

Διαχείριση βιοστερεών

Κατά την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων, εκτός από την τελική εκροή, παράγονται ως παραπροϊόντα διάφορα παχύρρευστα, ημιστερεά ή στερεά προϊόντα, τα οποία πρέπει να τύχουν κατάλληλης επεξεργασίας και διάθεσης. Τα κυριότερα από τα προϊόντα αυτά είναι:

- Εσχαρώματα
- Προϊόντα εξάμμωσης
- Πρωτοβάθμια ιλύς
- Δευτεροβάθμια ιλύς
- Ιλύς προερχόμενη από αναερόβια χώνευση
- Αφροί και λίπη

Οι διεργασίες διαχείρισης των προϊόντων αυτών τείνουν:

- Στην κατά το δυνατόν μείωση της υγρασίας τους
- Στην απομείωση του οργανικού τους περιεχομένου
- Στην σταθεροποίηση της σύστασής τους

Περιεκτικότητα ιλύος σε στερεά και συστήματα μεταφοράς



2%

Φυγοκεντρική αντλία
ή mono-pump

Ταινιόδρομος
ή κοχλίας

18%



8%

Mono-pump

Ταινιόδρομος
ή κοχλίας

23%



12%

Mono-pump

Ταινιόδρομος
ή κοχλίας

30%

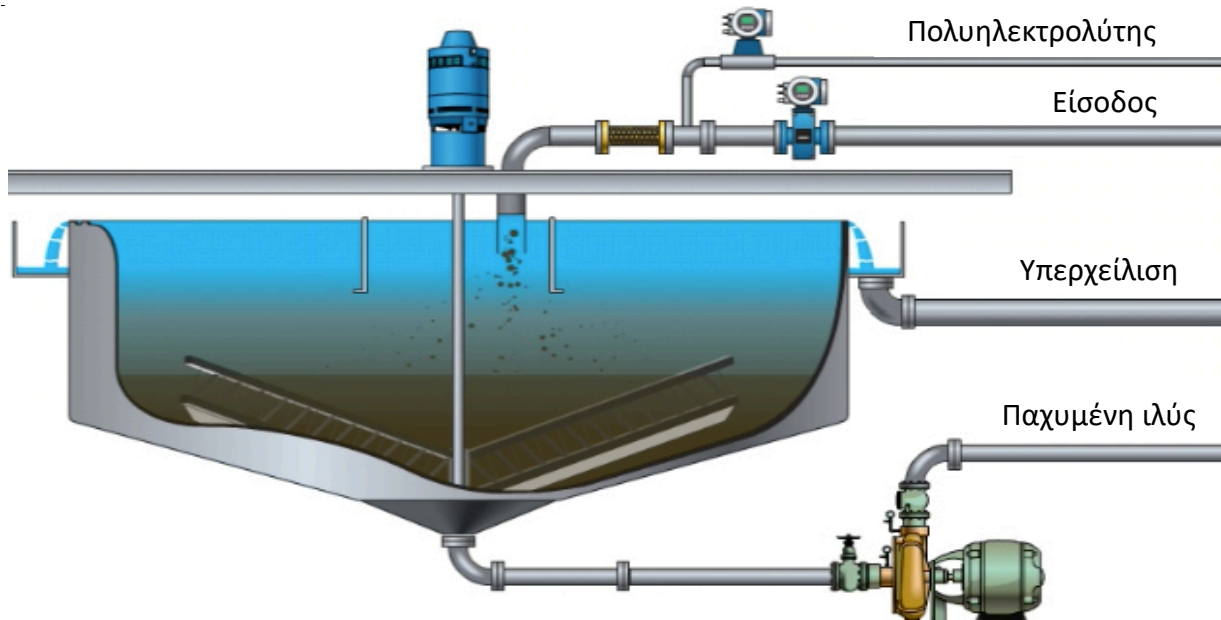


Πάχυνση ιλύος

Η διεργασία της πάχυνσης των παραγόμενων ιλύων έχει σκοπό την μείωση της περιεχόμενης υγρασίας τους, με άμεσο συνεπακόλουθο την μείωση του όγκου της. Πάχυνση μπορεί να επιτευχθεί με ένα από τους πιο κάτω τρόπους:

- Με βαρύτητα
- Με επίπλευση με αέρα
- Με μηχανικά μέσα

Πάχυνση με βαρύτητα

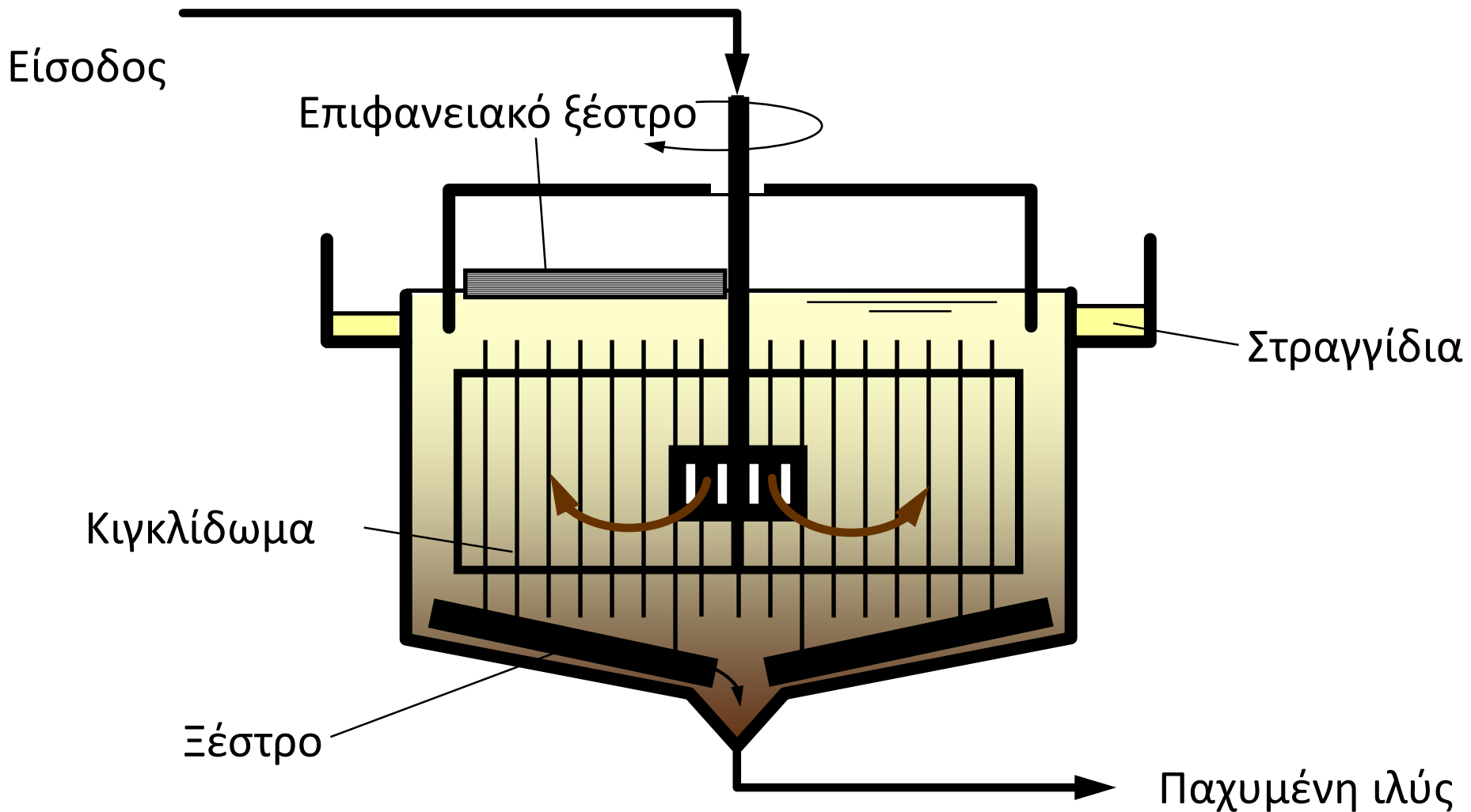


Ικανότητα απομάκρυνσης
έως και 95% των
εισερχομένων στερεών

Τυπικό βάθος: 3,0-3,7 m

Πρόκειται για δεξαμενές παρόμοιου σχεδιασμού με τις δεξαμενές καθίζησης, με βασική διαφορά τον αυξημένο λόγο βάθος/διάμετρος. Ιλύς και πολυηλεκτρολύτης τροφοδοτείται συνεχώς, ενώ σύστημα κατακόρυφων ράβδων ή δικτυωτό πλέγμα στερεωμένα στον περιστρεφόμενο μηχανισμό του ξέστρου διανοίγουν κενά, υποβοηθώντας στην άνοδο των υγρών, και στην καθίζηση παχύτερης ιλύος. Η ιλύς συμπυκνώνεται περαιτέρω σε χοάνη, στον πυθμένα, λόγω αυξημένης υδροστατικής πίεσης των υπερκείμενων στρωμάτων.

