



# Τεχνική Περιβάλλοντος

## Ενότητα 10Α: Επεξεργασία ιλύος

Αντιγόνη Ζαφειράκου  
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

# Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.

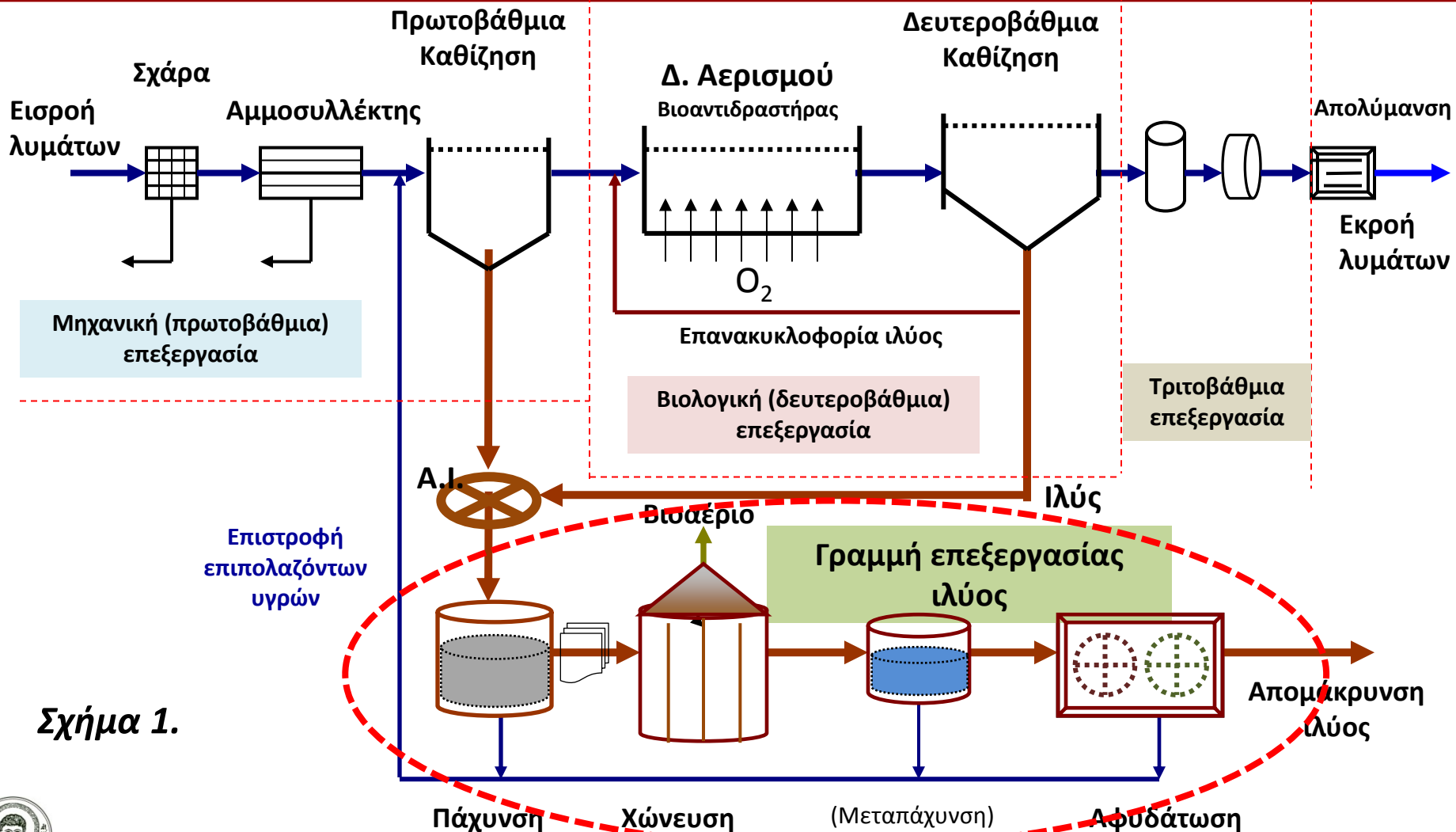


# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



# Τυπικό διάγραμμα ροής Ε.Ε.Λ. με τη μέθοδο της ενεργού ιλύος



Σχήμα 1.



# Επεξεργασία της ιλύος

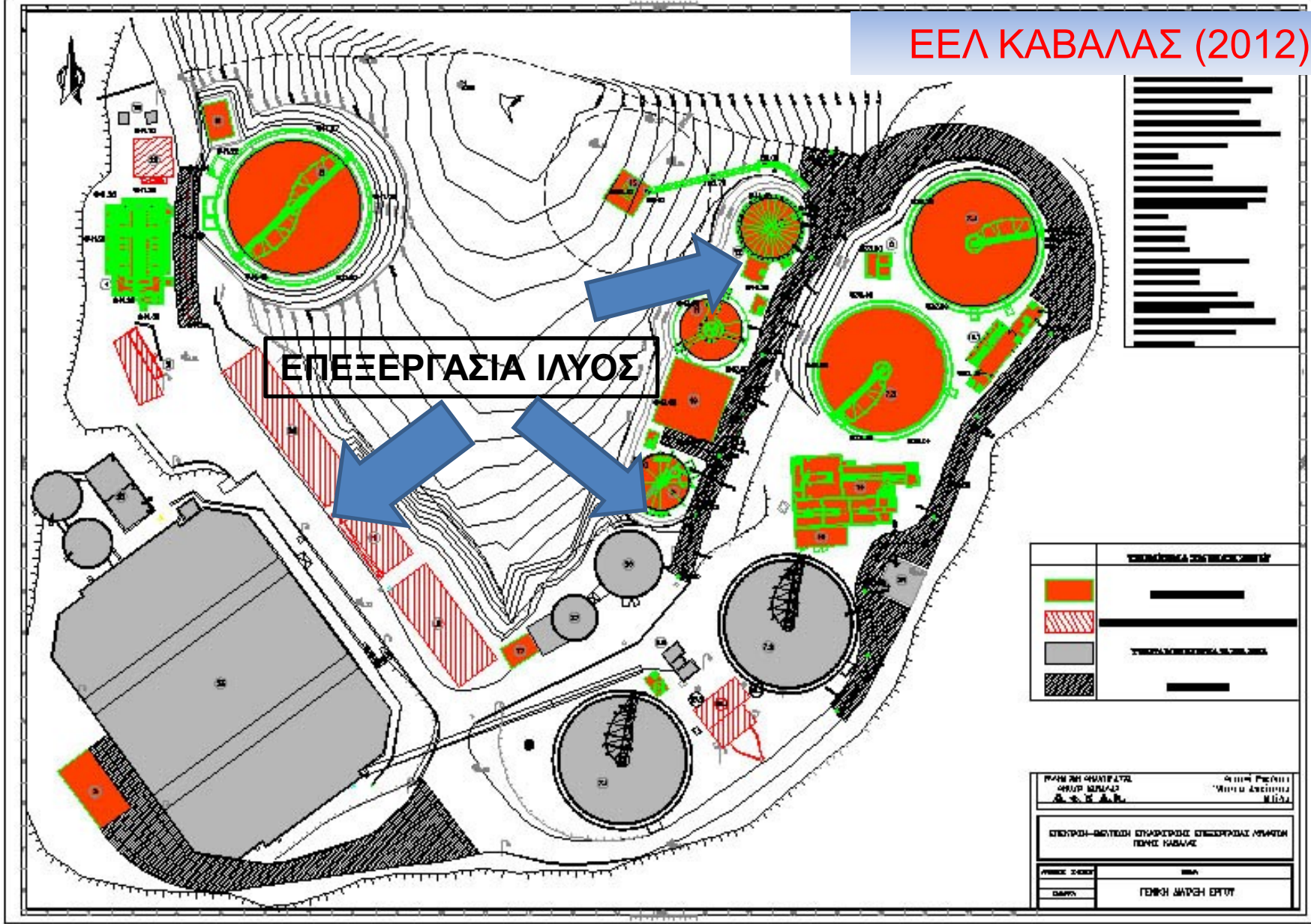
- Η λάσπη (ιλύς) που θα προέλθει από τα λύματα πρέπει να υποστεί διαχείριση και επεξεργασία με αποτελεσματικό και ασφαλή τρόπο.
- Ο σκοπός της επεξεργασίας της λάσπης είναι η **μείωση της οργανικής ύλης και των παθογόνων μικροοργανισμών** και η επιστροφή της στο περιβάλλον σε όσο πιο καθαρή μορφή γίνεται.
- Οι πιο συνηθισμένες μέθοδοι επεξεργασίας της λάσπης είναι η **πάχυνση**, η **χώνευση/αδρανοποίηση** και η **αφυδάτωση**.



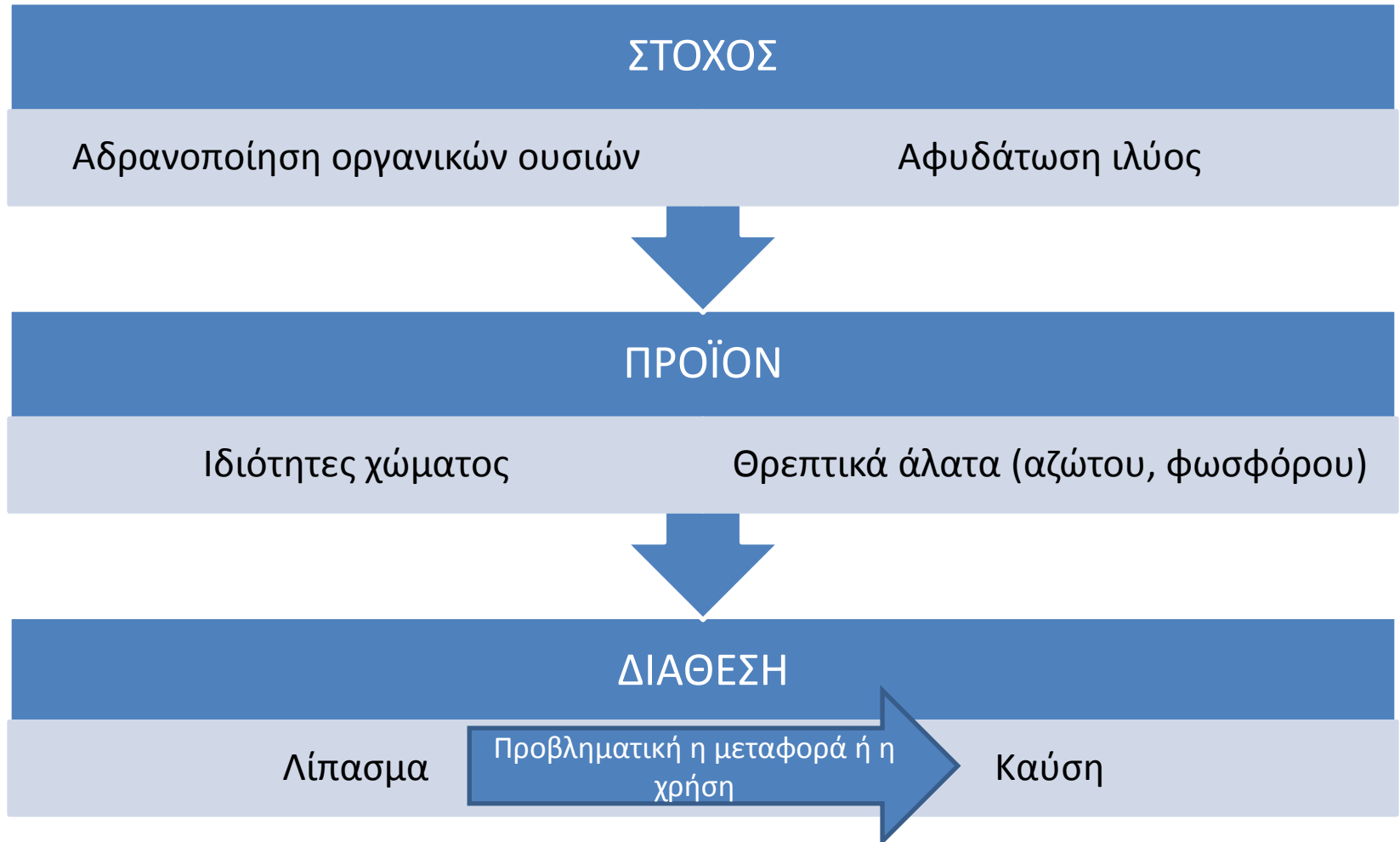
# Τεχνολογία Επεξεργασίας Ιλύος

1. Πάχυνση (πύκνωση)
2. Αδρανοποίηση (χώνευση ή σήψη ή σταθεροποίηση)
3. α. Προ-επεξεργασία αφυδάτωσης  
β. Αφυδάτωση ιλύος
4. Ξήρανση και καύση ιλύος
5. Εκμετάλλευση – Τελική διάθεση ιλύος





# Επεξεργασία ιλύος





# 1. Πάχυνση ιλύος

- Γίνεται σε δεξαμενές (**παχυντές**)
- Λειτουργούν
  - Με τη δύναμη της **βαρύτητας** (καθίζηση, επίπλευση)
  - Με διαδικασίες **φυγοκέντρησης** (σε ειδικές περιπτώσεις – βιομηχανικές εφαρμογές)



## 2. Αδρανοποίηση ιλύος (Χώνευση)

- Ο σκοπός της χώνευσης της λάσπης είναι η **μείωση της οργανικής ύλης και των παθογόνων μικροοργανισμών.**
- **Γίνεται**
  - Συνήθως με **αναερόβιες** διεργασίες
  - Σπανιότερα με **αερόβιες**
  - Με **καύση** (αν προηγηθεί καλή αφυδάτωση)



# 3. Αφυδάτωση ιλύος

- ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ
  - Με **χημική** ή **θερμική** επεξεργασία της ιλύος
  - Επιτυγχάνεται η **τροποποίηση της δομής της ιλύος**, ώστε ο διαχωρισμός του νερού από τις στερεές ουσίες να γίνεται ευκολότερα.
- ΑΦΥΔΑΤΩΣΗ
  - Με **φυσική ξήρανση** (κλίνες και λάκκοι ξήρανσης)
  - Με **μηχανές αφυδάτωσης** (φιλτρόπρεσσες, φυγοκεντρητές)



# 5. Μεταφορά και διάθεση ιλύος

- ΜΕΤΑΦΟΡΑ

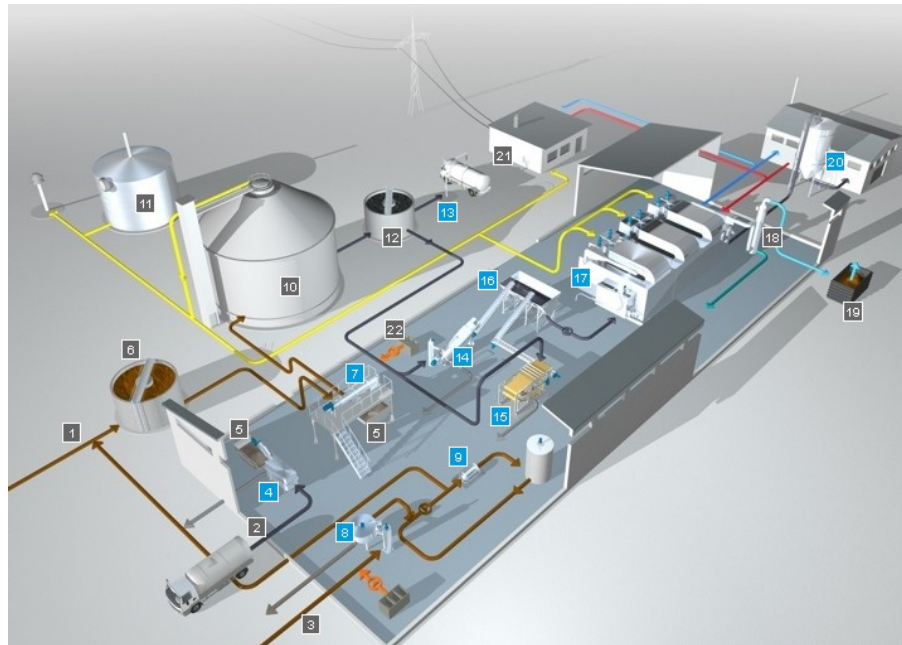
- Με **φορτηγά** οχήματα (στερεή κατάσταση ιλύος)
- Με **αγωγούς** (υγρή κατάσταση ιλύος)

- ΔΙΑΘΕΣΗ

- Στους **αγρούς**
- Σε χώρους **ελεγχόμενης** εναπόθεσης
- Στη **θάλασσα**



# Πρότυπη μονάδα επεξεργασίας ιλύος

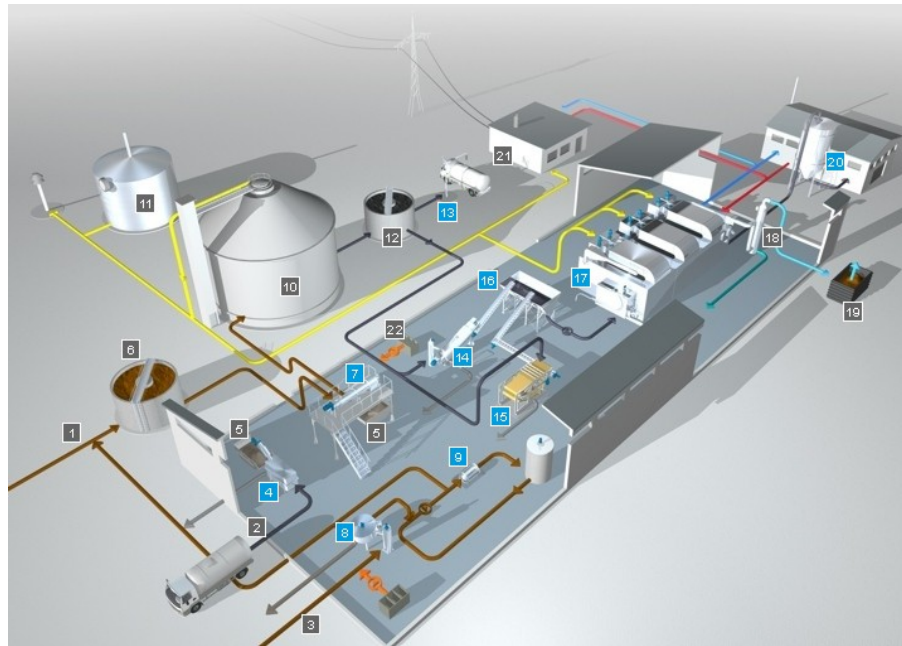


Πηγή:  
<http://www.hubersverige.se/Schemaslambehandling.htm>

1. Ιλύς από δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης
2. Προσκόμιση βοθρολυμάτων
3. Ιλύς από δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης
4. Προεπεξεργασία βοθρολυμάτων



