάτω συνθήκες:

- Μεμβράνη : Teflon pore size 0,45 μm
- Θερμοκρασία : 5 °C
- Πίεση : 0,5 bar
- Πλάτος δόνησης : 19 mm
- Ρυθμός διήθησης : 0,398 ltr/min,m²

Η πίεση των δοκιμών κρατήθηκε χαμηλά για αποφυγή του φαινομένου της καταστροφής της μαγιάς που προσδίδει άσχημη γεύση στην ανακτούμενη μπύρα.

Οι αναλύσεις ποιότητας της μπύρας που ανακτήθηκε έγιναν από το χημείο του εργοστασίου καθώς η συμφωνία των δοκιμών περιελάμβανε τον όρο ότι δεν θα δοθούν δείγματα μπύρας η μαγιάς σε εξωτερικό εργαστήριο.

Η καταλληλότητα της ανακατωμένης μπύρας για ενσωμάτωση με το τελικό προϊόν σύμφωνα και με τους υπευθύνους του εργοστασίου εξαρτάται από την θολότητα (Haze) που πρέπει να είναι κάτω από 0,8 haze units.

Στις αναλύσεις των δειγμάτων που έγιναν στο χημείο του εργοστασίου μετρήθηκαν τιμές μεταξύ 0,74 έως και 0,78.

4.2 ΔΟΚΙΜΕΣ ΣΤΟ ΒΑΦΕΙΟ

Οι δοκιμές στο βαφείο έγιναν την περίοδο από 2/6/200 έως και 7/6/2000 και αφορούσαν αφ' ενός την δυνατότητα απομάκρυνσης του χρώματος σε απόνερα από την βαφική μηχανή, αφ' ετέρου στην δυνατότητα ανακύκλωσης των αποβλήτων μετά την υπάρχουσα μονάδα κατεργασίας.

Η πρώτη σειρά δοκιμών έγινε σε δείγμα αποβλήτων από το μπάνιο βαφής με σκοπό αφ' ενός την απομάκρυνση και συμπύκνωση του χρώματος με δυνατότητα ανακύκλωσης, αφ' ετέρου την απαλλαγή του συστήματος επεξεργασίας αποβλήτων από την διαδικασία αποχρωματισμού των αποβλήτων με χρήση χημικών.

Μετά από σειρά δοκιμών βρέθηκε ότι η μεμβράνη DS-3(5C) στην περιοχή της υπέρ – διήθησης με διαχωρισμό σε μοριακό βάρος 8K είχε ικανοποιητική ροή με σημαντική κατακράτηση του χρώματος.

Οι συνθήκες δοκιμών ήταν:

- Μεμβράνη : Ultrafiltration MW cutoff 8K
- Θερμοκρασία : 25 °C
- Πίεση : 7 bar
- Πλάτος δόνησης : 19 mm
- Ρυθμός διήθησης : 0,580 ltr/min,m²

Οι αναλύσεις των δειγμάτων εισόδου διηθήματος και συμπυκνώματος καταχωρούνται στον παρακάτω πίνακα 1

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΕΙΣΟΔΟΣ	ΔΙΗΘΗΜΑ	ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΑ
pH	9,7	9,5	10,2
Αγωγιμότητα μS	66400	66150	66500
COD ppm	3650	2180	4900
Cl ⁻ ppm	47400	41390	52600
Αιωρούμενα στερεά ppm	380	10	520
Χρώμα CoPt units	25000	500	28000

Όπως καταγράφεται στον παραπάνω πίνακα η απομάκρυνση χρώματος ήταν 98% και κρίνεται ως αρκετά ικανοποιητική.

Η δεύτερη σειρά δοκιμών έγινε σε δείγμα αποβλήτων από την διαδικασία βαφής (βαφή υφάσματος, πρώτο, δεύτερο και τρίτο ξέπλυμα) τα οποία επίσης περιέχουν χρώμα όμως είναι αρκετά αραιωμένα έναντι των αποβλήτων της πρώτης σειράς δοκιμών.