Παχυντής βαρύτητας



Δεξαμενή πάχυνσης πρωτοβάθμιας ιλύος



Ψυττάλεια, Αθήνα



Σίνδος, Θεσσαλονίκη

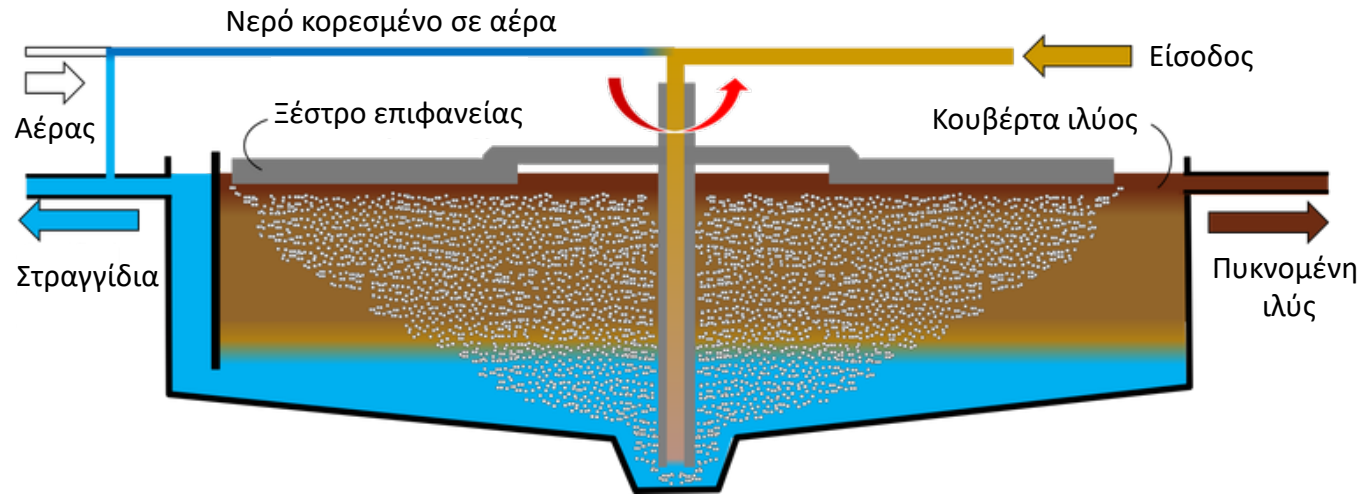
Δεξαμενές πάχυνσης πρωτοβάθμιας ιλύος

Δεξαμενές πάχυνσης ιλύος

α,β,γ. Διάφοροι τύποι ξέστρων με
προσαρμοσμένες
κατακόρυφες ράβδους



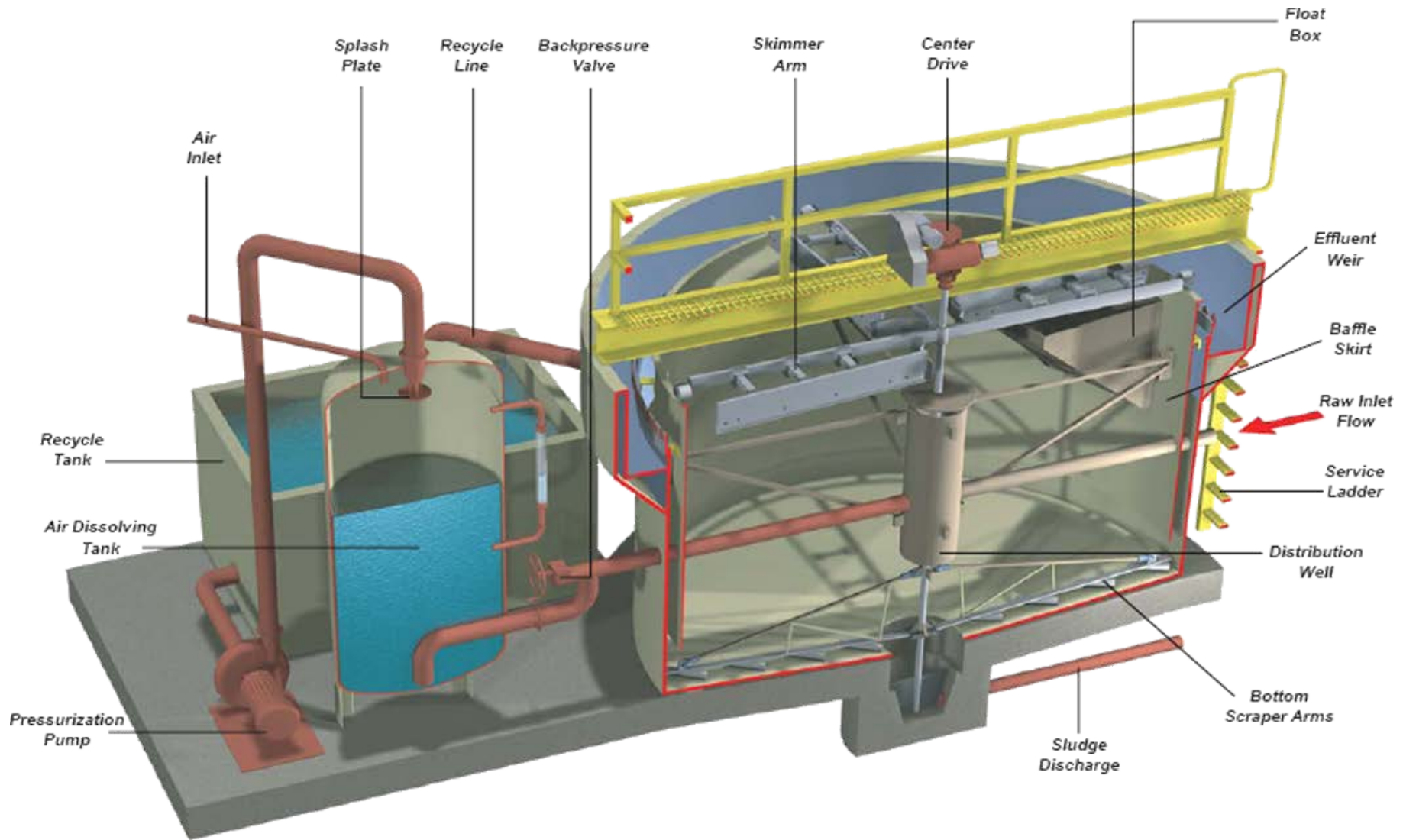
Πάχυνση με επίπλευση



Ικανότητα απομάκρυνσης έως και 99% των εισερχομένων στερεών με χρήση πολυηλεκτρολύτη (2-5mg ανά kg ξηρής μάζας)

Πρόκειται για διεργασία παρόμοια με αυτήν για τον διαχωρισμό ιλύος από απόβλητα: Αέρας υπό υψηλή πίεση διαλύεται στην μάζα της ιλύος, και απελευθερώνεται σε λεπτές φυσαλίδες με την πτώση της πίεσης, οι οποίες συμπαρασύρουν προς την επιφάνεια τα στερεά της ιλύος, όπου και διαχωρίζονται. Η διεργασία βρίσκει ιδιαίτερη εφαρμογή στην πάχυνση ενεργούς ιλύος.