# Πρότυπη μονάδα επεξεργασίας ιλύος

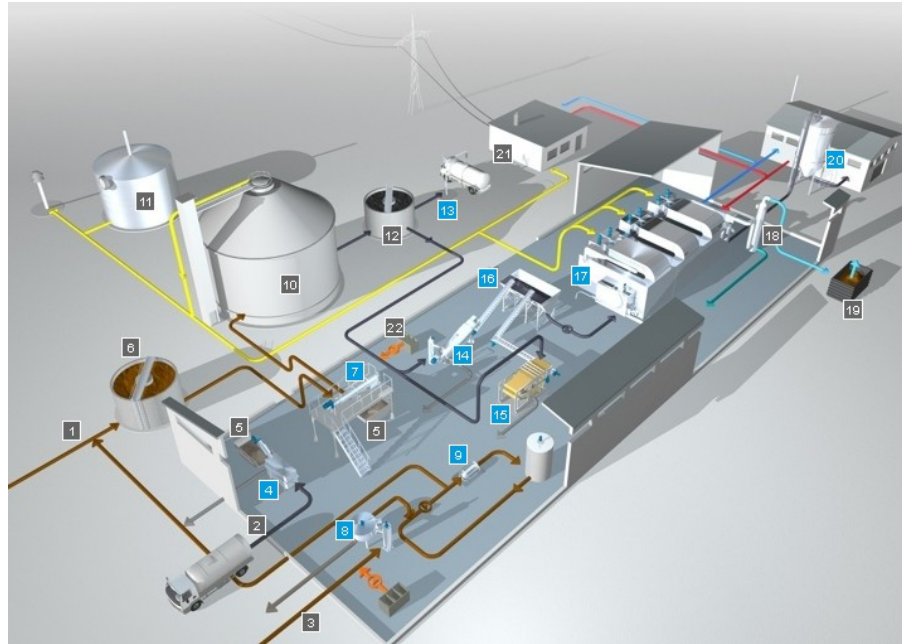


Πηγή:  
<http://www.hubersverige.se/Schemaslambehandling.htm>

5. Συλλογή των εσχαρισμάτων από την προεπεξεργασία βοθρολυμάτων
6. Προπαχυντής
7. Διαλογή ξένων σωμάτων πριν από την τροφοδοσία του χωνευτή
8. Μηχανικός παχυντής της ιλύος από δεξαμενή β'-βάθμιας καθίζησης
9. Ομογενοποιητής ιλύος



# Πρότυπη μονάδα επεξεργασίας ιλύος



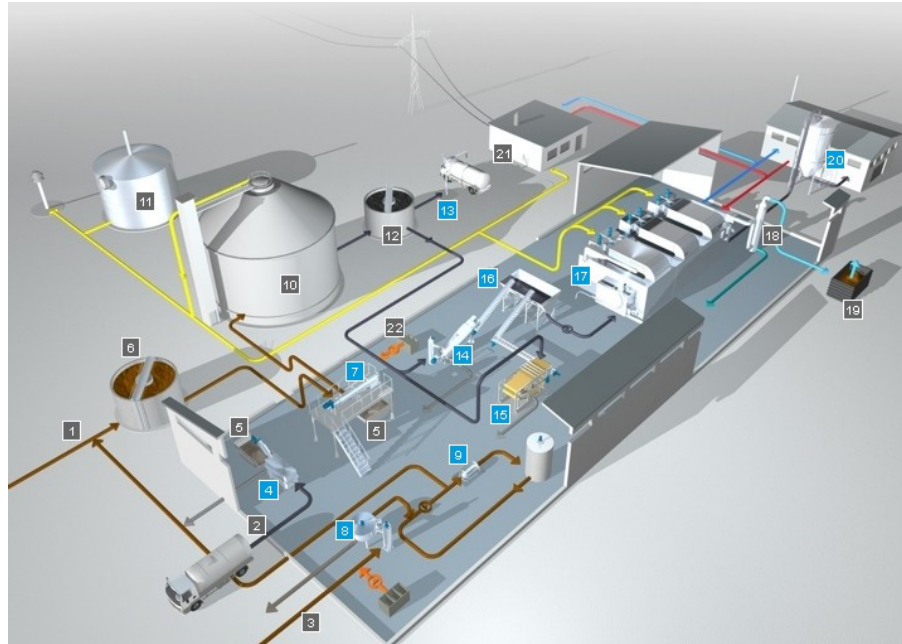
Πηγή:

<http://www.hubersverige.se/Schemaslambehandling.htm>

10. Χωνευτής
11. Δεξαμενή αποθήκευσης βιοαερίου
12. Μεταπαχυντής
13. Απομάκρυνση υγρής χωνευμένης / παχυμένης ιλύος
14. Αφυδάτωση ιλύος (φυγοκεντρικής)



# Πρότυπη μονάδα επεξεργασίας ιλύος



Πηγή:

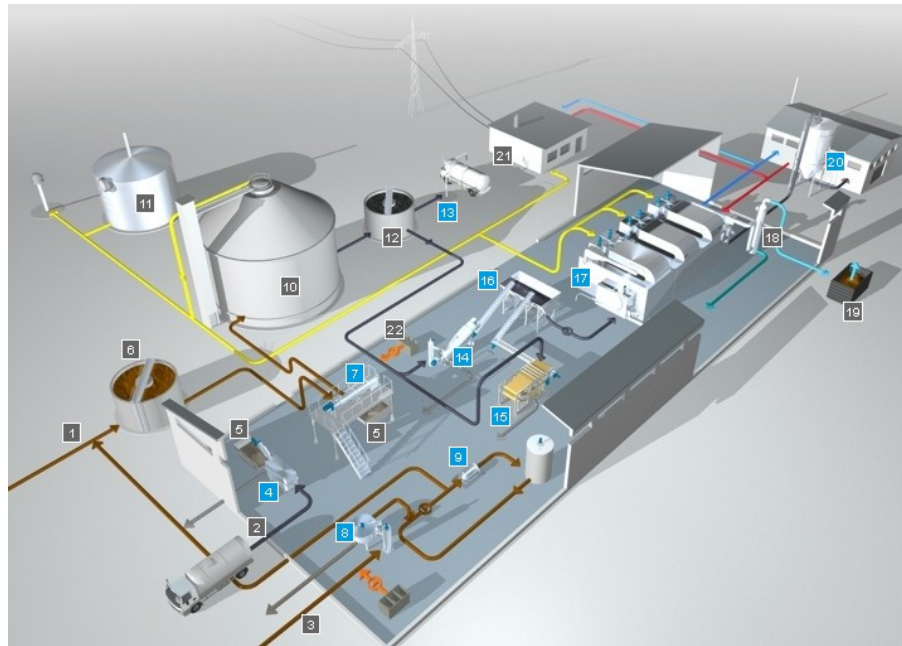
<http://www.hubersverige.se/Schemaslambehandling.htm>

- 15. Ταινιόπρεσα
- 16. Κοχλιωτός μεταφορέας
- 17. Ξήρανση ιλύος με θέρμανση (~80ο C)
- 18. Απόσμηση χώρου ξήρανσης





# Πρότυπη μονάδα επεξεργασίας ιλύος

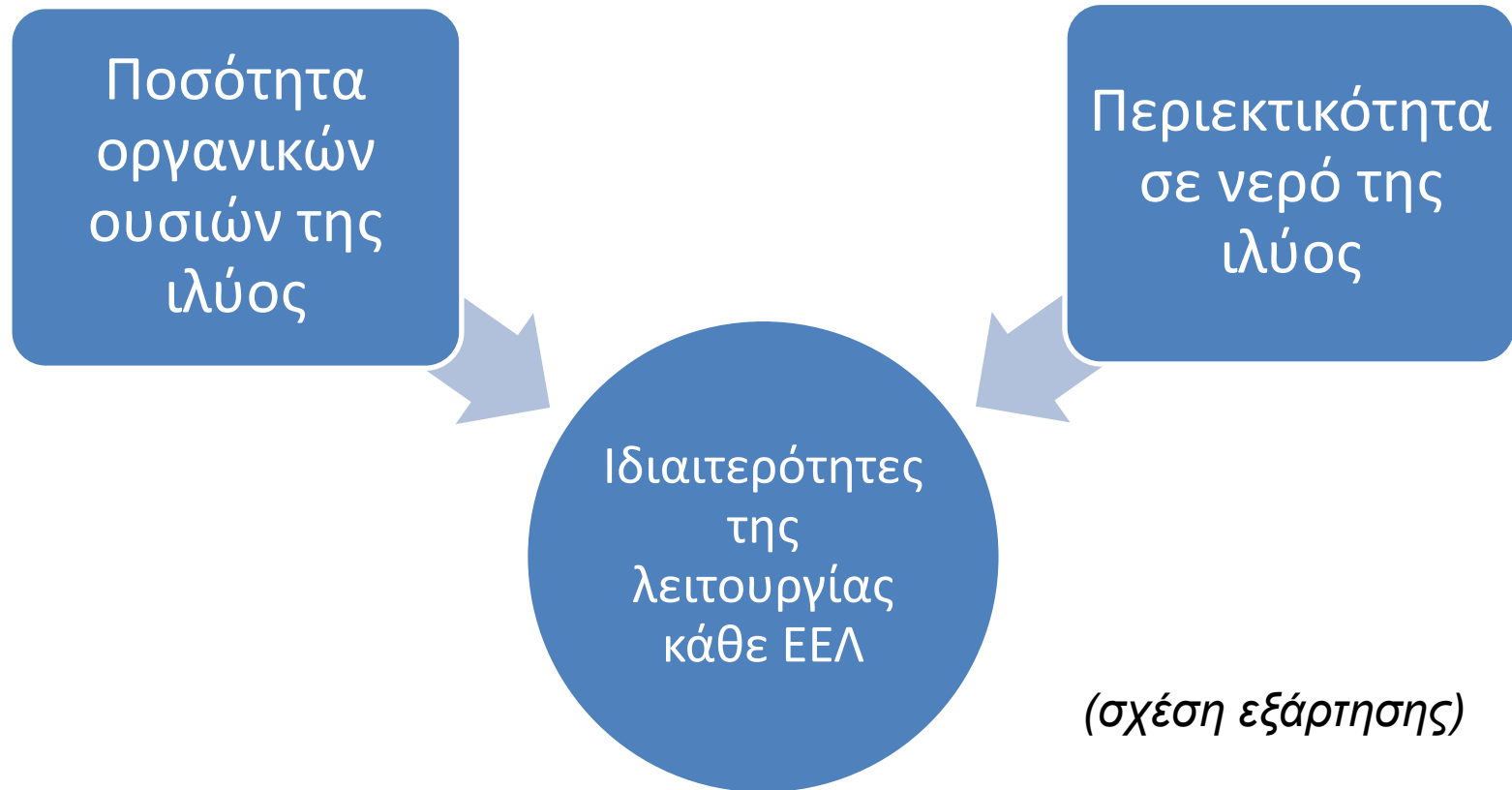


Πηγή:  
<http://www.hubersverige.se/Schemaslambehandling.htm>

- 19. Βιοφίλτρο για καθαρισμό του αέρα ξήρανσης
- 20. Καύση ιλύος για παραγωγή ενέργειας
- 21. Παραγωγή ενέργειας από βιοαέριο
- 22. Χώρος παρασκευής διαλύματος πολυηλεκτρολύτη



# Επεξεργασία ιλύος



**Πίνακας 1.**

<b>Εγκαταστάσεις</b>	<b>Ιλύς μετά από</b>	<b>Ξηρά ουσία g/κάτ.ημ.</b>	<b>Περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία %</b>
<b>Δεξαμενών καθίζησης</b>	την αφαίρεσή της από τις ΔΑΚ	45	2,5
	πάχυνση	45	5,0
	αδρανοποίηση + πάχυνση	30	10,0
	αδρανοποίηση + αφυδάτωση	30	30,0
<b>Χαλικο- διωλιστηρίων</b>	την αφαίρεσή της από τις ΔΤΚ*	25	4,0
	πάχυνση, προερχόμενη από ΔΑΚ+ΔΤΚ**	70	4,7
	αδρανοποίηση, προερχόμενη από ΔΑΚ+ΔΤΚ	45	3,0
	αδρανοποίηση+αφυδάτωση, προερχόμενη από ΔΑΚ+ΔΤΚ	45	8,0
<b>Ενεργού ιλύος</b>	την αφαίρεσή της από τις ΔΤΚ	35	0,7
	πάχυνση, προερχόμενη από ΔΑΚ+ΔΤΚ	80	4,0
	αδρανοποίηση, προερχόμενη από ΔΑΚ+ΔΤΚ	50	2,5
	αδρανοποίηση + πάχυνση, προερχόμενη από ΔΑΚ+ΔΤΚ	50	22,0
	αερόβια αδρανοποίηση + πάχυνση, προερχόμενη από ΔΑΚ+ΔΤΚ	50	2,5
	αερόβια αδρανοποίηση + αφυδάτωση, προερχόμενη από ΔΑΚ+ΔΤΚ	50	20,0
<b>Χημικής θρόμβωσης</b>	πάχυνση, προερχόμενη από τις ΔΑΚ	65	4,0
	αδρανοποίηση, προερχόμενη από ΔΑΚ	45	5,0

# Περιεκτικότητα ιλύος σε ξηρά ουσία

- Οι τιμές του πίνακα είναι **μέσες τιμές** για τα λύματα παντοροϊκών και χωριστικών δικτύων.
- Για τα **παντοροϊκά** δίκτυα στα οποία λειτουργούν και δεξαμενές καθίζησης ομβρίων
  - Για την **Ξ.Π.** γίνεται απόθεση οργανικών ουσιών στους πυθμένες των αγωγών του δικτύου, άρα οι μέσες εβδομαδιαίες πραγματικές τιμές της παραγόμενης ιλύος είναι **-25%** των τιμών του πίνακα
  - Για την **Π.Β.** γίνεται ανάδευση και μεταφορά των οργανικών ουσιών προς τις ΕΕΛ και τις δεξαμενές καθίζησης ομβρίων, άρα οι τιμές είναι **+25%**



# Πυκνότητα ιλύος

Περιεκτικότητα  
ιλύος σε νερό  
 $\geq 70\%$



Πυκνότητα  
ιλύος  
1kg/l

Περιεκτικότητα  
ιλύος σε νερό  
 $< 70\%$



Πυκνότητα  
ιλύος  
1,3-1,4 kg/l

$$\text{πυκνότητα ιλύος} = f \left( \frac{1}{\text{περιεκτικότητα ιλύος σε νερό}} \right)$$





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

---

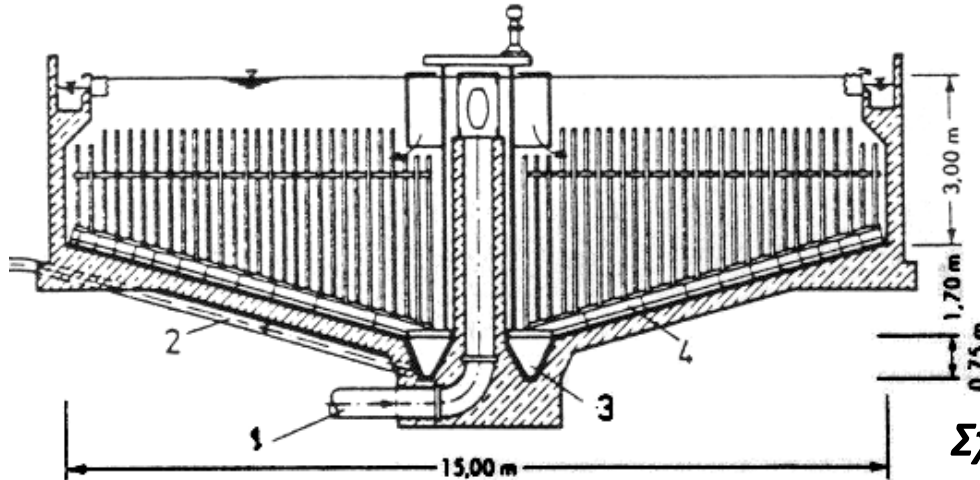
# ΠΑΧΥΝΣΗ ΙΛΥΟΣ

# Πάχυνση ιλύος

- Γίνεται σε δεξαμενές (παχυντές)
- Λειτουργούν
  1. Με βαρύτητα (καθίζηση)
  2. Με επίπλευση
  3. Με φυγοκέντρωση



# 1α. Παχυντές βαρύτητας συνεχούς ροής



1. Εισροή
2. Απαγωγή ιλύος
3. Αύλακας ιλύος
4. Κινούμενα ξέστρα με ράβδους

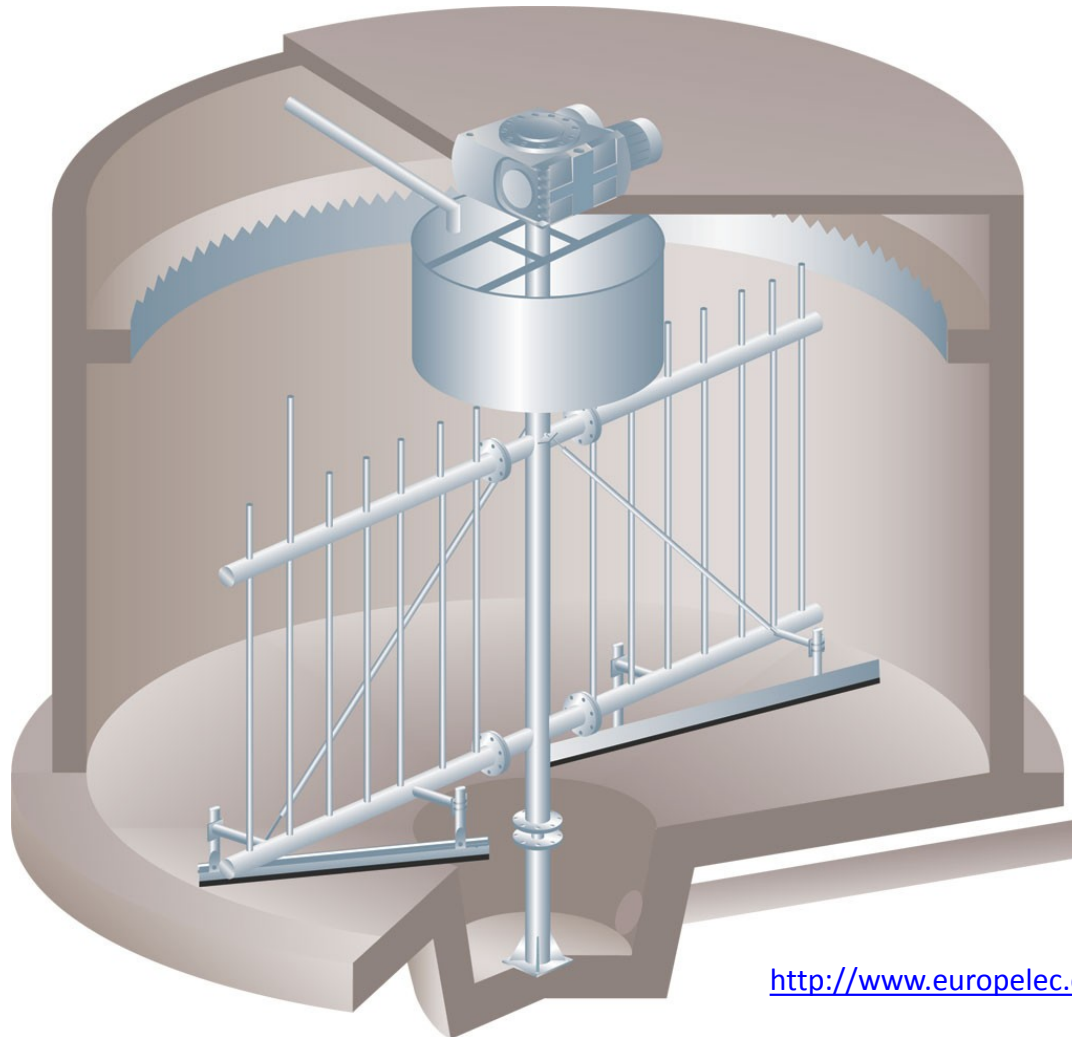
Σχήμα 2. Πηγή: Η. Χατζηαγγέλου, 2002

- Οι παχυντές συνεχούς ροής λειτουργούν όπως και οι δεξαμενές καθίζησης.
- Η κινούμενη γέφυρα με ξέστρα είναι εξοπλισμένη με κατακόρυφους ράβδους
  - Που δημιουργούν αύλακες στην ιλύ
  - Για την άνοδο των επιπολαζόντων υγρών προς την επιφάνεια των δεξαμενών.





