

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ



UNIVERSITY OF PIRAEUS
SCHOOL OF MARITIME AND INDUSTRIAL STUDIES
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL MANAGEMENT
AND TECHNOLOGY
LABORATORY OF SIMULATION OF INDUSTRIAL
PROCESSES

Μάθημα:
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ Ι



Εργαστηριακή Άσκηση 3^η. Μελέτη Αυλωτού Αντιδραστήρα (PFR). Εφαρμογή στην επεξεργασία υγρών αποβλήτων

Φοιτητής: Δημήτρης Σιδηράς

ΑΜ φοιτητή: -----

31/3/2021

Επεξεργασία πειραματικών αποτελεσμάτων

Με βάση τα πειραματικά σας αποτελέσματα συμπληρώστε του παρακάτω πίνακες και κατασκευάστε τα αντίστοιχα διαγράμματα. Σημειώνεται ότι η οριακές καμπύλες του Σχήματος 3, που αντιστοιχούν στους αντιδραστήρες PFR και CFSTR παραμένουν αμετάβλητες. Για πραγματικό PFR (με διασπορά) δίνονται οι σχέσεις:

$$y_i = S_i$$

$$x_i = \frac{y_{i-1} + y_i}{2}$$

$$E_i = \frac{y_{i-1} + y_i}{2} \Delta t \quad \text{ή} \quad E_i = x_i \Delta t$$

$$E = \sum_{i=1}^n E_i$$

$$\xi = \sum_{i=1}^n x_i P(x_i)$$

$$P(x_i) = \frac{E_i}{E} \Rightarrow$$

$$\xi = \sum_{i=1}^n x_i \frac{E_i}{E}$$

$$\text{var}(x) = \sigma^2 = \sum_{i=1}^n (x_i - \xi)^2 P(x_i) \Rightarrow \sigma^2 = \sum_{i=1}^n (x_i - \xi)^2 \frac{E_i}{E}$$

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \xi)^2 \frac{E_i}{E}}$$

Πρέπει να υπολογίσετε τον **παράγοντα διασποράς d** για το 8^ο κανάλι του PFR από τη σχέση:

$$d = e^{\lambda \frac{\sigma}{\xi}} - 1$$

Δίνεται ότι $\lambda = 0,31$ και σταθερά ταχύτητας αντίδρασης $k = 0,5 \text{ h}^{-1}$

$$d = e^{0,31 \cdot \frac{\sigma}{\xi}} - 1$$

$$d = \frac{D}{uL}$$

όπου D = συντελεστής διάχυσης, u = ταχύτητα, L =μήκος

$$D = d \cdot u \cdot L$$

αριθμός Peclet (για μεταφορά μάζας) αδιάστατος αριθμός:

$$N_{Pe} = \frac{uL}{D} = \frac{1}{d}$$

όταν $\sigma \rightarrow 0 \Rightarrow d \rightarrow 0 \Rightarrow$ πραγματικός PFR $\rightarrow$ ιδανικός PFR

$\sigma \rightarrow \infty \Rightarrow d \rightarrow \infty \Rightarrow$ πραγματικός PFR $\rightarrow$ ιδανικός CFSTR

Πραγματικός PFR

$$\frac{S_e}{S_0} = \frac{4\sqrt{1+4ktd}e^{\frac{1}{2d}}}{(1+\sqrt{1+4ktd})^2 e^{\frac{\sqrt{1+4ktd}}{2d}} - (1-\sqrt{1+4ktd})^2 e^{\frac{-\sqrt{1+4ktd}}{2d}}} \quad (1)$$

$$\text{Θέτω } a = \sqrt{1+4ktd} \quad (2)$$

$$\frac{S_e}{S_0} = \frac{4ae^{\frac{1}{2d}}}{(1+a)^2 e^{\frac{a}{2d}} - (1-a)^2 e^{\frac{-a}{2d}}} \quad (3)$$

$$\text{αν θέσουμε } \beta = e^{\frac{1}{2d}} \quad (4)$$

$$\frac{S_e}{S_0} = \frac{4a\beta}{(1+a)^2 \beta^a - (1-a)^2 \beta^{-a}} \quad (5)$$

Για ιδανικό PFR δίνονται οι σχέσεις:

$$\frac{S_e}{S_0} = e^{-kt} \quad (6)$$

$$\ln \frac{S_e}{S_0} = -kt \quad (6a)$$

$$t = \frac{L}{u} \quad (7)$$

Για ιδανικό CFSTR δίνονται οι σχέσεις:

$$\frac{S_e}{S_0} = \frac{1}{1+kt} \quad (8)$$

$$t = \frac{V}{Q} \quad (9)$$

Πίνακας 1

Δt (sec)	ΔV (mL)	$Q = \Delta V / \Delta t$ (mL/sec)
15	250	16,7
15	260	17,3
15	260	17,3
15	260	17,3
15	262	17,5
15	260	17,3
15	260	17,3
15	260	17,3
15	260	17,3
Μέσος όρος Q		17,27

πλάτος w	5	cm
βάθος h	4	cm
διατομή $A=w \cdot h$	20	cm ²
ταχύτητα $u=Q/A$	0,8637	cm/sec
L	120	cm

Παρατήρηση: Αν αντί για ιοντόμετρο χρησιμοποιηθεί πεχάμετρο και μετρηθεί το pH τότε η συγκέντρωση δίνεται από τον τύπο:

$$S = 10^{-pOH} = 10^{-(14-pH)}$$

Πίνακας 2

t (sec)	pH (8 th channel)	S (mol/L) (8 th channel)
0	7,87	7,413E-07
10	7,87	7,413E-07
20	7,87	7,413E-07
30	7,87	7,413E-07
40	7,87	7,413E-07
50	7,87	7,413E-07
60	7,87	7,413E-07
70	7,87	7,413E-07
80	8,56	3,631E-06
90	10,24	1,738E-04
100	10,77	5,888E-04
110	10,98	9,550E-04
120	11,12	1,318E-03
130	10,86	7,244E-04
140	10,45	2,818E-04
150	10,1	1,259E-04
160	9,5	3,162E-05