Διάταξη παχυντή επίπλευσης (DAF)





Σύστημα επίπλευσης για πάχυνση βιομηχανικής ιλύος

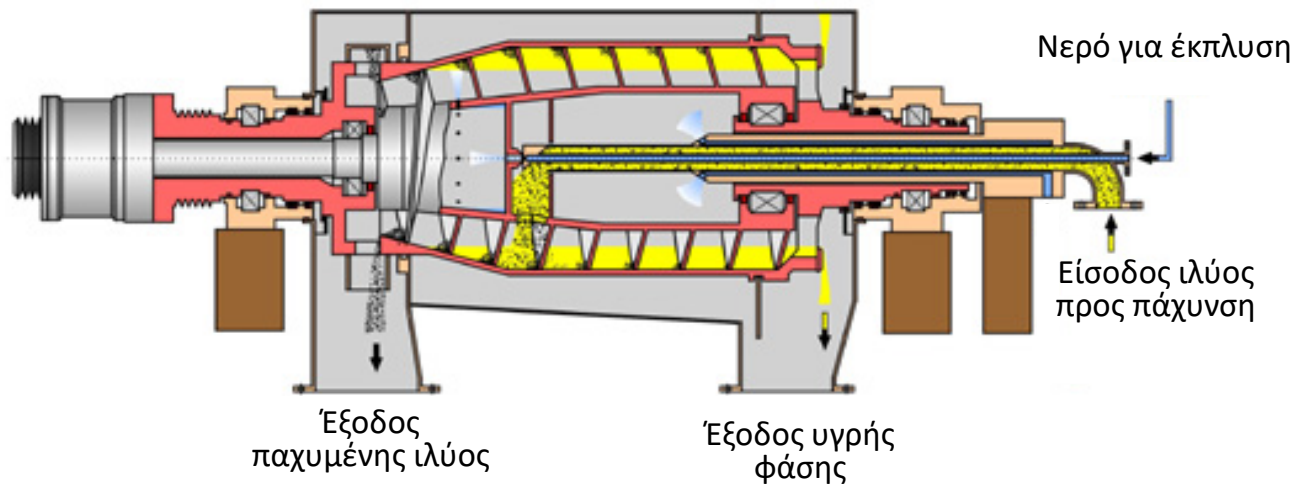
Απομάκρυνση επιπλέουσας στοιβάδας

α,β,γ. Απομάκρυνση
επιπλέουσας στοιβάδας
σε συστήματα DAF για
πάχυνση ιλύος



Πάχυνση με φυγοκέντρωση

Συστήματα φυγοκέντρωσης χρησιμοποιούνται τόσο για πάχυνση, όσο και για αφυδάτωση της ιλύος. Στην περίπτωση της πάχυνσης χρησιμοποιούνται συνήθως παχυντές συμπαγούς περιστρεφόμενου περιβλήματος (solid-bowl centrifuge), οι οποίες αποτελούνται από κυλινδρικό θάλαμο περιστρεφόμενο γύρω από κοχλία, με συνέπεια την εξώθηση της παχυμένης ιλύος προς τα τοιχώματα και τέλος τον διαχωρισμό της. Συνήθως απαιτείται χρήση πολυηλεκτρολύτη (μέχρι 4mg ανά kg ξηρών στερεών)



Φυγοκεντρητής συμπαγούς πε περιβλήματος

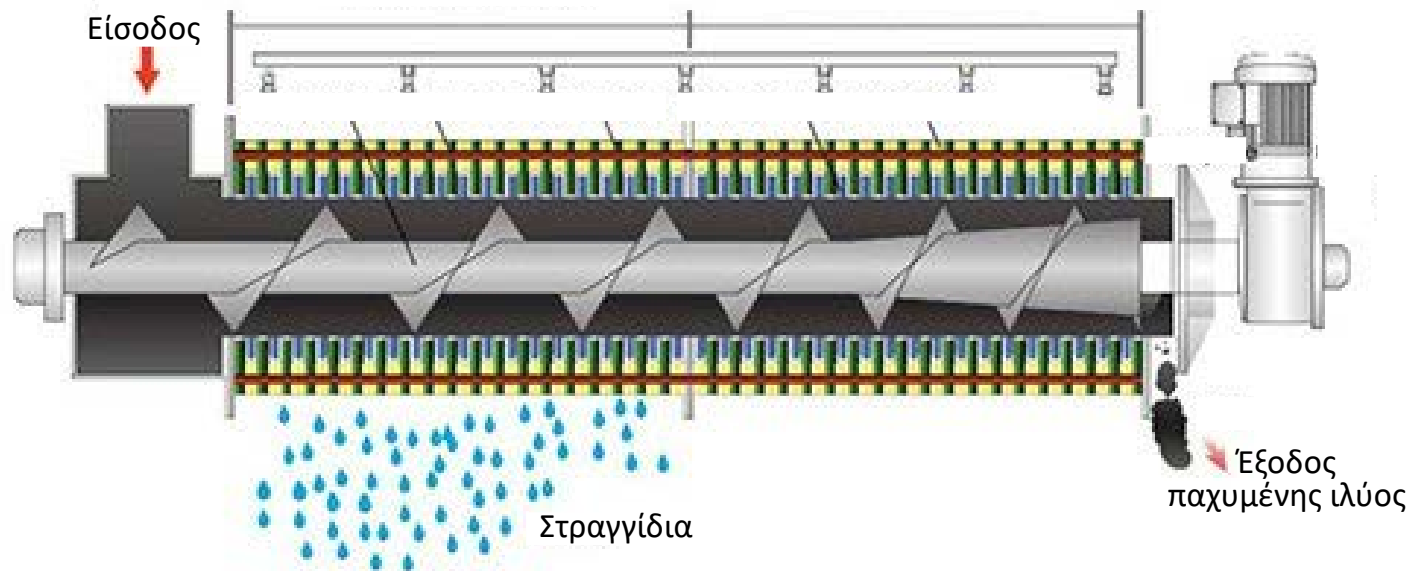
- α. Φυγοκεντρικοί παχυντές
- β. Φυγοκεντρικός παχυντής με ανοικτό κάλυμα
- γ. Παχυντής περιστρεφόμενου τύμπανου σε λειτουργία



γ

Πάχυνση με κοχλία συμπίεσης

Πρόκειται για συστήματα τα που αποτελούνται από κοχλία συμπίεσης, δηλαδή κοχλία με προοδευτικά μειούμενο βήμα. Η ταχύτητα περιστροφής είναι σημαντικά μειωμένη, σε σχέση με αυτή των φυγοκεντρικών παχυντών (και ως εκ τούτου απαιτούν λιγότερη ενέργεια για να λειτουργήσουν). Για σχετικά πιο αραιές ιλύες χρησιμοποιούνται κοχλίες με μικρά βήματα. Συνήθως απαιτείται χρήση πολυηλεκτρολύτη (μέχρι 4mg ανά kg ξηρών στερεών)



