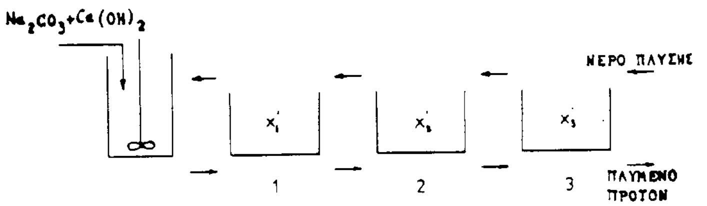
ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΕΚΠΛΥΣΗΣ

Πρόβλημα 30.

Η καυστική σόδα παράγεται με την επεξεργασία ενός διαλύματος ανθρακικού νατρίου σε νερό (25 kg/s Na_2CO_3) με τη θεωρητική απαίτηση σε υδροξείδιο του ασβεστίου. Αφού γίνει πλήρως η αντίδραση, ο πολφός του ανθρακικού ασβεστίου, που περιέχει 1 μέρος $CaCO_3$ / 9 μέρη νερού, τροφοδοτείται συνεχώς σε τρεις πυκνωτές (παχυντές) σε σειρά και πλένεται κατ' αντιρροή. Να υπολογιστεί η απαραίτητη παροχή της τροφοδοσίας ουδέτερου νερού στους πυκνωτές, ώστε το ανθρακικό ασβέστιο κατά την ξήρανση να περιέχει μόνο 1% υδροξείδιο του νατρίου. Το στερεό που εκρέει από κάθε πυκνωτή περιέχει 1 μέρος κ.β. $CaCO_3$ / 3 μέρη νερού. Το πυκνό υγρό της πλύσης αναμιγνύεται με τα περιεχόμενα του αναμίκτη, πριν τροφοδοτηθεί ο πρώτος πυκνωτής, όπως δείχνει το σχήμα.

Λύση:

Η έκπλυση (Σ/Υ εκχύλιση) και η Υ/Υ εκχύλιση (με διαλύτη) είναι οι βασικές διεργασίες της υδρομεταλλουργίας. Οι δύο αυτές διεργασίες αποτελούν εφαρμογές της μεταφοράς μάζας.



Σχήμα 58α. Παραγωγή καυστικής σόδας του Προβλήματος 30.

Η στοιχειομετρία της αντίδρασης καυστικοποίησης της σόδας είναι:

$$Na_2CO_3 + Ca(OH)_2 \rightarrow 2\,NaOH + CaCO_3$$

106 kg　　　　　　80 kg　100 kg

Έστω x_1, x_2, x_3 οι λόγοι διαλυτής ουσίας / διαλύτη στους πυκνωτές 1, 2 και 3. Οι ποσότητες των $CaCO_3$, NaOH και νερού σε κάθε ρεύμα θα υπολογιστούν για κάθε 100 kg ανθρακικού ασβεστίου.

Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται οι συνθέσεις των ρευμάτων τροφοδοσίας και των προϊόντων υπορροής και υπερροής στον καθένα πυκνωτή.

ΠΙΝΑΚΑΣ

- Ολικό ισοζύγιο	$CaCO_3$	NaOH	Νερό
Τροφοδ. από τον αντιδρ.	100	80	900
Τροφοδ. σαν νερό πλύσης	-	-	W_f (ας πούμε)
Προϊόν υπορροής	100	300 x_3	300
Προϊόν υπερροής	-	80-300 x_3	600+ W_f
- Πυκνωτής 1ος			
Τροφ. αντιδρ.	100	80	900
Τροφ. υπερροής	-	300 (x_1- x_3)	W_f
Προϊόν υπορροής	100	300 x_1	300
Προϊόν υπερροής	-	80-300 x_3	600+W_f

- Πυκνωτής 2ος			
Τροφ. υπορροής	100	300 x_1	300
Τροφ. υπερροής	-	300 (x_2-x_3)	W_f
Προϊόν υπορροής	100	300 x_2	300
Προϊόν υπερροής	-	300 (x_1-x_3)	W_f
- Πυκνωτής 3ος			
Τροφ. υπορροής	100	300 x_2	300
Τροφ. νερού	-	-	W_f
Προϊόν υπορροής	100	300 x_3	300
Προϊόν υπερροής	-	300 (x_2-x_3)	W_f