170	9,2	1,585E-05
180	8,9	7,943E-06
190	8,78	6,026E-06
200	8,64	4,365E-06
210	8,54	3,467E-06
220	8,46	2,884E-06
230	8,4	2,512E-06
240	8,35	2,239E-06
250	8,31	2,042E-06
260	8,27	1,862E-06
270	8,24	1,738E-06
280	8,21	1,622E-06
290	8,19	1,549E-06
300	8,17	1,479E-06
310	8,15	1,413E-06
320	8,14	1,380E-06
330	8,12	1,318E-06
340	8,11	1,288E-06
350	8,1	1,259E-06
360	8,09	1,230E-06
370	8,08	1,202E-06
380	8,07	1,175E-06
390	8,06	1,148E-06
400	8,05	1,122E-06
410	8,04	1,096E-06
420	8,04	1,096E-06
430	8,03	1,072E-06
440	8,03	1,072E-06
450	8,02	1,047E-06
460	8,02	1,047E-06
470	8,01	1,023E-06
480	8,01	1,023E-06
490	8	1,000E-06
500	8	1,000E-06
510	7,99	9,772E-07
520	7,99	9,772E-07
530	7,99	9,772E-07
540	7,98	9,550E-07
550	7,98	9,550E-07
560	7,98	9,550E-07
570	7,97	9,333E-07
580	7,97	9,333E-07
590	7,97	9,333E-07

600	7,96	9,120E-07
610	7,96	9,120E-07
620	7,96	9,120E-07
630	7,96	9,120E-07
640	7,95	8,913E-07
650	7,95	8,913E-07
660	7,95	8,913E-07
670	7,95	8,913E-07
680	7,94	8,710E-07
690	7,94	8,710E-07
700	7,94	8,710E-07
710	7,94	8,710E-07
720	7,94	8,710E-07
730	7,93	8,511E-07
740	7,93	8,511E-07
750	7,93	8,511E-07
760	7,93	8,511E-07
770	7,93	8,511E-07
780	7,93	8,511E-07
790	7,92	8,318E-07
800	7,92	8,318E-07
810	7,92	8,318E-07
820	7,92	8,318E-07
830	7,92	8,318E-07
840	7,92	8,318E-07
850	7,91	8,128E-07
860	7,91	8,128E-07
870	7,91	8,128E-07
880	7,91	8,128E-07
890	7,91	8,128E-07
900	7,91	8,128E-07
910	7,91	8,128E-07
920	7,9	7,943E-07
930	7,9	7,943E-07
940	7,9	7,943E-07
950	7,9	7,943E-07
960	7,9	7,943E-07
970	7,9	7,943E-07
980	7,9	7,943E-07
990	7,89	7,762E-07
1000	7,89	7,762E-07
1010	7,89	7,762E-07
1020	7,89	7,762E-07

1030	7,89	7,762E-07
1040	7,89	7,762E-07
1050	7,89	7,762E-07
1060	7,89	7,762E-07
1070	7,89	7,762E-07
1080	7,89	7,762E-07
1090	7,89	7,762E-07
1100	7,89	7,762E-07
1110	7,88	7,586E-07
1120	7,88	7,586E-07
1130	7,88	7,586E-07
1140	7,88	7,586E-07
1150	7,88	7,586E-07
1160	7,88	7,586E-07
1170	7,88	7,586E-07
1180	7,88	7,586E-07
1190	7,88	7,586E-07
1200	7,88	7,586E-07
1210	7,88	7,586E-07
1220	7,88	7,586E-07
1230	7,88	7,586E-07
1240	7,87	7,413E-07
1250	7,87	7,413E-07
1260	7,87	7,413E-07
1270	7,87	7,413E-07
1280	7,87	7,413E-07
1290	7,87	7,413E-07
1300	7,87	7,413E-07
1310	7,87	7,413E-07
1320	7,87	7,413E-07
1330	7,87	7,413E-07
1340	7,87	7,413E-07
1350	7,87	7,413E-07
1360	7,87	7,413E-07
1370	7,87	7,413E-07
1380	7,87	7,413E-07
1390	7,87	7,413E-07
1400	7,87	7,413E-07