# Σχηματική παράσταση δεξαμενής πάχυνσης ιλύος



Πηγή:  
[http://www.europelec.com/raclage\\_de\\_boues.html](http://www.europelec.com/raclage_de_boues.html)



# Εξοπλισμός δεξαμενής πάχυνσης ιλύος

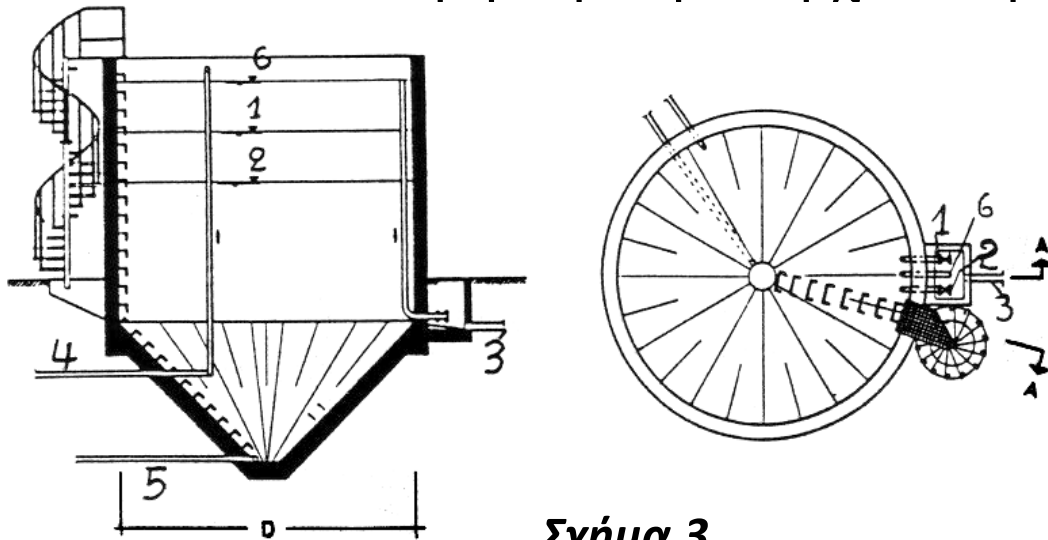


Πηγή:  
<http://www.directindustry.es/prod/sereco/product-91651-861141.html>



# 1β. Παχυντές βαρύτητας περιοδικής πλήρωσης

- Η απαγωγή των επιπολαζόντων υγρών γίνεται
  - Με βυθιζόμενο σωλήνα υπερχειλίσσης
  - Με στόμια υπερχειλίσσης, σε διαφορετικά βάθη (#1, 2, 6)
  - Με περιμετρική υπερχειλίσση



Σχήμα 3.

1. Στάθμη 1 με υπερχειλίσση
2. Στάθμη 2 με υπερχειλίσση
3. Απαγωγή επιπολαζόντων υγρών
4. Προσαγωγός
5. Εκκενωτής
6. Ανώτατη στάθμη υπερχειλίσσης

Πηγή: Η. Χατζηαγγέλου, 2002

# Παχυντές βαρύτητας

Χρόνος παραμονής ιλύος στους  
παχυντές: 24 hr (μεγάλος)

Σήψη ιλύος

Παραγωγή βιοαερίου (εμποδίζει  
καθίζηση)

Προσθήκη χλωρίου 0,2 – 0,5 g Cl/κατ.ημ.

Προσθήκη ασβεστίου 500 g  $\text{Ca}(\text{OH})_2/\text{m}^3$   
ιλύος



# Διαστασιολόγηση παχυντών βαρύτητας

- Επιφανειακή φόρτιση ιλύος (υγρή κατάσταση)

$$u_0 = 0,75\text{m/h}$$

- Επιφανειακή φόρτιση με ξηρά ουσία

$$u_{\Xi} = 50\text{kg/m}^2\text{d}$$

- Χρόνος παραμονής

$$t \rightarrow 1\text{d (καλοκαίρι)}$$

$$t \rightarrow 2\text{d (χειμώνα)}$$



# Αποτέλεσμα πάχυνσης

**Πίνακας 2.**

Στον Πίνακα 2 δίνεται το αναμενόμενο αποτέλεσμα της πάχυνσης συναρτήσει της ποιότητας και του τύπου της ιλύος που εισέρχεται στους παχυντές.

Τύπος ιλύος	Ξηρά Ουσία (%)
<b>Από δεξαμενές αρχικής καθίζησης</b>	
-με απώλεια καύσης >65%	5-7
-με απώλεια καύσης <65%	7-12
<b>Από δεξαμενές αρχικής (ΔΑΚ) και τελικής καθίζησης (ΔΤΚ)</b>	
-με ΔΟΙ >100 mg/l	3-5
-με ΔΟΙ <100 mg/l	6-11
<b>Από βιολογική επεξεργασία με σταθεροποίηση</b>	3-5
<b>Από χαλικοδιυλιστήρια</b>	7-10
<b>Από δεξαμενές αρχικής καθίζησης, αδρανοποιηθείσα</b>	8-14
<b>Από ΔΑΚ + ΔΤΚ, αδρανοποιηθείσα</b>	1-9



## 2. Παχυντές με επίπλευση

- Με την εμφύσηση φυσαλίδων στον πυθμένα

- 👍 **Απόδοση πολύ καλή**

- Περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία που εξέρχεται 1-2% μεγαλύτερη από τους παχυντές βαρύτητας
- Ταχύτερη εξέλιξη

- 👎 **Μειονεκτήματα**

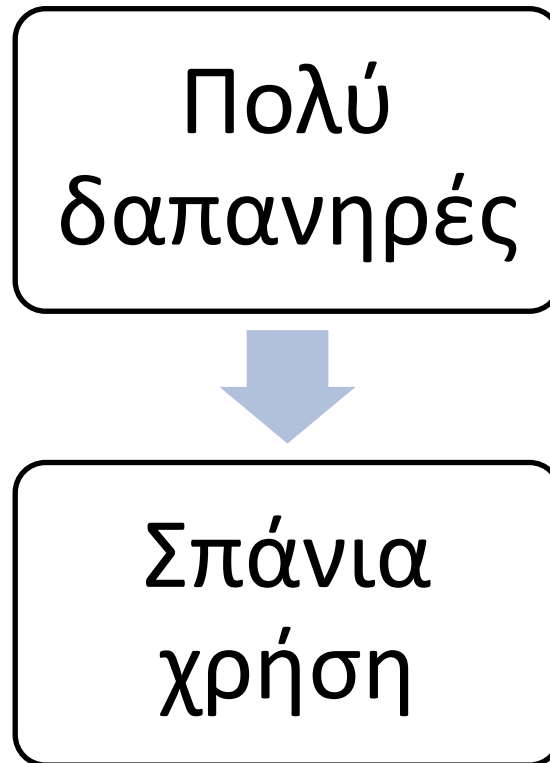
- Υψηλές δαπάνες λειτουργίας (εμφύσηση αέρα) και συντήρησης αεριστήρων (συχνό 'στούπωμα')

- **Χρήση**

- Κυρίως σε ΕΕ Βιομηχανικών Αποβλήτων
- Στην πάχυνση ιλύος ΔΤΚ



# 3. Παχυντές με φυγοκέντρωση







# ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗ ΙΛΥΟΣ

# Αδρανοποίηση ιλύος (Χώνευση)

- Ο σκοπός της χώνευσης της λάσπης είναι η μείωση της οργανικής ύλης και των παθογόνων μικροοργανισμών

## 1. Αναερόβια σήψη ή χώνευση

- Μη θερμαινόμενη χώνευση
- Θερμαινόμενες δεξαμενές

## 2. Αερόβια αδρανοποίηση





ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗ (ΧΩΝΕΥΣΗ) ΙΛΥΟΣ

# 1. Αναερόβια σήψη ή χώνευση

# 1. Αναερόβια σήψη ή χώνευση

## A. Μη θερμαινόμενη χώνευση

– Σε μικρές ΕΕΛ,  $IMK < 30000$

A. Σηπτικοί βόθροι ( $IMK < 50$ )

B. Δεξαμενές Emscher

Γ. Ανοιχτές δεξαμενές (από σκυρόδεμα ή χωμάτινες)

## B. Θερμαινόμενες δεξαμενές



# A. Μη θερμαινόμενη αναερόβια χώνευση

## I. Σηπτικοί βόθροι

- **Κατασκευάζονται** όμοια με τους βόθρους λυμάτων
  - Μεγαλύτερος όγκος
  - Μεγαλύτερος χρόνος παραμονής λυμάτων: 6-12 μήνες
- **Η διάθεση** των κατεργασμένων λυμάτων στο υπέδαφος
  - Γίνεται σε συνδυασμό με απορροφητικούς βόθρους ή με υπεδάφια άρδευση
  - Γίνεται με βυτιοφόρα οχήματα, αν το α' δεν είναι εφικτό



# A. Μη θερμαινόμενη αναερόβια χώνευση

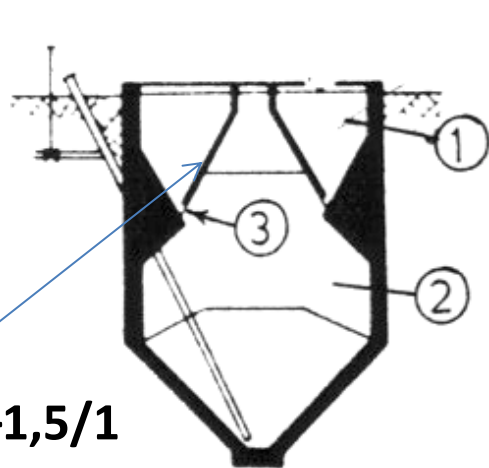
## II. Δεξαμενές Emscher

- Παραλλαγή ορθογώνιας δεξαμενής με **2 θαλάμους καθίζησης**, κάτω από τους οποίους κατασκευάζεται ένας **θάλαμος σήψης της ιλύος**.

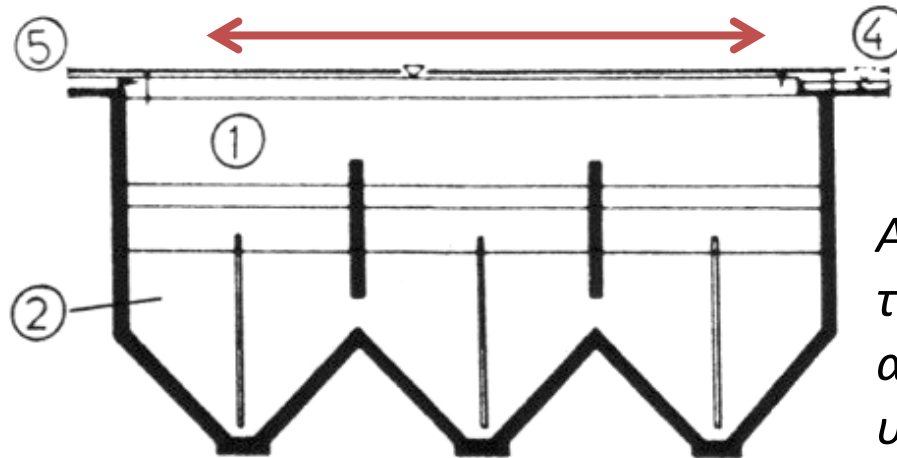


# A. Μη θερμαινόμενη αναερόβια χώνευση

## II. Δεξαμενές Emscher



Κλίση  
1,2/1 - 1,5/1



Σχήμα 4. Πηγή: Η. Χατζηαγγέλου, 2002

Αλλαγή φοράς  
της ροής για την  
αποφυγή  
υπερφόρτισης  
των υποθαλάμων  
σήψης

1. Θάλαμος καθίζησης
2. Θάλαμος σήψης
3. Σχισμές επικοινωνίας
4. Εισροή

5. Εκροή πλάτους 25 cm για την ολίσθηση της ιλύος και τη διαφυγή των επιπολαζόντων υγρών



# A. Μη θερμαινόμενη αναερόβια χώνευση

## Προϊόντα αναερόβιας χώνευσης

- ΕΠΙΠΛΕΟΥΣΑ ΙΛΥΣ (τρίχες, κλωστές, λίπη, έλαια, κ.α.)
  - Αυξάνει με τον χρόνο
  - Ελαττώνει τον ωφέλιμο χώρο της δεξαμενής
    - Καταστρέφεται, με εκτόξευση δέσμης νερού, με μηχανική ανάδευση ή άλλες τεχνικές
    - Καταβυθίζεται
    - Αφαιρείται από ειδικές οπές





# Α. Μη θερμαινόμενη αναερόβια χώνευση

## Προϊόντα αναερόβιας χώνευσης

- ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΙΛΥΣ
  - Αφαιρείται με βαρύτητα, από σωλήνες στον πυθμένα
  - Αφαιρείται με άντληση (αντλίες τύπου μαμούθ)



# A. Μη θερμαινόμενη αναερόβια χώνευση

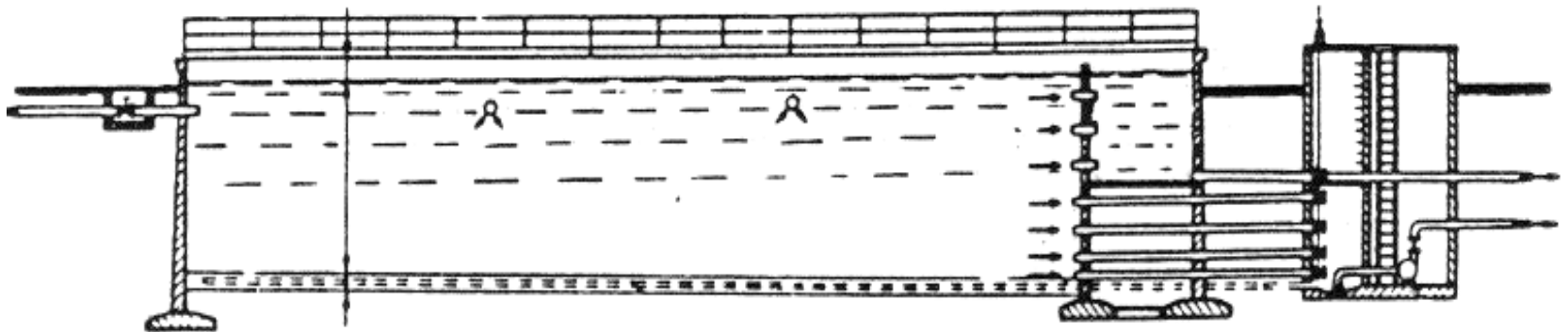
## III. Ανοιχτές δεξαμενές

- Η διάδοση **δυσσομιών** εμποδίζεται από το σχηματιζόμενο συμπαγές στρώμα της **επιπλέουσας ιλύος**, το οποίο για αυτό το λόγο δεν πρέπει να καταστρέφεται.
- Η **είσοδος** κι η **έξοδος** της ιλύος γίνεται από αντίθετες θέσεις, για να αποφεύγεται η δημιουργία νεκρών χώρων.



# A. Μη θερμαινόμενη αναερόβια χώνευση

## III. Ανοιχτές δεξαμενές



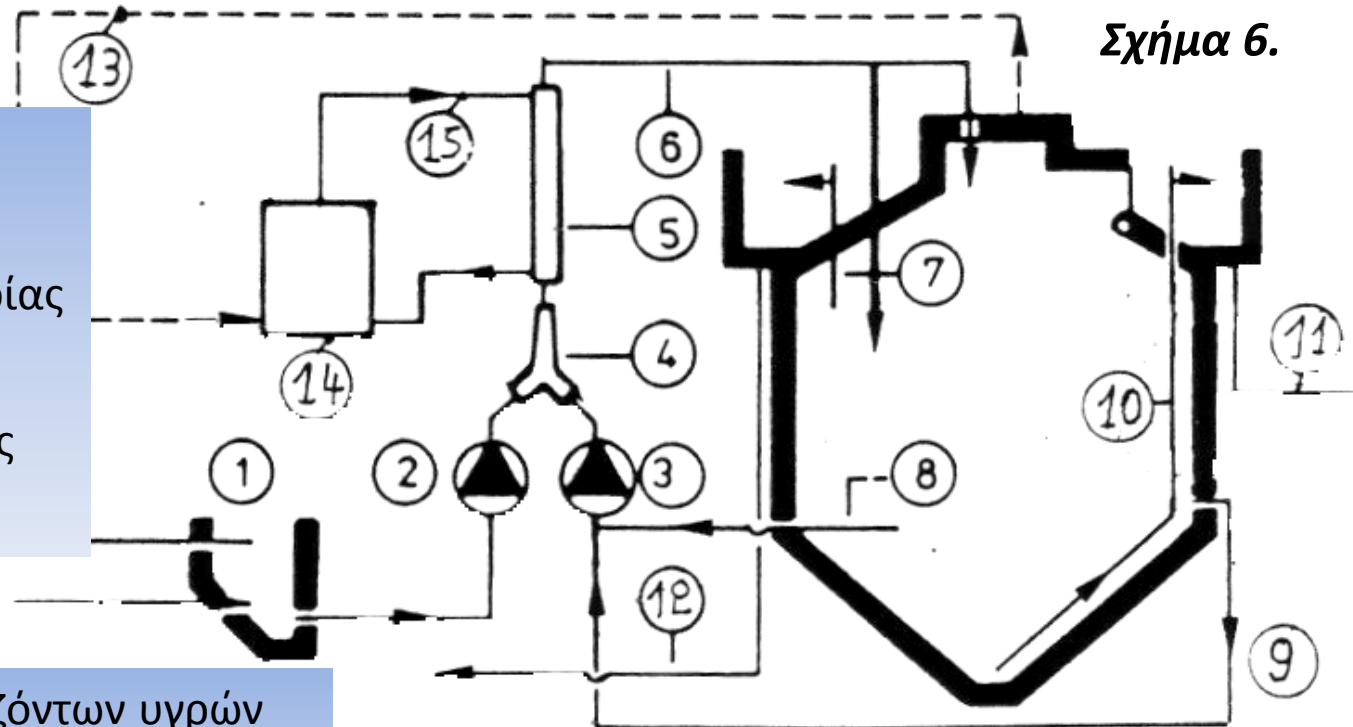
**Σχήμα 5.** Τομή δεξαμενής σήψης ιλύος.

Πηγή: Η. Χατζηαγγέλου, 2002



# Β. Θερμαινόμενες αναερόβιες δεξαμενές

Σχήμα 6.