Αφού η τελική υπορροή πρέπει να περιέχει μόνο 1% NaOH θα είναι κατά προσέγγιση:

$$300\ x_3/100=0{,}01$$

Αν επιτυγχάνεται ισορροπία στον κάθε πυκνωτή, ο λόγος NaOH/νερό θα είναι ο ίδιος στην υπερροή και την υπορροή. Έτσι:

$$\frac{300\ (x_2 - x_3)}{W_f} = x_3 \qquad \frac{80-300\ x_3}{600+W_f} = x_1$$

και

$$\frac{300\ (x_1 - x_3)}{W_f} = x_2$$

Η λύση των τεσσάρων αυτών εξισώσεων δίνει:

$x_3 = 0{,}0033$, $x_2 = 0{,}01442$, $x_1 = 0{,}05$, $W_f = 980$.

Έτσι, η ποσότητα του νερού που απαιτείται για την πλύση 100 kg/s $CaCO_3$ είναι 980 kg/s.

Το διάλυμα που τροφοδοτείται στον αντιδραστήρα περιέχει 25 kg/s Na_2CO_3. Αυτό ισοδυναμεί με 23,6 kg/s $CaCO_3$.

Επομένως, η πραγματική τροφοδοσία του νερού που απαιτείται είναι:

$$= (980 \text{ x } 23{,}6/100) = 230 \text{ kg/s}$$

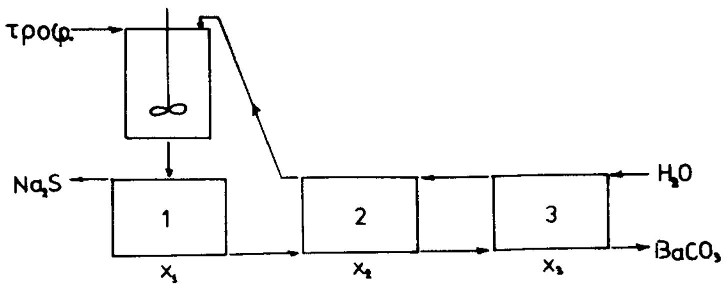
Πρόβλημα 31.

Σε μια εγκατάσταση (Σχήμα) παράγεται ανθρακικό βάριο από την αντίδραση ανθρακικού νατρίου με θειούχο βάριο. Οι ποσότητες που τροφοδοτούνται συνεχώς στον αντιδραστήρα κάθε μέρα είναι 20 Mg θειούχου βαρίου διαλυμένου σε 60 Mg νερού, μαζί με τη θεωρητικά απαιτούμενη ποσότητα ανθρακικού νατρίου. Υπάρχουν τρεις πυκνωτές σε σειρά στο σύστημα έκπλυσης κατ' αντιρροή. Η υπερροή από το δεύτερο πυκνωτή πηγαίνει στον αναμίκτη και η υπερροή από τον πρώτο πυκνωτή έχει 10% θειούχο νάτριο. Η λάσπη από όλους τους πυκνωτές μεταφέρει δύο μέρη νερού σε ένα μέρος $BaCO_3$ κ.β. Να βρεθεί πόσο θειούχο νάτριο παραμένει στο ανθρακικό βάριο μετά την καταβύθιση και ξήρανση.

Λύση:

Η αντίδραση που λαμβάνει χώρα είναι:

$$BaS + Na_2CO_3 \rightarrow BaCO_3 + NaS$$
$$169 \qquad 106 \qquad\quad 197 \qquad 78$$



Σχήμα 58β. Παραγωγή ανθρακικού βαρίου στο Πρόβλημα 31.

Οι υπολογισμοί θα γίνουν με βάση το υλικό που εισέρχεται στους πυκνωτές. Τα 20 Mg BaS θα αντιδράσουν δίνοντας

$$(20 \text{ x } 197/169) = 23,3 \text{ Mg } BaCO_3$$

και $$(20 \text{ x } 78/169) = 9,23 \text{ Mg } Na_2S$$

Αν συμβολίσουμε με x το λόγο του Na_2S / νερό στον κάθε πυκνωτή, τα ισοζύγια μάζας θα δώσουν τα στοιχεία του παραπάνω πίνακα.