Πίνακας 3

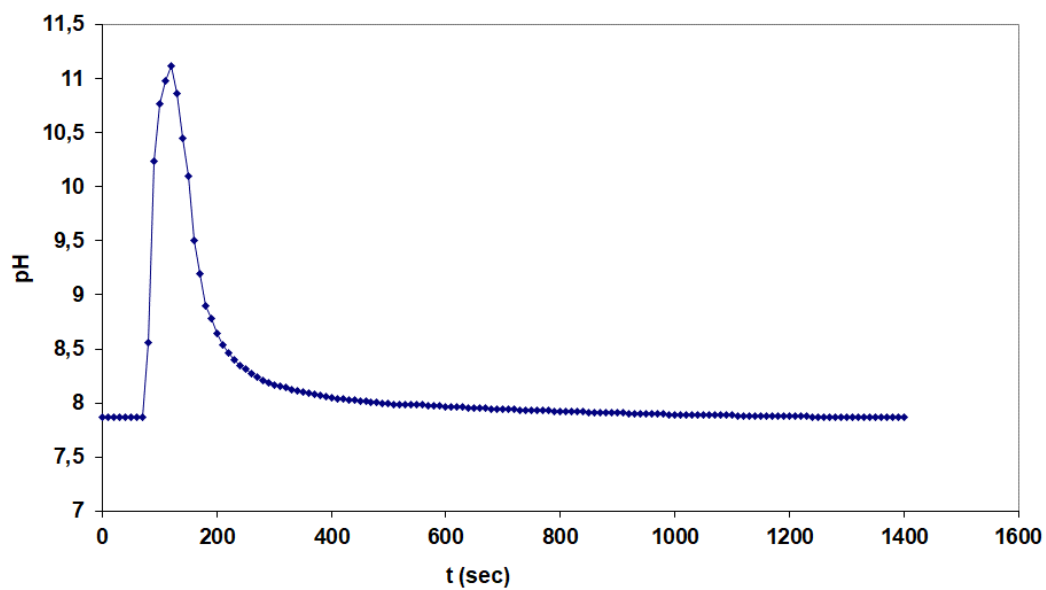
t (sec)	$y_i=S$ (mol/L) (8 th channel)	$x_i = \frac{y_{i-1} + y_i}{2}$	E_i	$x_i \cdot [E_i/E]$	$(x_i - \xi)^2$	$(x_i - \xi)^2 \cdot [E_i/E]$
0	7,413E-07					
10	7,413E-07	7,413E-07	7,413E-06	1,260E-10	6,019E-07	1,023E-10
20	7,413E-07	7,413E-07	7,413E-06	1,260E-10	6,019E-07	1,023E-10
30	7,413E-07	7,413E-07	7,413E-06	1,260E-10	6,019E-07	1,023E-10
40	7,413E-07	7,413E-07	7,413E-06	1,260E-10	6,019E-07	1,023E-10
50	7,413E-07	7,413E-07	7,413E-06	1,260E-10	6,019E-07	1,023E-10
60	7,413E-07	7,413E-07	7,413E-06	1,260E-10	6,019E-07	1,023E-10
70	7,413E-07	7,413E-07	7,413E-06	1,260E-10	6,019E-07	1,023E-10
80	3,631E-06	2,186E-06	2,186E-05	1,096E-09	5,996E-07	3,006E-10
90	1,738E-04	8,871E-05	8,871E-04	1,805E-06	4,731E-07	9,625E-09
100	5,888E-04	3,813E-04	3,813E-03	3,335E-05	1,562E-07	1,366E-08
110	9,550E-04	7,719E-04	7,719E-03	1,367E-04	2,144E-11	3,796E-12
120	1,318E-03	1,137E-03	1,137E-02	2,963E-04	1,297E-07	3,380E-08
130	7,244E-04	1,021E-03	1,021E-02	2,392E-04	5,993E-08	1,404E-08
140	2,818E-04	5,031E-04	5,031E-03	5,806E-05	7,475E-08	8,626E-09
150	1,259E-04	2,039E-04	2,039E-03	9,532E-06	3,280E-07	1,533E-08
160	3,162E-05	7,876E-05	7,876E-04	1,423E-06	4,869E-07	8,795E-09
170	1,585E-05	2,374E-05	2,374E-04	1,292E-07	5,667E-07	3,085E-09
180	7,943E-06	1,190E-05	1,190E-04	3,246E-08	5,847E-07	1,595E-09
190	6,026E-06	6,984E-06	6,984E-05	1,119E-08	5,922E-07	9,486E-10
200	4,365E-06	5,195E-06	5,195E-05	6,190E-09	5,950E-07	7,089E-10
210	3,467E-06	3,916E-06	3,916E-05	3,517E-09	5,970E-07	5,362E-10
220	2,884E-06	3,176E-06	3,176E-05	2,313E-09	5,981E-07	4,356E-10
230	2,512E-06	2,698E-06	2,698E-05	1,669E-09	5,988E-07	3,705E-10
240	2,239E-06	2,375E-06	2,375E-05	1,294E-09	5,993E-07	3,265E-10
250	2,042E-06	2,140E-06	2,140E-05	1,051E-09	5,997E-07	2,944E-10
260	1,862E-06	1,952E-06	1,952E-05	8,738E-10	6,000E-07	2,686E-10
270	1,738E-06	1,800E-06	1,800E-05	7,430E-10	6,002E-07	2,478E-10
280	1,622E-06	1,680E-06	1,680E-05	6,471E-10	6,004E-07	2,313E-10
290	1,549E-06	1,585E-06	1,585E-05	5,764E-10	6,006E-07	2,184E-10
300	1,479E-06	1,514E-06	1,514E-05	5,257E-10	6,007E-07	2,086E-10
310	1,413E-06	1,446E-06	1,446E-05	4,794E-10	6,008E-07	1,992E-10
320	1,380E-06	1,396E-06	1,396E-05	4,472E-10	6,009E-07	1,924E-10
330	1,318E-06	1,349E-06	1,349E-05	4,175E-10	6,009E-07	1,860E-10
340	1,288E-06	1,303E-06	1,303E-05	3,895E-10	6,010E-07	1,796E-10
350	1,259E-06	1,274E-06	1,274E-05	3,720E-10	6,011E-07	1,756E-10
360	1,230E-06	1,245E-06	1,245E-05	3,553E-10	6,011E-07	1,716E-10
370	1,202E-06	1,216E-06	1,216E-05	3,393E-10	6,011E-07	1,677E-10
380	1,175E-06	1,189E-06	1,189E-05	3,240E-10	6,012E-07	1,639E-10

390	1,148E-06	1,162E-06	1,162E-05	3,094E-10	6,012E-07	1,602E-10
400	1,122E-06	1,135E-06	1,135E-05	2,955E-10	6,013E-07	1,565E-10
410	1,096E-06	1,109E-06	1,109E-05	2,822E-10	6,013E-07	1,530E-10
420	1,096E-06	1,096E-06	1,096E-05	2,757E-10	6,013E-07	1,512E-10
430	1,072E-06	1,084E-06	1,084E-05	2,695E-10	6,013E-07	1,495E-10
440	1,072E-06	1,072E-06	1,072E-05	2,633E-10	6,014E-07	1,478E-10
450	1,047E-06	1,059E-06	1,059E-05	2,574E-10	6,014E-07	1,461E-10
460	1,047E-06	1,047E-06	1,047E-05	2,515E-10	6,014E-07	1,444E-10
470	1,023E-06	1,035E-06	1,035E-05	2,458E-10	6,014E-07	1,428E-10
480	1,023E-06	1,023E-06	1,023E-05	2,401E-10	6,014E-07	1,411E-10
490	1,000E-06	1,012E-06	1,012E-05	2,347E-10	6,015E-07	1,395E-10
500	1,000E-06	1,000E-06	1,000E-05	2,293E-10	6,015E-07	1,379E-10
510	9,772E-07	9,886E-07	9,886E-06	2,241E-10	6,015E-07	1,364E-10
520	9,772E-07	9,772E-07	9,772E-06	2,190E-10	6,015E-07	1,348E-10
530	9,772E-07	9,772E-07	9,772E-06	2,190E-10	6,015E-07	1,348E-10
540	9,550E-07	9,661E-07	9,661E-06	2,141E-10	6,015E-07	1,333E-10
550	9,550E-07	9,550E-07	9,550E-06	2,092E-10	6,015E-07	1,317E-10
560	9,550E-07	9,550E-07	9,550E-06	2,092E-10	6,015E-07	1,317E-10
570	9,333E-07	9,441E-07	9,441E-06	2,044E-10	6,016E-07	1,303E-10
580	9,333E-07	9,333E-07	9,333E-06	1,997E-10	6,016E-07	1,288E-10
590	9,333E-07	9,333E-07	9,333E-06	1,997E-10	6,016E-07	1,288E-10
600	9,120E-07	9,226E-07	9,226E-06	1,952E-10	6,016E-07	1,273E-10
610	9,120E-07	9,120E-07	9,120E-06	1,908E-10	6,016E-07	1,258E-10
620	9,120E-07	9,120E-07	9,120E-06	1,908E-10	6,016E-07	1,258E-10
630	9,120E-07	9,120E-07	9,120E-06	1,908E-10	6,016E-07	1,258E-10
640	8,913E-07	9,016E-07	9,016E-06	1,864E-10	6,016E-07	1,244E-10
650	8,913E-07	8,913E-07	8,913E-06	1,822E-10	6,016E-07	1,230E-10
660	8,913E-07	8,913E-07	8,913E-06	1,822E-10	6,016E-07	1,230E-10
670	8,913E-07	8,913E-07	8,913E-06	1,822E-10	6,016E-07	1,230E-10
680	8,710E-07	8,811E-07	8,811E-06	1,780E-10	6,017E-07	1,216E-10
690	8,710E-07	8,710E-07	8,710E-06	1,740E-10	6,017E-07	1,202E-10
700	8,710E-07	8,710E-07	8,710E-06	1,740E-10	6,017E-07	1,202E-10
710	8,710E-07	8,710E-07	8,710E-06	1,740E-10	6,017E-07	1,202E-10
720	8,710E-07	8,710E-07	8,710E-06	1,740E-10	6,017E-07	1,202E-10
730	8,511E-07	8,611E-07	8,611E-06	1,700E-10	6,017E-07	1,188E-10
740	8,511E-07	8,511E-07	8,511E-06	1,661E-10	6,017E-07	1,175E-10
750	8,511E-07	8,511E-07	8,511E-06	1,661E-10	6,017E-07	1,175E-10
760	8,511E-07	8,511E-07	8,511E-06	1,661E-10	6,017E-07	1,175E-10
770	8,511E-07	8,511E-07	8,511E-06	1,661E-10	6,017E-07	1,175E-10
780	8,511E-07	8,511E-07	8,511E-06	1,661E-10	6,017E-07	1,175E-10
790	8,318E-07	8,415E-07	8,415E-06	1,624E-10	6,017E-07	1,161E-10
800	8,318E-07	8,318E-07	8,318E-06	1,587E-10	6,017E-07	1,148E-10
810	8,318E-07	8,318E-07	8,318E-06	1,587E-10	6,017E-07	1,148E-10

