

Προεπεξεργασία

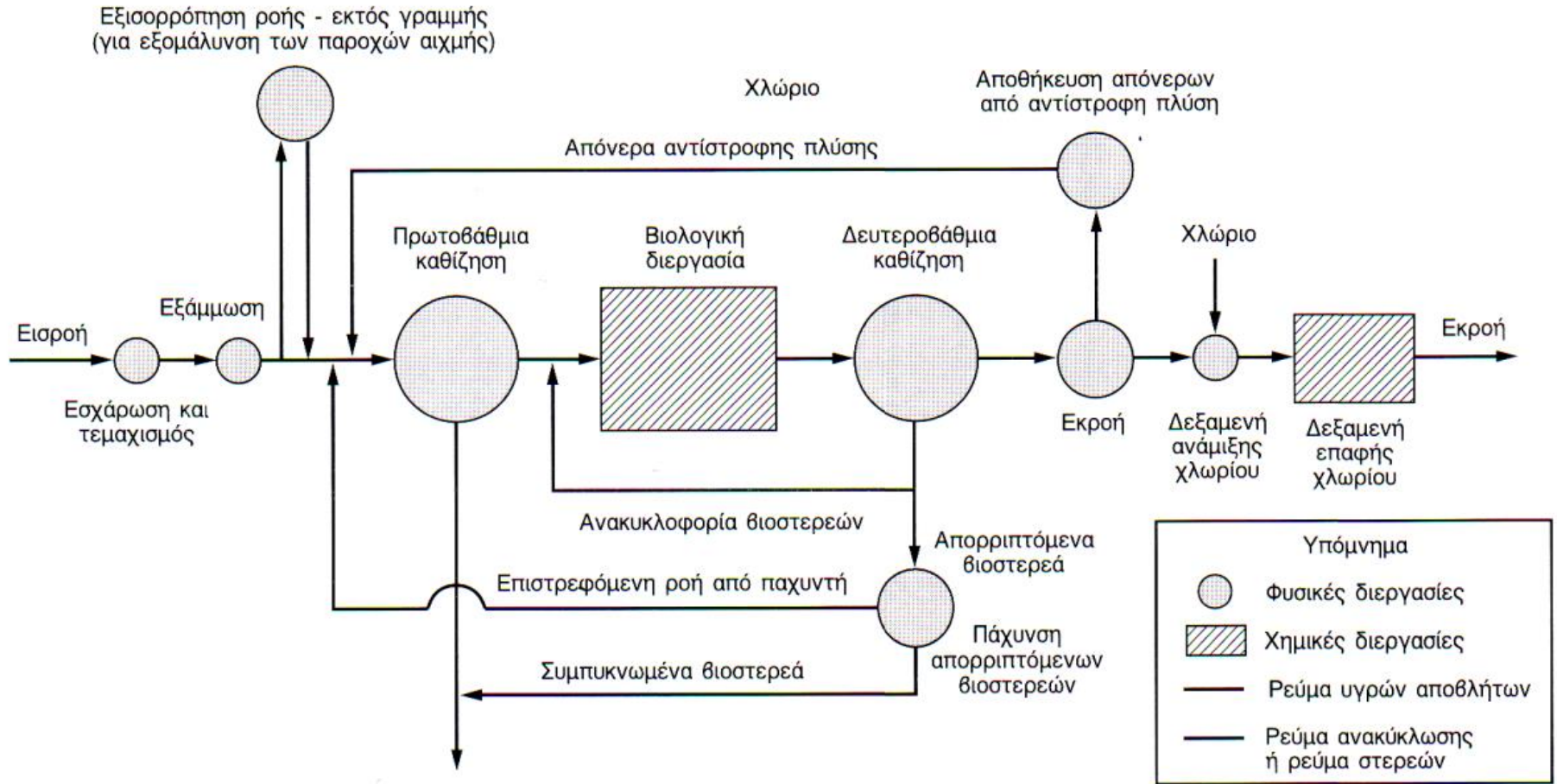
Καθηγητής Π. Μελίδης

Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος
Εργαστήριο Διαχείρισης και Τεχνολογίας Υγρών
Αποβλήτων

Φυσικές διεργασίες

1. Εσχάρωση
2. Ελάττωση των χονδρών στερεών (τεμαχισμό, θραύση, άλεση, εσχαρισμάτων)
3. Εξισορρόπηση ροής
4. Ανάμιξη ροής
5. Ανάμιξη και συσσωμάτωση
6. Εξάμμωση
7. Καθίζηση
8. Διαύγαση υψηλού ρυθμού
9. Διαχωρισμός με επιτάχυνση της βαρύτητας (δίνη)
10. Επίπλευση
11. Μεταφορά οξυγόνου
12. Αερισμός

Φυσικές διεργασίες



Προς μονάδες επεξεργασίας στερεών και βιοστερεών (βλέπε Κεφάλαιο 14)

Διάταξη των φυσικών διεργασιών στο διάγραμμα ροής μιας ΜΕΛ

Φυσικές διεργασίες

Διεργασία	Εφαρμογή	Διάταξη	Βλέπε ενότητα
Εσχάρωση χονδρών στερεών	Απομάκρυνση στερεών μεγάλου μεγέθους όπως κλαδιά, κουρέλια και άλλα υπολείμματα που βρίσκονται σε ανεπεξέργαστα υγρά απόβλητα με ανακοπή πορείας (επιφανειακή κατακράτηση)	Σχάρα με ράβδους	5-1
Εσχάρωση λεπτών στερεών	Απομάκρυνση μικρών σωματιδίων	Λεπτή σχάρα	5-1
Μικροεσχάρωση	Απομάκρυνση λεπτόκοκκων στερεών αιωρούμενων υλικών και φυκών	Μικροσχάρα	5-1, 11-5
Τεμαχισμός	Άλεση των χονδρών στερεών μέσα στη γραμμή τροφοδοσίας για την ελάττωση του μεγέθους τους	Τεμαχιστής	5-2
Άλεση/Θραύση	Άλεση των στερεών που απομακρύνονται στις σχάρες με ράβδους. Άλεση των χονδρών στερεών εκτός της γραμμής τροφοδοσίας	Συσκευή άλεσης εσχαρισμάτων Θραυστήρας	5-2
Εξισορρόπηση ροής	Προσωρινή αποθήκευση της ροής με σκοπό την εξισορρόπηση της παροχής του οργανικού φορτίου BOD και των αιωρούμενων στερεών	Δεξαμενή εξισορρόπησης	5-2
Ανάμιξη	Ανάμιξη των υγρών αποβλήτων με χημικά και ομογενοποίηση και διατήρηση των στερεών σε αιώρηση	Δεξαμενή ταχείας ανάμιξης	5-3
Συσσωμάτωση	Συσσωμάτωση των μικρών σωματιδίων σε μεγαλύτερα για την επίτευξη μεγαλύτερης απομάκρυνσης με καθίζηση λόγω βαρύτητας	Δεξαμενή κροκίδωσης	5-4
Επιταχυνόμενη κατακάθιση	Απομάκρυνση άμμου Απομάκρυνση άμμου και στερεών μεγάλου μεγέθους	Εξαμμητής Διαχωριστής δίνης Δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης	5-4 5-6 5-9
Καθίζηση	Απομάκρυνση στερεών που καθιζάνουν	Δεξαμενή καθίζησης υψηλού ρυθμού Παχυντής βαρύτητας	5-7 5-8 14-6
Επίπλευση	Πάχυνση στερεών και βιοστερεών Απομάκρυνση των λεπτά διαμερισμένων αιωρούμενων στερεών και σωματιδίων με πυκνότητα παρόμοια με του νερού επίσης πάχυνση βιοστερεών Απομάκρυνση λιπών και ελαίων	Επίπλευση με αέρα (Dissolved Air Flotation, DAP)	5-10
Αερισμός	Προσθήκη οξυγόνου στη βιολογική διεργασία Μετά-αερισμός των επεξεργασμένων αποβλήτων	Αερισμός με διάχυση Μηχανικός αεριστήρας Αεριστήρας με βαθμίδες Απογύμνωση αερίου	5-12 5-12 5-12 5-13
Έλεγχος πτητικών οργανικών ενώσεων	Απομάκρυνση πτητικών και ημι-πτητικών οργανικών ενώσεων από τα υγρά απόβλητα	Αερισμός με διάχυση ή μηχανικός αερισμός	5-12, 5-13
Διήθηση χώρου	Απομάκρυνση των υπολειμματικών αιωρούμενων στερεών	Φίλτρα χώρου Disk filter®	11-4
Διήθηση επιφάνειας	Απομάκρυνση των υπολειμματικών αιωρούμενων στερεών	Cloth-Media Disk filter®	11-5
Διήθηση με μεμβράνες	Απομάκρυνση αιωρούμενων και κολλοειδών στερεών και διαλυτής ανόργανης και οργανικής ύλης	Μικροδιήθηση, υπερδιήθηση, νανοδιήθηση και αντίστροφη όσμωση	11-6
Απογύμνωση με αέρα	Απομάκρυνση αμμωνίας, υδρόθειου και άλλων αερίων από τα υγρά απόβλητα και το υπερκείμενο υγρό της δεξαμενής χώνευσης	Πύργος με πληρωτικό υλικό	11-8

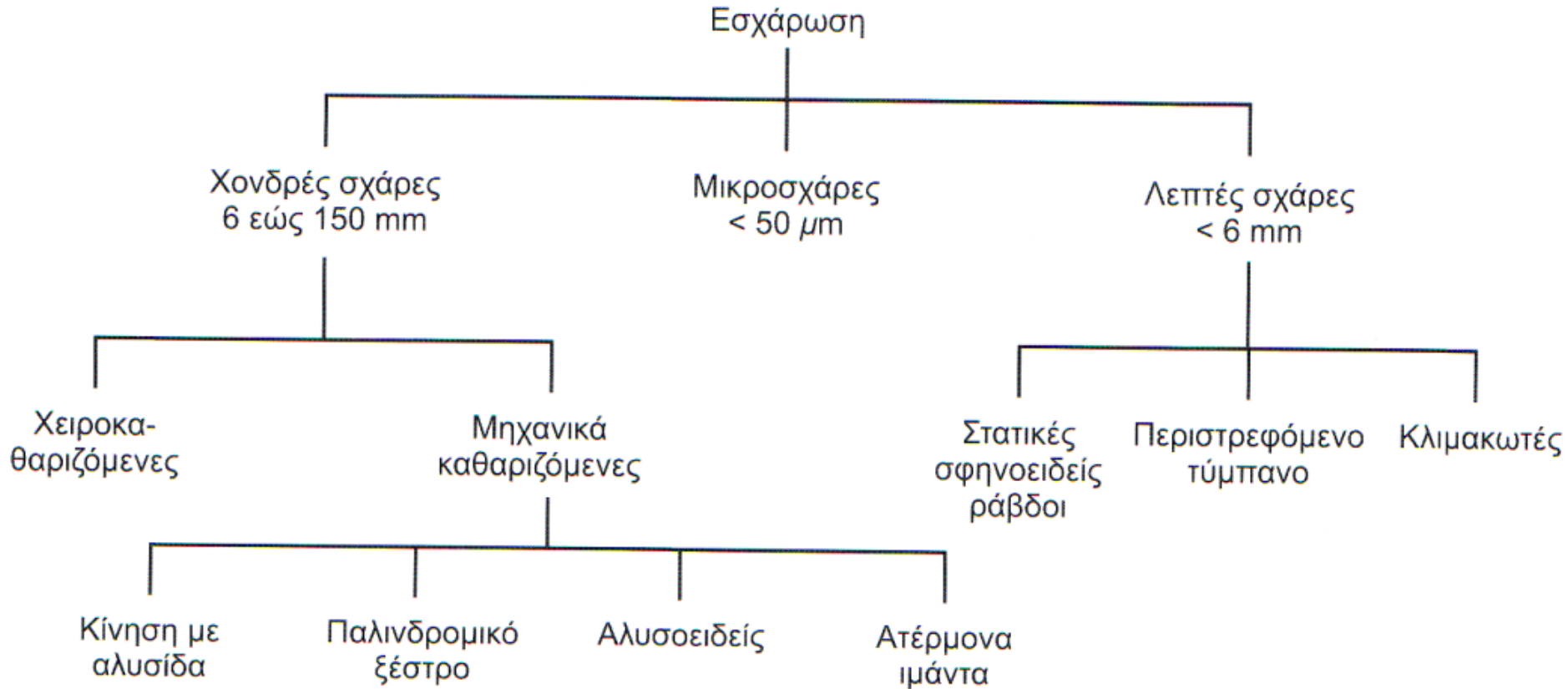
Τυπικές φυσικές διεργασίες που χρησιμοποιούνται στην επεξεργασία των υγρών αποβλήτων

Φυσικές διεργασίες -Εσχάρωση

Ο ρόλος της είναι η απομάκρυνση σωματιδίων που θα μπορούσαν να προκαλέσουν

1. Ζημία στον εξοπλισμό
2. Να ελαττώσουν τη συνολική αξιοπιστία και αποτελεσματικότητα της εγκατάστασης
3. Να προκαλέσουν ρύπανση των υδάτινων ρευμάτων

Φυσικές διεργασίες -Εσχάρωση



Σχηματικά διαγράμματα για τους τύπους των σχαρών που χρησιμοποιούνται

Φυσικές διεργασίες - Εσχάρωση



Coarse Screen



Fine Screen



Perforated Plate Screen



Mesh Screen

Είδη διάτρητων σχαρών

Φυσικές διεργασίες -Εσχάρωση

Η διάταξη εσχάρωσης μπορεί να αποτελείται από:

→ παράλληλες ράβδους ή χονδρά σύρματα (απομάκρυνση στερεών μεγάλου μεγέθους),

→ δικτυωτό, μεταλλικό πλέγμα ή διάτρητη πλάκα και

- τα ανοίγματα μπορεί να έχουν οποιοδήποτε σχήμα
- γενικά είναι οπές με κυκλική ή ορθογώνια διατομή

Φυσικές διεργασίες –Εσχάρωση χειροκαθαριζόμενες χονδρές σχάρες

Παράμετρος	Μονάδα	Μονάδες Η.Π.Α Μέθοδος καθαρισμού		Μονάδα	Μονάδες SI Μέθοδος καθαρισμού	
		Χειρωνακτικά	Μηχανικά		Χειρωνακτικά	Μηχανικά
Μέγεθος ράβδου						
Πλάτος	in	0.2–0.6	0.2–0.6	mm	5–15	5–15
Βάθος	in	1.0–1.5	1.0–1.5	mm	25–38	25–38
Διακενα μεταξύ των ράβδων	in	1.0–2.0	0.6–3.0	mm	25–50	15–75
Κλίση ως προς την κατακόρυφο	°	30–45	0–30	°	30–45	0–30
Ταχύτητα προσέγγισης						
Μέγιστη	ft/s	1.0–2.0	2.0–3.25	m/s	0.3–0.6	0.6–1.0
Ελάχιστη	ft/s		1.0–1.6	m/s		0.3–0.5
Επιτρεπόμενες υδραυλικές απώλειες	in	6	6–24	mm	150	150–600

Τυπικές παράμετροι σχεδιασμού για χειροκαθαριζόμενες και μηχανικά
καθοριζόμενες σχάρες

Φυσικές διεργασίες – Εσχάρωση χειροκαθαριζόμενες χονδρές σχάρες



Φυσικές διεργασίες – Εσχάρωση

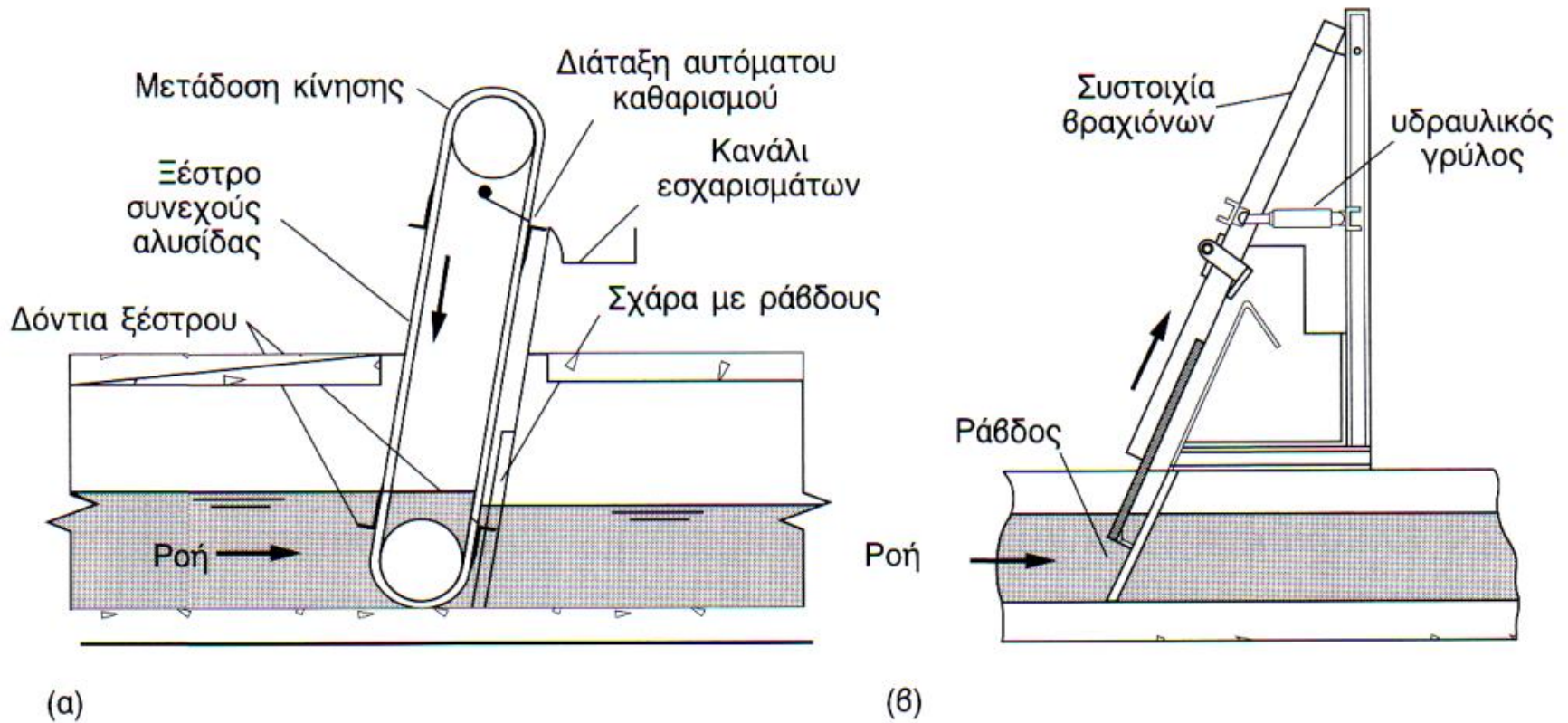
Μηχανικά καθαριζόμενες σχάρες

Κατατάσσονται σε τέσσερις κατηγορίες

1. Αλυσοκίνητες
2. Παλινδρομικού ξέστρου
3. Αλυσοειδείς
4. Ατέρμονα ιμάντα

Φυσικές διεργασίες – Εσχάρωση

Μηχανικά καθαριζόμενες σχάρες



(Πηγή: Μηχανική Υγρών Αποβλήτων)

Τυπικές μηχανικά καθαριζόμενες χονδρές σχάρες
α) πρόσθιου καθαρισμού, β) παλινδρομικού ξέστρου

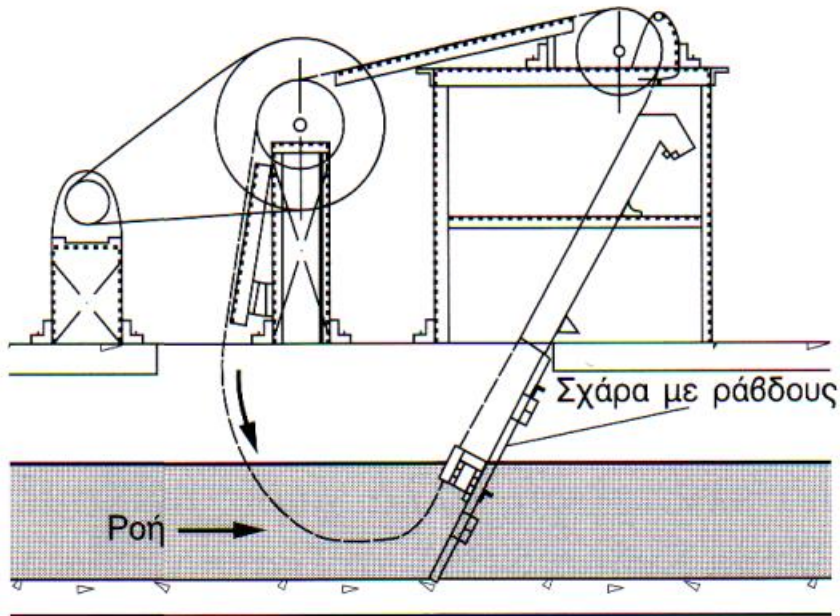
Φυσικές διεργασίες – Εσχάρωση

Μηχανικά καθαριζόμενες σχάρες

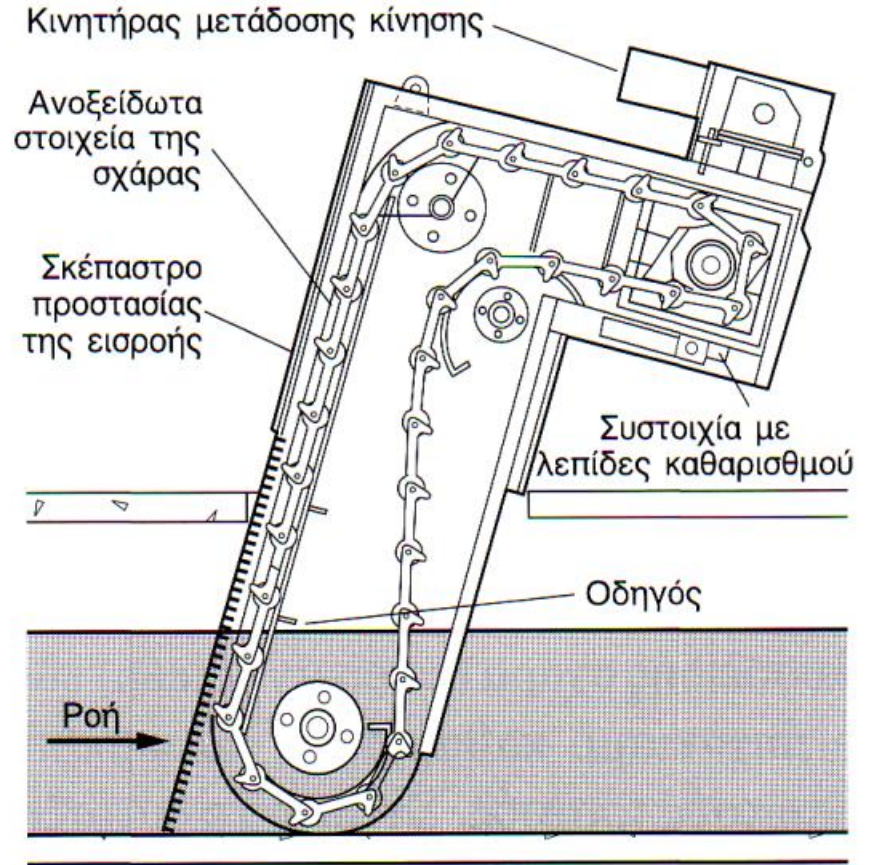


Τυπικές μηχανικά καθαριζόμενες χονδρές σχάρες
α) πρόσθιου καθαρισμού, β) παλινδρομικού ξέστρου

Φυσικές διεργασίες -Εσχάρωση



(γ)



(Πηγή: Μηχανική Υγρών Αποβλήτων)

Τυπικές μηχανικά καθαριζόμενες χονδρές σχάρες

γ) αλυσοειδείς δ) ατέρμονα ιμάντα

Φυσικές διεργασίες -Εσχάρωση

Τύπος σχάρας

Πλεονεκτήματα

Μειονεκτήματα

Αλυσοκίνητη σχάρα

Εμπρόσθιος καθαρισμός, οπίσθια επιστροφή

Πολλαπλά στοιχεία καθαρισμού (σύντομος κύκλος καθαρισμού)
Χρήση σε δύσκολες εφαρμογές

Η μονάδα περιλαμβάνει βυθισμένα κινούμενα μέρη που απαιτούν εκκένωση του καναλιού για τη συντήρησή τους
Λιγότερο αποδοτική συγκράτηση εσχαρισμάτων, δηλ. παράσυρση εσχαρισμάτων στο κανάλι των αποβλήτων που έχουν υποστεί εσχάρωση

Εμπρόσθιος καθαρισμός, εμπρόσθια επιστροφή

Πολλαπλά στοιχεία καθαρισμού (σύντομος κύκλος καθαρισμού)
Ελάχιστη παράσυρση εσχαρισμάτων

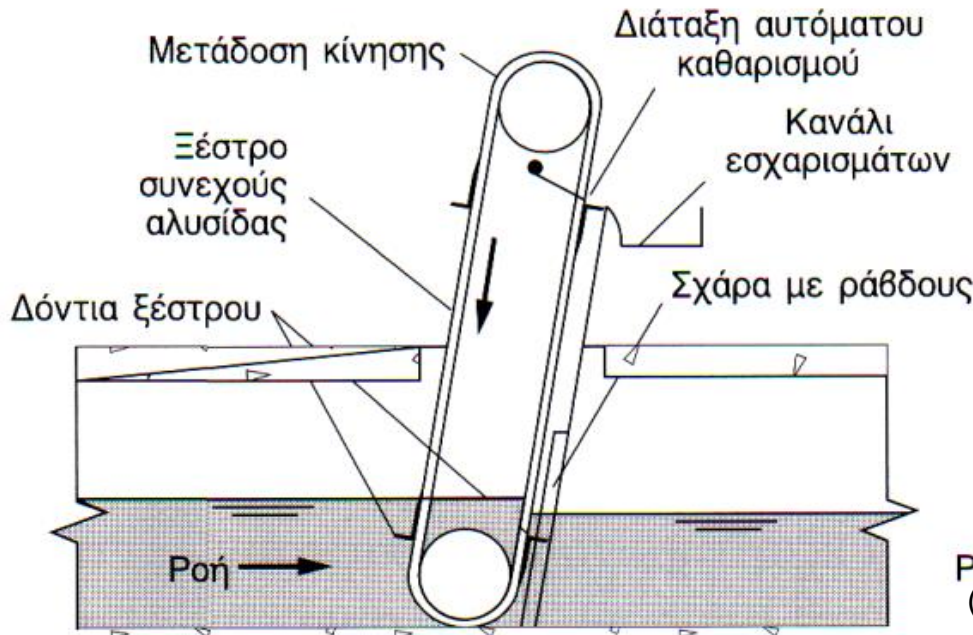
Υπάρχουν βυθισμένα κινούμενα μέρη που απαιτούν εκκένωση του καναλιού για τη συντήρησή τους
Τα βυθισμένα κινούμενα μέρη (αλυσίδες, οδοντωτοί τροχοί, άξονες) υφίστανται έμφραξη
Βαριά αντικείμενα μπορούν να προκαλέσουν μπλοκάρισμα των ξέστρων