Στο δείγμα αυτό εξετάσθηκε η δυνατότητα συμπύκνωσης του χρώματος και ανακύκλωσης του νερού με χρήση μεμβράνης αντίστροφης όσμωσης.

Οι συνθήκες δοκιμών ήταν:

- Μεμβράνη : R.O. 90% NaCl rejection DS-3(SC)
- Θερμοκρασία : 25 °C
- Πίεση : 20 bar
- Πλάτος δόνησης : 19 mm
- Ρυθμός διήθησης : 0,770 ltr/min,m²
- Ποσοστό ανάκτησης : 88%

Οι αναλύσεις των δειγμάτων εισόδου διηθήματος και συμπυκνώματος καταχωρούνται στον παρακάτω πίνακα 2

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΕΙΣΟΔΟΣ	ΔΙΗΘΗΜΑ	ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΑ
pH	8,1	7,6	9,5
Αγωγιμότητα μS	7280	850	74500
COD ppm	570	30	5120
Cl ⁻ ppm	2660	48	45200
M- Alkal. ppm CaCO ₃	970	10	1350
Χρώμα CoPt units	3800	10	25200

Όπως δείχνουν οι αναλύσεις των δειγμάτων του παραπάνω πίνακα 2 η ποιότητα του διηθήματος είναι περίπου ταυτόσημη με την ποιότητα του φρέσκου νερού τροφοδοσίας της βιομηχανίας (αγωγιμότητα περίπου 800 με 1000 μS) και θα μπορούσε να ανακυκλωθεί χωρίς κανένα απολύτως πρόβλημα.

Η τρίτη σειρά δοκιμών έγινε σε δείγμα αποβλήτων μετά την υπάρχουσα μονάδα κατεργασίας αποβλήτων. Το προς επεξεργασία δείγμα είχε ελαφρό χρώμα και σκοπός της δοκιμής αυτής ήταν η ανακύκλωση απιονισμένου νερού για τις ανάγκες του βαφείου και η κατάργηση του υπάρχοντος συστήματος αποσκλήρυνσης με ρητίνες και χρήση χημικών.

Οι συνθήκες δοκιμών ήταν:

- Μεμβράνη : R.O. 99% NaCl rejection DS-3(SE)
- Θερμοκρασία : 25 °C
- Πίεση : 25 bar
- Πλάτος δόνησης : 19 mm
- Ρυθμός διήθησης : 0,570 ltr/min,m²
- Ποσοστό ανάκτησης : 91%

Οι αναλύσεις των δειγμάτων εισόδου διηθήματος και συμπυκνώματος καταχωρούνται στον πίνακα 3

ΠΙΝΑΚΑΣ 3

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΕΙΣΟΔΟΣ	ΔΙΗΘΗΜΑ	ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΑ
pH	9,1	7,1	9,8
Αγωγιμότητα μS	3100	50	65500
COD ppm	540	0	5120
Cl ⁻ ppm	1060	18	45200
Ολική σκληρότητα ppm CaCO ₃	245	2	1420
M- Alkal. ppm CaCO ₃	485	10	850
P- Alkal. ppm CaCO ₃	85		350
Χρώμα CoPt units	450	0	5500

Όπως δείχνουν οι αναλύσεις των δειγμάτων του παραπάνω πίνακα 3 η ποιότητα του διηθήματος είναι πολύ καλύτερη από το χρησιμοποιούμενο σήμερα νερό μετά την αποσκλήρυνση με χρήση ρητινών.

4.3 ΔΟΚΙΜΕΣ ΣΤΟ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΠΑΤΑΤΑΣ

Οι δοκιμές στο εργοστάσιο παραγωγής βιομηχανικής πατάτας έγιναν την περίοδο από 8/6/200 έως και 12/6/2000 και αφορούσαν την δυνατότητα ανάκτησης του αμύλου από τα απόβλητα της βιομηχανίας.