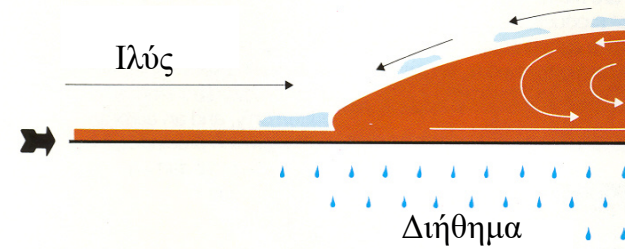
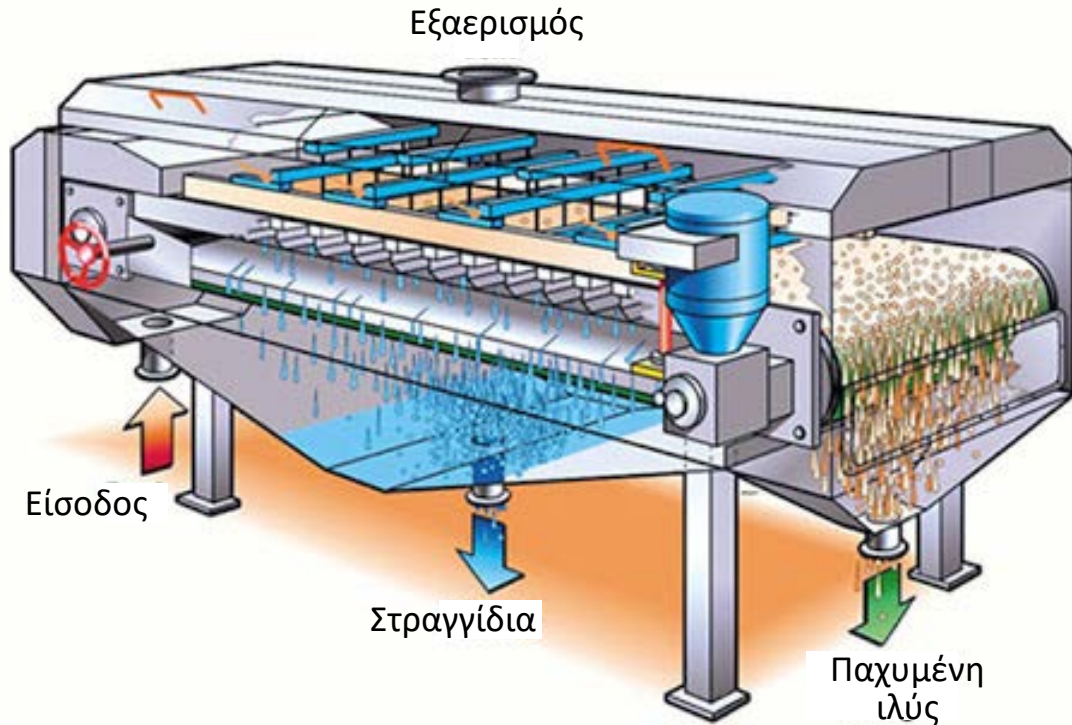


Παχυντές με κοχλία συμπίεσης

- α. Κοχλίας συμπίεσης για αραιές ιλύες
- β. Κεκλιμένος παχυντής κοχλία συμπίεσης
- γ. Παχυντής κοχλία συμπίεσης



Τράπεζες πάχυνση



Ικανότητα απομάκρυνσης έως και 98% των εισερχομένων στερεών με χρήση πολυηλεκτρολύτη (3-7mg ανά kg ξηρής μάζας)

Πρόκειται για σύστημα περιστρεφόμενου ατέρμονα φιλτρόπανου το οποίο βρίσκεται προσαρμοσμένο σε οριζοντιωμένη τράπεζα. Η ιλύς αναμειγνύεται με πολυηλεκτρολύτη και τροφοδοτείται στο ένα άκρο της τράπεζας, και λόγω της περιστροφής του φιλτρόπανου μετακινείται προς τα άλλο. Κατά την διαδρομή αυτή χάνει μέρος της περιεχόμενης υγρασίας της.

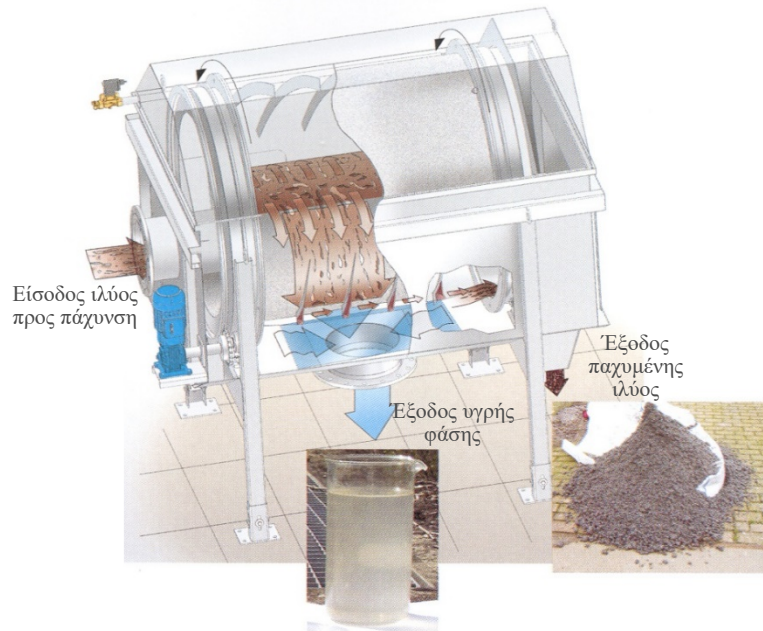
Τράπεζες πάχυνσης

Ψυτάλεια, Αθήνα

Τράπεζα πάχυνσης ιλύος
(Λεπτομέρεια παχυμένης ιλύος)



Πάχυνση με περιστρεφόμενα τύμπανα



Πρόκειται για περιστρεφόμενα κυλινδρικά κόσκινα. Η κροκιδωμένη ιλύς τροφοδοτείται αξονικά των τύμπανων, όπου με την επίδραση της περιστροφής διαχωρίζεται σε συμπυκνωμένη ιλύ, η οποία εξέρχεται από το άλλο άκρο τους, και σε υγρή φάση, που διαφεύγει μέσω των κόσκινων.

Ικανότητα απομάκρυνσης έως και 98% των εισερχομένων στερεών

Παχυντής περιστρεφόμενου τυμπάνου



Παχυντές περιστρεφόμενου τυμπάνου

- α,β. Έξοδος ιλύος σε παχυντές
περιστρεφόμενων τύμπανων
- γ. Παχυντής περιστρεφόμενου
τύμπανου σε λειτουργία



Άλλα συστήματα πάχυνσης ιλύος



α

- α. Παχυντής δίσκου
- β. Παχυντής σάκου (για μικρές παροχές)
- γ. Παχυντής σάκου Geotube® (για μεγάλες παροχές)



β



γ

Σχεδιασμός Δεξαμενής Ομογενοποίησης Ιλύος

Οι ιλύες που προέρχονται από τις Δεξαμενές Πρωτοβάθμιας, Δευτεροβάθμιας και Χημικής καθίζησης συγκεντρώνονται στη δεξαμενή ομογενοποίησης ιλύος (ΔΟΙ). Η δεξαμενή ομογενοποίησης λειτουργεί και ως δεξαμενή εξισορρόπησης της ροής ιλύος, παρέχοντας σταθερή παροχή προς τη Δεξαμενή Πύκνωσης της ιλύος. Η ΔΟΙ είναι αεριζόμενη ούτως για να αποφευχθούν αναερόβιες συνθήκες.

Για τη διαστασιολόγηση του όγκου της ΔΟ λαμβάνεται υπόψη η διακύμανση της παροχής από τα τρία ρεύματα ιλύων. Μια εμπειρική προσέγγιση για τον υπολογισμό του όγκου της ΔΟΙ είναι:

$$V_{\Delta O I} = \frac{1}{6} d \cdot \bar{Q}_{\eta \mu .}$$

Όπου,

- $V_{\Delta O I}$ = ο όγκος της ΔΟΙ, σε m^3
- $\bar{Q}_{\eta \mu .} = \bar{Q}_{\eta \mu ., w, \Delta \Pi K} + \bar{Q}_{\eta \mu ., w, \Delta \Delta K} + \bar{Q}_{\eta \mu ., w, \Delta X K}$ = το άθροισμα των παροχών των ρευμάτων ιλύος της ΔΠΚ, ΔΔΚ και της ΔΧΚ σε $m^3 d^{-1}$. Για την τελική διαστασιολόγηση της ΔΟ χρησιμοποιείται συντελεστής ασφαλείας $\sigma = 1,5-2 \rightarrow V_{\Delta O I, \sigma \chi \epsilon \delta \iota \alpha \sigma \mu \acute{o} u} = \sigma \cdot V_{\Delta O I}$.

Στο συνολικό όγκο της ΔΟ πρέπει να ληφθεί και το ενδεχόμενο μιας επιπλέον παροχής νερού, για ρύθμιση της επιφανειακής φόρτισης στον παχυντή, ώστε να έχει τιμή $> 16 m d^{-1}$.