Οπίσθιος καθαρισμός, οπίσθια επιστροφή

Πολλαπλά στοιχεία καθαρισμού (σύντομος κύκλος καθαρισμού).
Τα βυθισμένα κινούμενα μέρη (αλυσίδες, οδοντωτοί τροχοί, άξονες) προστατεύονται με σχάρα με ράβδους
Δεν υπάρχουν βυθισμένα κινούμενα μέρη, η συντήρηση και οι επισκευές γίνονται επάνω από τη στάθμη λειτουργίας.
Μπορεί να αντεπεξέλθει σε μεγάλα αντικείμενα (πέτρες, λάστιχα κλπ)

Υπάρχουν βυθισμένα κινούμενα μέρη που απαιτούν εκκένωση του καναλιού για τη συντήρησή τους
Τα μακριά δόντια των ξέστρων είναι εύθραυστα

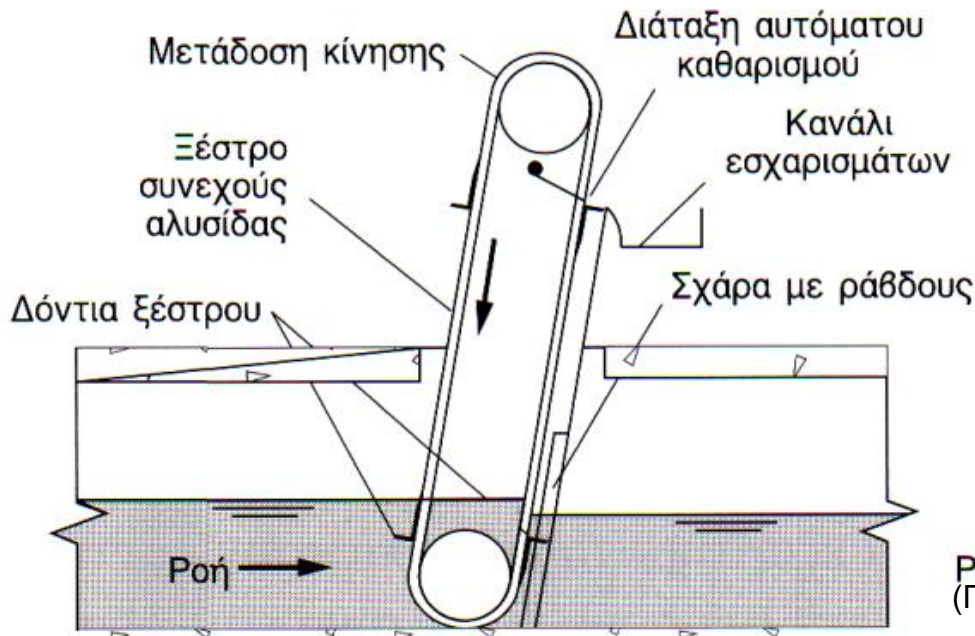
Πιθανή παράσυρση εσχαρισμάτων
Ακατάλληλη για χρήση σε υψηλή στάθμη υγρού, όπου ο κινητήρας των ξέστρων μπορεί να βυθιστεί και να καταστραφεί



Ρ
(Πηγή: Μηχανική Υγρών Αποβλήτων)

Φυσικές διεργασίες -Εσχάρωση

Τύπος σχάρας	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Αλυσοκίνητη σχάρα	Πολλαπλά στοιχεία καθαρισμού (σύντομος κύκλος καθαρισμού) Χρήση σε δύσκολες εφαρμογές	Η μονάδα περιλαμβάνει βυθισμένα κινούμενα μέρη που απαιτούν εκκένωση του καναλιού για τη συντήρησή τους Λιγότερο αποδοτική συγκράτηση εσχαρισμάτων, δηλ. παράσυρση εσχαρισμάτων στο κανάλι των αποβλήτων που έχουν υποστεί εσχάρωση
Εμπρόσθιος καθαρισμός, οπίσθια επιστροφή	Πολλαπλά στοιχεία καθαρισμού (σύντομος κύκλος καθαρισμού) Ελάχιστη παράσυρση εσχαρισμάτων	Υπάρχουν βυθισμένα κινούμενα μέρη που απαιτούν εκκένωση του καναλιού για τη συντήρησή τους Τα βυθισμένα κινούμενα μέρη (αλυσίδες, οδοντωτοί τροχοί, άξονες) υφίστανται έμφραξη Βαριά αντικείμενα μπορούν να προκαλέσουν μπλοκάρισμα των ξέστρων
Οπίσθιος καθαρισμός, οπίσθια επιστροφή	Πολλαπλά στοιχεία καθαρισμού (σύντομος κύκλος καθαρισμού). Τα βυθισμένα κινούμενα μέρη (αλυσίδες, οδοντωτοί τροχοί, άξονες) προστατεύονται με σχάρα με ράβδους Δεν υπάρχουν βυθισμένα κινούμενα μέρη, η συντήρηση και οι επισκευές γίνονται επάνω από τη στάθμη λειτουργίας. Μπορεί να αντεπεξέλθει σε μεγάλα αντικείμενα (πέτρες, λάστιχα κλπ)	Υπάρχουν βυθισμένα κινούμενα μέρη που απαιτούν εκκένωση του καναλιού για τη συντήρησή τους Τα μακριά δόντια των ξέστρων είναι εύθραυστα Πιθανή παράσυρση εσχαρισμάτων Ακατάλληλη για χρήση σε υψηλή στάθμη υγρού, όπου ο κινητήρας των ξέστρων μπορεί να βυθιστεί και να καταστραφεί



P
(Πηγή: Μηχανική Υγρών Αποβλήτων)

Φυσικές διεργασίες -Εσχάρωση

Τύπος σχάρας

Πλεονεκτήματα

Μειονεκτήματα

Αλυσοκίνητη σχάρα

Εμπρός καθάρισμος, οπίσθια επιστροφή

Πολλαπλά στοιχεία καθαρισμού (σύντομος κύκλος καθαρισμού)
Χρήση σε δύσκολες εφαρμογές

Η μονάδα περιλαμβάνει βυθισμένα κινούμενα μέρη που απαιτούν εκκένωση του καναλιού για τη συντήρησή τους
Λιγότερο αποδοτική συγκράτηση εσχαρισμάτων, δηλ. παράσυρση εσχαρισμάτων στο κανάλι των αποβλήτων που έχουν υποστεί εσχάρωση
Υπάρχουν βυθισμένα κινούμενα μέρη που απαιτούν εκκένωση του καναλιού για τη συντήρησή τους
Τα βυθισμένα κινούμενα μέρη (αλυσίδες, οδοντωτοί τροχοί, άξονες) υφίστανται έμφραξη
Βαριά αντικείμενα μπορούν να προκαλέσουν μπλοκάρισμα των ξέστρων

Εμπρός καθάρισμος, εμπρός επιστροφή

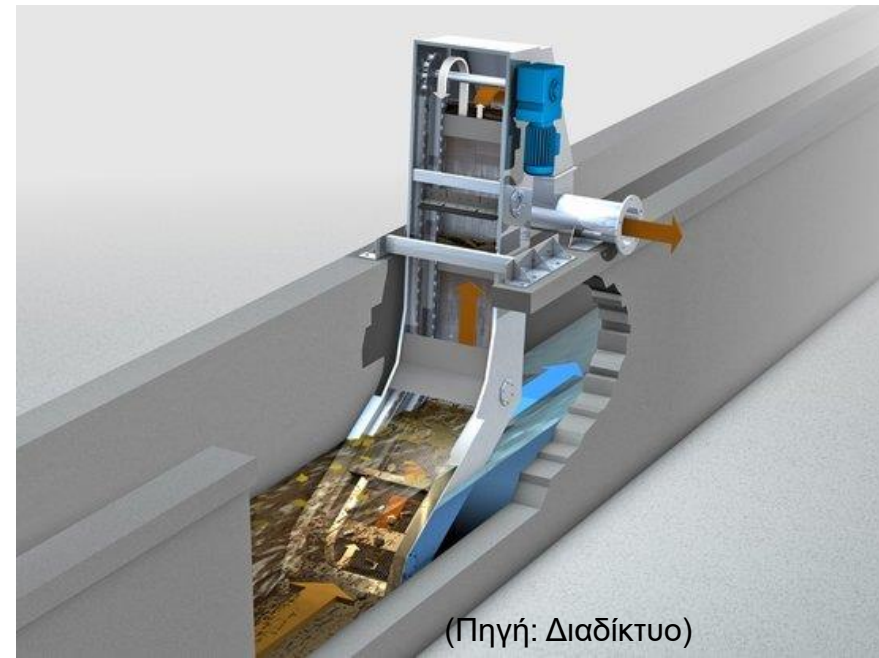
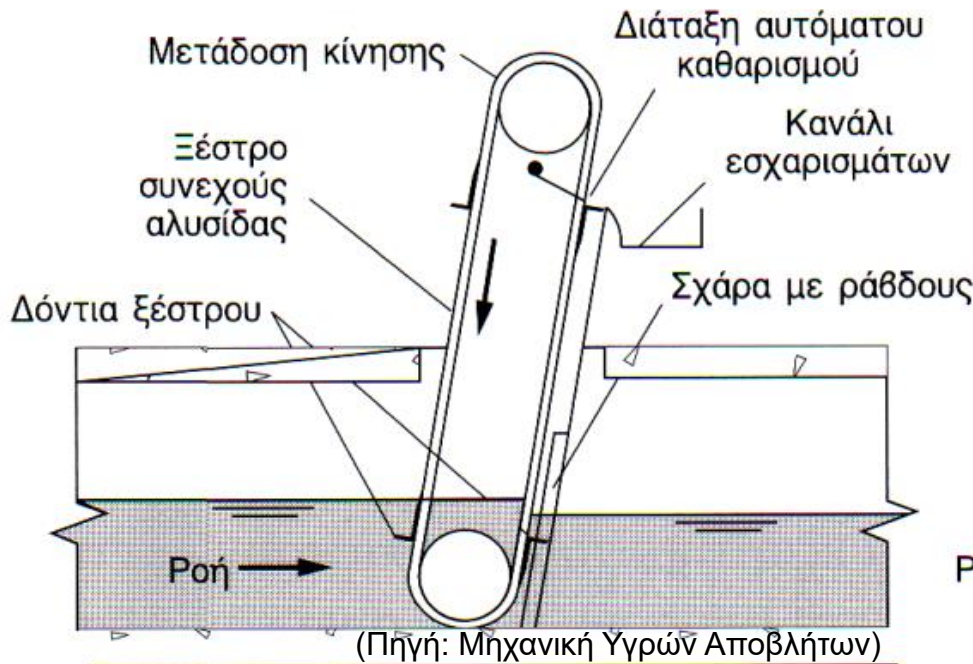
Πολλαπλά στοιχεία καθαρισμού (σύντομος κύκλος καθαρισμού)
Ελάχιστη παράσυρση εσχαρισμάτων

Υπάρχουν βυθισμένα κινούμενα μέρη που απαιτούν εκκένωση του καναλιού για τη συντήρησή τους
Τα μακριά δόντια των ξέστρων είναι εύθραυστα

Οπίσθιος καθάρισμος, οπίσθια επιστροφή

Πολλαπλά στοιχεία καθαρισμού (σύντομος κύκλος καθαρισμού).
Τα βυθισμένα κινούμενα μέρη (αλυσίδες, οδοντωτοί τροχοί, άξονες) προστατεύονται με σχάρα με ράβδους
Δεν υπάρχουν βυθισμένα κινούμενα μέρη, η συντήρηση και οι επισκευές γίνονται επάνω από τη στάθμη λειτουργίας.
Μπορεί να αντεπεξέλθει σε μεγάλα αντικείμενα (πέτρες, λάστιχα κλπ)

Πιθανή παράσυρση εσχαρισμάτων
Ακατάλληλη για χρήση σε υψηλή στάθμη υγρού, όπου ο κινητήρας των ξέστρων μπορεί να βυθιστεί και να καταστραφεί



Φυσικές διεργασίες -Εσχάρωση

Τύπος σχάρας

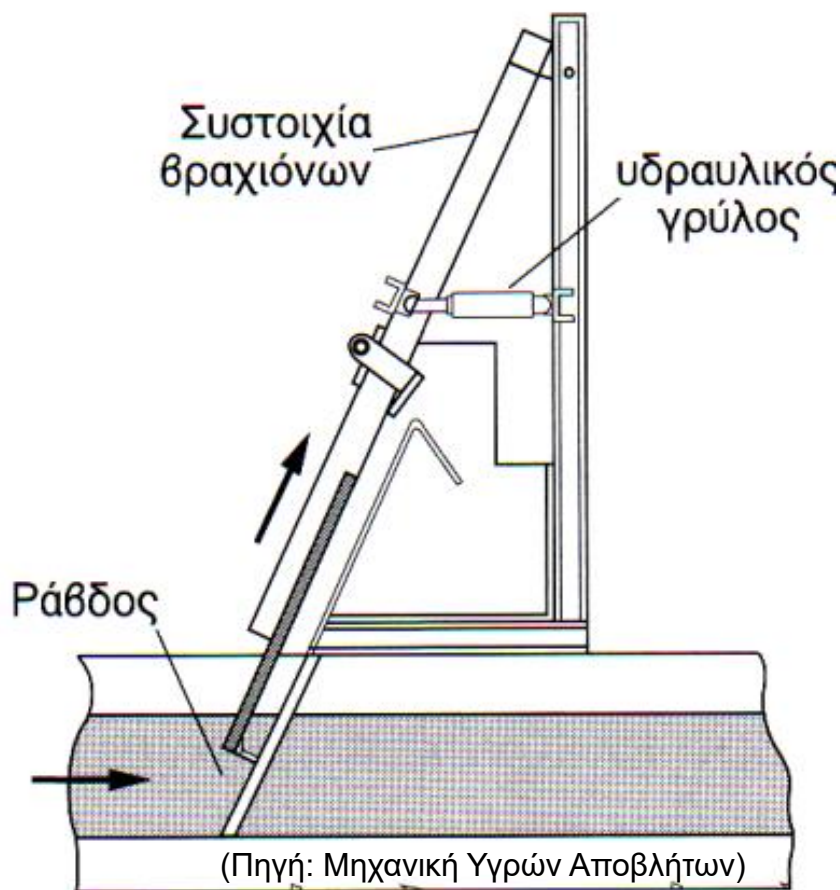
Παλινδρομικού ξέστρου

Πλεονεκτήματα

Δεν υπάρχουν βυθισμένα κινούμενα μέρη, η συντήρηση και οι επισκευές γίνονται επάνω από τη στάθμη λειτουργίας. Μπορεί να αντεπεξέλθει σε μεγάλα αντικείμενα (πέτρες, λάστιχα κλπ)
Αποτελεσματική απόξεση και απομάκρυνση των εσχαρισμάτων
Χαμηλό σχετικά κόστος λειτουργίας και συντήρησης.
Κατασκευή από ανοξείδωτο χάλυβα που μειώνει τη διάβρωση
Δυναμικότητα μεγάλης παροχής