820	8,318E-07	8,318E-07	8,318E-06	1,587E-10	6,017E-07	1,148E-10
830	8,318E-07	8,318E-07	8,318E-06	1,587E-10	6,017E-07	1,148E-10
840	8,318E-07	8,318E-07	8,318E-06	1,587E-10	6,017E-07	1,148E-10
850	8,128E-07	8,223E-07	8,223E-06	1,551E-10	6,018E-07	1,135E-10
860	8,128E-07	8,128E-07	8,128E-06	1,515E-10	6,018E-07	1,122E-10
870	8,128E-07	8,128E-07	8,128E-06	1,515E-10	6,018E-07	1,122E-10
880	8,128E-07	8,128E-07	8,128E-06	1,515E-10	6,018E-07	1,122E-10
890	8,128E-07	8,128E-07	8,128E-06	1,515E-10	6,018E-07	1,122E-10
900	8,128E-07	8,128E-07	8,128E-06	1,515E-10	6,018E-07	1,122E-10
910	8,128E-07	8,128E-07	8,128E-06	1,515E-10	6,018E-07	1,122E-10
920	7,943E-07	8,036E-07	8,036E-06	1,481E-10	6,018E-07	1,109E-10
930	7,943E-07	7,943E-07	7,943E-06	1,447E-10	6,018E-07	1,096E-10
940	7,943E-07	7,943E-07	7,943E-06	1,447E-10	6,018E-07	1,096E-10
950	7,943E-07	7,943E-07	7,943E-06	1,447E-10	6,018E-07	1,096E-10
960	7,943E-07	7,943E-07	7,943E-06	1,447E-10	6,018E-07	1,096E-10
970	7,943E-07	7,943E-07	7,943E-06	1,447E-10	6,018E-07	1,096E-10
980	7,943E-07	7,943E-07	7,943E-06	1,447E-10	6,018E-07	1,096E-10
990	7,762E-07	7,853E-07	7,853E-06	1,414E-10	6,018E-07	1,084E-10
1000	7,762E-07	7,762E-07	7,762E-06	1,382E-10	6,018E-07	1,071E-10
1010	7,762E-07	7,762E-07	7,762E-06	1,382E-10	6,018E-07	1,071E-10
1020	7,762E-07	7,762E-07	7,762E-06	1,382E-10	6,018E-07	1,071E-10
1030	7,762E-07	7,762E-07	7,762E-06	1,382E-10	6,018E-07	1,071E-10
1040	7,762E-07	7,762E-07	7,762E-06	1,382E-10	6,018E-07	1,071E-10
1050	7,762E-07	7,762E-07	7,762E-06	1,382E-10	6,018E-07	1,071E-10
1060	7,762E-07	7,762E-07	7,762E-06	1,382E-10	6,018E-07	1,071E-10
1070	7,762E-07	7,762E-07	7,762E-06	1,382E-10	6,018E-07	1,071E-10
1080	7,762E-07	7,762E-07	7,762E-06	1,382E-10	6,018E-07	1,071E-10
1090	7,762E-07	7,762E-07	7,762E-06	1,382E-10	6,018E-07	1,071E-10
1100	7,762E-07	7,762E-07	7,762E-06	1,382E-10	6,018E-07	1,071E-10
1110	7,586E-07	7,674E-07	7,674E-06	1,351E-10	6,018E-07	1,059E-10
1120	7,586E-07	7,586E-07	7,586E-06	1,320E-10	6,019E-07	1,047E-10
1130	7,586E-07	7,586E-07	7,586E-06	1,320E-10	6,019E-07	1,047E-10
1140	7,586E-07	7,586E-07	7,586E-06	1,320E-10	6,019E-07	1,047E-10
1150	7,586E-07	7,586E-07	7,586E-06	1,320E-10	6,019E-07	1,047E-10
1160	7,586E-07	7,586E-07	7,586E-06	1,320E-10	6,019E-07	1,047E-10
1170	7,586E-07	7,586E-07	7,586E-06	1,320E-10	6,019E-07	1,047E-10
1180	7,586E-07	7,586E-07	7,586E-06	1,320E-10	6,019E-07	1,047E-10
1190	7,586E-07	7,586E-07	7,586E-06	1,320E-10	6,019E-07	1,047E-10
1200	7,586E-07	7,586E-07	7,586E-06	1,320E-10	6,019E-07	1,047E-10
1210	7,586E-07	7,586E-07	7,586E-06	1,320E-10	6,019E-07	1,047E-10
1220	7,586E-07	7,586E-07	7,586E-06	1,320E-10	6,019E-07	1,047E-10
1230	7,586E-07	7,586E-07	7,586E-06	1,320E-10	6,019E-07	1,047E-10
1240	7,413E-07	7,499E-07	7,499E-06	1,290E-10	6,019E-07	1,035E-10