Σχεδιασμός Δεξαμενής Πάχυνσης Ιλύος

Χαρακτηριστικά σχεδιασμού Δεξαμενών Βαρυτικής Πάχυνσης

Οι πυκνωτές βαρύτητας είναι δεξαμενές συνήθως κυκλικής διατομής παρόμοιες με αυτές της καθίζησης με διαμέτρους έως 20 m. Ο όγκος των Δεξαμενών πάχυνσης χωρίζεται στις εξής ζώνες (από πάνω προς τα κάτω).

- Ζώνη διαύγασης-καθίζησης με βάθη 1,2 έως 1,8 m
- Ζώνη πύκνωσης-αποθήκευσης στην οποία πρέπει να υπάρχει επαρκής χώρος για την πύκνωση-αποθήκευση της λάσπης

Βάθος των δεξαμενών πάχυνσης: 3 - 3,7 m.

Ελεύθερο ύψος: 0,6 - 0,9 m.

Κλίση του πυθμένα 1:4 - 1:6 (μεγαλύτερο από αυτό των δεξαμενών καθίζησης).

Εύρη τιμών χαρακτηριστικών παραμέτρων στη Δεξαμενή Πάχυνσης

Είδος Ιλύος	% στερεά εισροής	% στερεά πυκνωμένης ιλύος	Φόρτιση στερεών ($\text{kg m}^{-2} \text{d}^{-1}$)	Μέγιστη Επιφανειακή φόρτιση (m d^{-1})
Α'βάθμια	4-12	5-10	95-140	24-32
Β'βάθμια	0,5-1,5	2-4	12-35	5-10
Χημική καθίζηση	6-10		24-82	24-72
Α'βάθμια+Β'βάθμια+Χημική καθίζηση	0,5-4	4-7	24-82	16-32

Σχεδιασμός Δεξαμενής Πάχυνσης Ιλύος

Σημαντικές παράμετροι της Πάχυνσης σύμφωνα με τον Πίνακα 1 είναι η φόρτιση στερεών και η επιφανειακή φόρτιση. Η ελάχιστη επιφανειακή φόρτιση της Δεξαμενής Πάχυνσης πρέπει να είναι 16 m d^{-1} . Σε μικρότερες επιφανειακές φορτίσεις δημιουργούνται προβλήματα οσμών, λόγω των μεγάλων χρόνων παραμονής σε αναερόβιες συνθήκες. Σε περίπτωση που η επιφανειακή φόρτιση της δεξαμενής πάχυνσης είναι μικρότερη από 16 m d^{-1} , τότε η λάσπη αραιώνεται με παροχέτευση απαραίτητης ποσότητας νερού από την δεξαμενή μερισμού (μετά την ΔΔΚ). Η ποσότητα αυτή συνυπολογίζεται στο συνολικό όγκο της ΔΟΙ.

$$V_{\Delta O} = V_{\Delta O, \text{σχεδιασμού}} + V_{\text{αραιώσης}}$$

Εξοπλισμός της Δεξαμενής πάχυνσης

Οι δεξαμενές πάχυνσης φέρουν ξέστρο παρόμοιο με αυτό των δεξαμενών καθίζησης, το οποίο φέρει κατακόρυφες ράβδους, οι οποίες βοηθούν στην πύκνωση της ιλύος.

Οι μεγάλες πυκνότητες λάσπης στον πυθμένα προβάλλουν αντίσταση στην κίνηση του ξέστρου. Η ροπή στρέψης δίνεται από την εξίσωση:

$$T = W \cdot R^2$$

Όπου,

T = Ροπή στρέψης του ξέστρου, σε kg m

W = Ομοιόμορφο φορτίο, χαρακτηριστικό της λάσπης, σε kg m^{-1}

R = Ακτίνα της δεξαμενής πάχυνσης, σε m

Οι τυπικές τιμές του W είναι 45 kg m^{-1} για Α'βάθμια ιλύ, 30 kg m^{-1} για περίσσεια ενεργού ιλύος και $30\text{-}45 \text{ kg m}^{-1}$ για ομογενοποιημένες ιλύες.

Σχεδιασμός Δεξαμενής Πάχυνσης Ιλύος

Η απαιτούμενη ισχύς για την περιστροφή του ξέστρου δίνεται από την εξίσωση:

$$P = \frac{T \cdot g \cdot \omega}{n} \quad \text{ή} \quad P = \frac{T \cdot g \cdot u}{R \cdot n}$$

Όπου,

P = Ισχύς, σε Watt

T = Ροπή στρέψης του ξέστρου, σε kg m

g = Επιτάχυνση της βαρύτητας, $9,81 \text{ m s}^{-2}$

ω = Περιστροφή του ξέστρου, σε rpm

u = Γραμμική ταχύτητα του ξέστρου, περίπου 2 m min^{-1}

R = Ακτίνα του Ξέστρου, σε m

n = Απόδοση του κινητήρα, εξαρτάται από τον τύπο του κινητήρα, με τυπικές τιμές 70-80%

Σχεδιασμός Δεξαμενής Πάχυνσης (ΔΠ) Ιλύος

Για το σχεδιασμό της Δεξαμενής Πάχυνσης, αρχικά υπολογίζεται η επιφάνεια της ΔΠ, για τη δυσμενέστερη περίπτωση (δηλαδή να δέχεται μόνο δυετεροβάθμια ιλύ).

$$A = \frac{\bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\Delta K} \cdot C_{TSS,\Delta\Delta K}}{U_{\sigma\tau\epsilon\rho\epsilon\omega\upsilon\nu}}$$

Όπου,

A = Επιφάνεια της ΔΠ, σε m^2

$U_{\sigma\tau\epsilon\rho\epsilon\omega\upsilon\nu}$ = Φόρτιση στερεών, σε $kg\ m^2d^{-1}$

Αρχικά επιλέγεται τυπική τιμή φόρτισης των στερεών. Στη συνέχεια υπολογίζεται η διάμετρος και επιλέγεται το βάθος της Δεξαμενής Πάχυνσης.

Στη συνέχεια, υπολογίζεται η φόρτιση των στερεών μίγματος της ομογενοποιημένης ιλύος.

$$U_{\sigma\tau\epsilon\rho\epsilon\omega\upsilon\nu, \mu\acute{\iota}\gamma\mu\alpha\tau\omicron\varsigma} = \frac{\bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\Pi K} \cdot C_{TSS,\Delta\Pi K} + \bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\Delta K} \cdot C_{TSS,\Delta\Delta K} + \bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\chi K} \cdot C_{TSS,\Delta\chi K}}{A}$$

Όπου,

- $C_{TSS,\Delta\Pi K}$, $C_{TSS,\Delta\Delta K}$ και $C_{TSS,\Delta\chi K}$ = η συγκέντρωση των στερεών στις ιλύες των ΔΠΚ, ΔΔΚ και ΔΧΚ, αντίστοιχα.

Σχεδιασμός Δεξαμενής Πάχυνσης Ιλύος

Στη συνέχεια υπολογίζεται η επιφανειακή φόρτιση:

$$E\Phi_{\text{μείγματος}} = \frac{\bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\text{ΠΚ}} + \bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\Delta\text{Κ}} + \bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\text{ΧΚ}}}{A}$$

Στην περίπτωση που η $E\Phi_{\text{μείγματος}}$ είναι μικρότερη από 16 m d^{-1} , προστίθεται ποσότητα νερού από την εκροή της $\Delta\Delta\text{Κ}$, ώστε η $E\Phi_{\text{μείγματος}}$ να φτάσει την $E\Phi_{\text{min}} = 16 \text{ m d}^{-1}$. Η απαιτούμενη παροχή αραίωσης υπολογίζεται ως:

$$Q_{\text{αραίωσης}} = A \cdot E\Phi_{\text{min}} - (\bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\text{ΠΚ}} + \bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\Delta\text{Κ}} + \bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\text{ΧΚ}})$$

Ισοζύγιο στερεών

$$Q_{\text{in}} \cdot C_{\text{in}} = Q_{\text{πυκν.}} \cdot C_{\text{πυκν.}} + Q_{\text{υπερ.}} \cdot C_{\text{υπερ.}}$$