Μειονεκτήματα

Πιθανή παράσυρση εσχαρισμάτων
Ακατάλληλη για χρήση σε υψηλή στάθμη υγρού, όπου ο κινητήρας των ξέστρων μπορεί να βυθιστεί και να καταστραφεί
Απαιτείται μεγαλύτερο ελεύθερο ύψος από άλλες σχάρες
Μακρά περίοδος καθαρισμού. Η ικανότητα απόξεσης μπορεί να είναι περιορισμένη
Η απόθεση άμμου μπροστά από τις μπάρες της σχάρας μπορεί να παρεμποδίσει την κίνηση των ξέστρων
Σχετικά υψηλό κόστος εξαπίας του ανοξείδωτου υλικού κατασκευής



Φυσικές διεργασίες -Εσχάρωση

Τύπος σχάρας

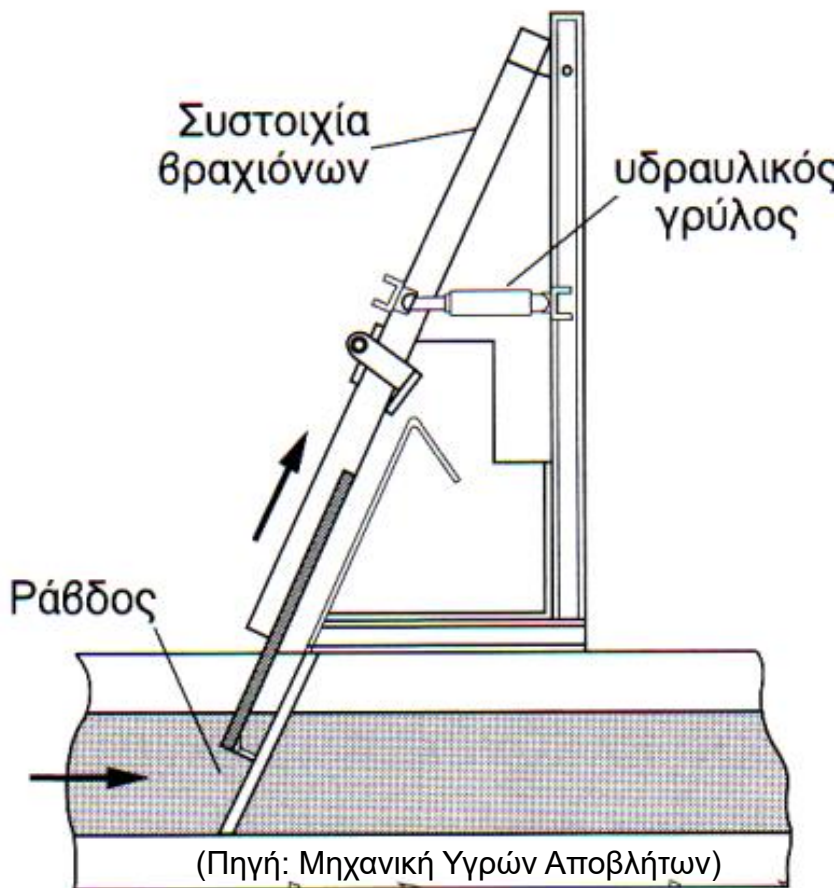
Παλινδρομικού ξέστρου

Πλεονεκτήματα

Δεν υπάρχουν βυθισμένα κινούμενα μέρη, η συντήρηση και οι επισκευές γίνονται επάνω από τη στάθμη λειτουργίας. Μπορεί να αντεπεξέλθει σε μεγάλα αντικείμενα (πέτρες, λάστιχα κλπ)
Αποτελεσματική απόξεση και απομάκρυνση των εσχαρισμάτων
Χαμηλό σχετικά κόστος λειτουργίας και συντήρησης.
Κατασκευή από ανοξείδωτο χάλυβα που μειώνει τη διάβρωση
Δυναμικότητα μεγάλης παροχής

Μειονεκτήματα

Πιθανή παράσυρση εσχαρισμάτων
Ακατάλληλη για χρήση σε υψηλή στάθμη υγρού, όπου ο κινητήρας των ξέστρων μπορεί να βυθιστεί και να καταστραφεί
Απαιτείται μεγαλύτερο ελεύθερο ύψος από άλλες σχάρες
Μακρά περίοδος καθαρισμού. Η ικανότητα απόξεσης μπορεί να είναι περιορισμένη
Η απόθεση άμμου μπροστά από τις μπάρες της σχάρας μπορεί να παρεμποδίσει την κίνηση των ξέστρων
Σχετικά υψηλό κόστος εξαπίας του ανοξείδωτου υλικού κατασκευής



Φυσικές διεργασίες -Εσχάρωση

Τύπος σχάρας

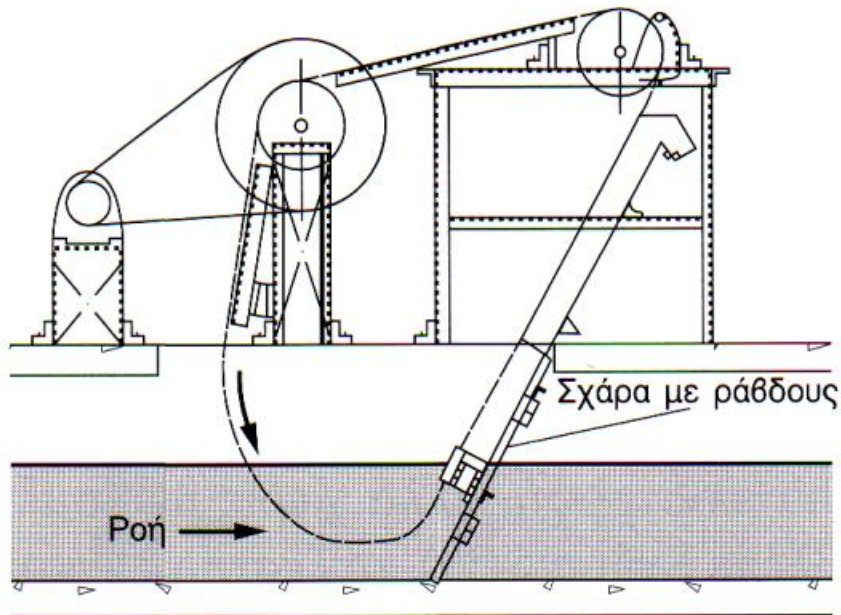
Αλυσοειδείς

Πλεονεκτήματα

Οι οδοντωτοί τροχοί δεν είναι βυθισμένοι. Η συντήρηση μπορεί να γίνει επάνω από τη στάθμη λειτουργίας
Απαιτείται σχετικά μικρό ελεύθερο ύψος
Πολλαπλά στοιχεία καθαρισμού (σύντομος κύκλος καθαρισμού)
Μπορεί να αντεπεξέλθει σε μεγάλα αντικείμενα.
Ελάχιστη διαφυγή εσχαρισμάτων

Μειονεκτήματα

Επειδή ο σχεδιασμός στηρίζεται στο βάρος των αλυσίδων για την σύζευξη των ξέστρων με τις ράβδους, οι αλυσίδες έχουν μεγάλο βάρος και είναι δύσκολος ο χειρισμός τους
Λόγω της γωνίας κλίσης (45 έως 75°), η σχάρα καταλαμβάνει μεγάλη επιφάνεια
Όταν φράξουν τα ξέστρα μπορεί να συμβεί στρέβλωση και κακή ευθυγράμμιση
Μπορεί να εκπέμπονται δυσάρεστες οσμές εξαιτίας των ανοικτών διατάξεων



(Πηγή: Μηχανική Υγρών Αποβλήτων)

Φυσικές διεργασίες -Εσχάρωση

Τύπος σχάρας

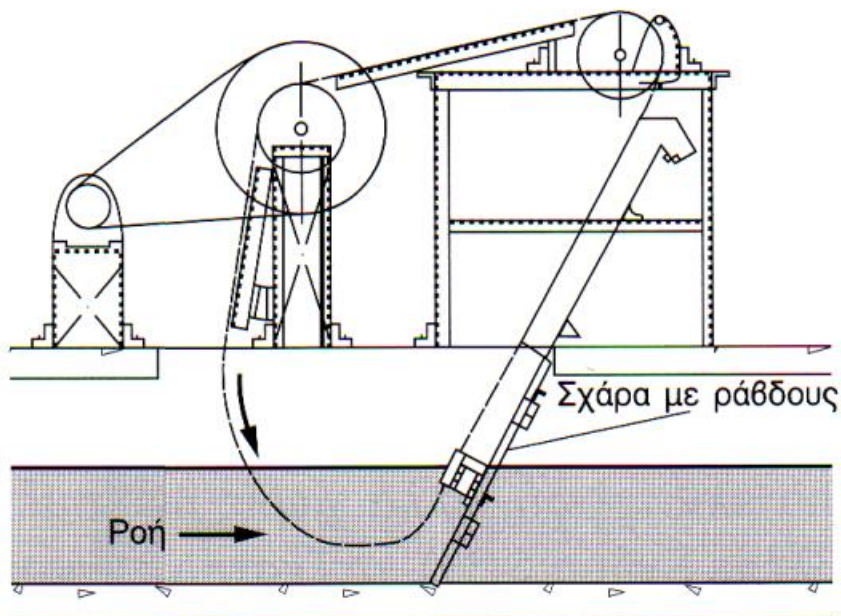
Αλυσοειδείς

Πλεονεκτήματα

Οι οδοντωτοί τροχοί δεν είναι βυθισμένοι. Η συντήρηση μπορεί να γίνει επάνω από τη στάθμη λειτουργίας
Απαιτείται σχετικά μικρό ελεύθερο ύψος
Πολλαπλά στοιχεία καθαρισμού (σύντομος κύκλος καθαρισμού)
Μπορεί να αντεπεξέλθει σε μεγάλα αντικείμενα.
Ελάχιστη διαφυγή εσχαρισμάτων

Μειονεκτήματα

Επειδή ο σχεδιασμός στηρίζεται στο βάρος των αλυσίδων για την σύζευξη των ξέστρων με τις ράβδους, οι αλυσίδες έχουν μεγάλο βάρος και είναι δύσκολος ο χειρισμός τους
Λόγω της γωνίας κλίσης (45 έως 75°), η σχάρα καταλαμβάνει μεγάλη επιφάνεια
Όταν φράξουν τα ξέστρα μπορεί να συμβεί στρέβλωση και κακή ευθυγράμμιση
Μπορεί να εκπέμπονται δυσάρεστες οσμές εξαιτίας των ανοικτών διατάξεων



(Πηγή: Μηχανική Υγρών Αποβλήτων)

Φυσικές διεργασίες - Εσχάρωση

Τύπος σχάρας

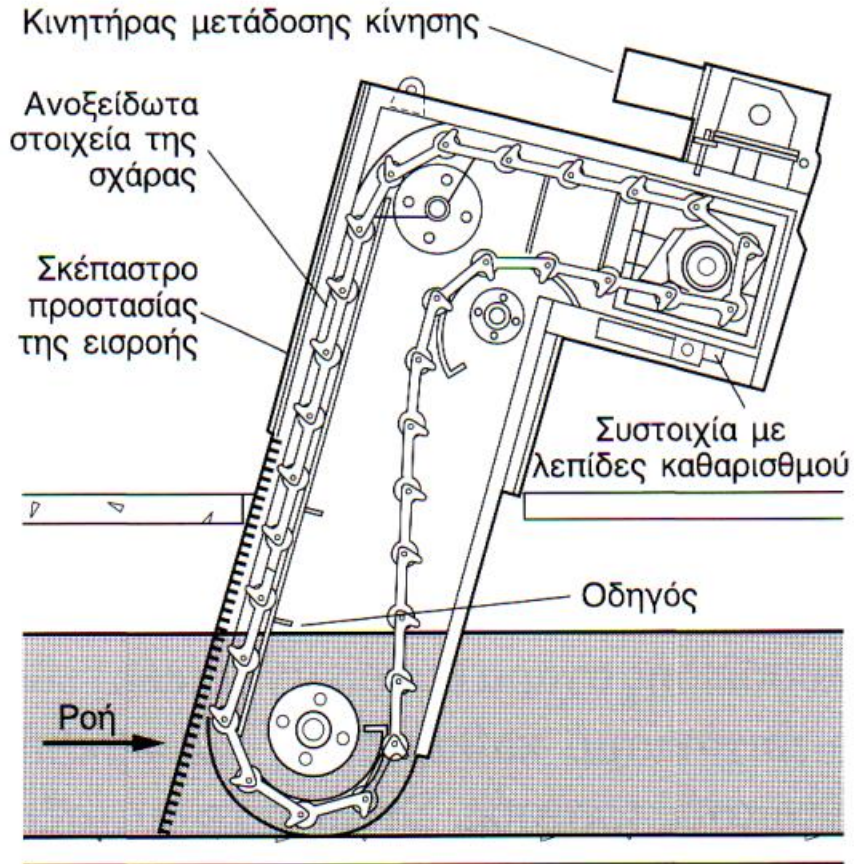
Ατέρμονα ιμάντα

Πλεονεκτήματα

Η συντήρηση γίνεται σχεδόν εξολοκλήρου επάνω από τη
επίπεδο λειτουργίας
Η μονάδα δύσκολα υφίσταται έμφραξη