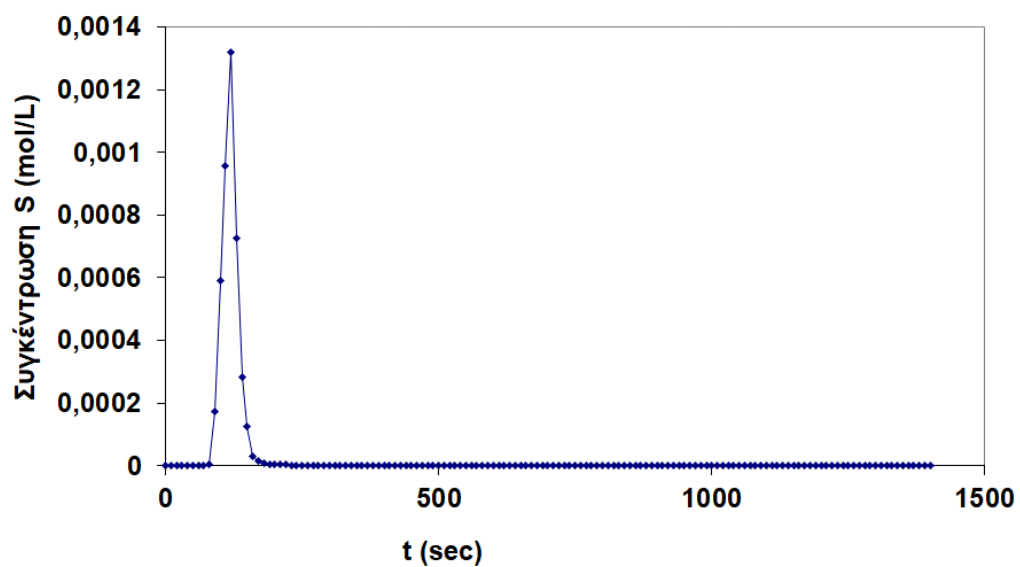
1250	7,413E-07	7,413E-07	7,413E-06	1,260E-10	6,019E-07	1,023E-10
1260	7,413E-07	7,413E-07	7,413E-06	1,260E-10	6,019E-07	1,023E-10
1270	7,413E-07	7,413E-07	7,413E-06	1,260E-10	6,019E-07	1,023E-10
1280	7,413E-07	7,413E-07	7,413E-06	1,260E-10	6,019E-07	1,023E-10
1290	7,413E-07	7,413E-07	7,413E-06	1,260E-10	6,019E-07	1,023E-10
1300	7,413E-07	7,413E-07	7,413E-06	1,260E-10	6,019E-07	1,023E-10
1310	7,413E-07	7,413E-07	7,413E-06	1,260E-10	6,019E-07	1,023E-10
1320	7,413E-07	7,413E-07	7,413E-06	1,260E-10	6,019E-07	1,023E-10
1330	7,413E-07	7,413E-07	7,413E-06	1,260E-10	6,019E-07	1,023E-10
1340	7,413E-07	7,413E-07	7,413E-06	1,260E-10	6,019E-07	1,023E-10
1350	7,413E-07	7,413E-07	7,413E-06	1,260E-10	6,019E-07	1,023E-10
1360	7,413E-07	7,413E-07	7,413E-06	1,260E-10	6,019E-07	1,023E-10
1370	7,413E-07	7,413E-07	7,413E-06	1,260E-10	6,019E-07	1,023E-10
1380	7,413E-07	7,413E-07	7,413E-06	1,260E-10	6,019E-07	1,023E-10
1390	7,413E-07	7,413E-07	7,413E-06	1,260E-10	6,019E-07	1,023E-10
1400	7,413E-07	7,413E-07	7,413E-06	1,260E-10	6,019E-07	1,023E-10
			$E = \sum_{i=1}^n E_i$ = 0,04360	$\xi = \sum_{i=1}^n x_i \frac{E_i}{E}$ =0,0007765	$\sigma^2 = \sum_{i=1}^n (x_i - \xi)^2 \frac{E_i}{E}$ =1,277E-07	
					$\sigma = 0,0003574$	
	$\lambda = 0,31$				$\sigma/\xi = 0,4602$	
	$\Delta t = 10 \text{ sec}$				$d = 0,1533$	
					$N_{\text{Peclet}} = 1/d = 6,522$	
					$u = 0,8637 \text{ cm/sec}$	
					$L = 120 \text{ cm}$	
					$D = d \cdot u \cdot L = 15,89 \text{ cm}^2/\text{sec}$	

Σχήμα 1



Σχήμα 1. Στην περίπτωση που χρησιμοποιείται σαν ιχνηθέτης αμμωνία ή καυστικό νάτριο και pHμετρο.

Σχήμα 2



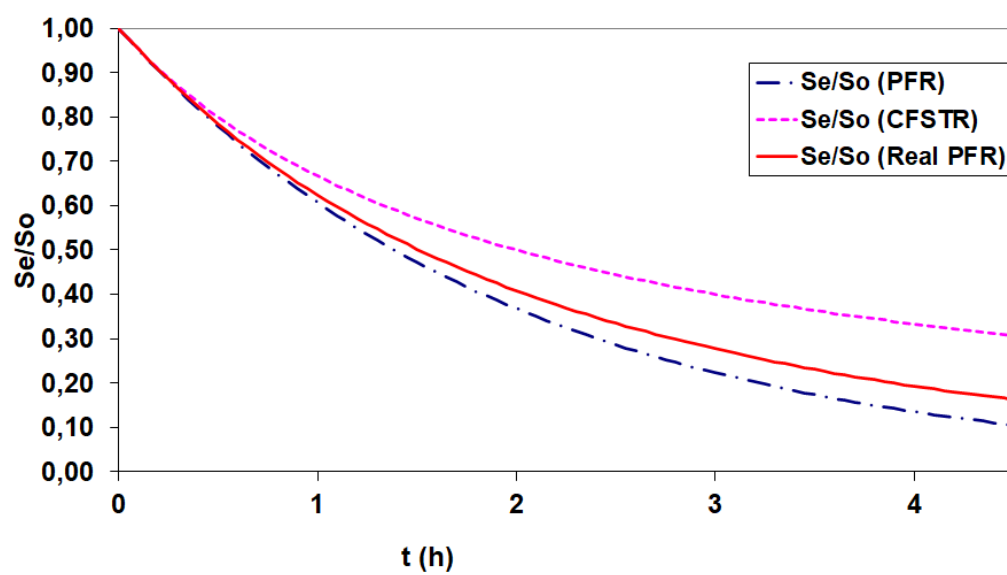
Σχήμα 2. Στην περίπτωση που χρησιμοποιείται σαν ιχνηθέτης αμμωνία ή καυστικό νάτριο, οι μετρήσεις καταγράφονται από ένα pHμετρο, υπολογίζουμε την συγκέντρωση S.