Μετά από σειρά δοκιμών βρέθηκε ότι η μεμβράνη ATF-50 #53 στην περιοχή της αντίστροφης όσμωσης είχε ικανοποιητική ροή με σημαντική κατακράτηση του αμύλου.

Οι συνθήκες δοκιμών ήταν:

- Μεμβράνη : R.O. ATF-50 #53
- Θερμοκρασία : 28 °C
- Πίεση : 20 bar
- Πλάτος δόνησης : 19 mm
- Ρυθμός διήθησης : 0,740 ltr/min,m²
- Ποσοστό ανάκτησης : 75%

Οι αναλύσεις των δειγμάτων εισόδου διηθήματος και συμπυκνώματος καταχωρούνται στον παρακάτω πίνακα 4

ΠΙΝΑΚΑΣ 4

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΕΙΣΟΔΟΣ	ΔΙΗΘΗΜΑ	ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΑ
pH	7,7	6,9	8,2
Αγωγιμότητα μS	730	250	3500
COD ppm	650	180	4900
Άμυλο ppm	1500	75	7600
Αιωρούμενα στερεά ppm	180	2	520

4.5 ΔΟΚΙΜΕΣ ΣΤΗ ΧΑΡΤΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ

Οι δοκιμές στα απόβλητα του εργοστασίου έγιναν την περίοδο από 25/6/2000 έως και 27/6/2000 στις εγκαταστάσεις της ΜΚΑ στην βιομηχανική περιοχή της Σίνδου Θεσσαλονίκης όπου μεταφέρθηκαν τα απόβλητα σε δοχεία.

Οι δοκιμές αφορούσαν αφ' ενός την δυνατότητα απομάκρυνσης των μελανιών από τα απόβλητα του εργοστασίου, αφ' ετέρου στην δυνατότητα ανακύκλωσης των μελανιών για επαναχρησιμοποίηση μόνον για τύπωμα σε αποχρώσεις του μαύρου.

Μετά από σειρά δοκιμών βρέθηκε ότι η μεμβράνη K-150 Teflon στην περιοχή της υπέρ – διήθησης με μέγεθος πόρων 0,1μm είχε ικανοποιητική ροή με σημαντική κατακράτηση μελανιών.

Οι συνθήκες δοκιμών ήταν:

- Μεμβράνη : Ultrafiltration K-150 teflon 0,1μm
- Θερμοκρασία : 30 °C

- Πίεση : 17 bar
- Πλάτος δόνησης : 19 mm
- Ρυθμός διήθησης : 0,680 ltr/min,m²
- Ρυθμός συμπυκν/τος : 0,314 ltr/min,m²

Οι αναλύσεις των δειγμάτων εισόδου διηθήματος και συμπυκνώματος καταχωρούνται στον παρακάτω πίνακα 1

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΕΙΣΟΔΟΣ	ΔΙΗΘΗΜΑ	ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΑ
pH	6,9	6,85	7,2
Αιωρούμενα στερεά ppm	1595	50	4535
Χρώμα CoPt units	>25000	250	>28000

Όπως καταγράφεται στον παραπάνω πίνακα η απομάκρυνση χρώματος ήταν μεγαλύτερη από 99% και κρίνεται ως αρκετά ικανοποιητική.