ΠΙΝΑΚΑΣ

- Ολικό	$BaCO_3$	Na_2S	Νερό
Τροφοδοσία υπορροής	23,3	9,23	60
Τροφοδοσία υπερροής	-	-	W (ας πούμε)
Προϊόν υπορροής	23,3	46,6 x_3	46,6
Προϊόν υπερροής	-	9,23-46,6 x_3	W+13,4
- Πυκνωτής 1ος			
Τροφ. Υπορ.	23,3	9,23	60
Τροφ. υπερ.	-	46,6 (x_1- x_3)	W
Προϊόν υπορ.	23,3	46,6 x_1	46,6
Προϊόν υπερ.	-	9,23-46,6 x_3	W+13,4
- Πυκνωτής 2ος			

Τροφ. υπορ.	23,3	46,6 x_1	46,6
Τροφ. υπερ.	-	46,6 $(x_2 - x_3)$	W
Προϊόν υπορ.	23,3	46,6 x_2	46,6
Προϊόν υπερ.	-	46,6 $(x_1 - x_3)$	W
- Πυκνωτής 3ος			
Τροφ. υπορ.	23,3	46,6 x_2	46,6
Τροφ. υπερ.	-	-	W
Προϊόν υπορ.	23,3	46,6 x_3	46,6
Προϊόν υπερ.	-	46,6 $(x_2 - x_3)$	W

Αν υποθέσουμε ότι σε κάθε πυκνωτή επιτυγχάνεται ισορροπία θα έχουμε τις εξισώσεις:

$$x_1 = (9{,}23 - 46{,}6\ x_3) / (13{,}4 + W)$$
$$x_2 = 46{,}6\ (x_1 - x_3) / W$$
$$x_3 = 46{,}6\ (x_2 - x_3) / W$$

Ακόμα, στην υπερροή (προϊόν) του πρώτου πυκνωτή έχουμε:

$$(9{,}23 - 46{,}6\ x_3) / (13{,}4 + W + 9{,}23 - 46{,}6\ x_3) = 0{,}10$$

Λύνοντας το σύστημα των τεσσάρων εξισώσεων παίρνουμε:

$x_1 = 0{,}112$, $x_2 = 0{,}066$, $x_3 = 0{,}030$ και W=57,1Mg/μέρα.

Στο προϊόν υπορροής από τον τρίτο πυκνωτή, η μάζα Na_2S θα είναι:

= (46,6 x 0,03) = 1,4 Mg

που συνοδεύονται με 23,3 Mg $BaCO_3$.

Όταν το ρεύμα αυτό ξεραθεί, το ανθρακικό βάριο θα περιέχει

= (100 x 1,4) / (1,4 + 23,3) = 5,7% Na_2S

Πρόβλημα 32.

Μια εγκατάσταση παράγει 100 kg/s διοξείδιου του τιτανίου που θα χρησιμοποιηθεί σαν χρωστική ουσία και θα πρέπει να είναι 99,9% καθαρή μετά την ξήρανση. Η χρωστική ουσία παράγεται με καταβύθιση και το υλικό κατά τη διαδικασία παρασκευής μολύνεται με 1 kg διαλύματος άλατος, που περιέχει 0,55 kg άλατος, ανά kg TiO_2. Το υλικό πλένεται κατ' αντιρροή με νερό (διαλύτης) σε ένα αριθμό πυκνωτών τοποθετημένων στη σειρά. Να βρεθεί πόσοι πυκνωτές θα απαιτηθούν, αν προσθέτουμε νερό με παροχή 200 kg/s. Το στερεό που εκρέει από κάθε πυκνωτή απομακρύνει 0,5 kg διαλύτη/kg TiO_2.

