

## ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ - ΦΡΟΝΤΙΣΤΗΡΙΟ #2

### ΑΣΚΗΣΗ 1

Μια σχάρα έχει ράβδους υπό γωνία  $40^\circ$  με την κατακόρυφο. Οι στρογγυλεμένες ράβδοι έχουν διάμετρο 20 mm και διάκενα 25 mm. Βρείτε την υδραυλική απώλεια όταν η σχάρα είναι καθαρή και η ταχύτητα των αποβλήτων στο κανάλι είναι 1m/s.

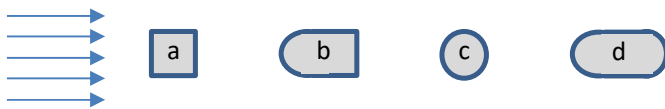
### Λύση

Σύμφωνα με τη σχέση 5.2 των σημειώσεων, οι απώλειες για καθαρή σχάρα ( $h_k$  σε m) υπολογίζονται από τη σχέση:

$$h_k = \beta \left(\frac{\rho}{\delta}\right)^{\frac{4}{3}} \frac{V^2}{2g} \eta \mu \theta$$

Όπου

$\beta$  : συντελεστής σχήματος ράβδου

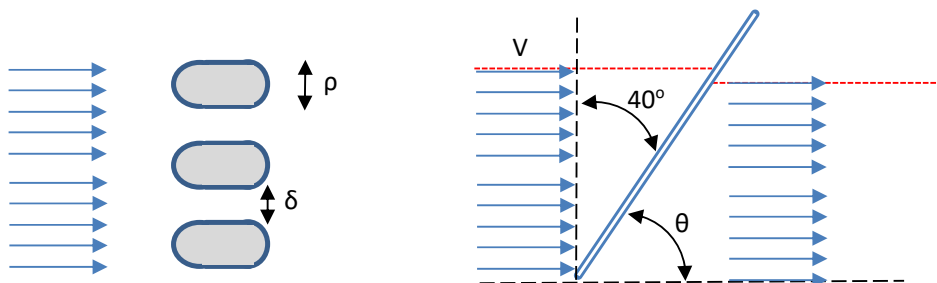


**2.42** for sharp edge rectangular bar (a),

**1.83** for rectangular bar with semicircle upstream (b),

**1.79** for circular bar (c) and

**1.67** for rectangular bar with both u/s and d/s face as semicircular (d).



$\rho$  : πάχος ράβδων

$\delta$  : πλάτος διακένων

$V$  : η ταχύτητα ροής στο κανάλι της σχάρας

$\theta$  : η γωνία με την οριζόντιο

$$h_k = 1.67 \left(\frac{20}{25}\right)^{\frac{4}{3}} \frac{1^2}{2 \cdot 9.81} \eta \mu(50^\circ) = 0.049 \text{ m}$$

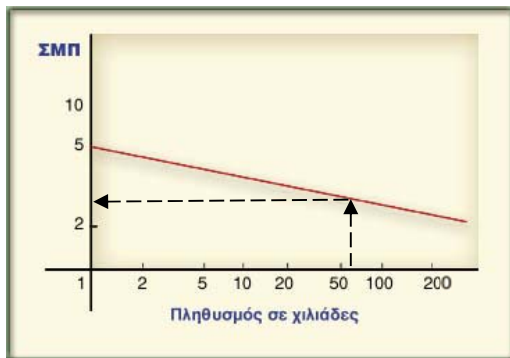
## ΑΣΚΗΣΗ 2

Να σχεδιαστεί αμμοσυλλέκτης με αναλογικό υπερχειλιστή με ορθογώνιο κανάλι εξαμωτή για την εξυπηρέτηση μιας πόλης 60.000 κατοίκων με μέση ημερήσια παροχή 150 l/cap/d και με δεδομένα τα ακόλουθα:

- Ταχύτητα ροής στον αμμοσυλλέκτη  $V=0.3$  m/s
- Πυκνότητα άμμου  $\rho_a = 2.65$  g/cm<sup>3</sup>
- Ιξώδες νερού  $\mu_{H_2O} = 1.139 \cdot 10^{-3}$  N s/m<sup>2</sup> (15° C)
- Διάμετρος κρίσιμου σωματιδίου  $d = 0.15$  mm

## Λύση

Υπολογίζουμε τον συντελεστή μέγιστης παροχής (ΣΜΠ) από το σχηματικό διάγραμμα :



Σχήμα 2.4 Συντελεστής μέγιστης παροχής για κατοικημένες περιοχές

$$\Sigma\text{ΜΠ} = Q_{\text{max}}/Q_{\text{avg}} = 3.1$$

$$Q_{\text{max}} = 3.1 * 150 \text{ L/cap} * d * 60000 = 27900000 \text{ L/d} = 27900 \text{ m}^3/\text{d}$$