Στην δεύτερη σειρά δοκιμών έγινε προσπάθεια μείωσης της ποσότητας συμπυκνώματος με παράλληλη αύξηση του ρυθμού διήθησης. Οι δοκιμές έγιναν με τον ίδιο τύπο μεμβράνης και με τις ίδιες συνθήκες πίεσης, θερμοκρασίας και πλάτους δόνησης

Οι συνθήκες δοκιμών ήταν:

- Μεμβράνη : Ultrafiltration K-150 teflon 0,1μm
- Θερμοκρασία : 30 °C
- Πίεση : 17 bar
- Πλάτος δόνησης : 19 mm

- Ρυθμός διήθησης : 0,869 ltr/min,m²
- Ρυθμός συμπυκν/τος : 0,214 ltr/min,m²

Οι αναλύσεις των δειγμάτων εισόδου διηθήματος και συμπυκνώματος καταχωρούνται στον παρακάτω πίνακα 2

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΕΙΣΟΔΟΣ	ΔΙΗΘΗΜΑ	ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΑ
pH	6,9	6,8	7,2
M- Alkal. ppm CaCO ₃	1595	75	7535
Χρώμα CoPt units	>25000	270	>28000

5. ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

5.1 ΖΥΘΟΠΟΙΙΑ

Οι δοκιμές που έγιναν στη Ζυθοποιία της ΒΙ. ΠΕ. Σίνδου Θεσσαλονίκης κατέδειξαν ότι η ανάκτηση εμπορεύσιμης μπίρας από την μαγιά με μεμβράνες τύπου teflon και μέγεθος πόρων 0,45μm (microfiltration) είναι δυνατή χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα.

Οι συμβατικοί τρόποι απομάκρυνσης της μπίρας από την μαγιά (φυγοκέντριση κτλ) δεν οδηγούν σε ανάκτηση εμπορεύσιμου προϊόντος λόγω κυρίως της παραμένουσας θολότητας και της ταυτόχρονης καταστροφής των κυττάρων της μαγιάς που προσδίδει άσχημη γεύση στο ανακτόμενο προϊόν. Στην βιβλιογραφία αναφέρονται εφαρμογές ανάκτησης μπίρας με την χρήση μεμβρανών (spiral wood, tubes κτλ) πλην όμως η σημαντική συσσώρευση μαγιάς στην επιφάνεια της μεμβράνης με ταυτόχρονη πτώση της ροής του διηθήματος απαιτεί το πολύ συχνό (κάθε 10 ώρες περίπου) σταμάτημα της μονάδας για καθαρισμό.

Το σύστημα των δονούμενων μεμβρανών (V-SEP) με το οποίο έγιναν οι δοκιμές λόγω της απομάκρυνσης της συσσωρευμένης μαγιάς από την επιφάνεια της μεμβράνης είχε σταθερή παροχή σε όλη την διάρκεια των δοκιμών, με ταυτόχρονη ανάκτηση εμπορεύσιμου προϊόντος πολύ καλής ποιότητας.

Με την ανάκτηση της μπίρας από την μαγιά και πέρα από την αύξηση της παραγωγής χωρίς πρόσθετη πρώτη ύλη έχουμε και σημαντική μείωση του φορτίου των υγρών αποβλήτων της βιομηχανίας με πρόσθετα οικονομικά οφέλη.

5.2 ΒΑΦΕΙΟ ΦΙΝΙΡΙΣΤΗΡΙΟ

Οι δοκιμές που έγιναν στο Βαφείο έδειξαν ότι με την χρήση μεμβρανών είναι δυνατή τόσο η απομάκρυνση του χρώματος από το μπάνιο βαφής όσο και η ανακύκλωση του νερού σε μεγάλο ποσοστό.

Η απομάκρυνση του χρώματος από το μπάνιο βαφής αν και τεχνικά εφικτή δεν μπορεί να οδηγήσει εύκολα σε ανακύκλωση του χρώματος αφ' ενός λόγω της συχνής αλλαγής αποχρώσεων στα βαφεία (οι βαφές γίνονται κατά παραγγελία του πελάτη), αφ' ετέρου λόγω του διαφορετικού ποσοστού ανάκτησης κάθε βασικού χρώματος.