- 1. Παχυντής
- 2. Αντλιοστάσιο
- 3. Αντλία επανακυκλοφορίας
- 4. Μίκτης ιλύος
- 5. Εναλλάκτης θερμότητας
- 6. Σωληνώσεις εισόδου

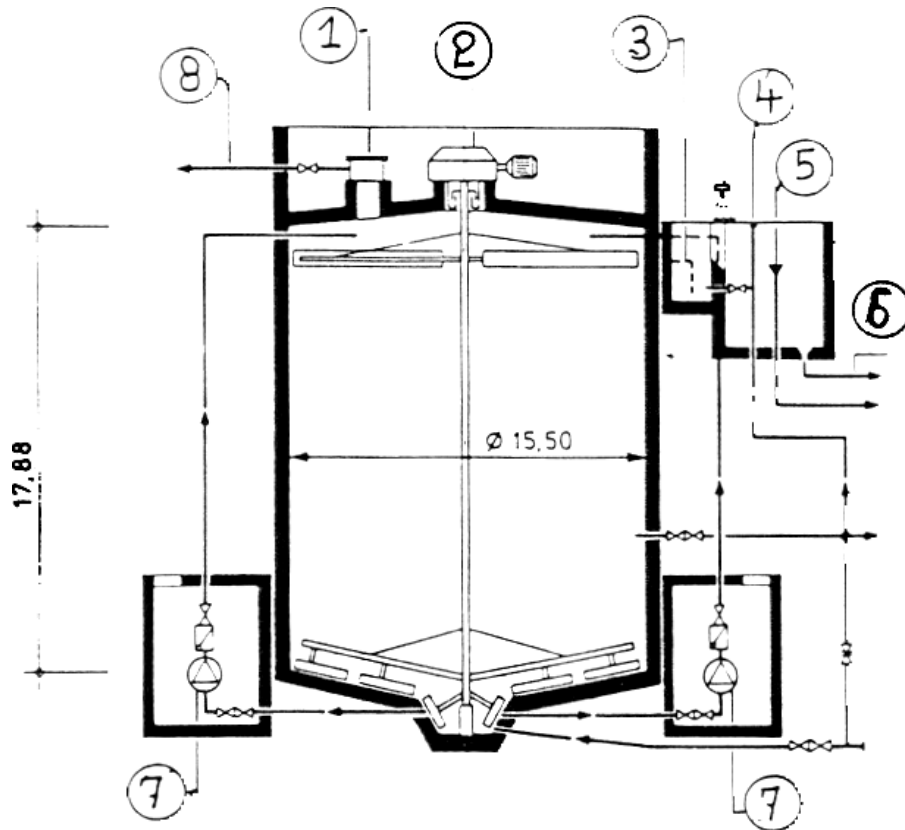
- 7. Απομάκρυνση επιπολαζόντων υγρών
- 8. Σωληνώσεις επανακυκλοφορίας ιλύος
- 9. Σωληνώσεις επανακυκλοφορίας ιλύος
- 10. Έξοδος αδρανοποιημένης ιλύος

- 11. Απομάκρυνση αδρανοποιημένης ιλύος
- 12. Απομάκρυνση επιπολαζόντων υγρών
- 13. Απομάκρυνση παραγόμενου βιοαερίου
- 14. Καυστήρας βιοαερίου

Πηγή: Η. Χατζηαγγέλου, 2002



# Β. Θερμαινόμενες αναερόβιες δεξαμενές χώνευσης με αβαθή πυθμένα



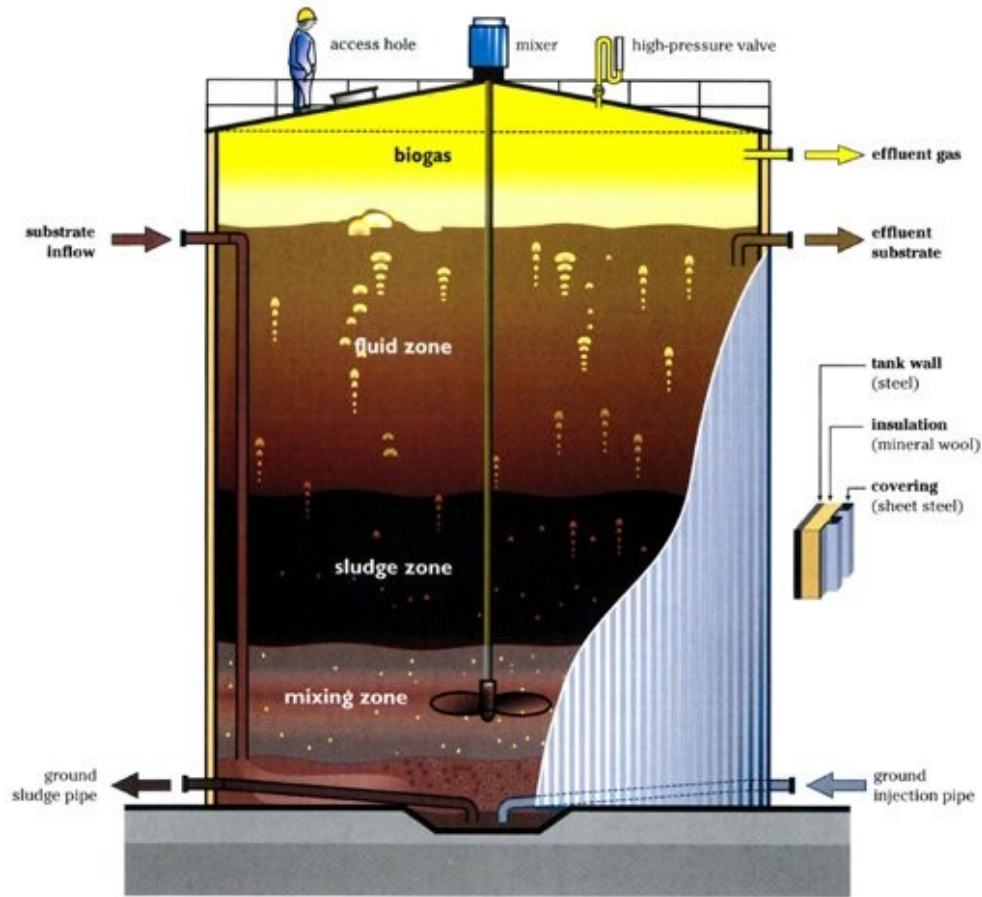
1. Κινητό σκέπαστρο αερίου
2. Αναδευτήρας, εξοπλισμένος με ξέστρα πυθμένα
3. Εκροή επιπλέουσας ιλύος
4. Εκροή αδρανοποιηθείσης ιλύος
5. Υπερχείλιση κατάστασης ανάγκης
6. Απομάκρυνση αδρανοποιηθείσης ιλύος
7. Αντλίες ανάδευσης
8. Σωληνώσεις βιοαερίου

Πηγή: Η. Χατζηαγγέλου, 2002

**Σχήμα 7.** Δεξαμενή χώνευσης με αβαθή πυθμένα.



# B. Θερμαινόμενες αναερόβιες δεξαμενές



Πηγή:  
[http://www.daviddarling.info/encyclopedia/A/AE\\_anaerobic\\_digestion.html](http://www.daviddarling.info/encyclopedia/A/AE_anaerobic_digestion.html)

## Λειτουργία αναερόβιου χωνευτή

# Β. Θερμαινόμενες αναερόβιες δεξαμενές

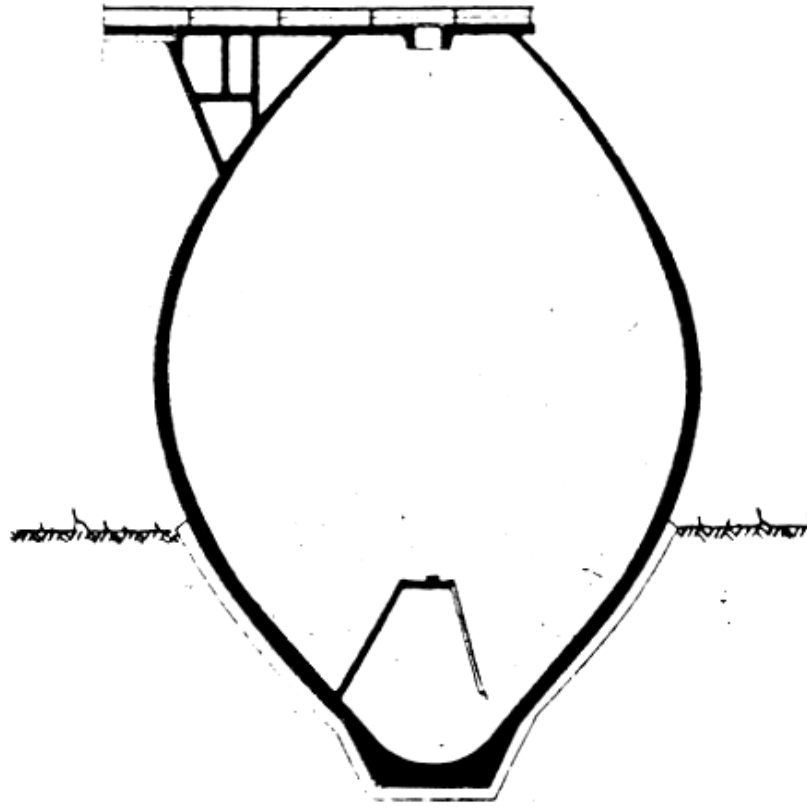


Πηγή:  
<http://www.degremont-technologies.com/dgtech.php?article796>

Εσωτερικό δεξαμενής αναερόβιας σταθεροποίησης με αναμείκτες ιλύος



# Β. Ωοειδείς θερμαινόμενες δεξαμενές αναερόβιας χώνευσης



Πηγή: Η. Χατζηαγγέλου, 2002

- Για δεξαμενές χώνευσης **μεγάλων διαστάσεων**
- Διευκολύνει την **ανάδευση** της ιλύος με τον καλύτερο τρόπο
- Υλικό: **προεντεταμένο σκυρόδεμα**
- Προσοχή στη **στεγανοποίηση**, για την αποφυγή απώλειας θερμότητας

**Σχήμα 8.** Τομή ωοειδούς δεξαμενής χώνευσης.





# Β. Θερμαινόμενοι ωοειδείς αναερόβιοι χωνευτές ιλύος



Πηγή:

<http://www.lenntech.com/library/sludge/stabilisation/sludgestabilisation.htm>



# Β. Θερμαινόμενοι ωοειδείς αναερόβιοι χωνευτές ιλύος



Πηγή:  
<http://www.wabag.com/tr/wabagmedia/wabag-finalises-the-xiaohongmen-sludge-treatment-plant-in-beijing/>

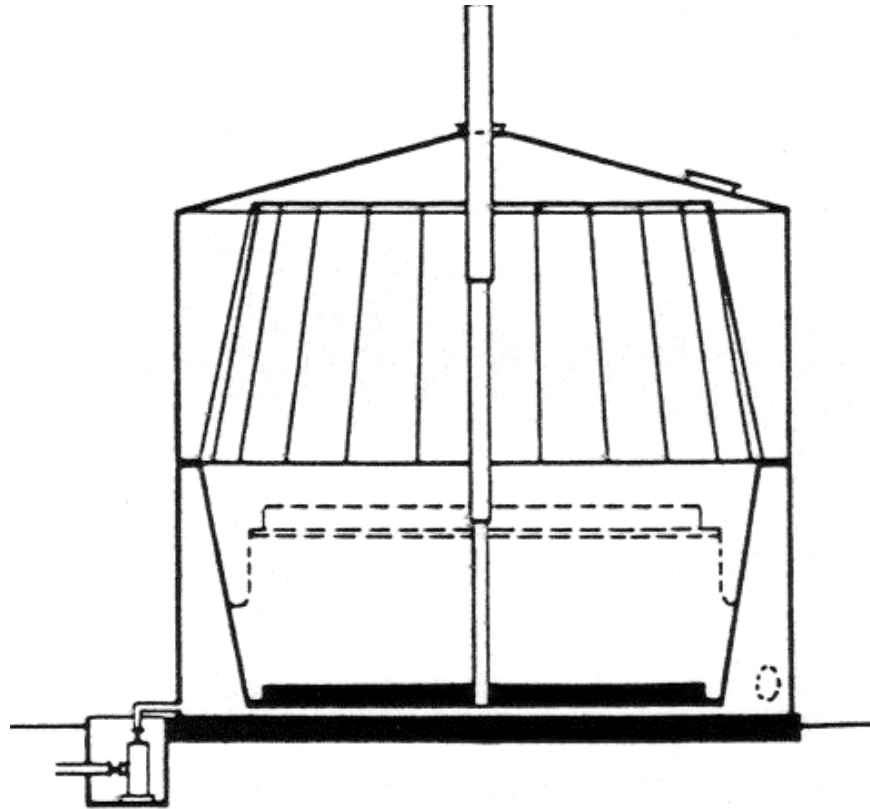


# Προϊόντα θερμαινόμενης αναερόβιας χώνευσης

- ΕΠΙΠΛΕΟΥΣΑ ΙΛΥΣ: καταστρέφεται με
  - Την επανακυκλοφορία της ιλύος
  - Την εκτόξευση των επιπολαζόντων υγρών
  - Την ανάδευση
- ΒΙΟΑΕΡΙΟ
  - Συγκεντρώνεται στο ανώτερο σημείο των δεξαμενών, το οποίο είναι **κινητό** καθ' ύψος (Σχ.6) ή **σταθερό**
  - **Ό όγκος του είναι ίσος με τον όγκο της ημερήσιας ποσότητας ακατέργαστης ιλύος που διοχετεύεται στις δεξαμενές χώνευσης**



# Δεξαμενή συγκέντρωσης βιοαερίου



Πηγή: Η. Χατζηαγγέλου, 2002

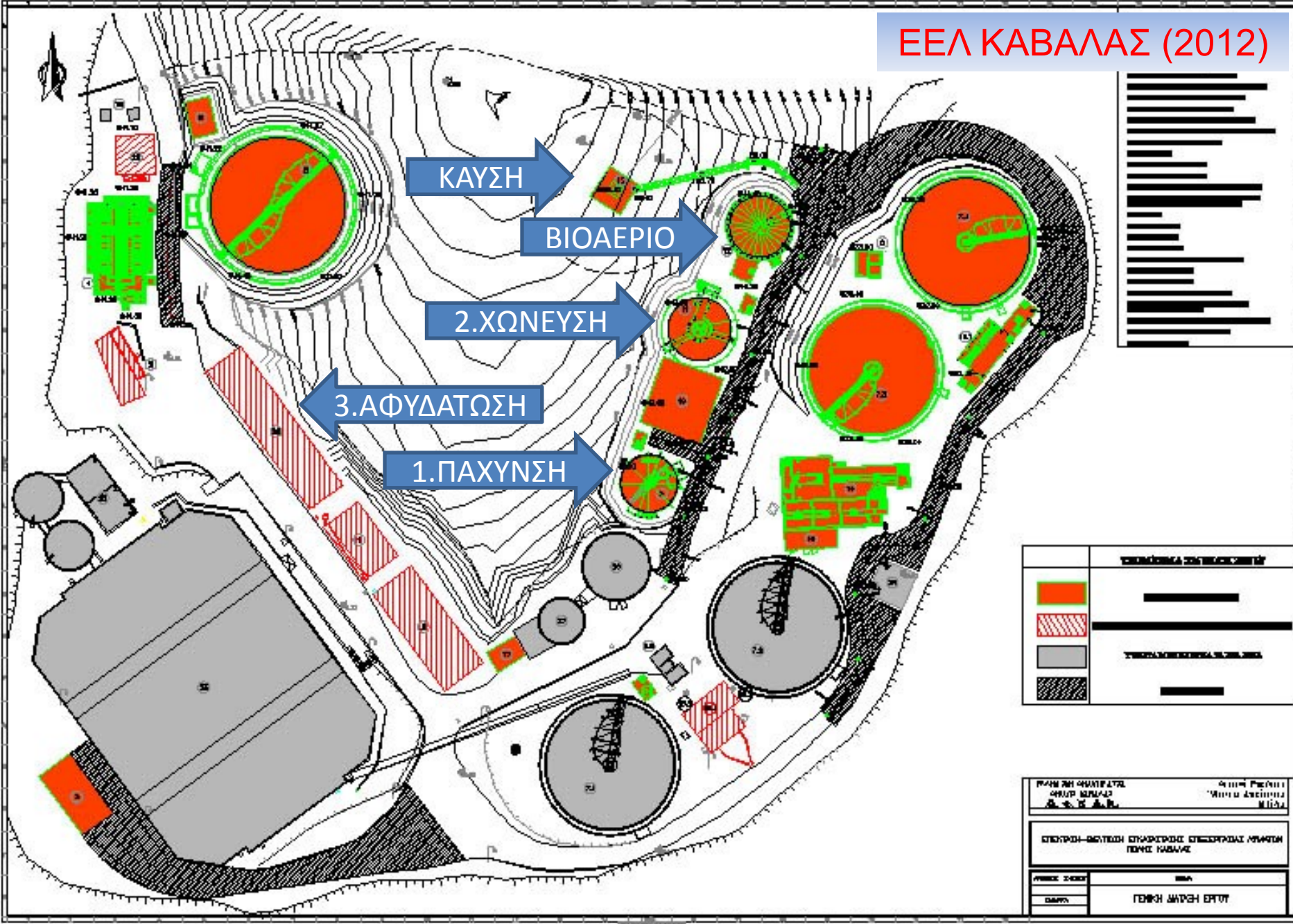
**Σχήμα 9.** Τομή δεξαμενής βιοαερίου με κινητό σκέπαστρο.

ΕΕΛ ΚΑΒΑΛΑΣ (2012)

ΧΩΝΕΥΣΗ ΙΛΥΟΣ

ΑΕΡΟΦΥΛΑΚΙΟ  
(δεξαμενή συγκέντρωσης  
βιοαερίου)





ΣΥΜΒΟΛΟΓΗ ΣΤΡΩΜΑΤΩΝ	
	ΚΤΙΡΙΑ
	ΟΔΟΙ
	ΠΕΔΙΑΣΜΑΤΑ
	ΕΚΚΑΤΑΚΤΗΡΙΑ

ΠΡΩΤΗ ΦΑΣΗ ΕΡΓΟΥ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗ Ε.Ε.Λ.Κ.		2012 2012
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ		
ΠΡΩΤΟΣ ΣΤΑΘΟΣ ΟΜΑΔΑ	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΕΡΓΩΝ	

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ

Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

# Επικίνδυνα προϊόντα χώνευσης ιλύος

## ΒΙΟΑΕΡΙΟ

- Αναμιγνυόμενο με αέρα σε αναλογίες 1:5 – 1:15 αποτελεί εκρηκτικό μίγμα
  - Είναι ιδιαίτερα επικίνδυνη η διαρροή του στις εγκαταστάσεις φύλαξης του
  - Είναι άοσμο και δεν γίνεται εύκολα αντιληπτό
  - Οι σωληνώσεις μεταφοράς του εξοπλίζονται με βαλβίδες φραγής μετάδοσης της φωτιάς



# Επικίνδυνα προϊόντα χώνευσης ιλύος

## ΥΔΡΟΘΕΙΟ

- Είναι ιδιαίτερα επικίνδυνο
  - Έχει χαρακτηριστική δυσσομία, ακόμα και σε μικρές αραιώσεις ( $\sim 0,0001\%$ )
  - Προκαλεί δηλητηριάσεις σε μεγαλύτερες αραιώσεις ( $\sim 0,1\%$ )
  - Οξειδώνει το σίδηρο με μεγάλη ευκολία





# Αναερόβιοι χωνευτές ιλύος με παραγωγή βιοαερίου



Πηγή: Β. Ιωσηφίδης, 2010

# Σύνθεση βιοαερίου – Παραγωγή ενέργειας

- **Συνήθης σύνθεση βιοαερίου**
  - 65-70% μεθάνιο  $\text{CH}_4$
  - 30-35%  $\text{CO}_2$
  - Μικρότερες ποσότητες αζώτου ( $\text{N}_2$ ), υδρόθειου ( $\text{H}_2\text{S}$ ) και  $\text{H}_2$
- Από την **καύση  $1\text{m}^3$  βιοαερίου**, παράγονται **2400KJ (7-8KWh) θερμικής (ηλεκτρικής) ενέργειας**



# Παραγωγή βιοαερίου

*Πίνακας 3.*

Διαδικασία χώνευσης	Ποσότητα παραγόμενου βιοαερίου (l/κατ.ημ.)
Ιλύς από Δ.Α.Κ.	20
Πλεονάζουσα ιλύς (ΔΤΚ)	6
Σύνολο	26

- Η ποσότητα βιοαερίου που παράγεται για κάθε κιλό ξηράς οργανικής ουσίας που εισάγεται στις Δ.Χ. είναι **450l/kg**



# Απαιτούμενος όγκος δεξαμενών χώνευσης σε l/κάτ.

Πίνακας 4.