Όπου,

$$Q_{\text{in}} = Q_{\text{Ιλύος}}$$

$$C_{\text{in}} = \frac{\bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\text{ΠΚ}} \cdot C_{\Delta\text{ΠΚ}} + \bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\Delta\text{Κ}} \cdot C_{\Delta\Delta\text{Κ}} + \bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\text{ΧΚ}} \cdot C_{\Delta\text{ΧΚ}}}{\bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\text{ΠΚ}} + \bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\Delta\text{Κ}} + \bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\text{ΧΚ}}}$$

$Q_{\text{πυκν.}}, C_{\text{πυκν.}}$ = Παροχή και η συγκέντρωση της πυκνωμένης ιλύος

$Q_{\text{υπερχ.}}, C_{\text{υπερχ.}}$ = Παροχή και η συγκέντρωση της υπερχειλίσσης

Παράδειγμα Σχεδιασμού Δεξαμενών Ομογενοποίησης και Πάχυνσης Ιλύος (1/11)

Να σχεδιάσετε τις Δεξαμενές Ομογενοποίησης και Πάχυνσης, οι οποίες θα δέχονται ιλύες από Δεξαμενές Πρωτοβάθμιας, Δευτεροβάθμιας και Χημικής Καθίζησης. Δίνονται οι τιμές των παροχών: $\bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\Pi\kappa} = 20 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$, $\bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\Delta\kappa} = 55 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$ και $\bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\chi\kappa} = 0,5 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$ και των συγκεντρώσεων σε στερεά $C_{TTS,\Delta\Pi\kappa} = 4\%$, $C_{TSS,\Delta\Delta\kappa} = 1\%$ και $C_{TSS,\Delta\chi\kappa} = 6\%$.

Αρχικά, σχεδιάζεται η Δεξαμενή Πάχυνσης, διότι για το σχεδιασμό της Δεξαμενής Ομογενοποίησης πρέπει να εξεταστεί αν αυτή θα δέχεται και νερό αραιώσης.

Αρχικά υπολογίζεται η επιφάνεια της ΔΠ, για τη δυσμενέστερη περίπτωση (να δέχεται ιλύ μόνο από τη ΔΔΚ). Από τον σχετικό Πίνακα εκλέγεται φόρτιση στερεών $U_{\text{στερεών}} = 18 \text{ kg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, οπότε υπολογίζεται η επιφάνεια της ΔΠ.

$$A = \frac{\bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\Delta\kappa} \cdot C_{TSS,\Delta\Delta\kappa}}{U_{\text{στερεών}}} \Rightarrow A = \frac{55 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1} \cdot \frac{1 \text{ g}}{100 \text{ mL}} \cdot \frac{10^6 \text{ mL}}{\text{m}^3} \frac{\text{kg}}{1000 \text{ g}}}{18 \text{ kg m}^{-2} \text{ d}^{-1}} = 30,6 \text{ m}^2$$

Η διάμετρος της Δεξαμενής Πάχυνσης είναι:

$$D_{\text{παχ.}} = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} \Rightarrow D_{\Delta\Delta\kappa} = \sqrt{\frac{4 \cdot 30,6 \text{ m}^2}{\pi}} = 6,2 \text{ m}$$

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, η διάμετρος πρέπει να είναι μικρότερη από 20 m, άρα ο σχεδιασμός είναι εντός των ορίων.

Παράδειγμα Σχεδιασμού Δεξαμενών Ομογενοποίησης και Πάχυνσης Ιλύος (2/11)

Στη συνέχεια, υπολογίζεται η φόρτιση των στερεών μίγματος της ομογενοποιημένης ιλύος.

$$\begin{aligned} U_{\text{στερεών, μίγματος}} &= \frac{\bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\text{ΠΚ}} \cdot C_{\text{TSS},\Delta\text{ΠΚ}} + \bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\text{ΔΚ}} \cdot C_{\text{TSS},\Delta\text{ΔΚ}} + \bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\text{ΧΚ}} \cdot C_{\text{TSS},\Delta\text{ΧΚ}}}{A} \\ &= \frac{(20 \text{ m}^3 \text{d}^{-1} \cdot \frac{4 \text{ g}}{100 \text{ mL}} + 55 \text{ m}^3 \text{d}^{-1} \cdot \frac{1 \text{ g}}{100 \text{ mL}} + 0,5 \text{ m}^3 \text{d}^{-1} \cdot \frac{6 \text{ g}}{100 \text{ mL}}) \cdot \frac{10^6 \text{ mL}}{\text{m}^3} \frac{\text{kg}}{1000 \text{ g}}}{30,6 \text{ m}^2} \\ &= 45,2 \text{ kg m}^{-2} \text{d}^{-1} \end{aligned}$$

Η επιφανειακή φόρτιση του μίγματος ιλύος από τις τρεις Δεξαμενές, υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\begin{aligned} E\Phi_{\text{μίγματος}} &= \frac{\bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\text{ΠΚ}} + \bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\text{ΔΚ}} + \bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\text{ΧΚ}}}{A} \\ \Rightarrow E\Phi_{\text{μίγματος}} &= \frac{20 \text{ m}^3 \text{d}^{-1} + 55 \text{ m}^3 \text{d}^{-1} + 0,5 \text{ m}^3 \text{d}^{-1}}{30,6 \text{ m}^2} = 2,5 \text{ m d}^{-1} \end{aligned}$$

Επειδή η επιφανειακή φόρτιση είναι μικρή, η λάσπη στην εισροή πρέπει να αραιωθεί με νερό από την υπερχείλιση της ΔΔΚ (η άντληση γίνεται από την δεξαμενή μερισμού, κατάντη της ΔΔΚ).

Παράδειγμα Σχεδιασμού Δεξαμενών Ομογενοποίησης και Πάχυνσης Ιλύος (3/11)

Προστίθεται ποσότητα νερού από την ΔΔΚ, ώστε η $E\Phi_{\text{μείγματος}}$ να φτάσει την $E\Phi_{\text{min}} = 16 \text{ m d}^{-1}$. Η απαιτούμενη παροχή αραίωσης είναι ίση με:

$$\begin{aligned} Q_{\text{αραίωσης}} &= A \cdot E\Phi_{\text{min}} - (\bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\Pi\text{K}} + \bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\Delta\text{K}} + \bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\chi\text{K}}) \\ \Rightarrow Q_{\text{αραίωσης}} &= 30,6 \text{ m}^2 \cdot 16 \text{ m d}^{-1} - (20 \text{ m}^3\text{d}^{-1} + 55 \text{ m}^3\text{d}^{-1} + 0,5 \text{ m}^3\text{d}^{-1}) = 413,4 \text{ m}^3\text{d}^{-1} \end{aligned}$$

Επομένως, η συνολική παροχή του μίγματος στερεών και νερού είναι:

$$\begin{aligned} Q_{\text{ολικό}} &= Q_{\text{αραίωσης}} + (\bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\Pi\text{K}} + \bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\Delta\text{K}} + \bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\chi\text{K}}) \\ \Rightarrow Q_{\text{αραίωσης}} &= 413,4 \text{ m}^3\text{d}^{-1} + (20 \text{ m}^3\text{d}^{-1} + 55 \text{ m}^3\text{d}^{-1} + 0,5 \text{ m}^3\text{d}^{-1}) = 488,9 \text{ m}^3\text{d}^{-1} \end{aligned}$$

Η συγκέντρωση στερεών στο αραιωμένο μίγμα εισροής είναι:

$$\begin{aligned} C_{\text{μείγματος}} &= \frac{\bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\Pi\text{K}} \cdot C_{\text{TSS},\Delta\Pi\text{K}} + \bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\Delta\text{K}} \cdot C_{\text{TSS},\Delta\Delta\text{K}} + \bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\chi\text{K}} \cdot C_{\text{TSS},\Delta\chi\text{K}}}{Q_{\text{ολικό}}} \\ &= \frac{(20 \text{ m}^3\text{d}^{-1} \cdot \frac{4 \text{ g}}{100 \text{ mL}} + 55 \text{ m}^3\text{d}^{-1} \cdot \frac{1 \text{ g}}{100 \text{ mL}} + 0,5 \text{ m}^3\text{d}^{-1} \cdot \frac{6 \text{ g}}{100 \text{ mL}}) \cdot \frac{10^3 \text{ mL}}{\text{L}} \frac{10^3 \text{ mg}}{\text{g}}}{488,9 \text{ m}^3\text{d}^{-1}} \\ &= 2822,7 \text{ mg L}^{-1} \text{ ή } 0,28\% \end{aligned}$$