Εστω ότι έχω 3 κανάλια ροής και σε καθένα από έναν αμμοσυλλέκτη. Οπότε έχω:

$$Q_{\text{max}}' = Q_{\text{max}}/3 = 0.108 \text{ m}^3/\text{s}$$

Βήματα σχεδιασμού:

1. Επιλέγω το πλάτος του καναλιού  $W = 1.5$  m

2. Υπολογίζω το βάθος του καναλιού:

$$h_{\text{max}} = Q_{\text{max}}' / (W * V) = 0.108 / (0.3 * 1.5) = 0.24 \text{ m. Εστω συντελεστής ασφάλειας} = 2, \text{ οπότε}$$

$$H_{\text{max}} = 2 * h_{\text{max}} = 0.48 \text{ m}$$

3. Υπολογίζω την επιφάνεια του αμμοσυλλέκτη:

$$A = Q_{\text{max}}' / V_c = 0.108 / 0.018 = 6 \text{ m}^2$$

Για  $Re < 10^4$  (στρωτή ροή) ισχύει ο Νόμος του Stokes:

$$V_c = \frac{g(\rho_\sigma - \rho) d^2}{18 \mu} = \frac{9.81 \frac{m}{s^2} (2.65 - 1) \frac{g}{cm^3} 10^{-3} \frac{kg}{g} 10^6 \frac{cm^3}{m^3} * (0.15 \cdot 10^{-3} m)^2}{18 * 1.139 \cdot 10^{-3} \frac{Ns}{m^2}} = 0.018 \text{ m/s}$$

4. Υπολογίζω το μήκος του αμμοσυλλέκτη:

$$L = \Sigma A * A/W = 1.5 * 6/1.5 = 6 \text{ m}$$

5. Αναλογικός υπερχειλιστής :

Εστω  $\alpha = 0.05$  και  $c = 0.62$

Η διάσταση  $b$  του αμμοσυλλέκτη υπολογίζεται από τη σχέση :

$$b = \frac{Q'_{max}}{c * h_{max} * \sqrt{2 g \alpha}} = \frac{0.108}{0.62 * 0.24 * \sqrt{2 * 9.81 * 0.05}} = 0.73 \text{ m}$$

### ΑΣΚΗΣΗ 3

Για τα δεδομένα παροχής και συγκέντρωσης BOD που δίνονται στον ακόλουθο πίνακα προσδιορίστε :

- 1) τον όγκο αποθήκευσης που απαιτείται για την εξισορρόπηση της παροχής και
- 2) την επίδραση της εξισορρόπησης αυτής στο ρυθμό φόρτισης του BOD.

Χρονική περίοδος	Μέση παροχή κατά τη διάρκεια της χρονικής περιόδου, m <sup>3</sup> /s	Μέση συγκέντρωση BOD κατά τη διάρκεια της χρονικής περιόδου, mg/L	Αθροιστικός όγκος της παροχής στο τέλος της χρονικής περιόδου, m <sup>3</sup>	Φόρτιση BOD κατά τη διάρκεια της χρονικής περιόδου, Kg/h
M – 1	0.275	150		
1-2	0.220	115		
2-3	0.165	75		
3-4	0.130	50		
4-5	0.105	45		
5-6	0.100	60		
6-7	0.120	90		
7-8	0.205	130		
8-9	0.355	175		
9-10	0.410	200		
10-11	0.425	215		
11-M	0.430	220		
M-1	0.425	220		
1-2	0.405	210		
2-3	0.385	200		
3-4	0.350	190		
4-5	0.325	180		
5-6	0.325	170		
6-7	0.330	175		
7-8	0.365	210		
8-9	0.400	280		
9-10	0.400	305		
10-11	0.380	245		
11-M	0.345	180		
Μέση				

### Λύση

1. Προσδιορίζουμε τον όγκο της δεξαμενής που απαιτείται για την εξισορρόπηση της παροχής.