Λύση :

Κάνουμε το ολικό ισοζύγιο μάζας στην εγκατάσταση σε kg/s:

	TiO_2	Άλας	Νερό
Τροφοδοσία στον αντιδραστήρα	100	55	45
Υγρό πλύσης που προστίθεται	-	-	200
Πλυμένο στερεό	100	0,1	50
Υγρό προϊόν	0	54,9	195

Διαλύτης στην υπορροή από τον τελευταίο πυκνωτή πλύσεως = 50. Ο διαλύτης στην υπεροή του ίδιου πυκνωτή έχει τόση ποσότητα όση παρέχεται για την πλύση, δηλ. 200. Άρα:

$$\frac{\text{(Διαλύτης που εκρέει στην υπερροή)}}{\text{(Διαλύτης που εκρέει στην υπορροή)}} = 4 \text{ για τους πυκνωτές πλύσης } (= 200 / 50)$$

Το υγρό προϊόν από την εγκατάσταση περιέχει 54,9 kg άλατος σε 195 kg διαλύτη. Ο λόγος αυτός θα είναι ο ίδιος στην υπορροή από τον πρώτο πυκνωτή (διαχωρισμού).

Έτσι, το υλικό που οδηγείται στους πυκνωτές πλύσης αποτελείται από 100 kg TiO_2, 50 kg διαλύτη και

$$(50 \times 54{,}9/195) = 14 \text{ kg άλατος}$$

Όταν το υγρό που τροφοδοτείται στο σύστημα πλύσης κατ' αντιρροή είναι καθαρός διαλύτης, αποδεικνύεται ότι ισχύει η σχέση:

$$\frac{S_{n+1}}{S_1} = \frac{R-1}{R^{n+1}-1}$$

όπου R είναι ο λόγος των ποσοτήτων του διαλύτη που εκρέουν στην υπερροή / αυτή της υπορροής και S είναι η ποσότητα της διαλυτής ουσίας στην υπορροή - δηλ. το (S_{n+1}/S_1) παριστάνει το κλάσμα της διαλυτής ουσίας που τροφοδοτήθηκε στο σύστημα πλύσης και παραμένει με το πλυμένο στερεό (βλ. σχήμα).

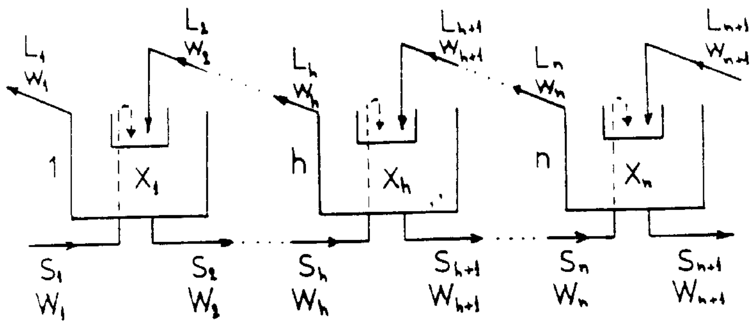
Έτσι, ο απαιτούμενος αριθμός πυκνωτών για την πλύση δίνεται από τη σχέση:

$$\frac{(4-1)}{(4^{n+1}-1)} = \frac{0{,}1}{14}$$

ή $\quad 4^{n+1} = 421$

που δίνει $\quad 4 < n+1 < 5$

άρα απαιτούνται 4 πυκνωτές πλύσης (ή συνολικά 5 πυκνωτές).



Σχήμα 59. Πλύση κατ' αντιρροή σε σειρά πυκνωτών

Συμβολισμοί του σχήματος: Τα L και w παριστάνουν τις ποσότητες της διαλυτής ουσίας και του διαλύματος αντίστοιχα στις υπερροές από τους πυκνωτές πλύσης 1 έως n. Ενώ S και W είναι οι ποσότητες της διαλυτής ουσίας και του διαλύματος με τα στερεά που τροφοδοτούνται στο σύστημα για πλύση. (Η ανάλυση στηρίζεται στη μονάδα μάζας του αδιάλυτου στερεού).

Πρόβλημα 33.

Αναφερόμενοι στο προηγούμενο πρόβλημα, να βρεθεί ο απαιτούμενος αριθμός των πυκνωτών, αν η ποσότητα του απομακρυνόμενου διαλύματος σε σχέση με τη χρωστική ουσία ποικίλει κατά τον ακόλουθο τρόπο με τη συγκέντρωση του διαλύματος στον πυκνωτή.