Παράδειγμα Σχεδιασμού Δεξαμενών Ομογενοποίησης και Πάχυνσης Ιλύος (4/11)

Υπολογίζεται το βάθος και ο χρόνος παραμονής:

Για τη ζώνη καθίζησης: Εκλέγεται βάθος 1,5 m

Για τη ζώνη πύκνωσης: Εκλέγεται συγκέντρωση της πυκνωμένης λάσπης 5%. Η συγκέντρωση στη ζώνη πύκνωσης θεωρείται ότι είναι ο μέσος της εισροής και της πυκνωμένης, επομένως:

$$C_{\text{πυκν.}} = \frac{5 + 0,28}{2} = 2,64\%$$

Υπολογίζεται το βάθος της ζώνης πύκνωσης για να υπάρχει δυνατότητα αποθήκευσης της λάσπης μίας μέρας.

$$\begin{aligned} H_{\text{πυκν.}} &= \frac{\bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\Pi\kappa} \cdot C_{\text{TSS},\Delta\Pi\kappa} + \bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\Delta\kappa} \cdot C_{\text{TSS},\Delta\Delta\kappa} + \bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\chi\kappa} \cdot C_{\text{TSS},\Delta\chi\kappa}}{C_{\text{πυκν.}} \cdot A} \cdot 1 \text{ d} = H_{\text{πυκν.}} \\ &= \frac{(20 \text{ m}^3\text{d}^{-1} \cdot \frac{4 \text{ g}}{100 \text{ mL}} + 55 \text{ m}^3\text{d}^{-1} \cdot \frac{1 \text{ g}}{100 \text{ mL}} + 0,5 \text{ m}^3\text{d}^{-1} \cdot \frac{6 \text{ g}}{100 \text{ mL}})}{\frac{2,64 \text{ g}}{100 \text{ mL}} \cdot 30,6 \text{ m}^2} \cdot 1 \text{ d} = 1,71 \text{ m} \end{aligned}$$

Επομένως, το συνολικό βάθος του υγρού είναι:

$$H_{\text{παχ.}} = H_{\text{καθ.}} + H_{\text{πυκν.}} \Rightarrow H_{\text{παχ.}} = 1,5 \text{ m} + 1,71 \text{ m} = 3,21 \text{ m}$$

Παράδειγμα Σχεδιασμού Δεξαμενών Ομογενοποίησης και Πάχυνσης Ιλύος (5/11)

Ο όγκος του παχυντή υπολογίζεται ως:

$$V_{\text{παχ.}} = A \cdot H_{\text{ολ.}} \Rightarrow V_{\text{πυκν.}} = 30,6 \text{ m}^2 \cdot 3,21 \text{ m} = 98,2 \text{ m}^3$$

Ο χρόνος παραμονής υπολογίζεται ως:

$$\tau_{\text{παχ.}} = \frac{V_{\text{παχ.}}}{Q_{\text{ολικό}}} \Rightarrow \tau_{\text{παχ.}} = \frac{98,2 \text{ m}^3}{488,9 \text{ m}^3 \text{d}^{-1}} = 0,2 \text{ d} = 4,8 \text{ h}$$

Ροπή ξέστρου και ισχύς ηλεκτροκινητήρα

Για τον υπολογισμό της ροπής ξέστρου εκλέγεται ομοιόμορφο φορτίο $W = 40 \text{ kg m}^{-1}$. Η ροπή στρέψης του ξέστρου υπολογίζεται από τον τύπο:

$$T = W \cdot R^2 \Rightarrow T = 40 \text{ kg m}^{-1} \cdot (6.2 \text{ m}/2)^2 = 384,4 \text{ kg m}$$

Η απαιτούμενη ισχύς για την περιστροφή του ξέστρου δίνεται από την εξίσωση:

$$P = \frac{T \cdot g \cdot u}{R \cdot n} \Rightarrow P = \frac{384,4 \text{ kg m} \cdot 9,81 \text{ m s}^{-2} \cdot 2 \text{ m min}^{-1} \cdot \frac{\text{min}}{60 \text{ s}}}{3,1 \text{ m} \cdot 0,7} = 58 \text{ W}$$

Παράδειγμα Σχεδιασμού Δεξαμενών Ομογενοποίησης και Πάχυνσης Ιλύος (6/11)

Ισοζύγιο μάζας στερεών

Εισροή ιλύος

$$\begin{aligned} M_{\text{ιλύος}} &= \bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\text{ΠΚ}} \cdot C_{\text{TSS},\Delta\text{ΠΚ}} + \bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\Delta\text{Κ}} \cdot C_{\text{TSS},\Delta\Delta\text{Κ}} + \bar{Q}_{\eta\mu.,w,\Delta\text{ΧΚ}} \cdot C_{\text{TSS},\Delta\text{ΧΚ}} \\ &= \left(20 \text{ m}^3\text{d}^{-1} \cdot \frac{4 \text{ g}}{100 \text{ mL}} + 55 \text{ m}^3\text{d}^{-1} \cdot \frac{1 \text{ g}}{100 \text{ mL}} + 0,5 \text{ m}^3\text{d}^{-1} \cdot \frac{6 \text{ g}}{100 \text{ mL}} \right) \cdot \frac{10^6 \text{ mL}}{\text{m}^3} \cdot \frac{\text{kg}}{1000 \text{ g}} \\ &= 1380,0 \text{ kg d}^{-1} \end{aligned}$$

Πυκνωμένη ιλύς

Εκλέγεται συγκέντρωση στερεών υπερκείμενου υγρού $C_{\text{υπερκ.}} = 500 \text{ mg L}^{-1}$.

Προκειμένου να υπολογιστεί η παροχή $Q_{\text{πυκν.}}$ της πυκνωμένης λάσπης, υποθέτουμε ότι η συγκέντρωση πυκνωμένης λάσπης είναι 5% και του υπερκείμενου υγρού είναι 500 mg L^{-1} ή 0,05%.

$$\begin{aligned} Q_{\text{ιλύος}} \cdot C_{\text{ιλύος}} &= Q_{\text{πυκν.}} \cdot C_{\text{πυκν.}} + Q_{\text{υπερχ.}} \cdot C_{\text{υπερχ.}} \\ \Rightarrow Q_{\text{ιλύος}} \cdot C_{\text{ιλύος}} &= Q_{\text{πυκν.}} \cdot C_{\text{πυκν.}} + (Q_{\text{ολ.}} - Q_{\text{πυκν.}}) \cdot C_{\text{υπερχ.}} \\ \Rightarrow Q_{\text{πυκν.}} &= \frac{Q_{\text{ιλύος}} \cdot C_{\text{ιλύος}} - Q_{\text{ολ.}} \cdot C_{\text{υπερχ.}}}{C_{\text{πυκν.}} - C_{\text{υπερχ.}}} \\ \Rightarrow Q_{\text{πυκν.}} &= \frac{Q_{\text{ιλύος}} \cdot C_{\text{ιλύος}} - Q_{\text{ολ.}} \cdot C_{\text{υπερχ.}}}{C_{\text{πυκν.}} - C_{\text{υπερχ.}}} \\ &= \frac{\left(20 \text{ m}^3\text{d}^{-1} \cdot \frac{4 \text{ g}}{100 \text{ mL}} + 55 \text{ m}^3\text{d}^{-1} \cdot \frac{1 \text{ g}}{100 \text{ mL}} + 0,5 \text{ m}^3\text{d}^{-1} \cdot \frac{6 \text{ g}}{100 \text{ mL}} \right) - 488,9 \text{ m}^3\text{d}^{-1} \cdot \frac{0,05 \text{ g}}{100 \text{ mL}}}{\frac{5 \text{ g}}{100 \text{ mL}} - \frac{0,05 \text{ g}}{100 \text{ mL}}} \\ &= 22,94 \text{ m}^3\text{d}^{-1} \end{aligned}$$

Παράδειγμα Σχεδιασμού Δεξαμενών Ομογενοποίησης και Πάχυνσης Ιλύος (7/11)