Πίνακας 4

t(h)	β	α	S_e/S_o (PFR)	S_e/S_o (CFSTR)	S_e/S_o (Real PFR)
0	26,07	1,000	1,0000	1,0000	1,0000
0,1	26,07	1,015	0,9512	0,9524	0,9515
0,2	26,07	1,030	0,9048	0,9091	0,9060
0,3	26,07	1,045	0,8607	0,8696	0,8631
0,4	26,07	1,060	0,8187	0,8333	0,8228
0,5	26,07	1,074	0,7788	0,8000	0,7848
0,6	26,07	1,088	0,7408	0,7692	0,7489
0,7	26,07	1,102	0,7047	0,7407	0,7151
0,8	26,07	1,116	0,6703	0,7143	0,6831
0,9	26,07	1,130	0,6376	0,6897	0,6529
1	26,07	1,143	0,6065	0,6667	0,6243
1,1	26,07	1,156	0,5769	0,6452	0,5973
1,2	26,07	1,170	0,5488	0,6250	0,5717
1,3	26,07	1,183	0,5220	0,6061	0,5474
1,4	26,07	1,196	0,4966	0,5882	0,5243
1,5	26,07	1,208	0,4724	0,5714	0,5025
1,6	26,07	1,221	0,4493	0,5556	0,4817
1,7	26,07	1,233	0,4274	0,5405	0,4620
1,8	26,07	1,246	0,4066	0,5263	0,4433
1,9	26,07	1,258	0,3867	0,5128	0,4255
2	26,07	1,270	0,3679	0,5000	0,4085
2,1	26,07	1,282	0,3499	0,4878	0,3924
2,2	26,07	1,294	0,3329	0,4762	0,3770
2,3	26,07	1,306	0,3166	0,4651	0,3623
2,4	26,07	1,318	0,3012	0,4545	0,3484
2,5	26,07	1,329	0,2865	0,4444	0,3350
2,6	26,07	1,341	0,2725	0,4348	0,3223
2,7	26,07	1,352	0,2592	0,4255	0,3102
2,8	26,07	1,363	0,2466	0,4167	0,2986
2,9	26,07	1,375	0,2346	0,4082	0,2875
3	26,07	1,386	0,2231	0,4000	0,2769
3,1	26,07	1,397	0,2122	0,3922	0,2668
3,2	26,07	1,408	0,2019	0,3846	0,2571
3,3	26,07	1,418	0,1920	0,3774	0,2479
3,4	26,07	1,429	0,1827	0,3704	0,2390
3,5	26,07	1,440	0,1738	0,3636	0,2305
3,6	26,07	1,451	0,1653	0,3571	0,2224
3,7	26,07	1,461	0,1572	0,3509	0,2146
3,8	26,07	1,472	0,1496	0,3448	0,2071
3,9	26,07	1,482	0,1423	0,3390	0,1999
4	26,07	1,492	0,1353	0,3333	0,1931
4,1	26,07	1,502	0,1287	0,3279	0,1865
4,2	26,07	1,513	0,1225	0,3226	0,1801
4,3	26,07	1,523	0,1165	0,3175	0,1741
4,4	26,07	1,533	0,1108	0,3125	0,1682
4,5	26,07	1,543	0,1054	0,3077	0,1626

Παρατήρηση: χρησιμοποιήστε την πειραματική τιμή του d για το 8^ο κανάλι και σταθερά ταχύτητας αντίδρασης $k = 0,5 \text{ h}^{-1}$

Σχήμα 3



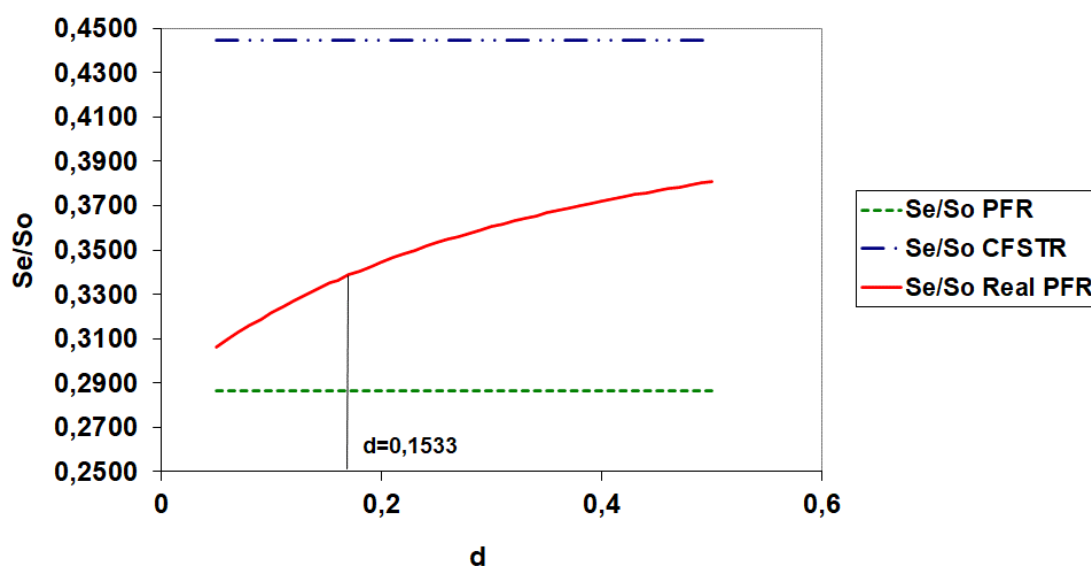
Σχήμα 3. Εξάρτηση του λόγου S_e/S_o από το χρόνο παραμονής στον αντιδραστήρα (η άνω καμπύλη αντιστοιχεί στο CFSTR και η κάτω καμπύλη αντιστοιχεί στον PFR).