Συγκέντρωση διαλύματος	**Ποσότητα απομακρυν. διαλ.**
(kg διαλυτής ουσίας / διαλύματος)	(kg διαλύματος / χρωστικής ουσ.)
0,0	0,30
0,1	0,32
0,2	0,34
0,3	0,36
0,4	0,38
0,5	0,40

Δίνεται ακόμα ότι το πυκνό υγρό της πλύσης αναμιγνύεται με το υλικό που τροφοδοτείται στον πρώτο πυκνωτή.

Λύση:

Θα χρησιμοποιηθούν οι ίδιοι συμβολισμοί με το Σχήμα 59. Με X παριστάνεται ο λόγος της διαλυτής ουσίας προς το διάλυμα, δηλαδή για την υπερροή από τον πυκνωτή h έχουμε:

$$X_h = \frac{L_h}{w_h} \quad \text{και} \quad X_h = \frac{S_{h+1}}{W_{h+1}} \quad \text{για την υπορροή}$$

Για την πλύση με μεταβλητή υπορροή αποδεικνύεται ότι η συγκέντρωση του διαλύματος που εκρέει από το σύστημα δίνεται από τη σχέση:

$$X_1 = \frac{L_{n+1} + S_1 - S_{n+1}}{w_{n+1} + W_1 - W_{n+1}}$$

Και για τη συγκέντρωση του διαλύματος που τροφοδοτείται στον πυκνωτή h:

$$X_{h+1} = \frac{L_{n+1} - S_{n+1} + S_{h+1}}{w_{n+1} - W_{n+1} + W_{h+1}}$$

Παρατηρώντας τα δοσμένα του προβλήματος βλέπουμε ότι έχουμε:

$$W_{h+1} = 0{,}30 + 0{,}2\ X_h$$

Έτσι

$$S_{h+1} = W_{h+1}\ X_h = 0{,}30\ X_h + 0{,}2\ X_h^2 = 5\ W_{h+1}^2 - 1{,}5\ W_{h+1}$$

Θεωρούμε το πέρασμα της μονάδας ποσότητας του TiO_2 μέσα από την εγκατάσταση:

$L_{n+1} = 0$, $w_{n+1} = 2$, $X_{n+1} = 0$,

αφού χρησιμοποιούνται 200 kg/s καθαρός διαλύτης.

$S_{n+1} = 0{,}001$ και κάνοντας τις πράξεις $W_{n+1} = 0{,}3007$.

Ακόμα $S_1 = 0{,}55$ και $W_1 = 1{,}00$.

Έτσι βρίσκεται η συγκέντρωση στον πρώτο πυκνωτή:

$$X_1 = \frac{(0+0{,}55-0{,}001)}{(2+1-0{,}3007)} = \frac{0{,}549}{2{,}6993} = 0{,}203$$

Επίσης βρίσκεται το

$$X_{h+1} = \frac{(0-0{,}001+S_{h+1})}{(2-0{,}3007+W_{h+1})} = \frac{-0{,}001+S_{h+1}}{1{,}7+W_{h+1}}$$

Καθώς $X_1 = 0{,}203$, $W_2 = (0{,}30 + 0{,}2 \text{ x } 0{,}203) = 0{,}3406$

και $S_2 = 0{,}3406 \text{ x } 0{,}203 = 0{,}0691$

Έτσι

$$X_2 = \frac{(0,0691 - 0,001)}{(1,7 + 0,3406)} = 0,0334$$

επομένως

$$W_3 = 0,30 + 0,20 \text{ x } 0,0334 = 0,30668 \text{ και } S_3 = 0,01025$$

Οπότε:

$$X_3 = \frac{(0,01025 - 0,001)}{(1,7 + 0,3067)} = 0,00447$$

Καθώς βρέθηκε το X_3, $W_4 = 0,30089$ και $S_4 = 0,0013$

Με την ίδια μέθοδο θα είναι:

$$X_4 = 0,00015$$

Επίσης $W_5 = 0,30003$ και $S_5 = 0,000045$ ($< S_{n+1}$)

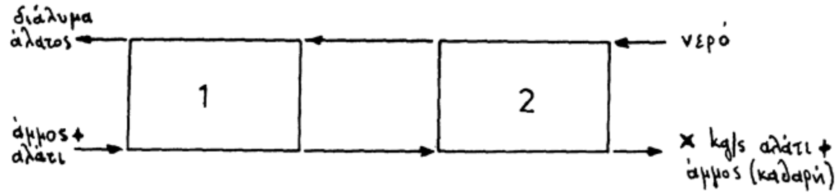
Επομένως, απαιτούνται 4 πυκνωτές.

