



## ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΦΥΣΙΚΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ Ι & ΙΙ

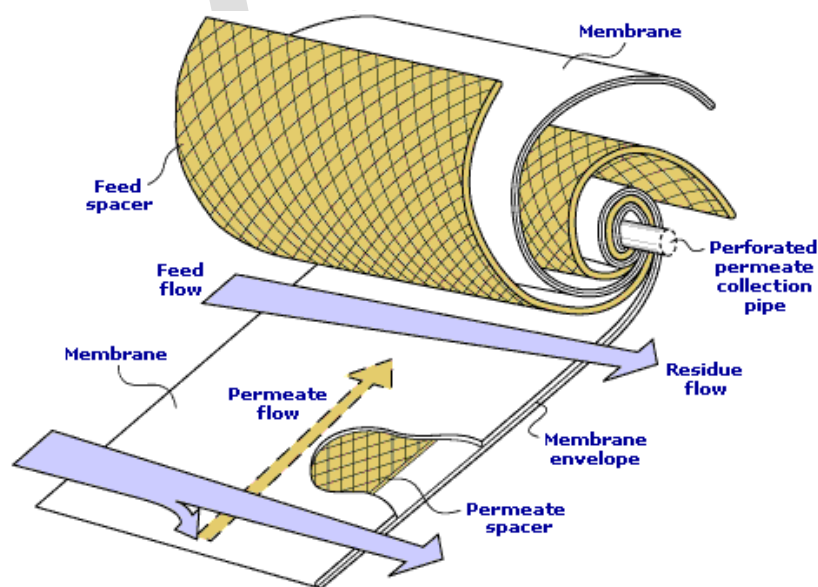
### Εργαστηριακή Άσκηση 8: ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗ ΩΣΜΩΣΗ

#### Σκοπός

Η μελέτη της διεργασίας αφαλάτωσης με τη μέθοδο της αντίστροφης όσμωσης.

#### Θεωρητικό μέρος

**Όσμωση:** η διεργασία κατά την οποία από ένα διάλυμα χαμηλής συγκέντρωσης το οποίο χωρίζεται από ένα άλλο μεγαλύτερης συγκέντρωσης με ημιπερατή μεμβράνη, μεταφέρεται νερό στο διάλυμα μεγαλύτερης συγκέντρωσης μέχρι η συγκέντρωση στα δύο μέρη να ισορροπήσει. Στο σημείο ισορροπίας το νερό που είχε την μεγαλύτερη συγκέντρωση θα έχει ψηλότερη στάθμη από το νερό που είχε την μικρότερη συγκέντρωση. Η διαφορά στη στάθμη αντιστοιχεί στην οσμωτική πίεση. Παράδειγμα, τα κεράσια στη βροχή όπου πολύ συχνά σκάνε οι φλούδες τους. Αυτό γίνεται επειδή το νερό της βροχής που είναι πάνω στα κεράσια εισέρχεται μέσα στο μεγαλύτερης συγκέντρωσης εσωτερικό του κερασιού (όπου το ρόλο της μεμβράνης παίζει η φλούδα) με αποτέλεσμα να μεγαλώνει ο όγκος και να σχίζεται η φλούδα.



**Αντίστροφη όσμωση:** Με πίεση μεγαλύτερη της οσμωτικής στην πλευρά του διαλύματος μεγαλύτερης συγκέντρωσης ο διαλύτης θα ρέει από το πιο συμπυκνωμένο στο πιο αραιό. Έχει



$$J_w = A(\Delta P - \Delta \Pi)$$

$$E = Q_f \cdot \rho \cdot \Delta P$$

Όπου:

$Q$  : Ογκομετρική Παροχή ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$C$  : Συγκέντρωση(ppm)

$P$  : Πίεση(Pa)

$\Pi$  : Οσμωτική Πίεση(Pa)

$RR$  : Κλάσμα ανάκτησης (Recovery Ratio)  
(%)

$SR$  : Απόρριψη άλατος (Salt Rejection) (%)

$T$  : Θερμοκρασία συστήματος(K)

$E$  : Κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος  
αντλίας(W)

$A$  : Περαιτότητα νερού( $\text{m}^3/(\text{m}^2 \text{ s Pa})$ )