Η μάζα των στερεών στην πυκνωμένη ιλύ είναι:

$$M_{\text{πυκν.}} = Q_{\text{πυκν.}} \cdot 5\% \Rightarrow M_{\text{πυκν.}} = 22,94 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1} \cdot \frac{5 \text{ g}}{100 \text{ mL}} \cdot \frac{10^6 \text{ mL}}{\text{m}^3} \cdot \frac{\text{kg}}{1000 \text{ g}} = 1147 \text{ kg d}^{-1}$$

Το ποσοστό απομάκρυνσης υπολογίζεται ως εξής:

$$\begin{aligned} \text{Ποσοστό απομάκρυνσης} &= \frac{M_{\text{πυκν.}}}{Q_{\text{ιλύος}} \cdot C_{\text{ιλύος}}} \\ &= \frac{1147 \text{ kg d}^{-1}}{\left(20 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1} \cdot \frac{4 \text{ g}}{100 \text{ mL}} + 55 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1} \cdot \frac{1 \text{ g}}{100 \text{ mL}} + 0,5 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1} \cdot \frac{6 \text{ g}}{100 \text{ mL}} \right) \cdot \frac{10^6 \text{ mL}}{\text{m}^3} \cdot \frac{\text{kg}}{1000 \text{ g}}} \\ &= 0,83\% \end{aligned}$$

Υπερχείλιση

Παροχή:

$$Q_{\text{υπερχ.}} = Q_{\text{ολ.}} - Q_{\text{πυκν.}} \Rightarrow Q_{\text{υπερχ.}} = 488,9 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1} - 22,94 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1} = 466 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$$

Η μάζα των στερεών στην υπερχείλιση είναι:

$$M_{\text{υπερχ.}} = Q_{\text{αραιώσης}} \cdot 0,05\% \Rightarrow M_{\text{υπερχ.}} = 466 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1} \cdot \frac{0,05 \text{ g}}{100 \text{ mL}} \cdot \frac{10^6 \text{ mL}}{\text{m}^3} \cdot \frac{\text{kg}}{1000 \text{ g}} = 233 \text{ kg d}^{-1}$$

Παράδειγμα Σχεδιασμού Δεξαμενών Ομογενοποίησης και Πάχυνσης Ιλύος (8/11)

Η κλίση του πυθμένα επιλέγεται 1:5.

Το μήκος του υπερχειλιστή υπολογίζεται από τη σχέση:

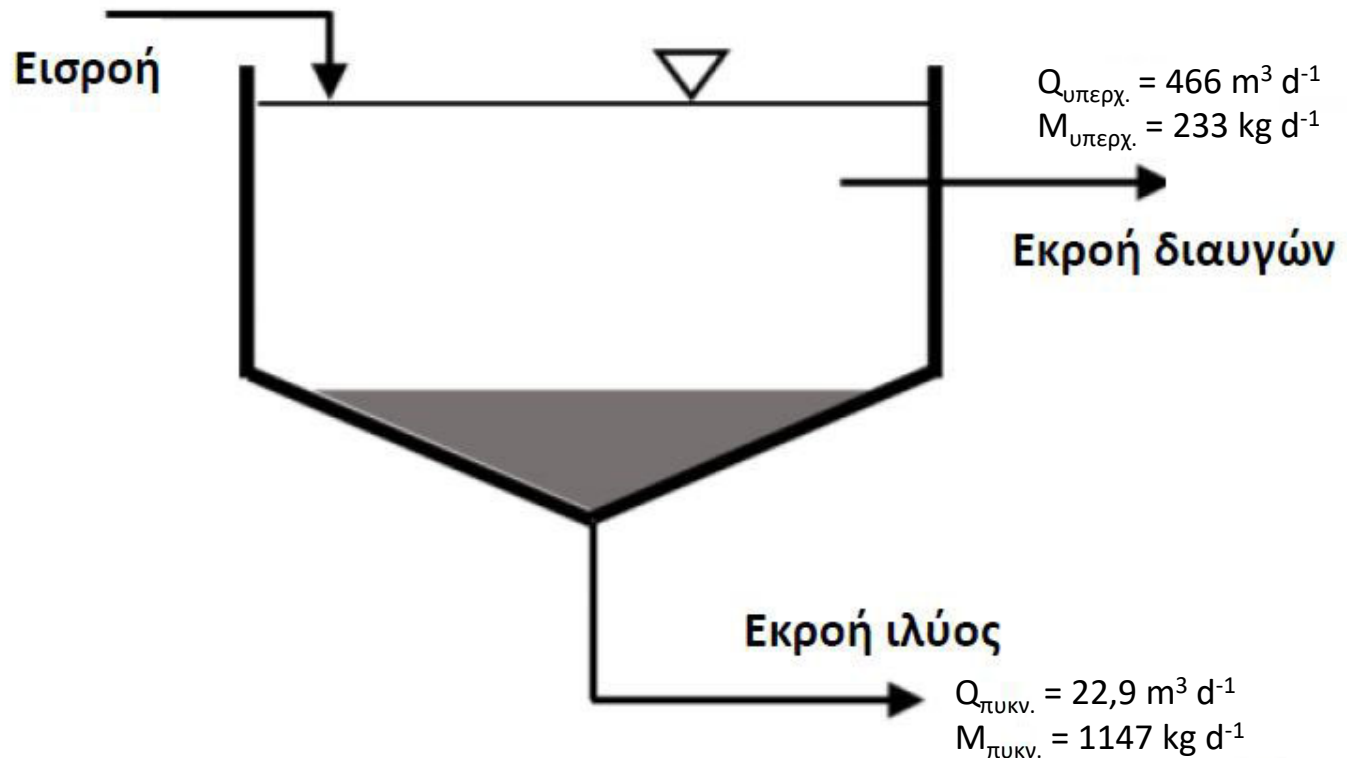
$$L_{υπερχ.} = 2 \cdot \pi \cdot r = 2 \cdot \pi \cdot 3,1 \text{ m} = 19,5 \text{ m}$$

Παράδειγμα Σχεδιασμού Δεξαμενών Ομογενοποίησης και Πάχυνσης Ιλύος (9/11)

Ισοζύγιο μάζας

$$Q_{\text{ολ,παχ.}} = 488,9 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$$

$$M_{\text{ολ,παχ.}} = 1380,0 \text{ kg d}^{-1}$$



Παράδειγμα Σχεδιασμού Δεξαμενών Ομογενοποίησης και Πάχυνσης Ιλύος (10/11)

Χαρακτηριστικά ΔΠ	
Παράμετρος	Τιμή
Διάμετρος	6,2 m
Ύψος	3,61 m
Μήκος υπερχειλιστή	19,5 m
Κλίση πυθμένα	1:5
Ταχύτητα περιστροφής ξέστρου	0,65 rpm
Ισχύς ηλεκτροκινητήρα	58 W
Εξοπλισμός	
Ξέστρο με κάθετες μπάρες	✓
Ηλεκτροκινητήρας	✓

Παράδειγμα Σχεδιασμού Δεξαμενών Ομογενοποίησης και Πάχυνσης Ιλύος (11/11)

Διαστασιολόγηση Δεξαμενής Ομογενοποίησης Ιλύος

Με βάση τα στοιχεία σχεδιασμού της Δεξαμενής Πάχυνσης, γίνεται ο σχεδιασμός της Δεξαμενής Ομογενοποίησης Ιλύος. Η συνολική παροχή αποβλήτου που καταλήγει στις Δεξαμενές Ομογενοποίησης και Πάχυνσης είναι $Q_{\text{ολ.,παχ.}} = 488,9 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$. Επιλέγοντας συντελεστή ασφαλείας 2, ο όγκος της Δεξαμενής Ομογενοποίησης, υπολογίζεται σύμφωνα με την παρακάτω εξίσωση:

$$V_{\Delta\text{OI}} = \frac{1}{6} d \cdot \bar{Q}_{\eta\mu.} \cdot \text{συντελεστής ασφαλείας} \Rightarrow V_{\Delta\text{OI}} = \frac{1}{6} d \cdot 488,9 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1} \cdot 2 = 163 \text{ m}^3$$