Πρόβλημα 34.

Ξερή άμμος από μια παραλία, που περιέχει 1% κ.β. αλάτι, έχει παροχή 0,4 kg/s και πρόκειται να πλυθεί με 0,4 kg/s καθαρό νερό κατ' αντιρροή σε δύο ταξινομητές σε σειρά. Υποτίθεται ότι συμβαίνει τέλεια ανάμιξη της άμμου και του νερού και ότι η άμμος που φεύγει από κάθε ταξινομητή περιέχει 1 μέρος νερού σε κάθε 2 μέρη άμμου κ.β. Αν η πλυμένη άμμος μετά την πλύση ξεραθεί σε ένα ξηραντήριο (τύπου καμίνου), να βρεθεί σε τι ποσοστό περιέχει αλάτι. Ακόμα, να υπολογιστεί η απαιτούμενη παροχή πλύσης σε ένα μόνο ταξινομητή, ώστε να πλυθεί η άμμος το ίδιο καλά.

Λύση:

Το πρόβλημα απαιτεί ένα ισοζύγιο μάζας γύρω από τα δύο στάδια (Σχήμα 60). Το στάδιο 2 θεωρείται σαν ο πρώτος πυκνωτής πλύσης.



Σχήμα 60. Πλύση κατ' αντιρροή του Προβλήματος 34.

Έστω x kg/s αλάτι ότι εκρέει στην υπορροή του σταδίου 2. Το αλάτι στην τροφοδοσία του σταδίου 1 είναι:

$$(0,4 \text{ x } 1/100) = 0,004 \text{ kg/s}$$

Η άμμος περνά από κάθε στάδιο (0,4 kg/s) και σχετίζεται στην υπορροή με (0,4/2) = 0,2 kg/s νερού. Η ποσότητα αυτή εξέρχεται στην υπορροή από το στάδιο 1 και εισέρχεται στο 2. Επίσης, η ίδια ποσότητα εξέρχεται και στην υπορροή του σταδίου 2.

- Κάνοντας ένα ισοζύγιο για το νερό στο στάδιο 2, βλέπουμε ότι το νερό που εκρέει στην υπερροή θα είναι 0,4 kg/s.

Στην υπορροή από το στάδιο 2, τα x kg/s αλάτι σχετίζονται με 0,2 kg/s νερό, άρα το αλάτι που θα σχετίζεται με τα 0,4 kg/s νερού της υπερροής του 2 θα είναι:

$$(x\ 0,4/0,2) = 2\ x \text{ kg/s}$$

Αυτό υποθέτει ίση συγκέντρωση διαλύματος υπερροής και υπορροής.

- Θεωρώντας το στάδιο 1, 0,4 kg/s νερού εισέρχεται από την υπερροή του 2 και 0,2 kg/s εξέρχονται στην υπορροή, άρα το νερό στην υπερροή (έξοδος) από το 1 θα είναι:

$$(0,4 - 0,2) = 0,2 \text{ kg/s}$$

Το αλάτι που εισέρχεται είναι 0,004 kg/s στην υπορροή και 2 x kg/s στην υπερροή, σύνολο

$$(0,004 + 2\ x) \text{ kg/s}$$

Επομένως, με τα 0,2 kg/s νερό σε κάθε ρεύμα εξόδου θα σχετίζονται (αφού οι συγκεντρώσεις εξόδου θα είναι ίδιες):

$$(0,004 + 2\ x)/2 = (0,002 + x) \text{ kg/s αλάτι}$$

- Κάνοντας τώρα ένα ολικό ισοζύγιο στο αλάτι θα έχουμε:

$$0,004 = x + (0,002 + x) \text{ και } x = 0,001 \text{ kg/s}$$

Η ποσότητα αυτή του αλατιού είναι αυτή που ενυπάρχει με 0,4 kg/s άμμο και άρα το ποσοστό του αλατιού στην ξεραμένη άμμο είναι:

$$(0,001 \times 100) / (0,4 + 0,001) = 0,249\%$$

(β) Θεωρώντας τώρα ένα μοναδικό στάδιο, έστω y kg/s η τροφοδοσία του νερού. Αφού 0,2 kg/s νερού φεύγουν στην υπορροή, το νερό στην υπερροή που εκρέει θα είναι :

$$(y - 0,2) \text{ kg/s}$$

Με τροφοδοσία 0,004 kg/s αλάτι και εκροή στην υπορροή 0,001 kg/s, το αλάτι στην υπερροή που εκρέει θα είναι: 0,003 kg/s.

Ο λόγος αλάτι / διάλυμα θα πρέπει να είναι ο ίδιος στα δύο ρεύματα εκροής ή

$$0,001/ (0,20 + 0,001) = 0,003 / (0,003 + y - 0,2)$$

και $y = 0,8$ kg/s

(Το ποσοστό του αλατιού στην πρώτη περίπτωση μπορεί να βρεθεί με την εφαρμογή της εξίσωσης :

$$S_{n+1}/S_1 = (R-1) / (R^{n+1} -1)$$

για το πρώτο στάδιο πλύσης.

Εδώ έχουμε : $R = 0,4/0,2 = 2$

$n = 1$, $S_2 = x$, $S_1 = (0,002 + x)$

άρα $x/(0.002 + x) = (2 - 1) / (2^2 - 1) = 0,33$

και $x = 0,001$ kg/s, και το ποσοστό αλατιού στην άμμο = 0,249 %).

Πρόβλημα 35.

Σε μια εγκατάσταση αντιρροής εκχυλίζονται σπόροι, που περιέχουν 20% κ.β. έλαιο, και ανακτάται το 90% του ελαίου σε ένα διάλυμα που περιέχει 50% κ.β. έλαιο. Αν γίνεται η διεργασία με καθαρό διαλύτη και στην υπορροή απομακρύνεται 1 kg διαλύματος σε συνάρτηση με κάθε 2 kg αδιάλυτου στερεού, να βρεθούν πόσα ιδανικά στάδια απαιτούνται.

Λύση:

Το πρόβλημα θα λυθεί με τη γραφική μέθοδο, χρησιμοποιώντας για το σκοπό αυτό ένα τριγωνικό διάγραμμα (Σχήμα).

Αφού οι σπόροι περιέχουν 20% έλαιο η σύστασή τους παριστάνεται απ' το σημείο x_1 που έχει συντεταγμένες:

$$x_{A1} = 0{,}2 \quad \text{και} \quad x_{B1} = 0{,}8$$

Τα A και B αναφέρονται στην ουσία που εκχυλίζεται (έλαιο) και στο μη εκχυλιζόμενο στερεό υπόλειμμα, αντίστοιχα.

Το τελικό διάλυμα περιέχει 50% έλαιο. Άρα οι συντεταγμένες αυτού θα είναι:

$$y_{A1} = 0{,}5 \quad \text{και} \quad y_{S1} = 0{,}5$$

Το S αναφέρεται στο διαλύτη. Ο διαλύτης που χρησιμοποιείται είναι καθαρός, άρα

$$y_{S,\, n+1} = 1$$

Τώρα 1 kg αδιάλυτου στερεού στο πλυμένο προϊόν σχετίζεται με 0,5 kg διαλύματος και 0,025 kg έλαιο. Συνεπώς:

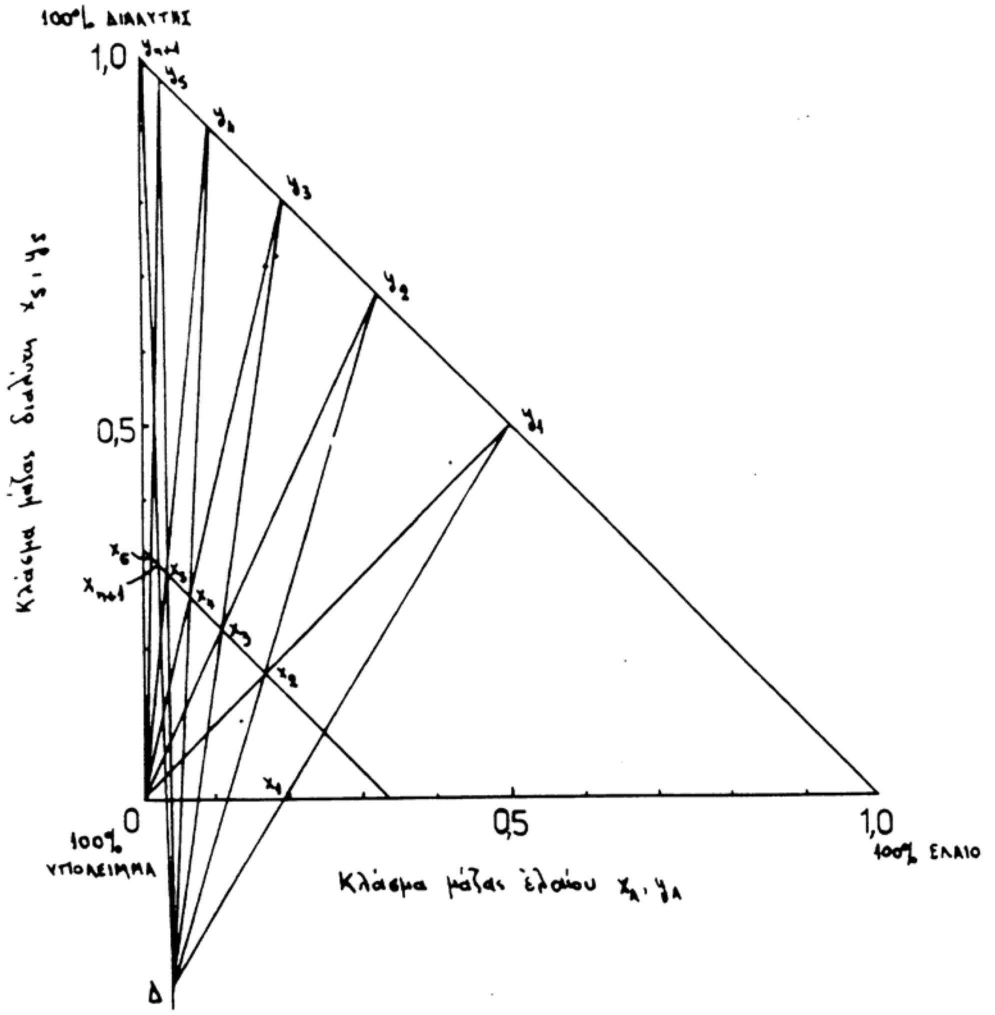
$$x_{A,n+1} = \left(\frac{0{,}025}{1+0{,}5}\right) \quad \text{και} \qquad x_{S,n+1} = \left(1 - x_{A,n+1} - x_{B,n+1}\right) \quad \text{άρα}$$

$$x_{A,n+1} = 0{,}0167, \qquad x_{B,n+1} = 0{,}667 \quad \text{και} \quad x_{S,n+1} = 0{,}3163$$

Το κλάσμα μάζας του αδιάλυτου υλικού στην υπορροή είναι σταθερό και ίσο με 0,667(=2/3). Επομένως η σύσταση της υπορροής παριστάνεται στο διάγραμμα με μια ευθεία γραμμή παράλληλη σην υποτείνουσα με σημεία τομής στους δύο άξονες 0,333 (=1-0,667).

Το σημείο διαφοράς βρίσκεται σχεδιάζοντας τις δύο γραμμές που συνδέουν τα x_1 και y_1, και τα x_{n+1} και y_{n+1}. Έτσι γίνεται όπως είδαμε η γραφική κατασκευή. Το x_{n+1} βρίσκεται ανάμεσα στα x_5 και x_6.

Επομένως, 5 πυκνωτές είναι αρκετοί και παράγουν τον απαιτούμενο βαθμό εκχύλισης. Αν η απόδοση δεν ήταν η ιδανική, αυτό θα έπρεπε στο τέλος να ληφθεί υπόψη.



Σχήμα 61. Γραφική λύση του Προβλήματος 35.