Όπως είναι γνωστό οι διάφορες αποχρώσεις επιτυγχάνονται με ανάμιξη διαφόρων χρωμάτων τα οποία έχουν διαφορετική σύνθεση και διαφορετικό μοριακό βάρος, επομένως ανάλογα με τον τύπο της χρησιμοποιούμενης μεμβράνης ένα διαφορετικό ποσοστό χρώματος εμφανίζεται στο διήθημα ανάλογα με το μοριακό βάρος.

Από τις δοκιμές φάνηκε ότι το ανακτόμενο χρώμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο σε σκούρες βαφές δεύτερης ποιότητας μετά από δοκιμές στην βαφική μηχανή.

Βασικό κίνητρο για την παραπάνω εφαρμογή παραμένει η απομάκρυνση και συμπύκνωση του χρώματος που θα οδηγήσει στην σημαντική ελάφρυνση της μονάδας κατεργασίας αποβλήτων, ενώ ο αποχρωματισμός θα γίνει σε απόβλητα σημαντικά μικρότερου όγκου.

Στην περίπτωση της ανακύκλωσης απιονισμένου νερού από της υφιστάμενη μονάδα κατεργασίας αποβλήτων από τις δοκιμές έγινε φανερό ότι η τεχνική αυτή μπορεί να εφαρμοσθεί στα βαφεία με αντίστοιχη μείωση της κατανάλωσης φρέσκου νερού.

Η ανακύκλωση αυτή μπορεί να φθάσει μέχρι και 50% του χρησιμοποιούμενου στα βαφεία νερού, όμως το οικονομικό κίνητρο κάθε εγκατάστασης πρέπει να ελεγχθεί ξεχωριστά μια και το κόστος, φρέσκου νερού, κατεργασίας για αποσκλήρυνση, και κατεργασίας των αντίστοιχων αποβλήτων διαφέρει από εγκατάσταση σε εγκατάσταση.

5.3 ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ ΠΑΤΑΤΑΣ

Οι δοκιμές που έγιναν στο εργοστάσιο κατεργασίας και παραγωγής βιομηχανικής πατάτας έδειξαν ότι η ανάκτηση του αμύλου σε αρκετά καθαρή μορφή είναι δυνατή με την χρήση μεμβρανών χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα.

Η διάθεση όμως του ανακτούμενου αμύλου στην αγορά θα απαιτήσει πρόσθετη επεξεργασία ξήρανσης και κονιοποίησης, σε αντίθετη περίπτωση θα πρέπει να μεταφερθεί σε υδαρή μορφή με βυτία σε εργοστάσιο παραγωγής ζωοτροφών.

5.4 ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ/ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΜΕΛΑΝΙΩΝ

Οι δοκιμές που έγιναν με απόβλητα της Χαρτοβιομηχανίας έδειξαν ότι ο διαχωρισμός των μελανιών από τα απόβλητα του εργοστασίου και η ανάκτηση τους σε συμπυκνωμένη μορφή είναι δυνατή με την χρήση μεμβρανών χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα.

Η επαναχρησιμοποίηση όμως του ανακατωμένου μελανιού το οποίο είναι μαύρου χρώματος (λόγω ανάμιξης πολλών διαφορετικών χρωμάτων) μπορεί να γίνει μόνο για δεύτερης ποιότητας προϊόντα συσκευασίας χωρίς ιδιαίτερες απαιτήσεις ποιότητας εκτύπωσης.

Παράλληλα επιτυγχάνεται σημαντική μείωση της επιβάρυνσης των αποβλήτων του εργοστασίου.

6. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Από το σύνολο των δοκιμών που έγιναν η εφαρμογή στην ζυθοποιία φαίνεται να έχει το μεγαλύτερο οικονομικό κίνητρο μια και γίνεται ανάκτηση εμπορεύσιμου προϊόντος χωρίς κατανάλωση πρόσθετης πρώτης ύλης ενώ παράλληλα έχουμε σημαντική μείωση του φορτίου των αποβλήτων.