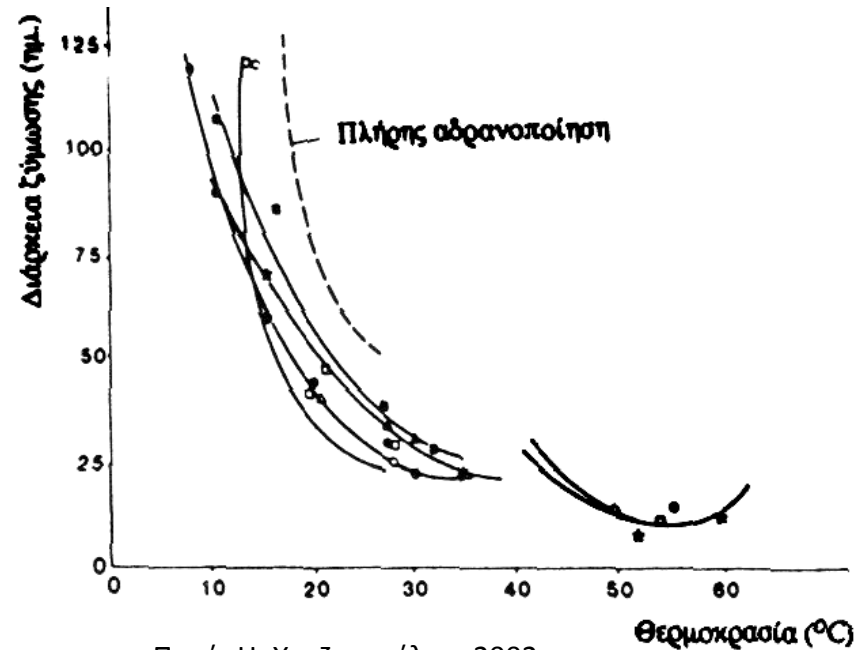
Επεξεργασία λυμάτων με	Αναερόβιες δεξαμενές χώνευσης		
	Δεξαμενές Emscher	Θερμαινόμενες (30°)	Μη θερμαινόμενες
Καθίζηση	50	20	150
Χαλικοδιυλιστήρια			
-υψηλής φόρτισης	100	30	220
-χαμηλής φόρτισης	75	25	180
Δεξαμενές ενεργού ιλύος			
-υψηλής φόρτισης	100	40	320
-χαμηλής φόρτισης	150	35	220

- Μέγιστος όγκος 15000 m<sup>3</sup>
- Ελάχιστος αριθμός δεξαμενών = 2



# Διαστασιολόγηση δεξαμενών θερμαινόμενης χώνευσης

Η διαστασιολόγηση των δεξαμενών χώνευσης γίνεται με εμπειρικές τιμές που αφορούν τον **χρόνο παραμονής** της ιλύος στις δεξαμενές και την επιτρεπόμενη οργανική τους φόρτιση.



**Σχήμα 10.** Επίδραση της θερμοκρασίας ζύμωσης στην απαιτούμενη διάρκεια για την αδρανοποίηση της ιλύος.



# Διαστασιολόγηση δεξαμενών θερμαινόμενης χώνευσης

*Πίνακας 5.*

Εγκαταστάσεις	Οργανική φόρτιση (kg ξηράς οργ.ουσίας/m <sup>3</sup> d)
Μεσαίου μεγέθους	2-3
Μεγάλες	3-4

Με την αύξηση της θερμοκρασίας μπορεί να αυξηθεί η φόρτιση μιας δεξαμενής στο διπλάσιο



# Θέρμανση ιλύος με παραγωγή ατμού

- Για τη **θέρμανση  $1\text{m}^3$  ιλύος** με εμφύσηση ατμού  
 $10^\circ \rightarrow 30^\circ \text{C}$ 
  - Απαιτείται **ενέργεια 84KJ**
  - Συντελεστής **απόδοσης λέβητα** παραγωγής ατμού: 85%
  - **Απώλειες ενέργειας** κατά την εμφύσηση ατμού: 10-25%



# Απώλειες Θερμότητας

*Πίνακας 6.*

Εγκατάσταση χώνευσης	Απώλειες Θερμότητας (KJ/m <sup>3</sup> d)
2 φάσεων (θερμαινόμενη – μη θερμαινόμενη)	2100
1 φάσης	1700
1 φάσης με άριστη θερμομόνωση	1300







ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

---

ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗ (ΧΩΝΕΥΣΗ) ΙΛΥΟΣ

## **2. Αερόβια αδρανοποίηση ιλύος**

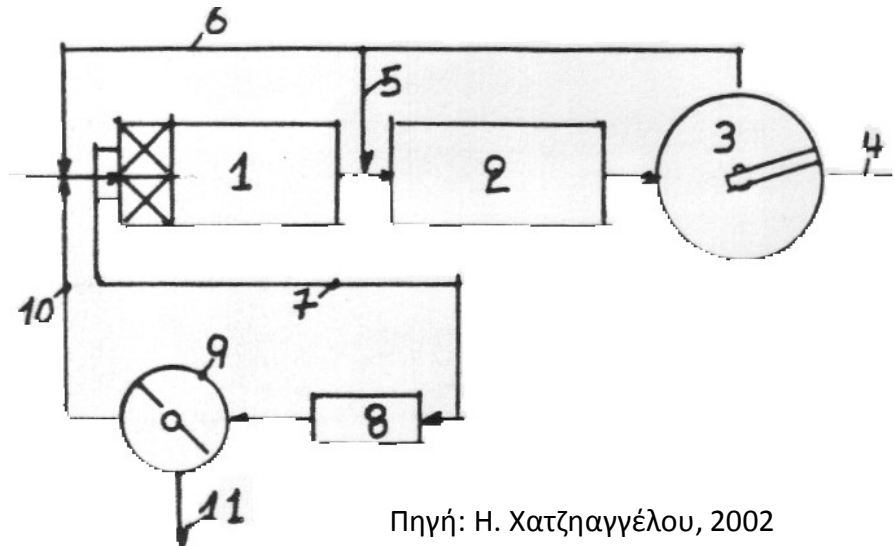
## 2. Αερόβια αδρανοποίηση

- Η αδρανοποίηση (σταθεροποίηση) της ιλύος μπορεί να γίνει
  - A.** Σε ξεχωριστές δεξαμενές που λειτουργούν όπως οι δεξαμενές αερισμού
  - B.** Μαζί με τον αερισμό των λυμάτων



# 2.Α Αερόβια αδρανοποίηση

1. Αρχική καθίζηση
2. Αερισμός λυμάτων
3. Τελική καθίζηση
4. Εκροή
5. Ιλύς επανακυκλοφορίας
6. Πλεονάζουσα ιλύς
7. Ιλύς προς αδρανοποίηση
8. Δεξαμενή αερόβιας αδρανοποίησης ιλύος
9. Παχυντής
10. Επιπολάζοντα υγρά
11. Αδρανοποιηθείσα και παχυνθείσα ιλύς



Πηγή: Η. Χατζηαγγέλου, 2002

**Σχήμα 11.** Διάγραμμα ροής ΕΕΛ με αερόβια αδρανοποίηση.



# 2.Β Αερόβια αδρανοποίηση

## Βιολογική επεξεργασία με σταθεροποίηση ιλύος για $IMK > 10000$

- Επιλέγεται όταν η αναερόβια επεξεργασία της ιλύος σε ξεχωριστή εγκατάσταση είναι αντιοικονομική ή όταν υπάρχει έλλειψη εξειδικευμένου προσωπικού για τη λειτουργία και συντήρηση της.



# 2.B Αερόβια αδρανοποίηση

## Βιολογική επεξεργασία με σταθεροποίηση ιλύος για $IMK > 10000$

- Τιμές παραμέτρων διαστασιολόγησης
  - $\Phi_B = 0,05 \text{ kg/kg}\cdot\text{d}$
  - $B = 5 \text{ kg/m}^3$  (4  $\text{kg/m}^3$  όταν ο  $\Delta OI$  μεγάλος)
  - $\Phi = 0,25 \text{ kg/m}^3\cdot\text{d}$
- Ποσότητα οξυγόνου για τον εμπλουτισμό των λυμάτων:

**2,5 kg O<sub>2</sub> /kg BOD**



# 2.Β Αερόβια αδρανοποίηση



Πηγή: Β. Ιωσηφίδης, 2010

## Δεξαμενές αερόβιας σταθεροποίησης ιλύος

# 2.Β Αερόβια αδρανοποίηση

## Βιολογική επεξεργασία με σταθεροποίηση ιλύος για $50 < IMK < 10000$

- Επιλέγεται σε ΕΕΛ μικρών οικισμών και μικρών πόλεων.
- Τιμές παραμέτρων διαστασιολόγησης
  - $\Phi_B \leq 0,05 \text{ kg/kg}\cdot\text{d}$
  - $B \leq 4 \text{ kg/m}^3$
  - $\Phi = 0,2 \text{ kg/m}^3\cdot\text{d}$
  - $\Delta OI = 60-100 \text{ ml/g}$



# 2.Β Αερόβια αδρανοποίηση

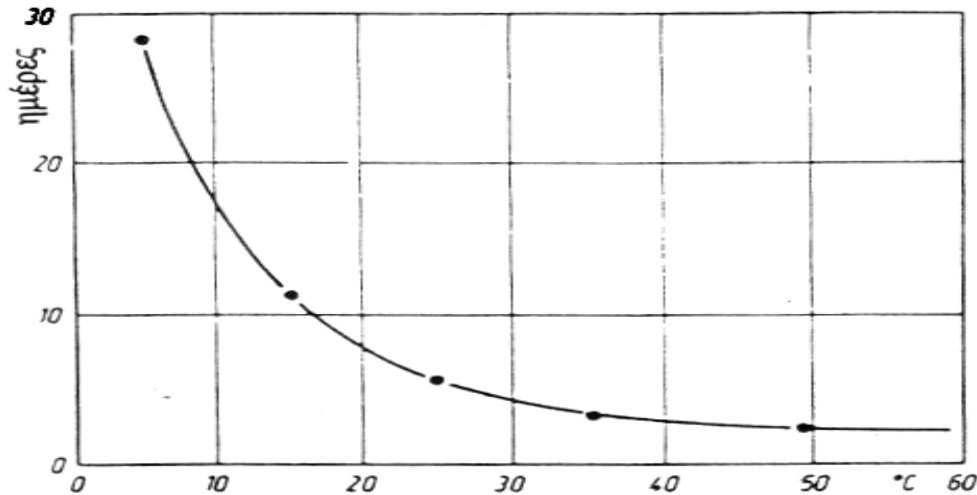
## Βιολογική επεξεργασία με σταθεροποίηση ιλύος για $50 < IMK < 10000$

- Οξυγόνο εμπλουτισμού  $\geq 2,5 \text{ kg O}_2/\text{kg BOD}$
- Συντελεστής εμπλουτισμού  $\alpha=0,8-0,6$
- Απαιτούμενη συνολική ποσότητα οξυγόνου (κατανάλωση+απώλειες):  $3 - 4 \text{ kg O}_2 / \text{kg BOD}$





# Απαιτούμενη χρονική διάρκεια αερόβιας αδρανοποίησης



Πηγή: Η. Χατζηαγγέλου, 2002

**Σχήμα 12.** Απαιτούμενη χρονική διάρκεια αερόβιας αδρανοποίησης της ιλύος συναρτήσει της θερμοκρασίας.

- Για τις συνήθεις θερμοκρασίες των  $10^{\circ}\text{C}$ , είναι  $\sim 20$  ημέρες
- Στην περίπτωση βιοαποικοδόμησης των οικιακών απορριμάτων (προϋπόθεση η αφυδάτωση) παράγεται θερμότητα  $\rightarrow 30-40^{\circ}\text{C} \rightarrow 3-7$  ημέρες



# Αερισμός ιλύος

- **Απαιτούμενη ισχύς: 50-70 Watt/m<sup>3</sup> δεξαμενής**
- **Κατανάλωση ενέργειας: 12 KWh/m<sup>3</sup>**
- ☞ Μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας από την αναερόβια
- ☝ Καλύτερη λειτουργία και μικρότερες δαπάνες συντήρησης από την αναερόβια
- Καλύτερη εφαρμογή
  - σε μικρές ΕΕΛ (~10000 κατ.) που οι δυνατότητες παρακολούθησης του έργου είναι περιορισμένες
  - Σε ΕΕΛ με επεξεργασία βιομηχανικών αποβλήτων (που δημιουργεί προβλήματα στην λειτουργία δεξαμενών αναερόβιας χώνευσης)



# Αεριστήρες

- Κατανάλωση οξυγόνου  $1,6 \text{ kg/m}^3\text{d}$
- Αεριστήρες
  - Επιφανειακοί (ψύχουν την ιλύ εκσφενδονίζοντας την στην ατμόσφαιρα)
  - Εμφύσησης αέρος (στουπώνουν εύκολα)
- Επιλογή αεριστήρων γίνεται ανάλογα με τη θερμοκρασία που πρέπει να έχει η ιλύς κατά της διαδικασία αδρανοποίησης.





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

---

# ΑΦΥΔΑΤΩΣΗ ΙΛΥΟΣ

# Αφυδάτωση ιλύος

- ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

- Με **χημική** ή **θερμική** επεξεργασία της ιλύος
- Επιτυγχάνεται η τροποποίηση της δομής της ιλύος, ώστε ο διαχωρισμός του νερού από τις στερεές ουσίες να γίνεται ευκολότερα.

- ΑΦΥΔΑΤΩΣΗ

- Με **φυσική ξήρανση** (κλίνες και λάκκοι ξήρανσης)
- Με **μηχανές αφυδάτωσης** (φιλτρόπρεσσες, φυγοκεντρητές)



# Ανάγκη προεπεξεργασίας

- Η ιλύς πριν και μετά την αδρανοποίηση της δεν αφυδατώνεται εύκολα
- ❖ Ιδιαίτερα όταν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί μέθοδος **μηχανικής αφυδάτωσης** καθίσταται αναγκαία μια **προεπεξεργασία**, η οποία αποσκοπεί στη βελτίωση της ικανότητας αφυδάτωσης της.



# Επεξεργασία αφυδάτωσης

## 1. ΦΥΣΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

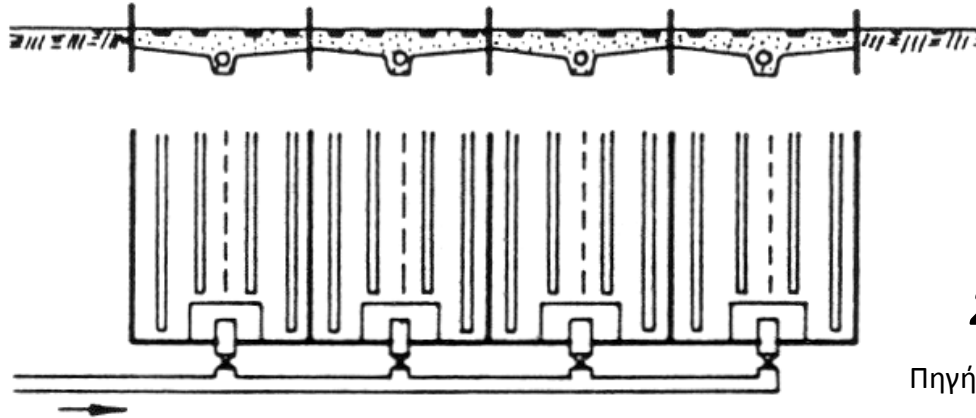
- Κλίνες ξήρανσης
- Χωμάτινες δεξαμενές ιλύος

## 2. ΤΕΧΝΗΤΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

- Φιλτρόπρεσσες
- Ταινιόπρεσσες
- Αναρροφητικά φίλτρα
- Φυγοκεντρικοί διαχωριστές



# 1. Φυσικές μέθοδοι: Κλίνες ξήρανσης



**Σχήμα 13.**

Πηγή: Η. Χατζηαγγέλου, 2002

- Η αδρανοποιημένη ιλύς (από τις Δ.Χ.) είναι αφρώδης
- Συγκεντρώνεται στην επιφάνεια των κλινών ξήρανσης
- Τις πρώτες 24 ώρες, διαχωρίζεται από το νερό
- Τις επόμενες 1-2 εβδομάδες εξατμίζεται και ξηραίνεται





# Διαστασιολόγηση κλινών ξήρανσης

*Πίνακας 7.*

Τεχνικά χαρακτηριστικά κλινών ξήρανσης	
Ύψος	0,25 m
Πλάτος	5 – 20 m
Μήκος	Χωρίς περιορισμούς



# Διαστασιολόγηση κλινών ξήρανσης

**Πίνακας 8.**

Βασικά στοιχεία διαστασιολόγησης		
Πλήρωση κλινών	7 φορές/χρόνο (14 σε σκεπαστές κλίνες στην Αμερική)	
Βάθος πλήρωσης	20 cm	
Φόρτιση	Ιλύς ΔΑΚ	13 κατ/m <sup>2</sup> (*)
	Ιλύς από ΔΑΚ+ΔΤΚ Χ/Δ	6 κατ/m <sup>2</sup> (*)
	Ιλύς από ΔΑΚ+ΔΤΚ δεξ. αερισμού	4 κατ./m <sup>2</sup> (*)

*(\*) Απαιτείται επιφάνεια 1 m<sup>2</sup> ανά 13 ΙΜΚ, ανά 6 ΙΜΚ και 4 ΙΜΚ αντίστοιχα για την ιλύ η οποία θα αφυδατωθεί σε κλίνες ξήρανσης.*



# Λειτουργία κλινών ξήρανσης

- Κατασκευή πυθμένα
  - **3 στρώσεις** με διαφορετικά μεγέθη κόκκων υλικού πλήρωσης
  - Η **άνω** στρώση πάχους **10-20 cm** αποτελείται από **άμμο**, ή δε κάτω από σύντριμμα
- Απομάκρυνση του υγρού διύλισης
  - Με σωλήνες drainage που τοποθετούνται στον **κεντρικό άξονα** κάθε κλίνης