Μειονεκτήματα

Η επισκευή και αντικατάσταση των στοιχείων της σχάρας είναι μια
χρονοβόρα και ακριβή διαδικασία



(Πηγή: Μηχανική Υγρών Αποβλήτων)

Φυσικές διεργασίες – Σχεδιασμός χονδρών σχαρών

Παράδειγμα 5-1

Βαθμιαία Αύξηση των Υδραυλικών Απωλειών σε Χονδρές Σχάρες Προσδιορίστε την βαθμιαία αύξηση των υδραυλικών απωλειών μέσω μιας σχάρας με ράβδους όταν υπάρχει έμφραξη του 50% της επιφάνειας εξαιτίας της συσσώρευσης χονδρών στερεών. Υποθέστε τις ακόλουθες συνθήκες:

Ταχύτητα προσέγγισης = 0.6 m/s

Ταχύτητα μέσω καθαρής σχάρας = 0.9 m/s

Ανοιχτή επιφάνεια για ροή διαμέσου καθαρής σχάρας = 0.19 m²

Συντελεστής υδραυλικών απωλειών για καθαρή σχάρα = 0.7

Λύση

- Υπολογίστε τις υδραυλικές απώλειες για καθαρό νερό μέσα από την σχάρα χρησιμοποιώντας την Εξίσωση (5-1).

h_L = υδραυλικές απώλειες
 C = συντελεστής εκροής
= 0,7 καθαρή σχάρα
= 0,6 με έμφραξη

$$h_L = \frac{1}{C} \left(\frac{V^2 - v^2}{2g} \right)$$

V = ταχύτητα ροής διαμέσου των διάκενων
 u = ταχύτητα προσέγγισης, m/s

$$h_L = \frac{1}{0.7} \left[\frac{(0.9 \text{ m/s})^2 - (0.6 \text{ m/s})^2}{2(9.81 \text{ m/s}^2)} \right] = 0.033 \text{ m}$$

Φυσικές διεργασίες -Εσχάρωση

2. Υπολογίστε τις υδραυλικές απώλειες μέσω της φραγμένης σχάρας (μειώνοντας την επιφάνεια της σχάρας κατά 50% διπλασιάζεται η ταχύτητα).

Η ταχύτητα μέσω φραγμένης σχάρας είναι

$$V_C = 0.9 \text{ m/s} \times 2 = 1.8 \text{ m/s}$$

Υποθέτοντας ότι ο συντελεστής ροής για φραγμένη σχάρα είναι περίπου 0.6, οι υπολογιζόμενες υδραυλικές απώλειες είναι

$$h_L = \frac{1}{0.6} \left[\frac{(1.8 \text{ m/s})^2 - (0.6 \text{ m/s})^2}{2(9.81 \text{ m/s}^2)} \right] = 0.24 \text{ m}$$

Σχόλιο

Όταν χρησιμοποιούνται μηχανικά καθαριζόμενες σχάρες, ο μηχανισμός καθαρισμού ενεργοποιείται συνήθως από τη βαθμιαία αύξηση των υδραυλικών απωλειών. Οι υδραυλικές απώλειες υπολογίζονται μετρώντας τη στάθμη του νερού πριν και μετά τη σχάρα. Σε μερικές περιπτώσεις, η σχάρα καθαρίζεται σε προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα, όπως επίσης και στη μέγιστη διαφορά υδραυλικών απωλειών.

Φυσικές διεργασίες – Λεπτές σχάρες



α



β

(Πηγή: Μηχανική Υγρών Αποβλήτων)



γ

Τυπικές λεπτές σχάρες (α) σταθερής σφηνοειδούς ράβδου (β)
τύμπανου (γ) τύπου κλίμακας

Φυσικές διεργασίες –Λεπτές σχάρες

Είδος διάταξης εσχάρωσης	Ταξινόμηση μεγέθους	Επιφάνεια εσχάρωσης			Εφαρμογή	Βλ. σχήμα
		Περιοχή in	μεγέθους mm ^a	Μέσο εσχάρωσης		
Κεκλιμένη (σταθερή)	Μέτρια	0.01 - 0.1	0.25 - 2.5	Σχάρα σφηνοειδούς ράβδου από ανοξείδωτο ατσάλι	Πρωτοβάθμια επεξεργασία	5-4α
Τύμπανου (περιστρεφόμενη)	Χοντρή	0.1 - 0.2	2.5 - 5	Σχάρα σφηνοειδούς ράβδου από ανοξείδωτο ατσάλι	Προκαταρκτική επεξεργασία	5-4β
	Μέτρια	0.01 - 0.1	0.25 - 2.5	Σχάρα σφηνοειδούς ράβδου από ανοξείδωτο ατσάλι	Πρωτοβάθμια επεξεργασία	
Οριζόντια παλινδρομική	Λεπτή		6 - 35 μm	Σχάρα με υφασμάτινο πλέγμα από ανοξείδωτο ατσάλι και πολυεστέρα	Απομάκρυνση υπολειμματικών αιωρούμενων στερεών δευτεροβάθμιας εκροής	5-6
	Μέτρια	0.06 - 0.17	1.6 - 4	Ράβδοι από ανοξείδωτο ατσάλι	Υπερχειλίσσεις από παντορροϊκό αποχετευτικό δίκτυο/ όμβρια ύδατα	5-5α
Εφαπτομενική	Λεπτή	0.0475	1 200 μm	Πλέγμα από ανοξείδωτο ατσάλι	Υπερχειλίσσεις από παντορροϊκό αποχετευτικό δίκτυο	5-5β

Περιγραφή διατάξεων σχαρών που χρησιμοποιούνται στην επεξεργασία υγρών αποβλήτων

Τύποι σχαρών	Μέγεθος ανοιγμάτων		Απομάκρυνση %	
	in	mm	BOD	TSS
Σταθερή παραβολική	0.0625	1.6	5 - 20	5 - 30
Περιστρεφόμενου τύμπανου	0.01	0.25	25 - 50	25 - 45

^a Η πραγματική απομάκρυνση που μπορεί να επιτευχθεί εξαρτάται από τη φύση του συστήματος συλλογής των υγρών αποβλήτων και το χρόνο μεταφοράς των υγρών αποβλήτων.

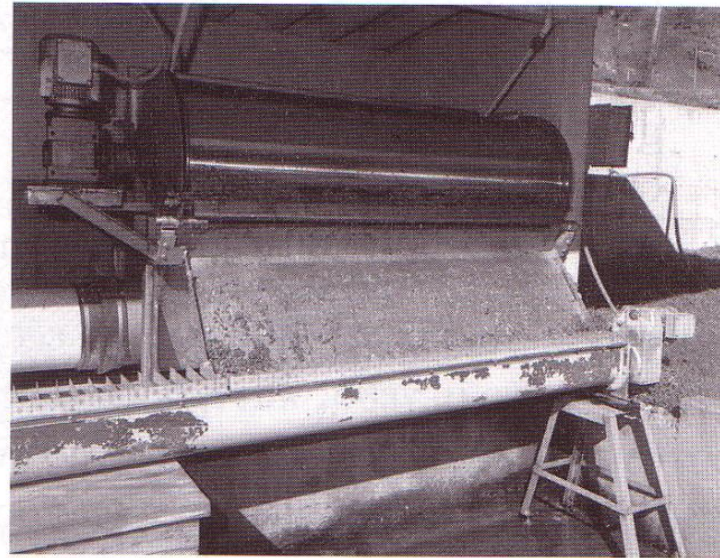
Τυπικά στοιχεία απομάκρυνσης του BOD και των TSS με λεπτές σχάρες που χρησιμοποιούνται για να αντικαταστήσουν την καθίζηση

Φυσικές διεργασίες – μικροσχάρες



(α)

(Πηγή: Μηχανική Υγρών Αποβλήτων)



(β)

Μικροσχάρες που χρησιμοποιούνται σε επεξεργασία υγρών αποβλήτων ως αντικατάσταση της πρωτοβάθμιας επεξεργασίας: (α) τύπος δίσκου με ύφασμα από ανοξείδωτο ατσάλι και (β) τύμπανου με σφηνοειδή σίτα. Το μέγεθος των οπών και στα δύο κόσκικα είναι 250 μm

Φυσικές διεργασίες – μικροσχάρες

Είδος	Τυπικές τιμές		Παρατηρήσεις
	Τυπικές μονάδες Η.Π.Α.	Μονάδες SI	
Μέγεθος σχάρας	20 - 35 μm	20 - 35 μm	Πλέγματα των σχαρών από ανοξείδωτο ασάλι ή από πολυεστέρα είναι διαθέσιμα σε μεγέθη που κυμαίνονται από 15 ως 60 μm
Ρυθμός υδραυλικής φόρτισης	75 - 150 gal /ft ² min	3-6 m ³ / m ² · min	Βασίζεται στο ποσοστό της βυθισμένης επιφάνειας του τύμπανου.
Υδραυλικές απώλειες μέσω της σχάρας	3-6 in	75 - 150 mm	Πρέπει να προβλέπεται αγωγός παράκαμψης όταν οι υδραυλικές απώλειες υπερβαίνουν τα 200 mm (8 in)
Ποσοστό εμβάπτισης τύμπανου	70 - 75% του ύψους 60-70% της επιφάνειας	70 - 75% του ύψους 60 - 70% της επιφάνειας	Κυμαίνεται ανάλογα με τη διάταξη της σχάρας
Διάμετρος τύμπανου	8 - 16 ft	2.5 - 5 m	Τα 3 m (10 ft) είναι το πιο συνηθισμένο μέγεθος που χρησιμοποιείται, τα μικρότερα μεγέθη αυξάνουν τις απαιτήσεις σε αντίστροφη πλύση
Ταχύτητα τύμπανου	15 ft / min σε 3 in υδραυλικές απώλειες	4.5 m / min σε 75 mm πτώση πίεσης	Η μέγιστη ταχύτητα περιστροφής περιορίζεται έως 45 m /min (150 ft/ min)
Απαιτήσεις αντίστροφης πλύσης	2% του συνολικού όγκου σε 50 lb _f /in ² , 5% του συνολικού όγκου σε 15 lb _f / in ²	2% του συνολικού όγκου σε 350 kPa, 5% του συνολικού όγκου σε 100 kPa	

Τυπικά σχεδιαστικά χαρακτηριστικά για τις μικροσχάρες που χρησιμοποιούνται στην εσχάρωση δευτεροβάθμιων εκροών

Φυσικές διεργασίες – Εσχαρίσματα που συγκρατούνται σε χονδρές σχάρες

Μέγεθος διακένων μεταξύ των ράβδων, mm	Ποσοστό υγρασίας, %	Ειδικό βάρος, kg / m ³	Όγκοι εσχαρισμάτων			
			ft ³ / Mgal		L / 1000 m ³	
			Εύρος	Τυπική τιμή	Εύρος	Τυπική τιμή
12.5	60 – 90	700 – 1 100	5 – 10	7	37 – 74	50
25	50 – 80	600 – 1 000	2 – 5	3	15 – 37	22
37.5	50 – 80	600 – 1 000	1 – 2	1.5	7 – 15	11
50	50 – 80	600 – 1 000	0.5 – 1.5	0.8	4 – 11	6

Τυπικά δεδομένα για τα χαρακτηριστικά και τις ποσότητες εσχαρισμάτων που απομακρύνονται από τα υγρά απόβλητα

Φυσικές διεργασίες – Εσχαρίσματα που συγκρατούνται σε λεπτές σχάρες

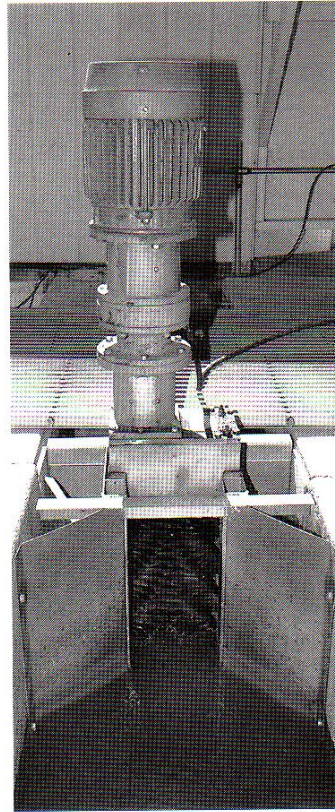
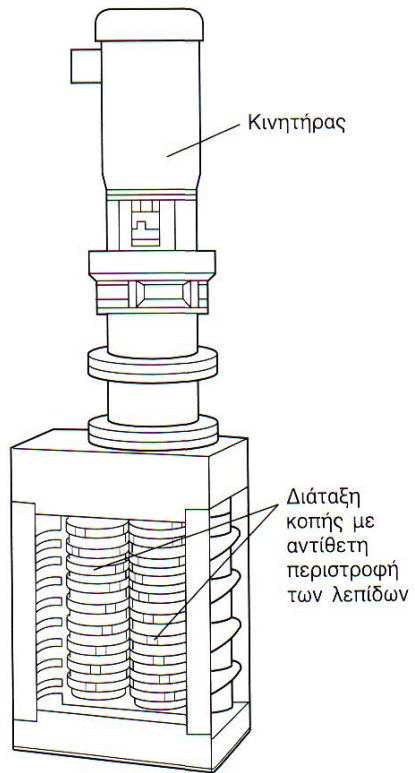
Διεργασία	Μέγεθος διακένων, mm	Ποσοστό υγρασίας, %	Ειδικό βάρος, kg / m ³	Όγκοι εσχαρισμάτων			
				ft ³ / Mgal		L / 1000 m ³	
				Περιοχή τιμών	Τυπική τιμή	Περιοχή τιμών	Τυπική τιμή
Λεπτές σχάρες με ράβδους	12.5	80 – 90	900 – 1 100	6 – 15	10	44 – 110	75
Περιστρεφόμενο τύμπανο ^α	6.25	80 – 90	9 00 – 1 100	4 – 8	6	30 – 60	45

^α Μετά από χονδρή εσχάρωση.