α. Το πρώτο βήμα είναι να κατασκευάσουμε μια καμπύλη αθροιστικού όγκου για τη δεδομένη παροχή αποβλήτων (σε m<sup>3</sup>), αφού πρώτα μετατρέψουμε την παροχή σε m<sup>3</sup>/h. Οι ωριαίοι όγκοι βρίσκονται ως ακολούθως :

Για τη χρονική περίοδο M-1:

$$V_{M-1} = (0.275 \text{ m}^3/\text{s})(3600 \text{ s/h})(1.0 \text{ h}) = 990 \text{ m}^3$$

Για τη χρονική περίοδο 1-2:

$$V_{1-2} = (0.220 \text{ m}^3/\text{s})(3600 \text{ s/h})(1.0 \text{ h}) = 792 \text{ m}^3$$

Η αθροιστική ροή στο τέλος κάθε χρονικής περιόδου υπολογίζεται ως εξής:

Στο τέλος της πρώτης χρονικής περιόδου M-1:

$$V_1 = 990 \text{ m}^3$$

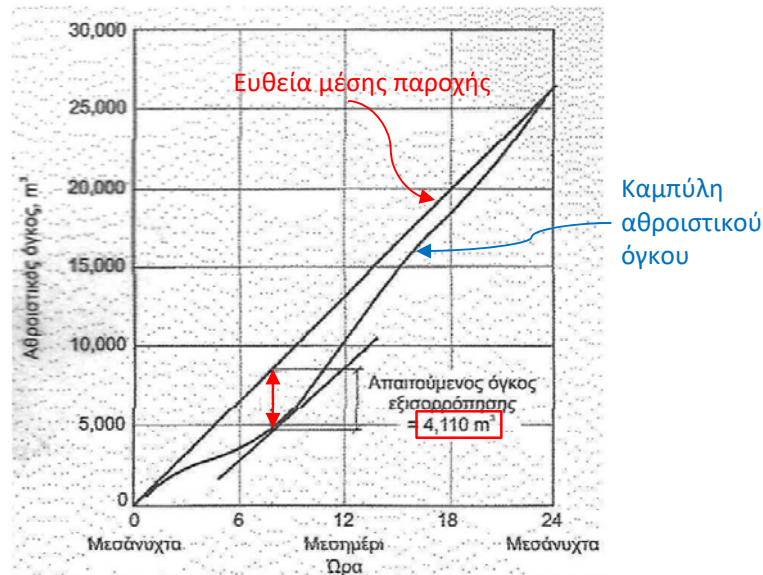
Στο τέλος της πρώτης χρονικής περιόδου 1-2:

$$V_2 = 990 + 792 = 1782 \text{ m}^3$$

Χρονική περίοδος	Μέση παροχή κατά τη διάρκεια της χρονικής περιόδου, $\text{m}^3/\text{s}$	Μέση συγκέντρωση BOD κατά τη διάρκεια της χρονικής περιόδου, $\text{mg/L}$	Αθροιστικός όγκος της παροχής στο τέλος της χρονικής περιόδου, $\text{m}^3$
M – 1	0.275	150	990
1-2	0.220	115	1782
2-3	0.165	75	2376
3-4	0.130	50	2844
4-5	0.105	45	3222
5-6	0.100	60	3582
6-7	0.120	90	4014
7-8	0.205	130	4752
8-9	0.355	175	6030
9-10	0.410	200	7506
10-11	0.425	215	9036
11-M	0.430	220	10584
M-1	0.425	220	12144
1-2	0.405	210	13572
2-3	0.385	200	14958
3-4	0.350	190	16218
4-5	0.325	180	17388
5-6	0.325	170	18558
6-7	0.330	175	19746
7-8	0.365	210	21060
8-9	0.400	280	22500
9-10	0.400	305	23940
10-11	0.380	245	25308
11-M	0.345	180	26550
<b>Μέση</b>	<b>0.307</b>		

β. Το 2<sup>ο</sup> βήμα είναι να γίνει ένα γράφημα του αθροιστικού όγκου ροής όπως φαίνεται στο διάγραμμα

Η μέση παροχή ανά ημέρα υπολογίζεται ως  $26550 / (24 \cdot 3600) = 0.307 \text{ m}^3/\text{s}$



2. Εκτίμηση της επίδρασης της δεξαμενής εξισορρόπησης στο ρυθμό φόρτισης του BOD.

Επειδή η δεξαμενή είναι άδεια στις 8:30 π.μ. οι υπολογισμοί θα ξεκινήσουν από την περίοδο 8-9 π.μ.

α. Αρχικά υπολογίζουμε τον όγκο του υγρού μέσα στη δεξαμενή στο τέλος κάθε χρονικής περιόδου ως εξής:

$$V_{sc} = V_{sp} + V_{ic} - V_{oc}$$

όπου

$V_{sc}$  = όγκος στη δεξαμενή εξισορρόπησης στο τέλος της τρέχουσας χρονικής περιόδου

$V_{sp}$  = όγκος στη δεξαμενή εξισορρόπησης στο τέλος της προηγούμενης χρονικής περιόδου

$V_{ic}$  = όγκος εισροής κατά τη διάρκεια της τρέχουσας χρονικής περιόδου

$V_{oc}$  = όγκος εκροής κατά τη διάρκεια της τρέχουσας χρονικής περιόδου

Ο όγκος εκροής  $V_{oc}$  είναι :  $0.307 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 3600 \text{ s/h} = 1106 \text{ m}^3$