Πίνακας 5

d	β	α	S_e/S_o (PFR)	S_e/S_o (CFSTR)	S_e/S_o (Real PFR)
0,05	22026,466	1,118	0,2865	0,4444	0,3062
0,06	4160,262	1,140	0,2865	0,4444	0,3096
0,07	1265,038	1,162	0,2865	0,4444	0,3129
0,08	518,013	1,183	0,2865	0,4444	0,3160
0,09	258,671	1,204	0,2865	0,4444	0,3189
0,1	148,413	1,225	0,2865	0,4444	0,3217
0,11	94,203	1,245	0,2865	0,4444	0,3245
0,12	64,500	1,265	0,2865	0,4444	0,3271
0,13	46,813	1,285	0,2865	0,4444	0,3296
0,14	35,567	1,304	0,2865	0,4444	0,3320
0,1533	26,070	1,329	0,2865	0,4444	0,3350
0,16	22,760	1,342	0,2865	0,4444	0,3365
0,17	18,938	1,360	0,2865	0,4444	0,3386
0,18	16,083	1,378	0,2865	0,4444	0,3407
0,19	13,896	1,396	0,2865	0,4444	0,3427
0,2	12,182	1,414	0,2865	0,4444	0,3446
0,21	10,815	1,432	0,2865	0,4444	0,3464
0,22	9,706	1,449	0,2865	0,4444	0,3482
0,23	8,793	1,466	0,2865	0,4444	0,3499
0,24	8,031	1,483	0,2865	0,4444	0,3516
0,25	7,389	1,500	0,2865	0,4444	0,3532
0,26	6,842	1,517	0,2865	0,4444	0,3548
0,27	6,372	1,533	0,2865	0,4444	0,3563
0,28	5,964	1,549	0,2865	0,4444	0,3577
0,29	5,608	1,565	0,2865	0,4444	0,3591
0,3	5,294	1,581	0,2865	0,4444	0,3605
0,31	5,017	1,597	0,2865	0,4444	0,3618
0,32	4,771	1,612	0,2865	0,4444	0,3631
0,33	4,550	1,628	0,2865	0,4444	0,3643
0,34	4,352	1,643	0,2865	0,4444	0,3655
0,35	4,173	1,658	0,2865	0,4444	0,3667
0,36	4,010	1,673	0,2865	0,4444	0,3678
0,37	3,863	1,688	0,2865	0,4444	0,3690
0,38	3,728	1,703	0,2865	0,4444	0,3700
0,39	3,604	1,718	0,2865	0,4444	0,3711
0,4	3,490	1,732	0,2865	0,4444	0,3721
0,41	3,386	1,746	0,2865	0,4444	0,3731
0,42	3,289	1,761	0,2865	0,4444	0,3740
0,43	3,199	1,775	0,2865	0,4444	0,3750
0,44	3,115	1,789	0,2865	0,4444	0,3759
0,45	3,038	1,803	0,2865	0,4444	0,3768
0,46	2,965	1,817	0,2865	0,4444	0,3777
0,47	2,897	1,830	0,2865	0,4444	0,3785
0,48	2,834	1,844	0,2865	0,4444	0,3793
0,49	2,774	1,857	0,2865	0,4444	0,3801
0,5	2,718	1,871	0,2865	0,4444	0,3809

Παρατήρηση: χρησιμοποιήστε την τιμή $t=2,5$ h και σταθερά ταχύτητας αντίδρασης $k = 0,5$ h⁻¹

Σχήμα 4



Σχήμα 4. Εξάρτηση του λόγου S_e/S_o από τον παράγοντα διασποράς d . Η άνω παράλληλη ευθεία γραμμή αντιστοιχεί σε ιδανικό CFSTR με απόδοση $1-0,4444=0,5556$ ή 55,56%. Η κάτω παράλληλη ευθεία γραμμή αντιστοιχεί σε ιδανικό PFR με απόδοση $1-0,2865=0,7135$ ή 71,35%. Η καμπύλη γραμμή αντιστοιχεί σε πραγματικό PFR (με διασπορά). Όλες τις γραμμές έχουν σχεδιαστεί για χρόνο παραμονής $t=2,5$ h.

Κατασκευή Διαγράμματος Κόστους:

Μπορούμε να κατασκευάσουμε την καμπύλη που απεικονίζει τη μεταβολή συνολικού κόστους σε σχέση με την απόδοση του αντιδραστήρα (Σχήμα 5, Πίνακας 6).

Ποιο συμπέρασμα εξάγεται από τη μορφή της καμπύλης αυτής;

Δίνονται:

$$Q = u \cdot A,$$

$$k = 12 \, d^{-1} = \frac{12}{24} \, h^{-1} = 0.5 \, h^{-1},$$

$$\text{Κόστος } K = 250 \cdot L,$$

όπου L = μήκος του PFR σε m,

$$Q = 90 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = \text{παροχή, και}$$