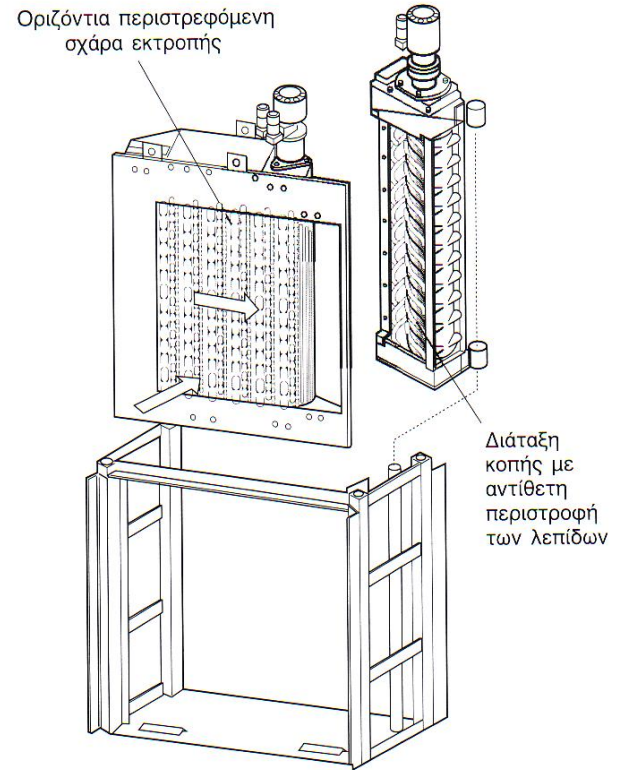
Σημείωση: mm x 0.3937 = in
kg/ m³ x 8.3492 = lb /1000 gal

Τυπικά δεδομένα για τα χαρακτηριστικά και τις ποσότητες εσχαρισμάτων που απομακρύνονται από τα υγρά απόβλητα με σχάρες λεπτών ράβδων και περιστρεφόμενου τυμπάνου

Φυσικές διεργασίες – Μείωση μεγέθους των χονδρών στερεών

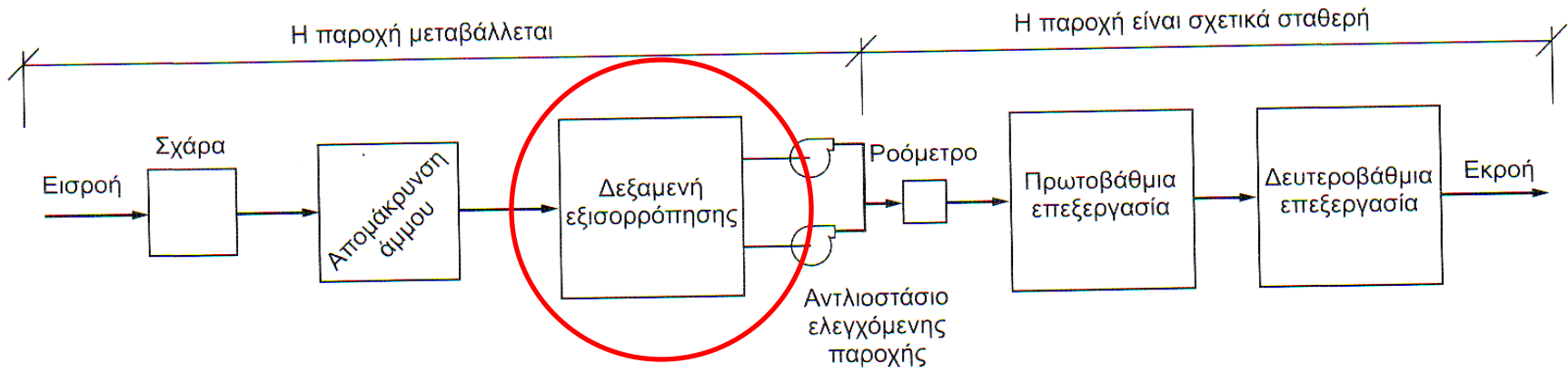


(Πηγή: Μηχανική Υγρών Αποβλήτων)

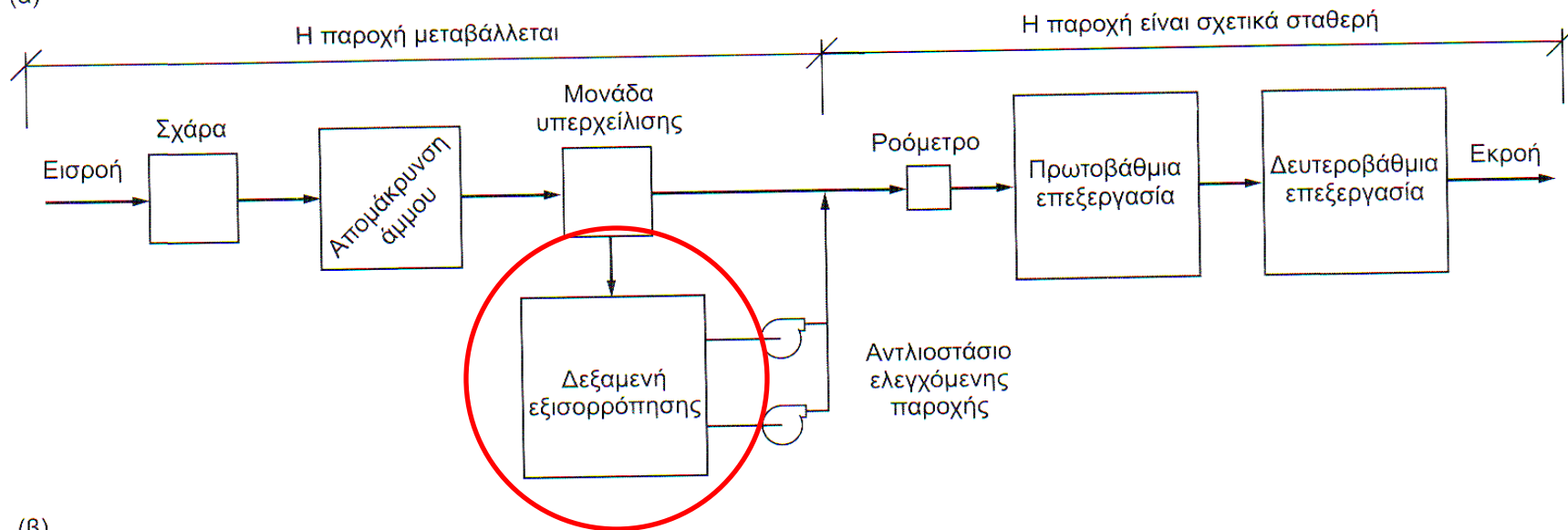


Τυπικοί θραυστήρες: (α) σχηματική αναπαράσταση ενός μύλου/θραυστήρα χαμηλής ταχύτητας εντός ενός καναλιού
(β) άποψη ενός θραυστήρα τοποθετημένου σε ανοιχτό κανάλι
(γ) Θραυστήρας που συνδέεται με σχάρα

Φυσικές διεργασίες – Εξισορρόπηση



(α)

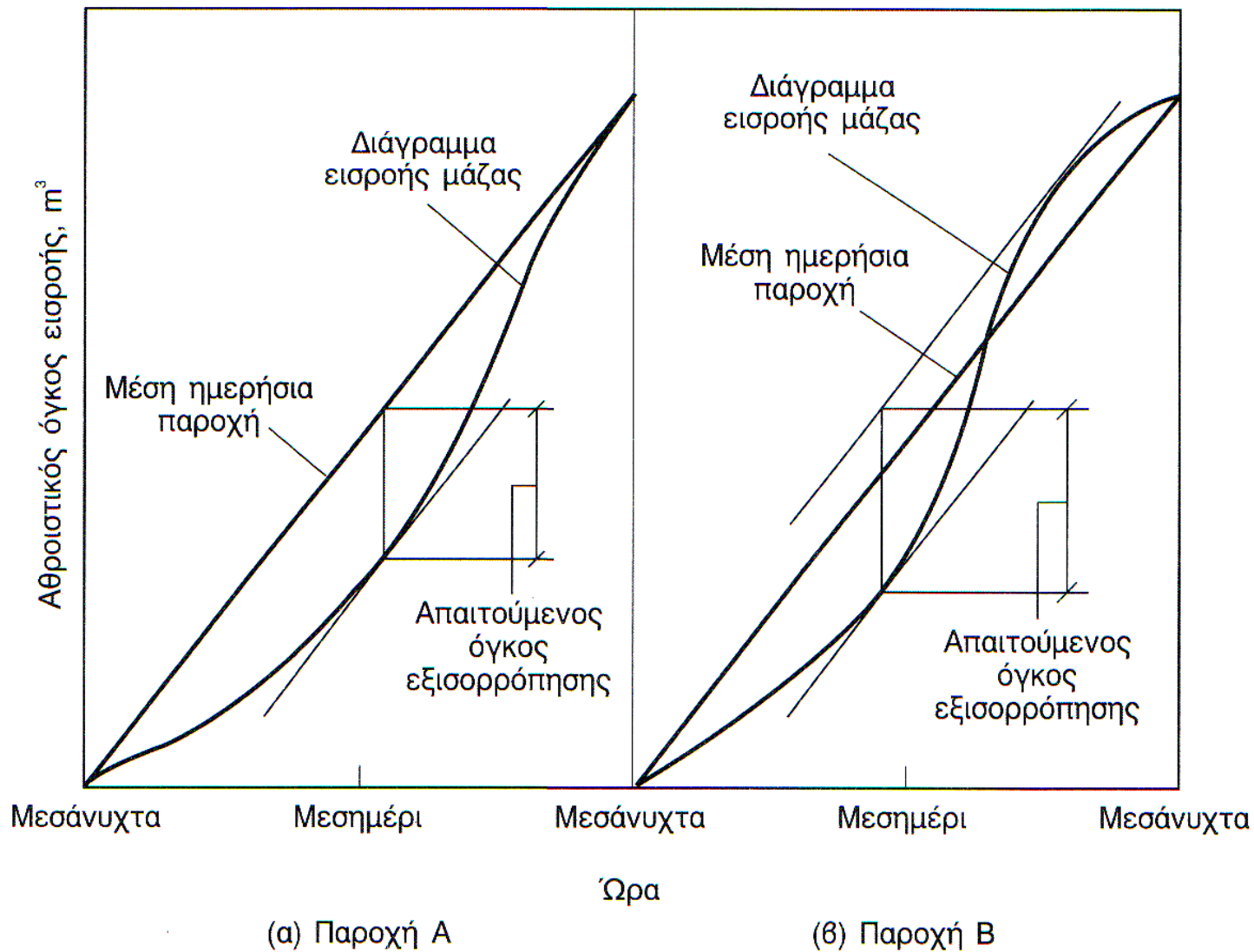


(β)

Τυπικό διάγραμμα ροής για μία ΜΕΥΑ που διαθέτει εξισορρόπηση ροής: (α) εντός της γραμμής και (β) εκτός της γραμμής

Η εξισορρόπηση ροής μπορεί να εφαρμοσθεί μετά από την **A** βάρθμια καθίζηση και μετά από τη **δευτεροβάθμια επεξεργασία** όταν χρησιμοποιείται προχωρημένη επεξεργασία

Φυσικές διεργασίες – Εξισορρόπηση



(α) Παροχή Α

(β) Παροχή Β

Σχηματικό διάγραμμα για τον προσδιορισμό το απαιτούμενου όγκου εξισορρόπησης μιας δεξαμενής αποθήκευσης για δύο τυπικές παροχές

Φυσικές διεργασίες – Εξισορρόπηση

Προσδιορισμός του απαιτούμενου όγκου για εξισορρόπηση Παροχής και Επίδραση στη φόρτιση του BOD

Για τα δεδομένα παροχής και συγκέντρωσης BOD του παρακάτω πίνακα να προσδιοριστεί:

- 1) Ο **εντός γραμμής** όγκος αποθήκευσης που απαιτείται για τη εξισορρόπηση της παροχής
- 2) Η **επίδραση** της εξισορρόπησης της παροχής στο ρυθμό φόρτισης του BOD

Φυσικές διεργασίες – Εξισορρόπηση

Χρονική περίοδος	Δεδομένα	
	Μέση παροχή κατά τη διάρκεια της χρονικής περιόδου, m ³ /s	Μέση συγκέντρωση BOD κατά τη διάρκεια της χρονικής περιόδου, mg/L
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 - N	0.430	220
N - 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
Average	0.307	

Φυσικές διεργασίες – Εξισορρόπηση

1-α. Προσδιορισμός του όγκου που απαιτείται για την εξισορρόπηση της παροχής

α. Το πρώτο βήμα είναι να κατασκευαστεί μια **καμπύλη αθροιστικού όγκου** για την παροχή των υγρών αποβλήτων, σε κυβικά μέτρα. Η καμπύλη αθροιστικού όγκου προκύπτει μετατρέποντας τη μέση παροχή (q_i) κατά τη διάρκεια κάθε ώρας σε κυβικά μέτρα, χρησιμοποιώντας την ακόλουθη έκφραση και μετά αθροιστικά προσθέτοντας τις ωριαίες τιμές ώστε να προκύψει ο αθροιστικός όγκος παροχής.

$$\text{Όγκος, } m^3 = (q_i, m^3/s)(3600 \text{ s/h})(1.0 \text{ h})$$

Φυσικές διεργασίες – Εξισορρόπηση

1-α. Προσδιορισμός του όγκου που απαιτείται για την εξισορρόπηση της παροχής

Για παράδειγμα, για τις τρεις πρώτες χρονικές περιόδους που φαίνονται στον πίνακα δεδομένων, οι αντίστοιχοι 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:

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

Φυσικές διεργασίες – Εξισορρόπηση

1-α. Προσδιορισμός του όγκου που απαιτείται για την εξισορρόπηση της παροχής

Η αθροιστική ροή, που εκφράζεται σε m^3 , στο τέλος κάθε χρονικής περιόδου προσδιορίζεται ως ακολούθως:

Στο τέλος της πρώτης χρονικής περιόδου $M-1$:

$$V_1 = 990 m^3$$

Στο τέλος της πρώτης χρονικής περιόδου $1-2$:

$$V_2 = 990 + 792 = 1782 m^3$$

Οι αθροιστικές παροχές για όλες τις ωριαίες χρονικές περιόδους υπολογίζονται με παρόμοιο τρόπο (βλέπε δεδομένα υπολογισμού στον πίνακα δεδομένων).