Για παράδειγμα, για την περίοδο 8 – 9 ο όγκος υγρού μέσα στη δεξαμενή θα είναι :

$$V_{sc} = 0 + 1278 - 1106 = 172 \text{ m}^3$$

Για την περίοδο 9 – 10 ο όγκος υγρού μέσα στη δεξαμενή θα είναι :

$$V_{sc} = 172 + 1476 - 1106 = 542 \text{ m}^3$$

β. Το 2<sup>ο</sup> βήμα είναι να υπολογιστεί η μέση συγκέντρωση του BOD που φεύγει από τη δεξαμενή αποθήκευσης από τη σχέση :

$$X_{oc} = \frac{V_{ic} X_{ic} + V_{sp} X_{sp}}{V_{ic} + V_{sp}}$$

όπου

$X_{oc}$ =	μέση συγκέντρωση του BOD στην εκροή από τη δεξαμενή αποθήκευσης κατά τη διάρκεια της τρέχουσας χρονικής περιόδου, g/ m <sup>3</sup> (mg/ L)
$V_{ic}$ =	όγκος των εισερχόμενων υγρών αποβλήτων κατά τη διάρκεια της τρέχουσας χρονικής περιόδου, m <sup>3</sup>
$X_{ic}$ =	μέση συγκέντρωση του BOD στον εισερχόμενο όγκο υγρών αποβλήτων, g/ m <sup>3</sup>
$V_{sp}$ =	όγκος υγρών αποβλήτων στη δεξαμενή αποθήκευσης στο τέλος της προηγούμενης χρονικής περιόδου, m <sup>3</sup>
$X_{sp}$ =	συγκέντρωση του BOD στα υγρά απόβλητα στη δεξαμενή αποθήκευσης στο τέλος της προηγούμενης χρονικής περιόδου, g/ m <sup>3</sup>

Οπότε για την περίοδο 8-9:

$$X_{oc} = \frac{1278 * 175 + 0 * 0}{1278} = 175 \text{ g/m}^3$$

Οπότε για την περίοδο 9-10:

$$X_{oc} = \frac{1476 * 200 + 172 * 175}{1476 + 172} = 197 \text{ g/m}^3$$

Χρονική περίοδος	Όγκος της ροής κατά τη διάρκεια χρονικής περιόδου, m <sup>3</sup>	Αποθηκευμένος όγκος στο τέλος κάθε χρονικής περιόδου, m <sup>3</sup>	Μέση συγκέντρωση BOD κατά τη διάρκεια της χρονικής περιόδου, mg/L	Εισορροπημένη συγκέντρωση BOD κατά τη διάρκεια της χρονικής περιόδου, mg/L	Εισορροπημένη φόρτιση BOD κατά τη διάρκεια της χρονικής περιόδου, kg/ h
8-9	1278	0	175	175	193
9-10	1476	172	200	197	218
10-11	1530	966	215	210	232
11-N	1548	1408	220	216	239
N-1	1530	1832	220	218	241
1-2	1458	2184	210	214	237
2-3	1386	2464	200	209	231
3-4	1280	2618	190	203	224
4-5	1170	2680	180	196	217
5-6	1170	2746	170	188	208
6-7	1188	2828	175	184	203
7-8	1314	3036	210	192	212
8-9	1440	3370	280	220	243
9-10	1440	3704	305	245	271
10-11	1368	3966	245	245	271
11-M	1242	4102	180	230	254
M-1	990	3986	150	214	237
1-2	792	3972	115	196	217
2-3	594	3160	75	179	198
3-4	468	2522	50	162	179
4-5	378	1794	45	147	162
5-6	360	1048	60	132	146
6-7	432	374	90	119	132
7-8	738	0	130	126	139
Μέση τιμή					213

Σημείωση: m<sup>3</sup> x 35.3147 = ft<sup>3</sup>  
 kg x 2.2046 = lb  
 g/m<sup>3</sup> = mg/L

Λόγος	Φόρτιση BOD	
	Μη εξισορροπημένη	Εξισορροπημένη
<u>Μέγιστη τιμή</u>	$\frac{439}{213} = 2.06$	$\frac{271}{213} = 1.27$
<u>Μέση τιμή</u>	$\frac{17}{213} = 0.08$	$\frac{132}{213} = 0.62$
<u>Ελάχιστη τιμή</u>	$\frac{439}{17} = 25.82$	$\frac{271}{132} = 2.05$
<u>Μέση τιμή</u>		
<u>Ελάχιστη τιμή</u>		