# Λειτουργία κλινών ξήρανσης

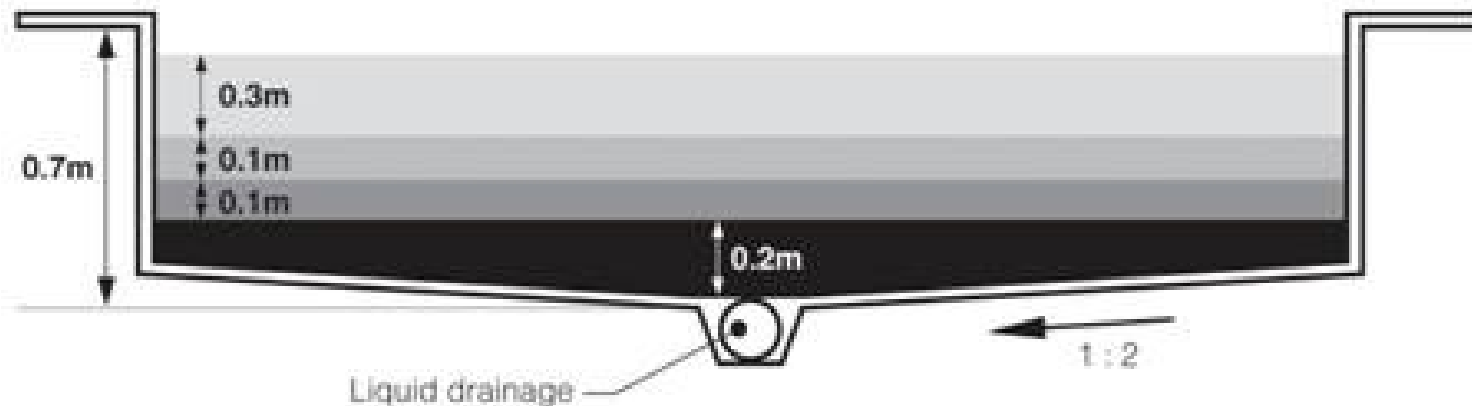
- Απομάκρυνση αποξηραμένης ιλύος
  - Με ειδικά **οχήματα** ή **γέφυρες**, ή **χειρονακτικά** σε μικρές εγκαταστάσεις
  - Αναπόφευκτα απομακρύνεται ένα τμήμα της άνω στρώσης της άμμου, το οποίο πρέπει να αναπληρώνεται
- Προεπεξεργασία αφυδάτωσης
  - Με **οξείδιο του αργιλίου** ( $Al_2O_3$ ) ή **πλύση**



# Τομή κλίνης ξήρανσης ιλύος

KEY

-  Sludge layer 30cm
-  Sand layer 10cm = 0.2 - 0.6mm
-  Sludge layer 10cm = 7 - 15mm
-  Gravel layer 20cm = 15 - 30mm



Πηγή:

<http://www.lboro.ac.uk/well/resources/fact-sheets/fact-sheets-htm/Emptying%20pit%20latrines.htm>



# Κλίνες ξήρανσης ιλύος



Πηγή:

<http://camix.com.vn/en/technologies/detail/sludge-drying-beds-water-wastewater-treatment-plants-camix-vietnam-398.html>

Κλίνες ξήρανσης ιλύος –  
πριν την τοποθέτηση της στρώσης φίλτρου



# Κλίνες ξήρανσης ιλύος



Πηγή: Β. Ιωσηφίδης, 2010



# Κλίνες ξήρανσης ιλύος



Πηγή: Β. Ιωσηφίδης, 2010



# Αποξηραμένη ιλύς σε κλίνη ξήρανσης



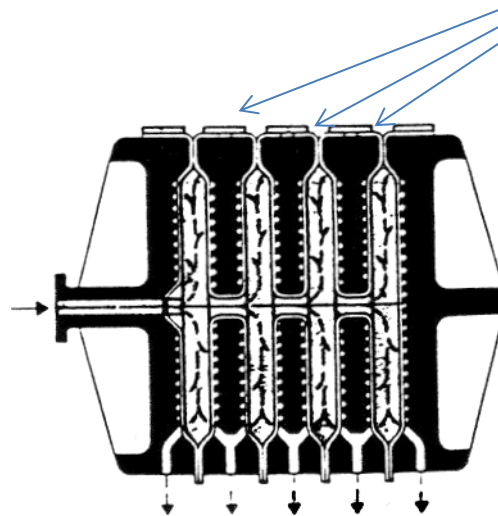
Πηγή:

<http://camix.com.vn/en/technologies/detail/sludge-drying-beds-water-wastewater-treatment-plants-camix-vietnam-398.html>



## 2. Τεχνητές μέθοδοι: Φιλτρόπρεςσες

Είσοδος ιλύος



Σιδερένιες πλάκες  
με ενισχυμένα άκρα

Έξοδος νερού

Πηγή: Η. Χατζηαγγέλου, 2002

**Σχήμα 14.** Τομή φιλτρόπρεςσας

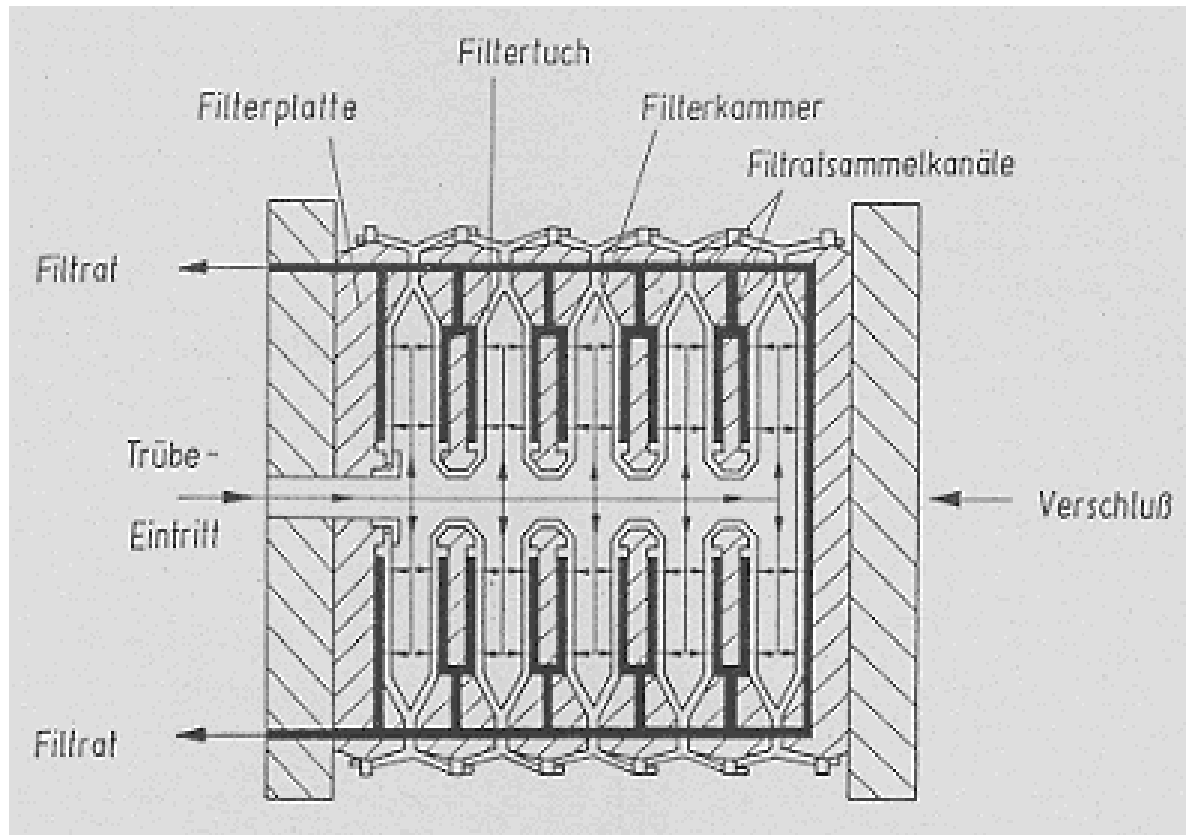


## 2. Τεχνητές μέθοδοι: Φιλτρόπρεσες

- Αποτελούνται από έναν αριθμό **σιδερένιων πλακών**
  - Με ενισχυμένα (παχύτερα) άκρα
  - Που επικαλύπτονται με **πάνινα φίλτρα**
- Οι **κενοί** χώροι μεταξύ των πλακών γεμίζουν με την **ιλύ** προς επεξεργασία



## 2. Τεχνητές μέθοδοι: Φιλτρόπρεσες



Πηγή: Β. Ιωσηφίδης, 2010

Σχεδιαστική απεικόνιση φιλτρόπρεσας



# Λειτουργία της πρέσσας



# Προεπεξεργασία αφυδάτωσης

- ❖ Είναι **απαραίτητη** για την εφαρμογή της τεχνητής μεθόδου αφυδάτωσης με **φιλτρόπρεσες**.
- Γίνεται
  - **Χημικά**, με τη βοήθεια
    - **Αλάτων του σιδήρου** και του αργιλίου, π.χ. **4 kg FeCl<sub>3</sub>**
    - **Ασβέστου**, 6 – 10 kg/m<sup>3</sup> ιλύος
    - **Πολυηλεκτρολυτών**
  - Με **θερμική προεπεξεργασία**



# Χημική επεξεργασία

Πίνακας 9.

Αντιδραστήρια	Ποσότητα
Χλωριούχος σίδηρος	2,5% της ξηράς ουσίας της ιλύος των ΔΑΚ (αδρανοποιημένης ή μη)
Θεικός σίδηρος	10 kg /m <sup>3</sup> ιλύος
Άσβεστος	Ανάλογα με την περίπτωση
Πολυηλεκτρολύτες	100 – 200 g /m <sup>3</sup> ιλύος
Τέφρα	2,5 kg/kg ξηράς ουσίας ιλύος



# Χημική επεξεργασία

- Τα παραπάνω αντιδραστήρια
  - Είναι γνωστά **θρομβωτικά** υλικά
  - Αλλάζουν τη φυσικοχημική κατάσταση της ιλύος
  - Διευκολύνουν την απομάκρυνση του νερού από τους κενούς χώρους που δημιουργούνται





# Χημική προεπεξεργασία αφυδάτωσης

- ☹ Η χρησιμοποίηση των παραπάνω αντιδραστηρίων ( $\text{FeCl}_3$  και άσβεστος) **αυξάνει τον όγκο** του αφυδατωμένου προϊόντος.
- 👍 Για αυτό τελευταία χρησιμοποιούνται οι **πολυηλεκτρολύτες**, οι οποίοι έχουν καλά αποτελέσματα όταν χρησιμοποιούνται στις **φιλτρόπρεσες μεμβράνης**



# Χημική προεπεξεργασία αφυδάτωσης



Πηγή:

<http://www.feri-tri.gr/products/polyelectrolyte>

Η έγχυση των διαλυμάτων του πολυηλεκτρολύτη σε νερό ή σε λάσπη γίνεται σε σημείο όπου είναι εγγυημένος ο έντονος στροβιλισμός ώστε η ανάμειξη να είναι η καλύτερη δυνατή. Αν η ανάμιξη είναι ανεπαρκής, το πολυμερές θα “αναδιπλωθεί” και το αποτέλεσμα δεν θα είναι ικανοποιητικό.



# Συσκευή επιτόπου προετοιμασίας διαλύματος πολυηλεκτρολύτη



Πηγή:

[http://net.grundfos.com/doc/webnet/waterutility/products\\_wastewater\\_dosing-disinfection.html](http://net.grundfos.com/doc/webnet/waterutility/products_wastewater_dosing-disinfection.html)



# Θερμική επεξεργασία

**Πίνακας 10.**

Θερμοκρασία	180° – 210° C
Διάρκεια	30' – 45'
Πίεση	15 – 20 bar

- Η μέθοδος χρησιμοποιείται μόνο σε **μεγάλες εγκαταστάσεις**, γιατί οι δαπάνες κατασκευής της μονάδας είναι μεγάλες.
- Μεγάλο μέρος των οργανικών ουσιών διαλύεται στο νερό
- Οι ουσίες που δεν διαλύονται, αφυδατώνονται πολύ εύκολα



# Ψύξη

- Τα λύματα ψύχονται στους  $-20^{\circ}\text{C}$
- Παρουσιάζει αρκετές δυσκολίες
- Έχει χρησιμοποιηθεί ελάχιστα



# Φιλτρόπρεσα αφυδάτωσης ιλύος



Πηγή:

<http://xaydungcongdong.net/vi/san-pham/153-may-ep-bun-khung-ban.html>



# Φιλτρόπρεσα



Πηγή:  
<http://members.aon.at/klybbs/klybbs/news1.htm>



# Φιλτρόπρεσα



Πηγή: Β. Ιωσηφίδης, 2010





# Τεχνικά χαρακτηριστικά πρεσσών

**Πίνακας 11.**

Τεχνικά χαρακτηριστικά πρεσσών	
Πίεση	6 – 18 bar
Απόδοση	40 l/m <sup>2</sup> h ή 5-15 kg/m <sup>2</sup> h
Διάρκεια συμπίεσης	1 – 2 hr
Απόσταση πλακών	2 – 3 cm
Περιεκτικότητα νερού εισερχόμενου προϊόντος	≤ 99 %
Περιεκτικότητα νερού προϊόντος	65 %
Περιεκτικότητα σε στερεά στην έξοδο	35 %



# Τεχνικά χαρακτηριστικά πρεσσών

- Τα πάνινα φίλτρα
  - Λερώνουν με το χρόνο και υφίστανται φθορές
  - Καθαρίζονται με πλύση με νερό υψηλής πίεσης ή με διαλύματα οξέων

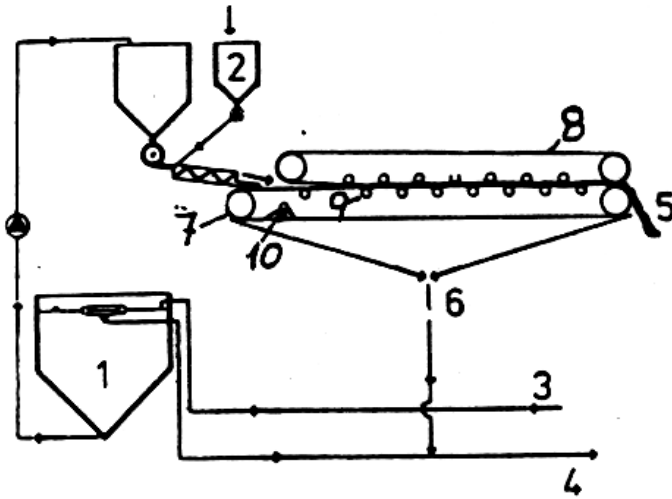


# Επιπολάζοντα υγρά

- Έχουν υψηλό οργανικό φορτίο
  - Μέχρι **15000 mg BOD<sub>5</sub>/l**
  - Μέχρι **1000 mg/l οργανικό άζωτο**
- Το **70%** του οργανικού φορτίου αποικοδομείται αναερόβια σε **6 ημέρες** σε θερμοκρασία **37° C**
- Αν η επεξεργασία των επιπολαζόντων γίνει **μαζί** με των λυμάτων, πρέπει να ληφθεί υπόψη κατά τη μελέτη της εγκατάστασης, αυξάνοντας κατά **25%** το οργανικό φορτίο των λυμάτων



## 2. Τεχνητές μέθοδοι: Ταινιόπρεςες



Πηγή: Η. Χατζηαγγέλου, 2002

1. Παχυντής
2. Δεξαμενή αντιδραστηρίων χημικής προεπεξεργασίας
3. Εισροή
4. Επιπολάζοντα υγρά
5. Έξοδος προϊόντος
5. Υγρά αφυδάτωσης
6. Ταινιοκόσκιο
7. Ταινιόπρεσα
8. Κυλινδρίσκοι
9. Διάταξη πλύσης ταινιοκόσκινου

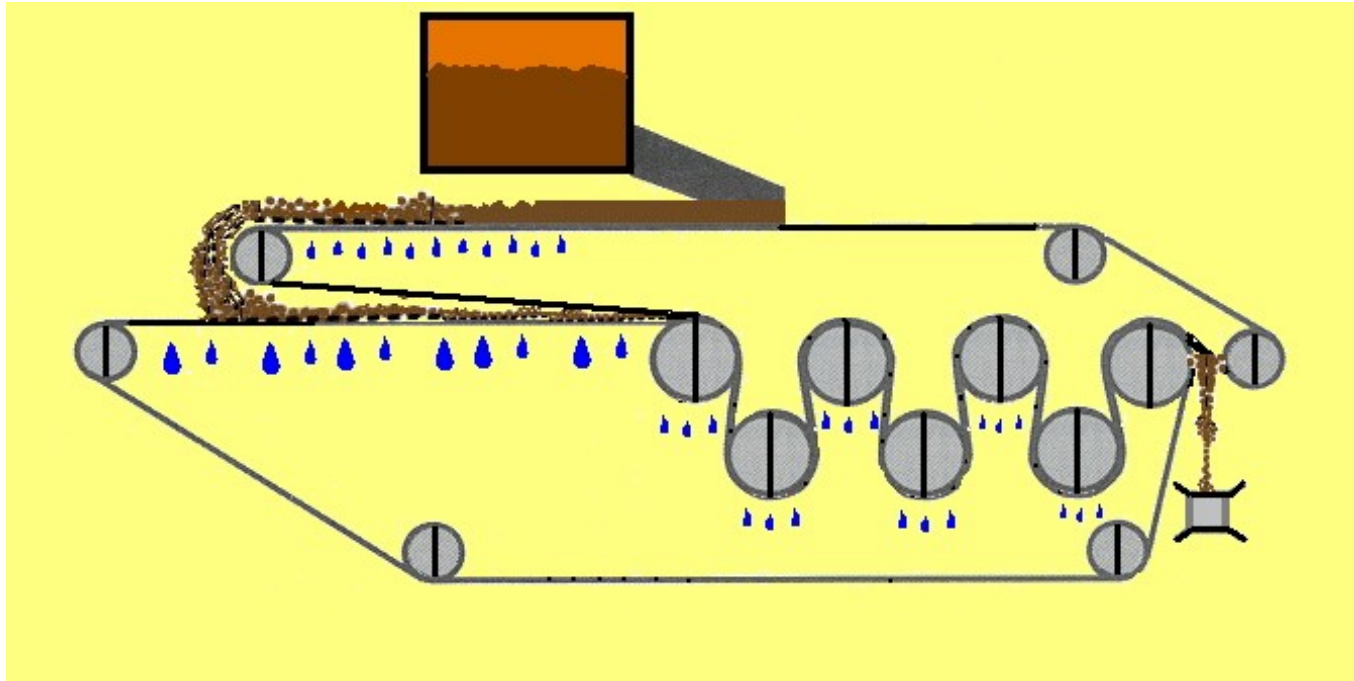
**Σχήμα 15.** Σχηματική διάταξη ταινιομεταφορέα.