Για της εξαγωγή όμως αξιόπιστων οικονομικών αποτελεσμάτων και λύση όλων των τεχνικών και ποιοτικών προβλημάτων θα πρέπει πριν την πλήρη βιομηχανική εφαρμογή να γίνει δοκιμαστική λειτουργία για τουλάχιστον τρεις μήνες με μηχάνημα δονούμενων μεμβρανών κατάλληλα διαμορφωμένο για την συγκεκριμένη εφαρμογή.

Όπως συζητήσαμε και με τους τεχνικούς του εργοστασίου η ανάκτηση της μπίρας πρέπει να γίνει σε κλειστό εξοπλισμό σε ατμόσφαιρα διοξειδίου του άνθρακα καθώς η επαφή της ανακτούμενης μπίρας με τον ατμοσφαιρικό αέρα αλλοιώνει τις ιδιότητες του προϊόντος.

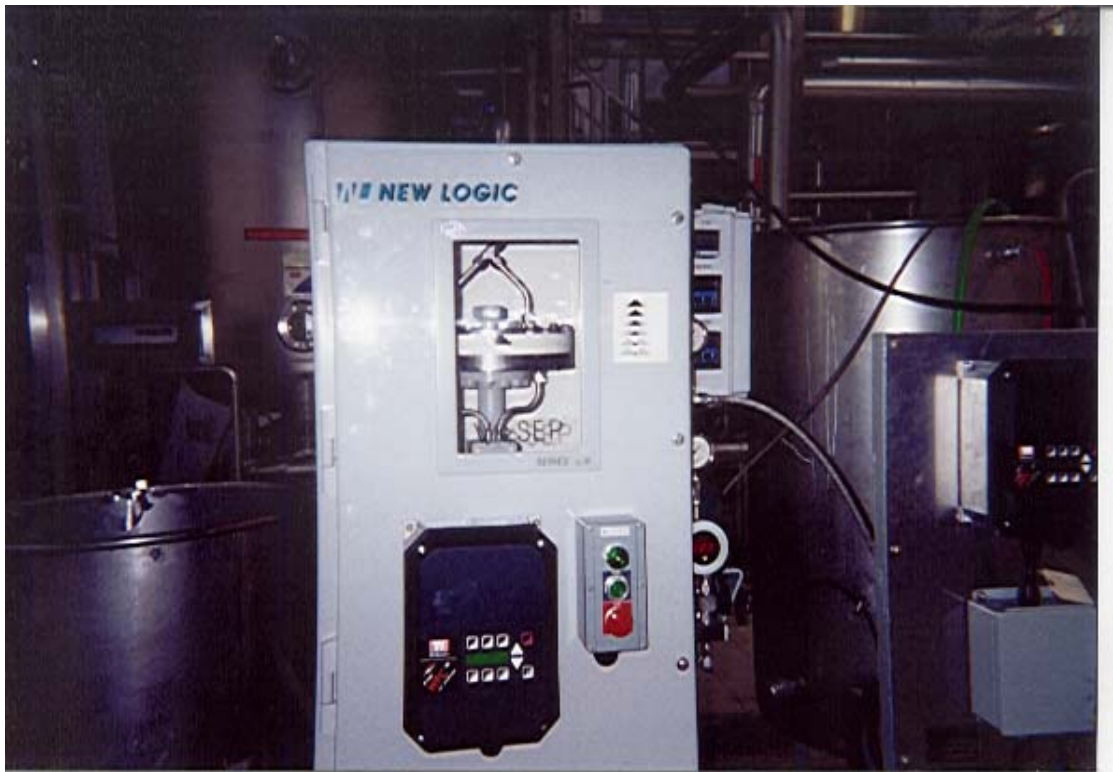


7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

7.1 ΖΥΘΟΠΟΙΑ







7.2 ΒΑΦΕΙΟ ΦΙΝΙΡΙΣΤΗΡΙΟ