$B$  : Περαιτότητα άλατος( $\text{kg}/(\text{m}^2 \text{ s})$ )

$J$  : Πυκνότητα ροής( $\text{kg}/(\text{m}^2 \text{ s})$ )

### Πειραματικό μέρος

Η πειραματική διάταξη αποτελείται από:

- Τμήμα τροφοδοσίας και προεπεξεργασίας
- Αντλία υψηλής πίεσης
- Μεμβράνη αντίστροφης όσμωσης
- Μετεπεξεργασία

Διάλυμα νερού τροφοδοτείται στο σύστημα μέσω της αντλίας χαμηλής πίεσης. Κατόπιν εισέρχεται στα φίλτρα 25  $\mu\text{m}$  (κατακράτηση μικροσωματιδίων και μολυσματικών παραγόντων) και 5  $\mu\text{m}$  (κατακράτηση ελαίων). Αυτό το στάδιο (prefiltration) είναι πολύ σημαντικό για να αποφευχθεί η συσσώρευση αυτών των ουσιών στην μεμβράνη. Στη συνέχεια εισέρχεται στην αντλία υψηλής πίεσης όπου το διάλυμα αποκτά την απαραίτητη ενέργεια για να περάσει από την μεμβράνη. Η φύση της μεμβράνης επιτρέπει τον διαχωρισμό των μορίων (ιόντα) άλατος από το νερό αφού το πεπιεσμένο νερό ρέει μέσω της μεμβράνης ενώ το συμπυκνωμένο διάλυμα άλατος απορρίπτεται. Ο λόγος καθαρού προϊόντος προς τελικού προϊόντος (Recovery Ratio) ρυθμίζεται μέσω μιας βάνας. Τέλος το αφαιρούμενο πλέον νερό διαπερνά το φίλτρο ενεργού άνθρακα όπου αφαιρούνται τυχόν μυρωδιές και εξισορροπείται το pH.

Για 5 διαφορετικές πιέσεις λειτουργίας καταγράφονται:

- Πίεση τροφοδοσίας και πίεση λειτουργίας μεμβράνης.
- Ροή τροφοδοσίας και καθαρού νερού
- Συγκέντρωση συμπυκνώματος

### Ζητούμενα

1. Σχεδιασμός μεθοδολογικού διαγράμματος ροής της διάταξης
2. Επίλυση ισοζυγίων μάζας και αντιπαράθεση με τα πειραματικά δεδομένα. Αξιολόγηση ακρίβειας και της επίδρασης του πειραματικού σφάλματος μέτρησης.
3. Προσδιορισμός εξάρτησης λόγου ανάκτησης (RR), απόρριψης άλατος (SR) και ειδικής κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος ( $\text{kWh}/\text{m}^3$  καθαρού νερού) από τη πίεση λειτουργίας. (Αναφέρετε με σαφήνεια τυχόν παραδοχές):
  - Διάγραμμα: SR, πυκνότητα ροής καθαρού νερού ( $J_w$ ) -- RR

- Διάγραμμα: SR, πυκνότητα ροής καθαρού νερού (Jw) -- Πίεση Λειτουργίας
  - Διάγραμμα: Ειδική κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος -- RR
4. Συντελεστής περατότητας νερού (A) και περατότητας άλατος (B) της μεμβράνης
  5. Με βάση τη Βιβλιογραφία να πραγματοποιηθεί σύγκριση της αντίστροφης όσμωσης με άλλες διεργασίες αφαλάτωσης (πλεονεκτήματα/μειονεκτήματα)

Δίνονται:

Σταθερά αερίων,  $R = 8,314 \text{ kPa m}^3/\text{kmoleK}$

Μέσο μοριακό βάρος αλάτων,  $MW = 53 \text{ kg/kmole}$

Ενεργή επιφάνεια μεμβράνης,  $S = 1,5 \text{ m}^2$

Πυκνότητα νερού,  $\rho = 980 \text{ kg/m}^3$

Να αναφερθούν τυχόν παραδοχές.

### **Βιβλιογραφία**

1. Aarne V.P., Jeffrey P.J. and Ruth F.W., *Environmental Engineering*, 3<sup>rd</sup> ed., Butterworth Heinemann, 1994.
2. Maroulis Z.B. and Saravacos G.D., *Food Process Design*, Marcel Decker Inc., 2003.