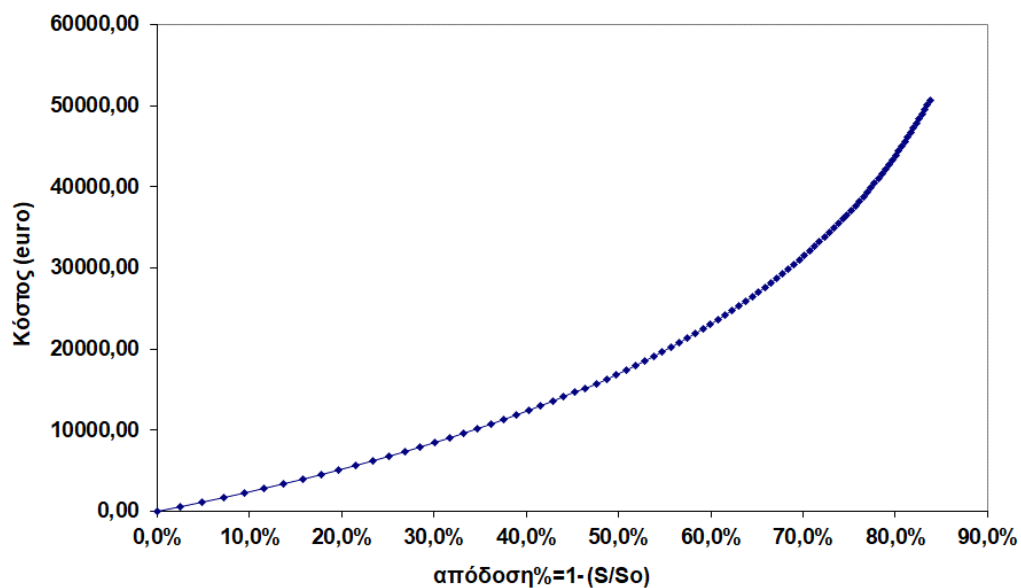
$$A = 2 \text{m}^2 = \text{διατομή}$$

Πίνακας 6

t(h)	β	α	S_e/S_o (Real PFR)	Απόδοση %= $1-S_e/S_o$	L (m)	COST (€)
0	26,07	1,000	1,0000	0,00%	0,00	0,00
0,1	26,07	1,015	0,9515	4,85%	4,50	1125,00
0,2	26,07	1,030	0,9060	9,40%	9,00	2250,00
0,3	26,07	1,045	0,8631	13,69%	13,50	3375,00
0,4	26,07	1,060	0,8228	17,72%	18,00	4500,00
0,5	26,07	1,074	0,7848	21,52%	22,50	5625,00
0,6	26,07	1,088	0,7489	25,11%	27,00	6750,00
0,7	26,07	1,102	0,7151	28,49%	31,50	7875,00
0,8	26,07	1,116	0,6831	31,69%	36,00	9000,00
0,9	26,07	1,130	0,6529	34,71%	40,50	10125,00
1	26,07	1,143	0,6243	37,57%	45,00	11250,00
1,1	26,07	1,156	0,5973	40,27%	49,50	12375,00
1,2	26,07	1,170	0,5717	42,83%	54,00	13500,00
1,3	26,07	1,183	0,5474	45,26%	58,50	14625,00
1,4	26,07	1,196	0,5243	47,57%	63,00	15750,00
1,5	26,07	1,208	0,5025	49,75%	67,50	16875,00
1,6	26,07	1,221	0,4817	51,83%	72,00	18000,00
1,7	26,07	1,233	0,4620	53,80%	76,50	19125,00
1,8	26,07	1,246	0,4433	55,67%	81,00	20250,00
1,9	26,07	1,258	0,4255	57,45%	85,50	21375,00
2	26,07	1,270	0,4085	59,15%	90,00	22500,00
2,1	26,07	1,282	0,3924	60,76%	94,50	23625,00
2,2	26,07	1,294	0,3770	62,30%	99,00	24750,00
2,3	26,07	1,306	0,3623	63,77%	103,50	25875,00
2,4	26,07	1,318	0,3484	65,16%	108,00	27000,00
2,5	26,07	1,329	0,3350	66,50%	112,50	28125,00
2,6	26,07	1,341	0,3223	67,77%	117,00	29250,00
2,7	26,07	1,352	0,3102	68,98%	121,50	30375,00
2,8	26,07	1,363	0,2986	70,14%	126,00	31500,00
2,9	26,07	1,375	0,2875	71,25%	130,50	32625,00
3	26,07	1,386	0,2769	72,31%	135,00	33750,00
3,1	26,07	1,397	0,2668	73,32%	139,50	34875,00
3,2	26,07	1,408	0,2571	74,29%	144,00	36000,00
3,3	26,07	1,418	0,2479	75,21%	148,50	37125,00
3,4	26,07	1,429	0,2390	76,10%	153,00	38250,00
3,5	26,07	1,440	0,2305	76,95%	157,50	39375,00
3,6	26,07	1,451	0,2224	77,76%	162,00	40500,00
3,7	26,07	1,461	0,2146	78,54%	166,50	41625,00
3,8	26,07	1,472	0,2071	79,29%	171,00	42750,00
3,9	26,07	1,482	0,1999	80,01%	175,50	43875,00
4	26,07	1,492	0,1931	80,69%	180,00	45000,00
4,1	26,07	1,502	0,1865	81,35%	184,50	46125,00
4,2	26,07	1,513	0,1801	81,99%	189,00	47250,00
4,3	26,07	1,523	0,1741	82,59%	193,50	48375,00
4,4	26,07	1,533	0,1682	83,18%	198,00	49500,00
4,5	26,07	1,543	0,1626	83,74%	202,50	50625,00

Παρατήρηση: χρησιμοποιήστε το d που βρήκατε πειραματικά για το 8° κανάλι, $k = 0,5 \text{ h}^{-1}$, $A = 2 \text{ m}^2$, $Q = 90 \text{ m}^3/\text{h}$, $u = Q/A = 45 \text{ m/h}$, $\text{COST}/\text{m} = 250 \text{ €/m}$.

Σχήμα 5



Συμπέρασμα

Κατασκευή Διαγράμματος Κόστους: Ποιο συμπέρασμα εξάγεται από τη μορφή της καμπύλης αυτής;

Κατασκευάσαμε την καμπύλη που απεικονίζει τη μεταβολή συνολικού κόστους σε σχέση με την απόδοση του αντιδραστήρα (Σχήμα 5, Πίνακας 6). Από τη μορφή της καμπύλης αυτής μπορούμε να συμπεράνουμε ότι το κόστος κατασκευής αυξάνει δυσανάλογα πολύ για μικρή σχετικά αύξηση της απόδοσης του PFR.

Παράρτημα 1

Ημερομηνία:	31/3/2021
Ονοματεπώνυμο / υπογραφή φοιτητή	Σιδηράς Δημήτρης
Ομάδα:	Π.χ. 37

Εργαστηριακή Άσκηση 3. Μελέτη Αυλωτού Αντιδραστήρα (PFR). Εφαρμογή στην επεξεργασία υγρών αποβλήτων

πλάτος w	5	cm
βάθος h	4	cm
διατομή $A=w \cdot h$		cm ²
ταχύτητα $u=Q/A$		cm/sec
L	120	cm

Πίνακας Π1. Μέτρηση παροχής

Δt (sec)	ΔV (ml)
15	250
15	260
15	260
15	260
15	262
15	260
15	260
15	260
15	260
15	260

Πίνακας Π2. Μέτρηση pH αφού ρίξουμε ιχνηθέτη NH_3 (Solution NH_3 was dropped at the beginning of the 8th channel. pH-meter at 120 cm at the end of the 8th channel.)

t (sec)	pH (8 th channel)
0	7,87
10	7,87
20	7,87
30	7,87
40	7,87
50	7,87
60	7,87
70	7,87
80	8,56
90	10,24
100	10,77
110	10,98
120	11,12
130	10,86

140	10,45
150	10,1
160	9,5
170	9,2
180	8,9
190	8,78
200	8,64
210	8,54
220	8,46
230	8,4
240	8,35
250	8,31
260	8,27
270	8,24
280	8,21
290	8,19
300	8,17
310	8,15
320	8,14
330	8,12
340	8,11
350	8,1
360	8,09
370	8,08
380	8,07
390	8,06
400	8,05
410	8,04
420	8,04
430	8,03
440	8,03
450	8,02
460	8,02
470	8,01
480	8,01
490	8
500	8
510	7,99
520	7,99
530	7,99
540	7,98
550	7,98
560	7,98

570	7,97
580	7,97
590	7,97
600	7,96
610	7,96
620	7,96
630	7,96
640	7,95
650	7,95
660	7,95
670	7,95
680	7,94
690	7,94
700	7,94
710	7,94
720	7,94
730	7,93
740	7,93
750	7,93
760	7,93
770	7,93
780	7,93
790	7,92
800	7,92
810	7,92
820	7,92
830	7,92
840	7,92
850	7,91
860	7,91
870	7,91
880	7,91
890	7,91
900	7,91
910	7,91
920	7,9
930	7,9
940	7,9
950	7,9
960	7,9
970	7,9
980	7,9
990	7,89

1000	7,89
1010	7,89
1020	7,89
1030	7,89
1040	7,89
1050	7,89
1060	7,89
1070	7,89
1080	7,89
1090	7,89
1100	7,89
1110	7,88
1120	7,88
1130	7,88
1140	7,88
1150	7,88
1160	7,88
1170	7,88
1180	7,88
1190	7,88
1200	7,88
1210	7,88
1220	7,88
1230	7,88
1240	7,87
1250	7,87
1260	7,87
1270	7,87
1280	7,87
1290	7,87
1300	7,87
1310	7,87
1320	7,87
1330	7,87
1340	7,87
1350	7,87
1360	7,87
1370	7,87
1380	7,87
1390	7,87
1400	7,87