Φυσικές διεργασίες – Εξισορρόπηση

Χρονική περίοδος	Δεδομένα		Στοιχεία υπολογισμών	
	Μέση παροχή κατά τη διάρκεια της χρονικής περιόδου, m ³ /s	Μέση συγκέντρωση BOD κατά τη διάρκεια χρονικής περιόδου, mg/L	Αθροιστικός όγκος της παροχής στο χρονικό διάστημα, m ³	Φόρτιση BOD κατά τη διάρκεια χρονικής περιόδου, kg/h
M - 1	0.275	150	990	149
1 - 2	0.220	115	1 782	91
2 - 3	0.165	75	2 376	45
3 - 4	0.130	45	3 222	23
4 - 5	0.105	60	3 582	17
5 - 6	0.100	90	4 014	22
6 - 7	0.120	130	4 752	39
7 - 8	0.205	175	6 030	96
8 - 9	0.355	200	7 506	223
9 - 10	0.410	215	9 036	295
10 - 11	0.425	220	10 584	329
11 - N	0.430	220	12 114	341
N - 1	0.425	210	13 572	337
1 - 2	0.405	200	14 958	306
2 - 3	0.385	190	16 218	277
3 - 4	0.350	180	17 388	239
4 - 5	0.325	170	18 558	211
5 - 6	0.325	175	19 746	199
6 - 7	0.330	210	21 060	208
7 - 8	0.365	280	22 500	276
8 - 9	0.400	305	23 940	403
9 - 10	0.400	245	25 308	439
10 - 11	0.380	180	26 550	335
11 - M	0.345			224
Average	0.307			213

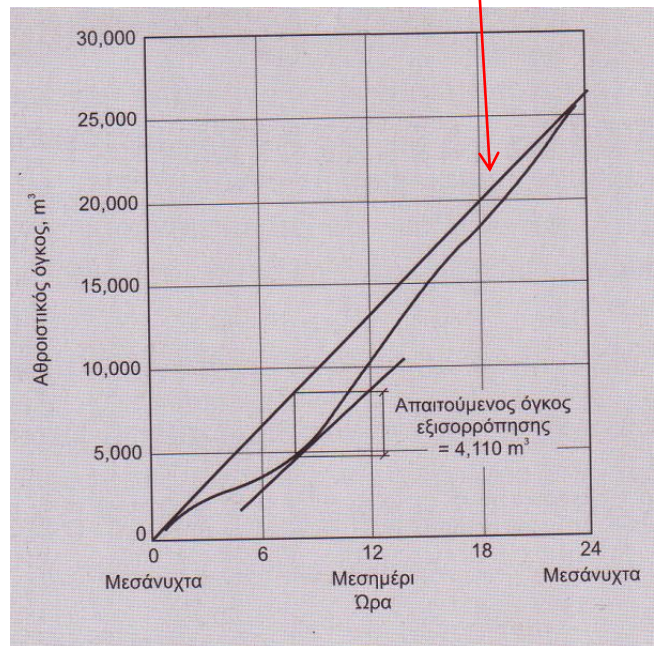
$$0,15 \text{ kg/m}^3 * 990 \text{ m}^3/\text{h} = 149 \text{ kg/h}$$

$$0,115 \text{ kg/m}^3 * 792 \text{ m}^3/\text{h} = 91 \text{ kg/h}$$

Φυσικές διεργασίες – Εξισορρόπηση

1-β. Προσδιορισμός του όγκου που απαιτείται για την εξισορρόπηση της παροχής

β. Το δεύτερο βήμα είναι να γίνει ένα γράφημα του αθροιστικού όγκου ροής, όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα. Όπως θα σημειωθεί, η κλίση της γραμμής που ξεκινά από την αρχή των αξόνων ως το τελικό σημείο του διαγράμματος εισροής αντιπροσωπεύει τη μέση παροχή ανά ημέρα, που σε αυτή την περίπτωση είναι ίση με $0.307 \text{ m}^3/\text{s}$.

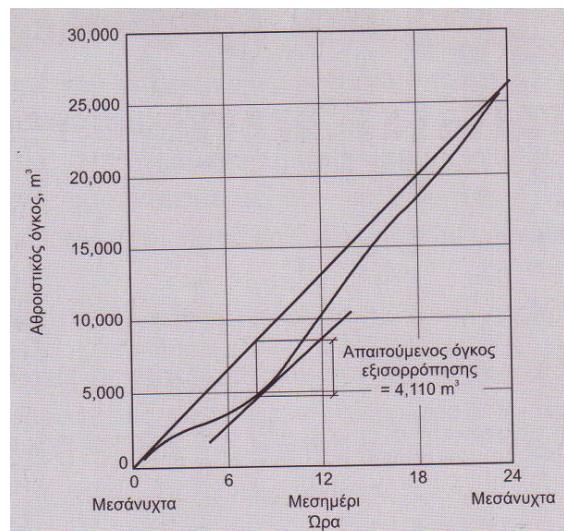


Φυσικές διεργασίες – Εξισορρόπηση

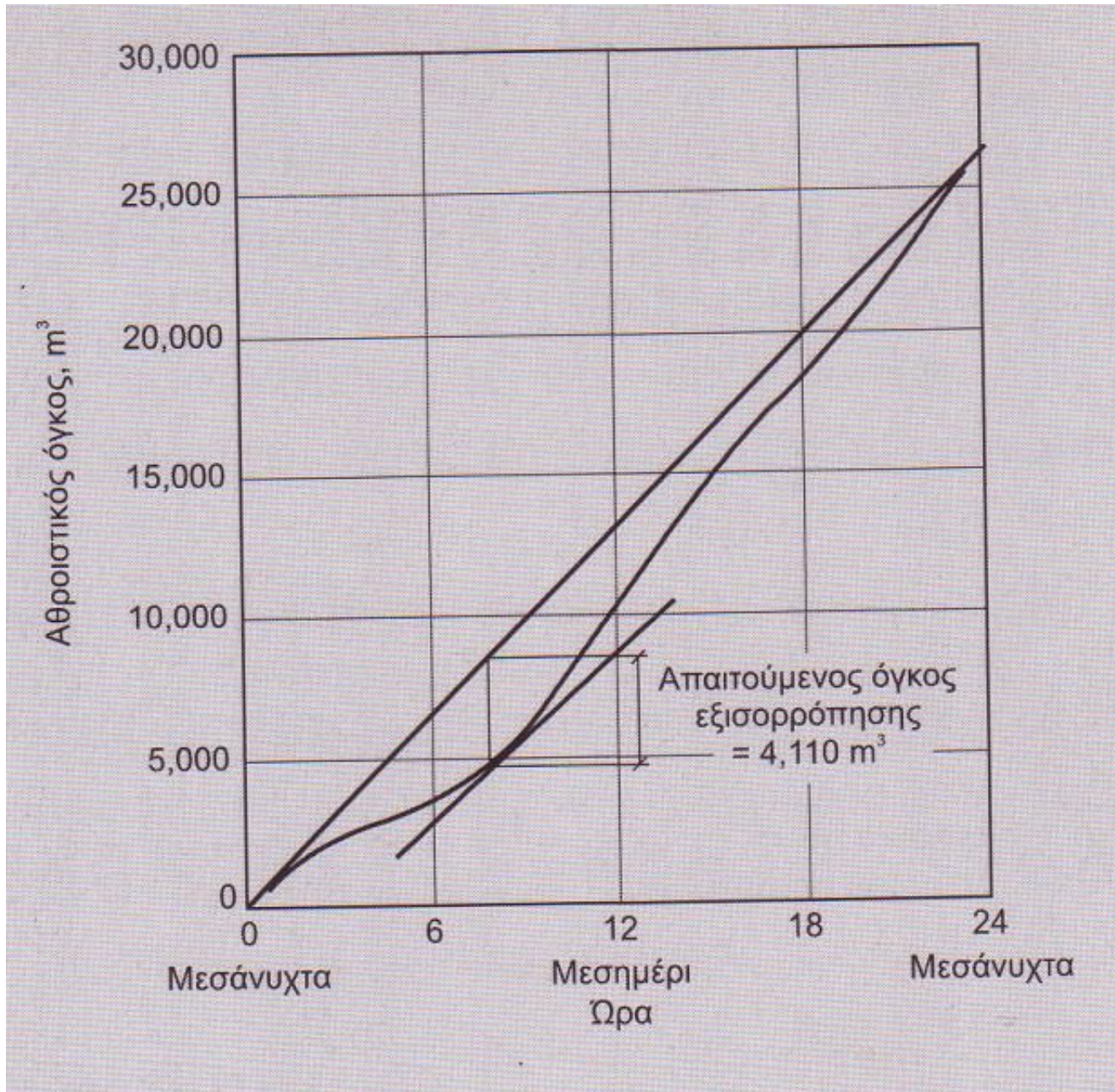
1-γ. Προσδιορισμός του όγκου που απαιτείται για την εξισορρόπηση της παροχής

γ. Το τρίτο βήμα είναι να προσδιοριστεί ο απαιτούμενος όγκος αποθήκευσης. Ο απαιτούμενος όγκος αποθήκευσης προσδιορίζεται σχεδιάζοντας μια γραμμή παράλληλη στη μέση παροχή, εφαπτόμενη στο χαμηλότερο σημείο του διαγράμματος εισροής. Ο απαιτούμενος όγκος αντιπροσωπεύεται από την κάθετη απόσταση από το σημείο της εφαπτόμενης έως την ευθεία γραμμή της μέσης παροχής. Έτσι, ο απαιτούμενος όγκος αποθήκευσης είναι ίσος με:

Όγκος δεξαμενής εξισορρόπησης, $V = 4110 \text{ m}^3 (145100 \text{ ft}^3)$



Φυσικές διεργασίες – Εξισορρόπηση



Φυσικές διεργασίες – Εξισορρόπηση

2-α. Προσδιορισμός της επίδρασης της δεξαμενής εξισορρόπησης στο ρυθμό φόρτισης του BOD

2. Προσδιορίστε την επίδραση της δεξαμενής εξισορρόπησης στο ρυθμό φόρτισης του BOD. Αν και υπάρχουν εναλλακτικές μέθοδοι υπολογισμού, ίσως ο πιο απλός τρόπος είναι να γίνουν οι κατάλληλοι υπολογισμοί ξεκινώντας από τη χρονική περίοδο όπου η δεξαμενή εξισορρόπησης είναι άδεια. Επειδή η δεξαμενή εξισορρόπησης είναι άδεια περίπου στις 8:30 π.μ., οι κατάλληλοι υπολογισμοί θα εκτελεστούν ξεκινώντας από την περίοδο 8-9.

α. Το πρώτο βήμα είναι να υπολογιστεί ο όγκος υγρού στη δεξαμενή εξισορρόπησης στο τέλος κάθε χρονικής περιόδου. Ο απαιτούμενος όγκος υπολογίζεται αφαιρώντας την εξισορροπημένη ωριαία παροχή εκφρασμένη ως όγκος από την παροχή εισροής επίσης εκφρασμένης ως όγκος. Ο όγκος που αντιστοιχεί στην εξισορροπημένη παροχή για περίοδο 1 ώρας είναι $0.307 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 3\,600 \text{ s/h} = 1\,106 \text{ m}^3$. Χρησιμοποιώντας την τιμή αυτή, ο όγκος αποθήκευσης υπολογίζεται χρησιμοποιώντας την ακόλουθη έκφραση:

Φυσικές διεργασίες – Εξισορρόπηση

2-α. Προσδιορισμός της επίδρασης της δεξαμενής εξισορρόπησης στο ρυθμό φόρτισης του BOD

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

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

Έτσι, χρησιμοποιώντας τις τιμές από τον αρχικό πίνακα δεδομένων, ο όγκος στη δεξαμενή εξισορρόπησης για τη χρονική περίοδο 8-9 είναι ως ακολούθως:

Χρονική περίοδος	Όγκος της ροής κατά τη διάρκεια χρονικής περιόδου, m ³	Αποθηκευμένος όγκος στο τέλος κάθε χρονικής περιόδου, m ³	Μέση συγκέντρωση BOD κατά τη διάρκεια της χρονικής περιόδου, mg/L	Εξισορροπημένη συγκέντρωση BOD κατά τη διάρκεια της χρονικής περιόδου, mg/L	Εξισορροπημένη φόρτιση BOD κατά τη διάρκεια της χρονικής περιόδου, kg/ h
8-9	1 278	172	175	175	193
9-10	1 476	542	200	197	218
10-11	1 530	966	215	210	232
11-N	1 548	1 408	220	216	239
N-1	1 530	1 832	220	218	241
1-2	1 458	2 184	210	214	237
2-3	1 386	2 464	200	209	231
3-4	1 260	2 618	190	203	224
4-5	1 170	2 680	180	196	217
5-6	1 170	2 746	170	188	208
6-7	1 188	2 828	175	184	203
7-8	1 314	3 036	210	192	212
8-9	1 440	3 370	280	220	243
9-10	1 440	3 704	305	245	271
10-11	1 368	3 966	245	245	271
11-M	1 242	4 102	180	230	254
M-1	990	3 986	150	214	237
1-2	792	3 972	115	196	217
2-3	594	3 160	75	179	198
3-4	468	2 522	50	162	179
4-5	378	1 794	45	147	162
5-6	360	1 048	60	132	146
6-7	432	374	90	119	132
7-8	738	0	130	126	139
Μέση τιμή					213

Για την περίοδο 8-9 $0,355 \text{ m}^3/\text{s} * 3600 \text{ s/h} = 1278 \text{ m}^3$

Για την περίοδο 8-9 αποθηκευμένος όγκος $V_{sc} = (\text{τέλος προηγούμενης}) 0\text{m}^3 + (\text{εισορή}) 1278 \text{ m}^3 - \text{εκροή}(1106)\text{m}^3 = 172 \text{ m}^3$

Φυσικές διεργασίες – Εξισορρόπηση

2-α Προσδιορισμός της επίδρασης της δεξαμενής εξισορρόπησης στο ρυθμό φόρτισης του BOD

Έτσι, χρησιμοποιώντας τις τιμές από τον αρχικό πίνακα δεδομένων, ο όγκος στη δεξαμενή εξισορρόπησης για τη χρονική περίοδο 8-9 είναι ως ακολούθως:

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

Για τη χρονική περίοδο 9-10:

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

Ο όγκος αποθήκευσης στο τέλος κάθε χρονικής περιόδου έχει υπολογιστεί με παρόμοιο τρόπο (βλέπε τον ακόλουθο πίνακα υπολογισμών).

Φυσικές διεργασίες – Εξισορρόπηση

2-β Προσδιορισμός της επίδρασης της δεξαμενής εξισορρόπησης στο ρυθμό φόρτισης του BOD

β. Το δεύτερο βήμα είναι να υπολογιστεί η μέση συγκέντρωση που φεύγει από τη δεξαμενή αποθήκευσης. Χρησιμοποιώντας την ακόλουθη έκφραση, που βασίζεται στην υπόθεση ότι το περιεχόμενο της δεξαμενής εξισορρόπησης αναμιγνύεται πλήρως, η μέση συγκέντρωση που φεύγει από τη δεξαμενή αποθήκευσης είναι:

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

όπου X_{oc} = μέση συγκέντρωση του BOD στην εκροή από τη δεξαμενή αποθήκευσης κατά τη διάρκεια της τρέχουσας χρονικής περιόδου, g/m^3 (mg/L)

V_{ic} = όγκος των εισερχόμενων υγρών αποβλήτων κατά τη διάρκεια της τρέχουσας χρονικής περιόδου, m^3

X_{ic} = μέση συγκέντρωση του BOD στον εισερχόμενο όγκο υγρών αποβλήτων, g/m^3

V_{sp} = όγκος υγρών αποβλήτων στη δεξαμενή αποθήκευσης στο τέλος της προηγούμενης χρονικής περιόδου, m^3

X_{sp} = συγκέντρωση του BOD στα υγρά απόβλητα στη δεξαμενή αποθήκευσης στο τέλος της προηγούμενης χρονικής περιόδου, g/m^3

Χρονική περίοδος	Όγκος της ροής κατά τη διάρκεια χρονικής περιόδου, m ³	Αποθηκευμένος όγκος στο τέλος κάθε χρονικής περιόδου, m ³	Μέση συγκέντρωση BOD κατά τη διάρκεια της χρονικής περιόδου, mg/L	Εξισορροπημένη συγκέντρωση BOD κατά τη διάρκεια της χρονικής περιόδου, mg/L	Εξισορροπημένη φόρτιση BOD κατά τη διάρκεια της χρονικής περιόδου, kg/ h
8-9	1 278	172	175	175	193
9-10	1 476	542	200	197	218
10-11	1 530	966	215	210	232
11-N	1 548	1 408	220	216	239
N-1	1 530	1 832	220	218	241
1-2	1 458	2 184	210	214	237
2-3	1 386	2 464	200	209	231
3-4	1 260	2 618	190	203	224
4-5	1 170	2 680	180	196	217
5-6	1 170	2 746	170	188	208
6-7	1 188	2 828	175	184	203
7-8	1 314	3 036	210	192	212
8-9	1 440	3 370	280	220	243
9-10	1 440	3 704	305	245	271
10-11	1 368	3 966	245	245	271
11-M	1 242	4 102	180	230	254
M-1	990	3 986	150	214	237
1-2	792	3 972	115	196	217
2-3	594	3 160	75	179	198
3-4	468	2 522	50	162	179
4-5	378	1 794	45	147	162
5-6	360	1 048	60	132	146
6-7	432	374	90	119	132
7-8	738	0	130	126	139
Μέση τιμή					213

Φυσικές διεργασίες – Εξισορρόπηση

2-β. Προσδιορισμός της επίδρασης της δεξαμενής εξισορρόπησης στο ρυθμό φόρτισης του BOD

Χρησιμοποιώντας τα δεδομένα που δίνονται στη στήλη 2 του παραπάνω πίνακα υπολογισμών, η συγκέντρωση εκροής υπολογίζεται ως εξής:

Για τη χρονική περίοδο 8-9:

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

Για τη χρονική περίοδο 9-10:

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

Όλες οι τιμές συγκεντρώσεων που υπολογίζονται με τον ίδιο τρόπο παρουσιάζονται στον παραπάνω πίνακα υπολογισμών.

Φυσικές διεργασίες – Εξισορρόπηση

2-γ. Προσδιορισμός της επίδρασης της δεξαμενής εξισορρόπησης στο ρυθμό φόρτισης του BOD

γ. Το τρίτο βήμα είναι να υπολογιστεί ο ωριαίος ρυθμός φόρτισης χρησιμοποιώντας την ακόλουθη έκφραση:

$$\text{Ρυθμός φόρτισης μάζας, kg/h} = \frac{(X_{oc}, \text{g/m}^3)(q_1, \text{m}^3/\text{s})(3600 \text{s/h})}{(10^3 \text{g/kg})}$$

Για παράδειγμα. για τη χρονική περίοδο 8-9, ο ρυθμός φόρτισης μάζας είναι:

$$\frac{(175 \text{g/m}^3)(0.307 \text{m}^3/\text{s})(3600 \text{s/h})}{(10^3 \text{g/kg})} = 193 \text{kg/h}$$

Όλες οι ωριαίες τιμές συγκεντρώνονται στον πίνακα υπολογισμών. Οι αντίστοιχες τιμές χωρίς την εξισορρόπηση ροής αναφέρονται στον αρχικό πίνακα τιμών.

Φυσικές διεργασίες – Εξισορρόπηση

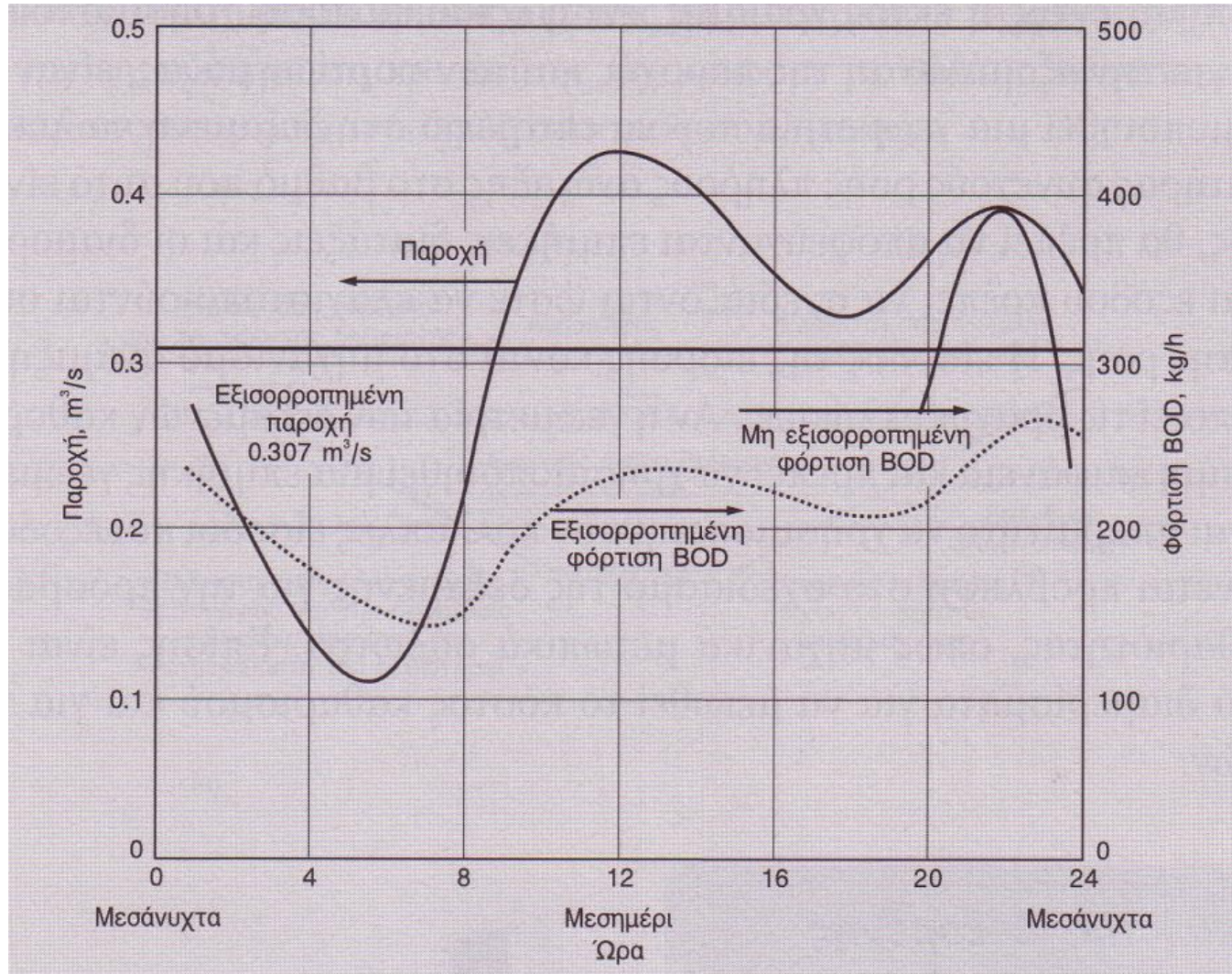
2-δ. Προσδιορισμός της επίδρασης της δεξαμενής εξισορρόπησης στο ρυθμό φόρτισης του BOD

δ. Η επίδραση της εξισορρόπησης ροής παρουσιάζεται καλύτερα γραφικά σχεδιάζοντας την ωριαία μη εξισορροπημένη και εξισορροπημένη φόρτιση μάζας BOD (βλέπε το ακόλουθο διάγραμμα). Οι ακόλουθοι λόγοι παροχής, που προκύπτουν από τα δεδομένα του πίνακα που δίνεται στην εκφώνηση του προβλήματος και στον πίνακα υπολογισμών που έγινε στο Βήμα 2α, είναι επίσης χρήσιμοι για να εκτιμηθούν τα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από την εξισορρόπηση ροής:

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

Φυσικές διεργασίες – Εξισορρόπηση

2-δ. Προσδιορισμός της επίδρασης της δεξαμενής εξισορρόπησης στο ρυθμό φόρτισης του BOD



(Πηγή: Μηχανική Υγρών Αποβλήτων)

Φυσικές διεργασίες – Εξισορρόπηση

Προσδιορισμός της επίδρασης της δεξαμενής εξισορρόπησης στο ρυθμό φόρτισης του BOD

Σχόλιο

Όταν χρησιμοποιούνται οι δεξαμενές εξισορρόπησης εντός γραμμής, μπορεί να συμβεί επιπλέον εξομάλυνση στο ρυθμό φόρτισης μάζας BOD αυξάνοντας τον όγκο των δεξαμενών. Αν και η παροχή σε μια εγκατάσταση επεξεργασίας εξισορροπήθηκε σε αυτό το παράδειγμα, στην πραγματικότητα η εξισορρόπηση ροής θα χρησιμοποιούνταν σε περιοχές με υψηλή διείδυση/εισροή ή με παροχή αιχμής ομβρίων υδάτων.

Βιβλιογραφία

1. Wastewater Engineering-Treatment and Reuse
G. Tchobanoglous, F. Burton, H. Stensel, Metcalf & Eddy, Inc,
2. Biological wastewater treatment
L. Grady, G. Daigger, H. Lim, Marchel Dekker, Inc.,
New York