## 2. Τεχνητές μέθοδοι: Ταινιόπρεσες

- Αποτελούνται από δυο ταινίες
  - Ταινιοκόσκινο
  - Ταινιόπρεσσα
- Οι ταινίες συμπιέζονται καθώς κυλούν δια μέσου κυλινδρίσκων
- Η ιλύς συμπιέζεται και στραγγίζει το νερό της



# Αρχή λειτουργίας της ταινιόπρεσας



Πηγή:  
[http://intranet.tdmu.edu.ua/data/kafedra/internal/hihiena/classes\\_stud/en/med/lik/ptn/hygiene%20and%20ecology/3/10.%20Environment%20and%20health.htm](http://intranet.tdmu.edu.ua/data/kafedra/internal/hihiena/classes_stud/en/med/lik/ptn/hygiene%20and%20ecology/3/10.%20Environment%20and%20health.htm)

# Ταινιόπρεσες

**Πίνακας 12.**

<b>Τεχνικά χαρακτηριστικά ταινιοπρεσών</b>	
Απόδοση πρέσας σε ιλύ	0,8 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h
Απόδοση πρέσας σε ξηρά ουσία	40 kg/m <sup>2</sup> h
Περιεκτικότητα νερού προϊόντος	75%

Η προεπεξεργασία αφυδάτωσης γίνεται με **πολυηλεκτρολύτες** (~250g/m<sup>3</sup> ιλύος) → βλ. Σχ.15  
Ο καθαρισμός του ταινιοκοσκίνου γίνεται με εκτόξευση νερού.



ΕΕΛ ΚΑΒΑΛΑΣ (2012)

ΑΦΥΔΑΤΩΣΗ ΙΛΥΟΣ  
(ΤΑΙΝΙΟΦΙΛΤΡΟΠΡΕΣΣΕΣ)





# Ταινιόπρεσα



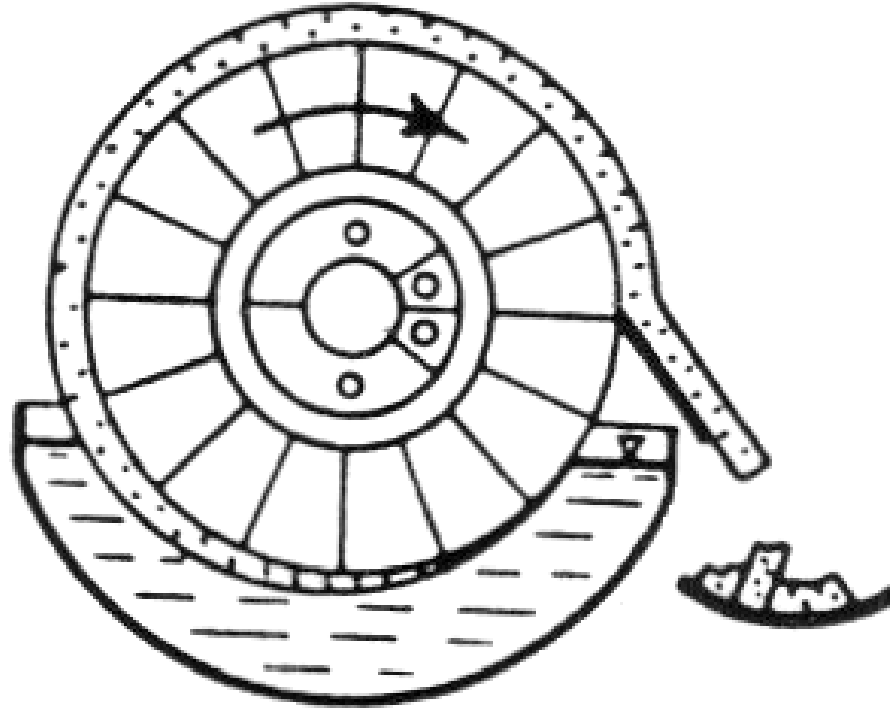
Πηγή: Β. Ιωσηφίδης, 2010

# Ταινιόπρεσα



Πηγή:  
<http://www.andritz.com/products-and-services/pf-detail.htm?productid=4834>

## 2. Τεχνητές μέθοδοι: Αναρροφητικά φίλτρα



Πηγή: Η. Χατζηαγγέλου, 2002

**Σχήμα 16.** Τομή αναρροφητικού φίλτρου αφυδάτωσης ιλύος.



## 2. Τεχνητές μέθοδοι: Αναρροφητικά φίλτρα

- Ένα **πάνινο φίλτρο** καλύπτει την εξωτερική επιφάνεια ενός περιστρεφόμενου κυλίνδρου στο εσωτερικό του οποίου δημιουργείται υποπίεση.
- Ο **κύλινδρος** στο κάτω μέρος του είναι βυθισμένος σε σκάφη στην οποία φθάνει η προς αφυδάτωση ιλύς.
- Λόγω της **υποπίεσης** το νερό της ιλύος κινείται προς το εσωτερικό του κυλίνδρου αφήνοντας τις φερτές ύλες στην επιφάνεια του κυλίνδρου.



# Αναρροφητικά φίλτρα

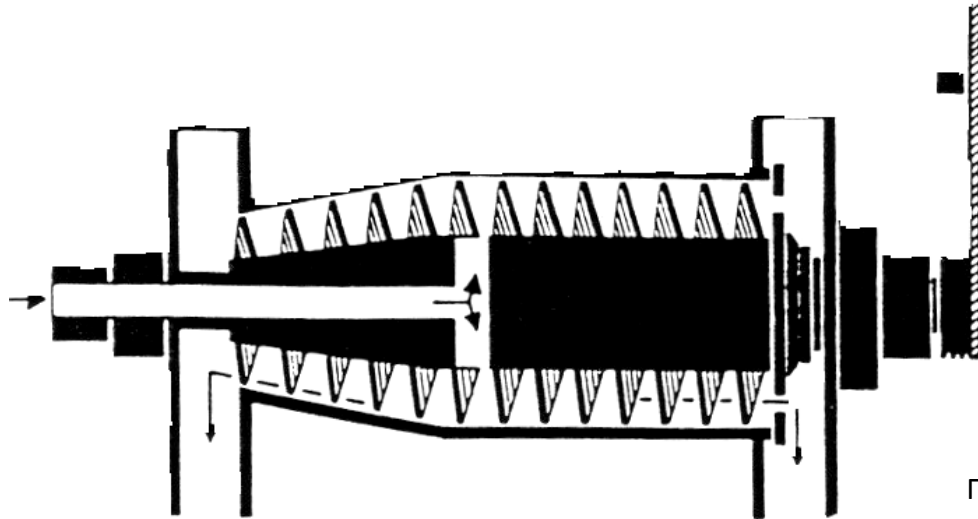
**Πίνακας 13.**

Τεχνικά χαρακτηριστικά αναρροφητικών φίλτρων	
Απόδοση πρέσας σε ιλύ	200 l/m <sup>2</sup> h
Απόδοση πρέσας σε ξηρά ουσία	10 – 30 kg/m <sup>2</sup> h
Περιεκτικότητα σε νερό της πλεονάζουσας ιλύος	82 %
Περιεκτικότητα σε νερό της ιλύος από ΔΑΚ	70 %
Περιεκτικότητα σε νερό της αδρανοποιημένης ιλύος	70 %

- Το προϊόν της διήθησης σχηματίζει επάνω στο φίλτρο έναν φλοιό πάχους **4-10mm** ο οποίος διαχωρίζεται από το πάνινο φίλτρο με μία ξέστρα που τοποθετείται λίγο πριν την αρχή της σκάφης.



## 2. Τεχνητές μέθοδοι: Φυγοκεντρικοί διαχωριστές



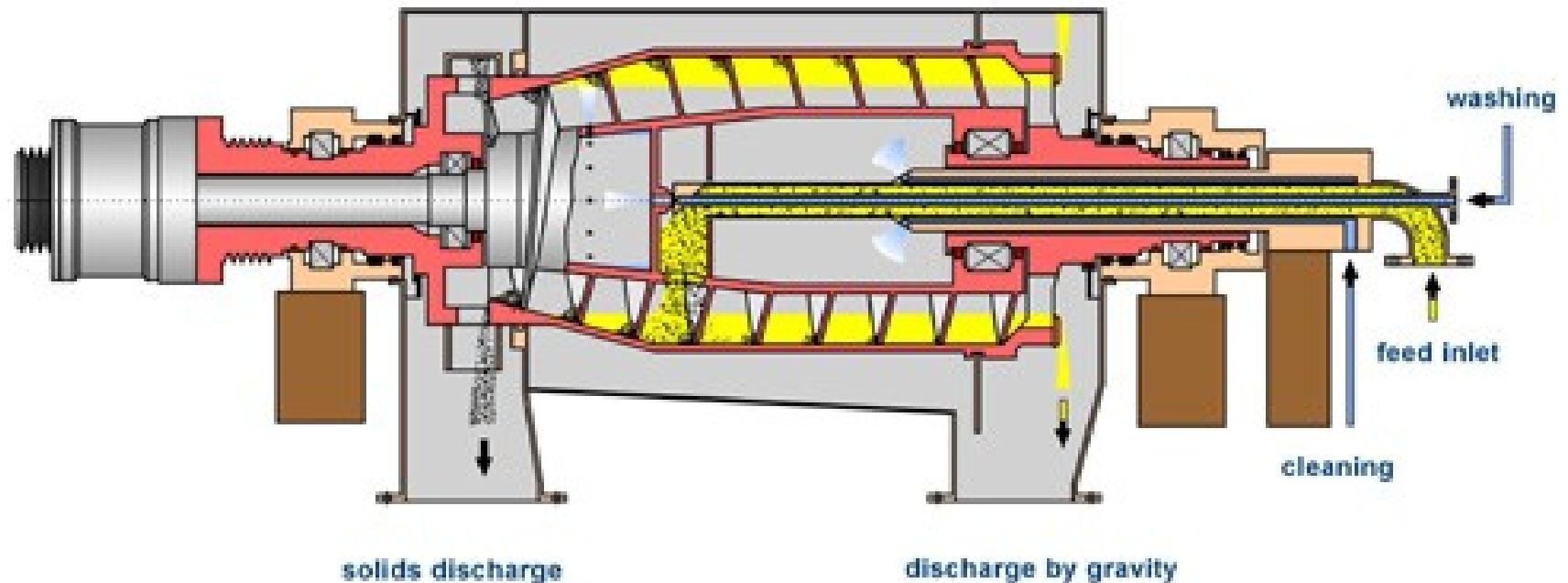
Πηγή: Η. Χατζηαγγέλου, 2002

**Σχήμα 17.** Τομή φυγοκεντρικού διαχωριστή.

- Οι φυγοκεντρικοί διαχωριστές αποτελούνται από ένα **κωνικό περιστρεφόμενο κιβώτιο** και έναν σχετικά πιο γρήγορα κινούμενο **κοχλία**.



# Φυγοκεντρητής - αφυδάτωση ιλύος



Cross-section of a Flottweg DECANTER - in gas tight execution

Πηγή: Β. Ιωσηφίδης, 2010



# Φυγοκεντρικοί διαχωριστές

- Η **ιλύς** η οποία εισέρχεται αξονικά στο διαχωριστή τίθεται σε περιστροφική κίνηση και τα σωματίδια με μεγαλύτερο ειδικό βάρος φυγοκεντρίζονται προς την περιφέρεια, δηλαδή την εσωτερική επιφάνεια του κιβωτίου.
- Ο **κινούμενος κοχλίας** τα ωθεί προς την πλευρά του κιβωτίου με τη μικρότερη διάμετρο από όπου και εξέρχονται από το διαχωριστή.
- Το **νερό** εξέρχεται από την αντίθετη πλευρά.





# Μειονέκτημα φυγοκεντρικών διαχωριστών

- Δεν γίνεται σαφής διαχωρισμός του νερού από τη λάσπη.
- Με την φυγοκέντρωση γίνεται μία **διαβάθμιση των σωματιδίων ανάλογα με το ειδικό τους βάρος** από την περιφέρεια προς τον άξονα του διαχωριστή.
  - Όταν λοιπόν θέλουμε το προϊόν που παράγεται να έχει μικρή περιεκτικότητα σε νερό είμαστε υποχρεωμένοι να διαχωρίσουμε μόνο τα σωματίδια με το μεγαλύτερο ειδικό βάρος.



# Μειονέκτημα φυγοκεντρικών διαχωριστών

- Όλα τα υπόλοιπα παραμένουν στο διήθημα
  - ο καθαρισμός του οποίου είναι προβληματικός (βιολογική επεξεργασία ή ξήρανση σε κλίνες ξήρανσης).



# Φυγοκεντρική αφυδάτωση ιλύος



Πηγή:

<http://www.biodieselmagazine.com/articles/8377/insta-pro-alfa-laval-streamline-oil-refining-technology-services>



# Φυγοκεντρητές αφυδάτωσης ιλύος



Πηγή:  
<http://westerntechvn.com.vn/>



# Χημική προεπεξεργασία αφυδάτωσης

- Βελτιώνει την απόδοση των φυγοκεντρικών διαχωριστών.
- Συνήθως χρησιμοποιούνται **πολυηλεκτρολύτες** σε ποσότητα **3 kg/t** ξηράς ουσίας.
- Το αποτέλεσμα είναι το προϊόν να περιέχει **75%** νερό, ή αλλιώς η περιεκτικότητα σε στερεά του προϊόντος **~ 25%**



# Σύγκριση τεχνητών μεθόδων αφυδάτωσης

Πίνακας 14.

Απόδοση μεθόδων αφυδάτωσης		
Είδος ιλύος	Περιεκτικότητα σε στερεά στην έξοδο [%]	
	Ταινιόπρεσες, φυγοκεντριστές	Φιλτρόπρεσες
καλά χαρακτηριστικά >7%	> 25 – 30	>40
μέτρια χαρακτηριστικά 4 – 7%	22 – 25	25 – 40
άσχημα χαρακτηριστικά < 4%	< 22	---



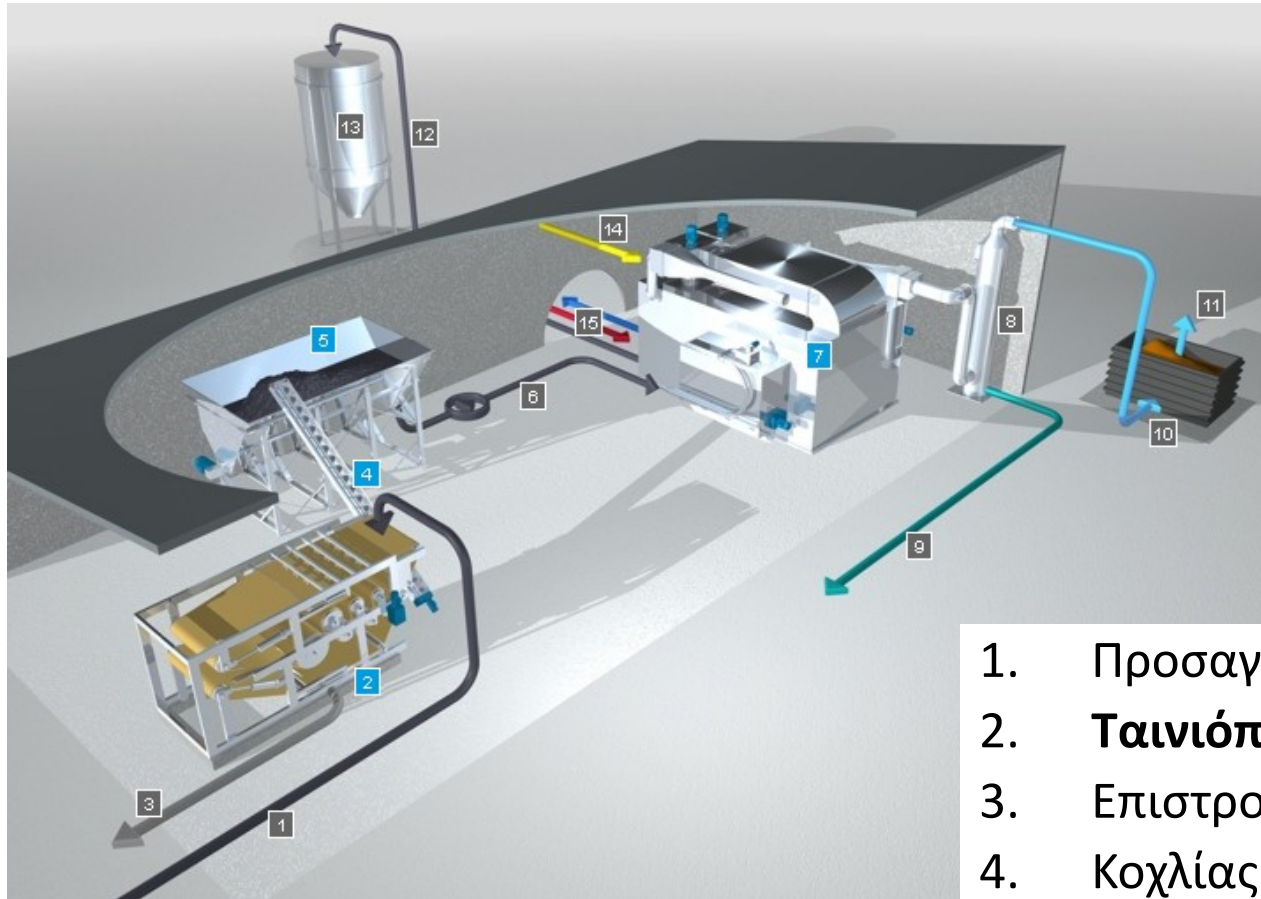


ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

---

# ΑΦΥΔΑΤΩΣΗ ΚΑΙ ΞΗΡΑΝΣΗ ΙΛΥΟΣ

# Πρότυπη μονάδα αφυδάτωσης και ξήρανσης ιλύος



1. Προσαγωγή ιλύος
2. **Ταινιόπρεσα**
3. Επιστροφή στραγγιδίων
4. Κοχλίας μεταφοράς

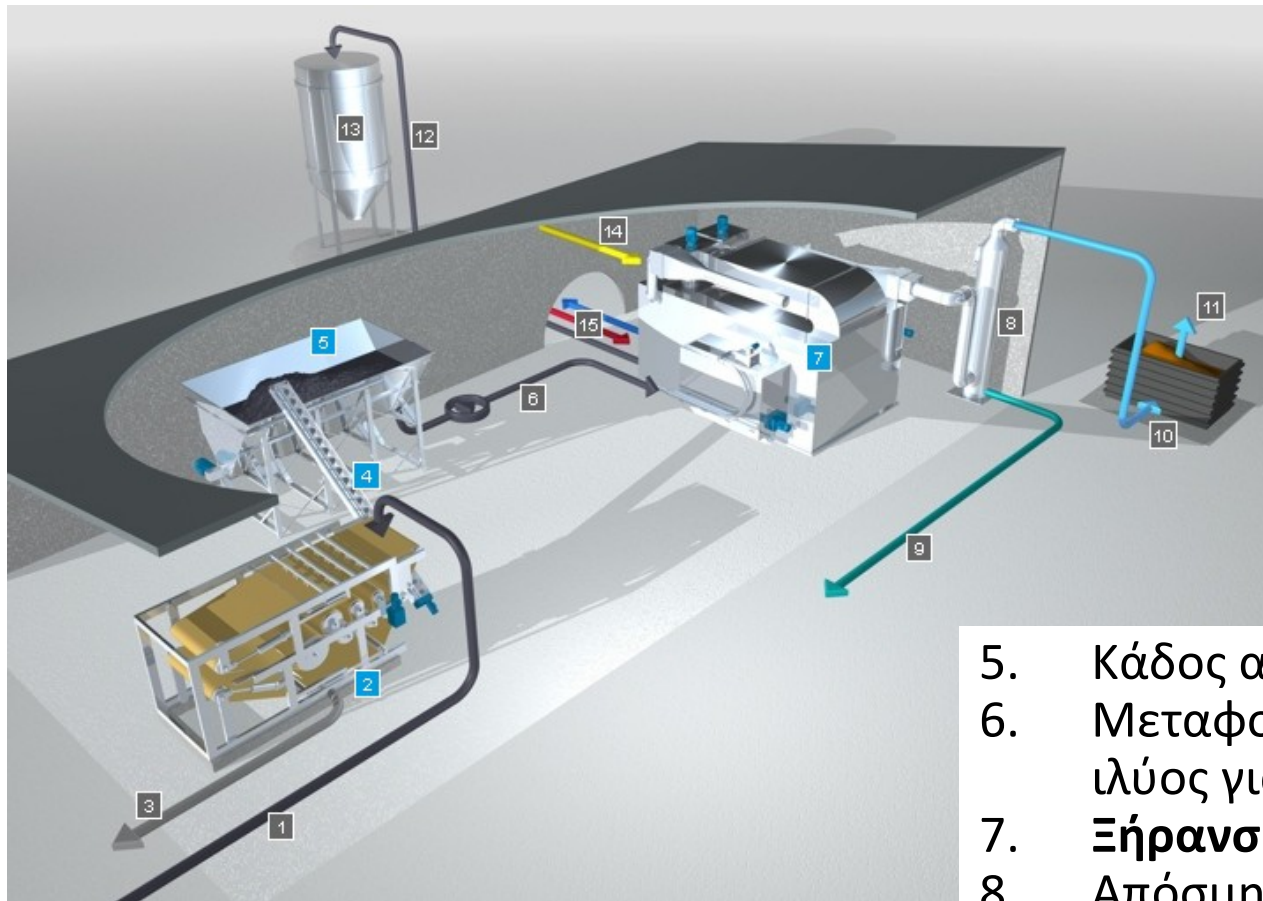
Πηγή:

[http://www.hubersverige.se/SchemaBandtorkBTplusmedvarmeansl  
utning.htm](http://www.hubersverige.se/SchemaBandtorkBTplusmedvarmeansl<br/>utning.htm)





# Πρότυπη μονάδα αφυδάτωσης και ξήρανσης ιλύος

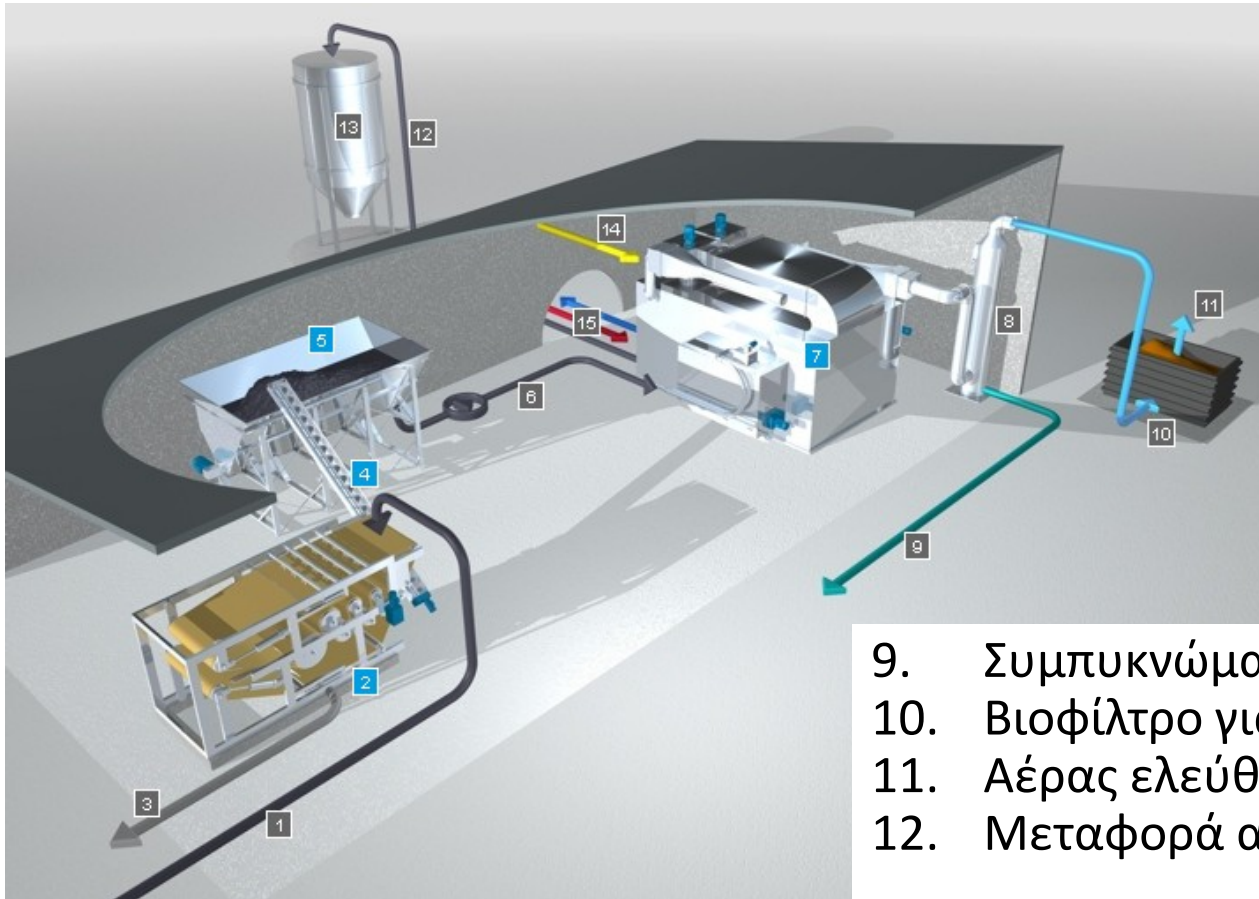


Πηγή:

<http://www.hubersverige.se/SchemaBandtorkBTplusmedvarmeanslutning.htm>



# Πρότυπη μονάδα αφυδάτωσης και ξήρανσης ιλύος



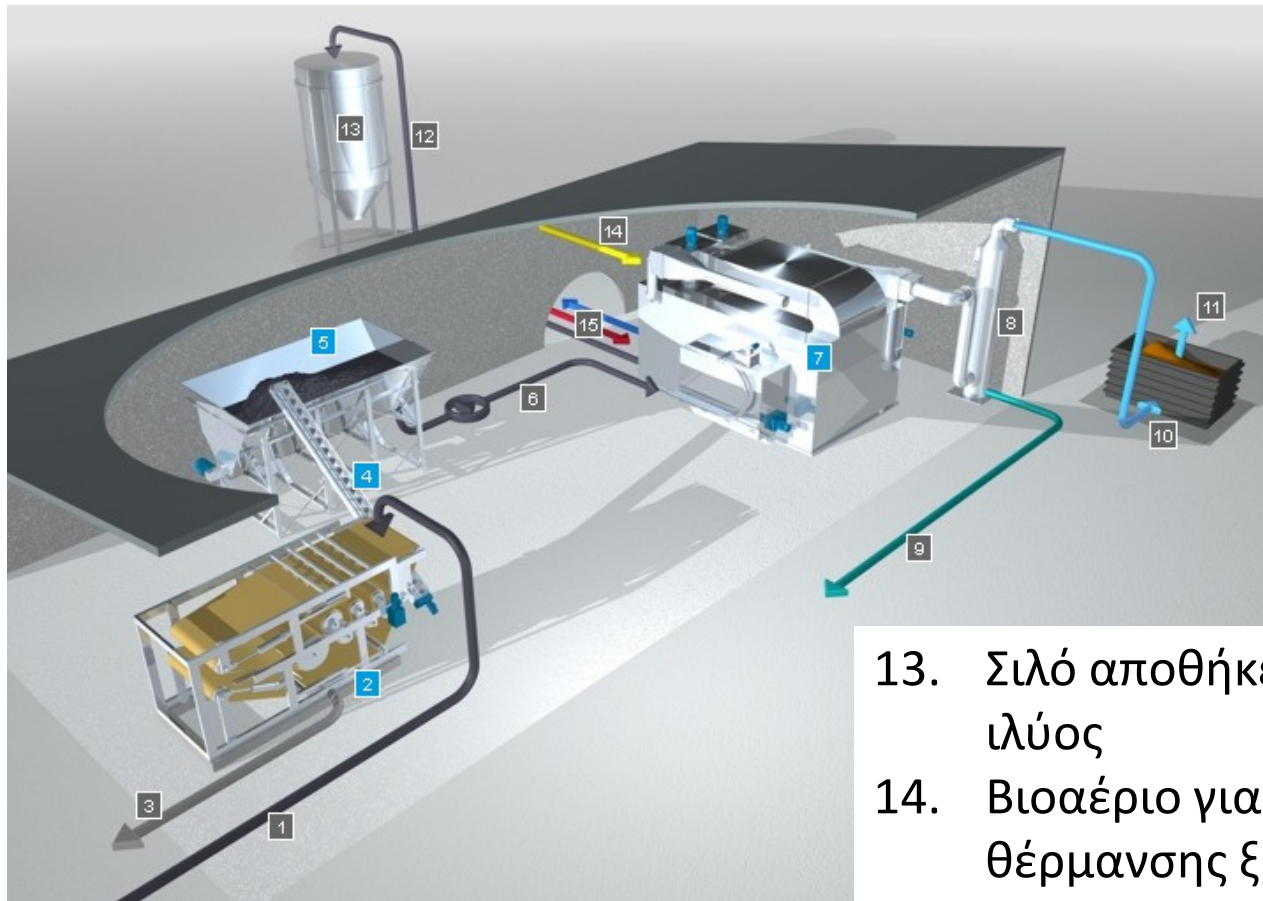
9. Συμπυκνώματα προς επεξεργασία
10. Βιοφίλτρο για απόσμηση
11. Αέρας ελεύθερος από οσμές
12. Μεταφορά αποξηραμένης ιλύος

Πηγή:

<http://www.hubersverige.se/SchemaBandtorkBTplusmedvarmeanslutning.htm>



# Πρότυπη μονάδα αφυδάτωσης και ξήρανσης ιλύος



- 13. Σιλό αποθήκευσης αποξηραμένης ιλύος
- 14. Βιοαέριο για ενίσχυση της θέρμανσης ξήρανσης
- 15. Απαέρια

Πηγή:

<http://www.hubersverige.se/SchemaBandtorkBTplusmedvarmeanslutning.htm>





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

---

# ΞΗΡΑΝΣΗ ΙΛΥΟΣ

# Ξήρανση ιλύος

- Η ξήρανση της ιλύος γίνεται για τους εξής λόγους:
  - Ως προεπεξεργασία για τη καύση
  - Για την αντιμετώπιση της δυσσομίας που αναδίνει η αφυδατωμένη μη αδρανοποιημένη ιλύς.
- Για τη ξήρανση της ιλύος κυρίως χρησιμοποιούνται
  - Ξηραντήρες ξηρού τυμπάνου
  - Ηλιακή ενέργεια (θερμοκήπια)



# Ξηραντήρες ξηρού τυμπάνου

- Είναι κυλινδρικά περιστρεφόμενα τύμπανα στα οποία η ιλύς εισέρχεται από το ένα άκρο. Από το άλλο άκρο εισέρχεται αέρας θερμοκρασίας  $600^{\circ}\text{C}$  ο οποίος κατά τη διάρκεια της ξήρανσης ψύχεται στους  $300^{\circ}\text{C}$ .



# Ξηραντήρες ξηρού τυμπάνου

- Η ξήρανση γίνεται πιο αποτελεσματική όταν η **περιεκτικότητα της ιλύος σε νερό είναι  $< 50\%$ .**
  - Για τον λόγο αυτό γίνεται ανάμιξη της προς ξήρανση ιλύος, η περιεκτικότητα σε νερό της οποίας είναι 70-80%, με κατάλληλη ποσότητα ιλύος που ήδη έχει αποξηρανθεί.
- Η **περιεκτικότητα σε νερό του τελικού προϊόντος είναι  $< 10\%$ .**



# Εγκατάσταση ξήρανσης ιλύος με ηλιακή ενέργεια



Πηγή: Β. Ιωσηφίδης, 2010





# Ξήρανση ιλύος με ηλιακή ενέργεια

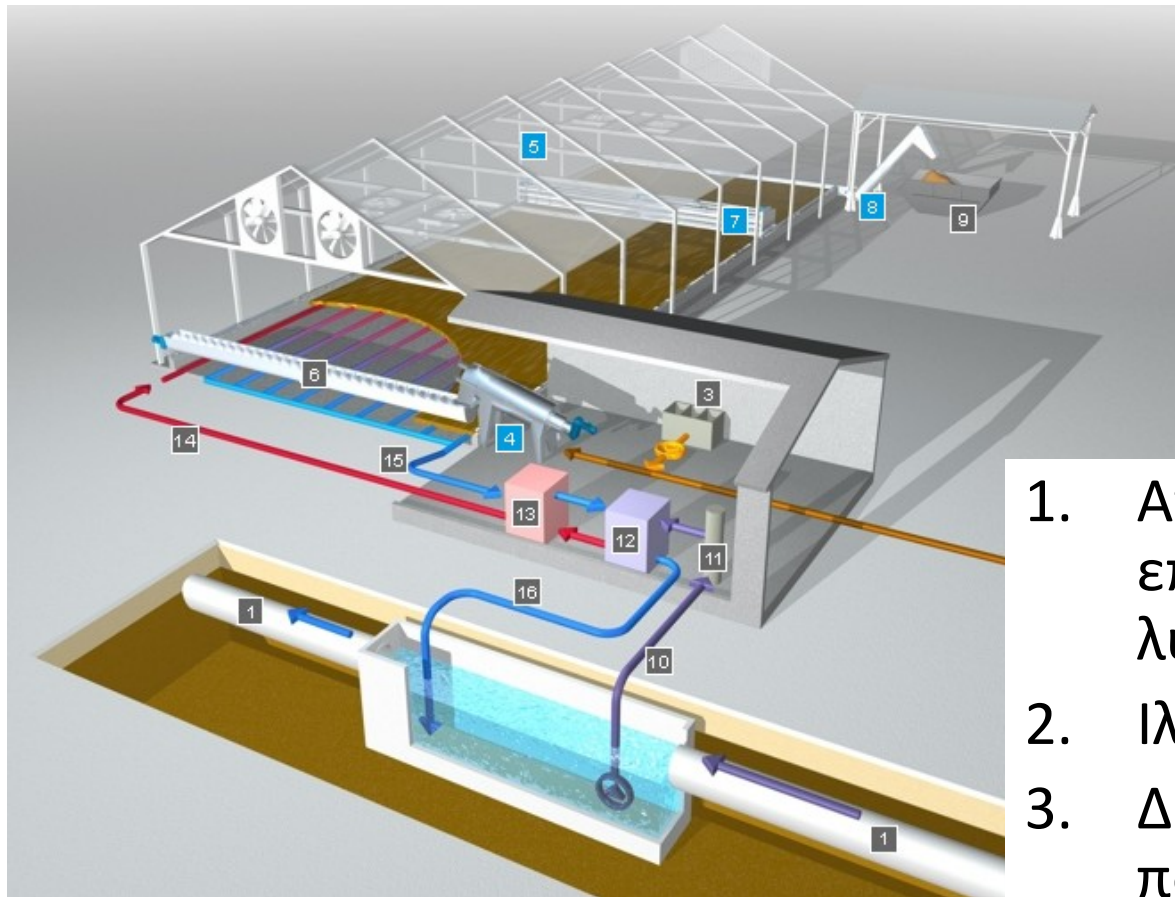


Πηγή: Β. Ιωσηφίδης, 2010

## Τηλεχειριζόμενος αναμοχλευτής



# Πρότυπη μονάδα ξήρανσης



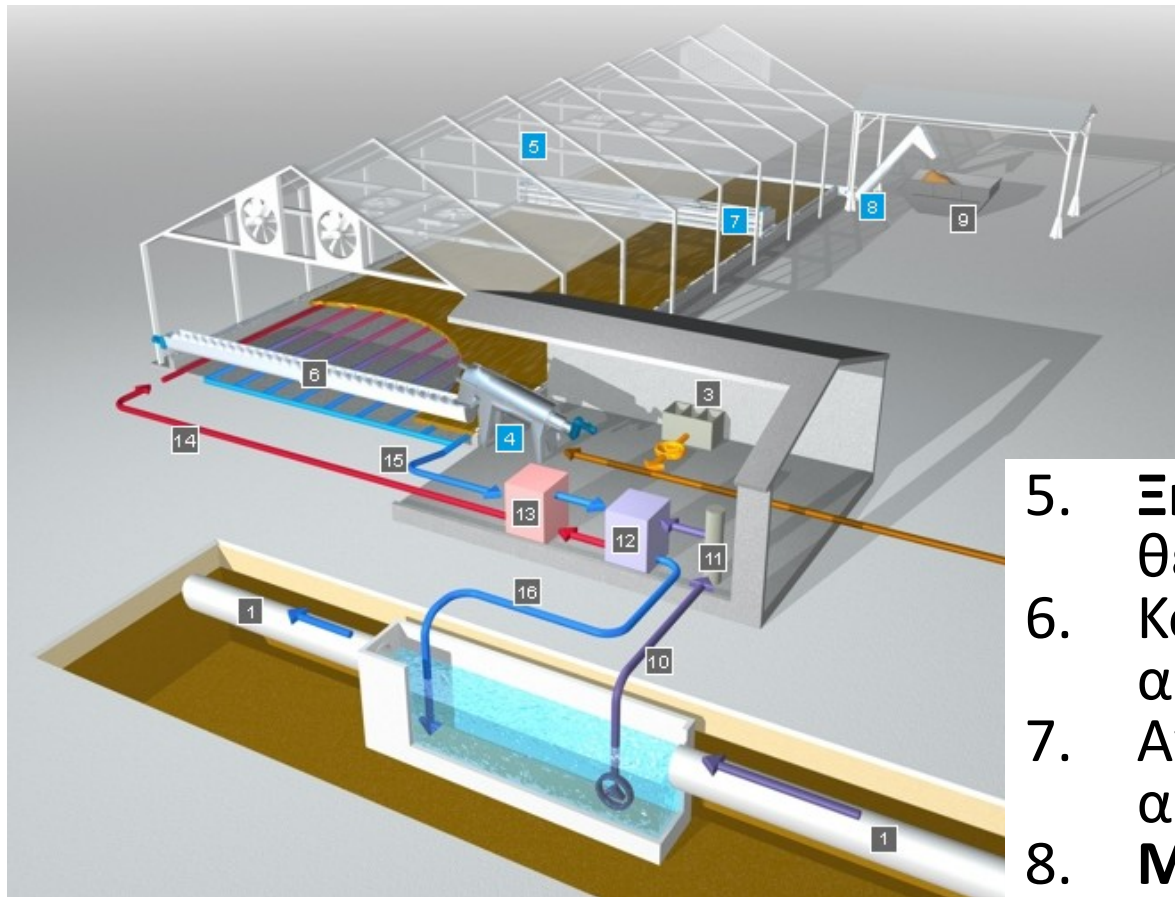
Πηγή:

<http://www.huber.de/index.php?id=625&L=2>

1. Απαγωγή επεξεργασμένων λυμάτων
2. Ιλύς προς επεξεργασία
3. Δοσομέτρηση πολυηλεκτρολύτη
4. **Αφυδάτωση** ιλύος



# Πρότυπη μονάδα ξήρανσης



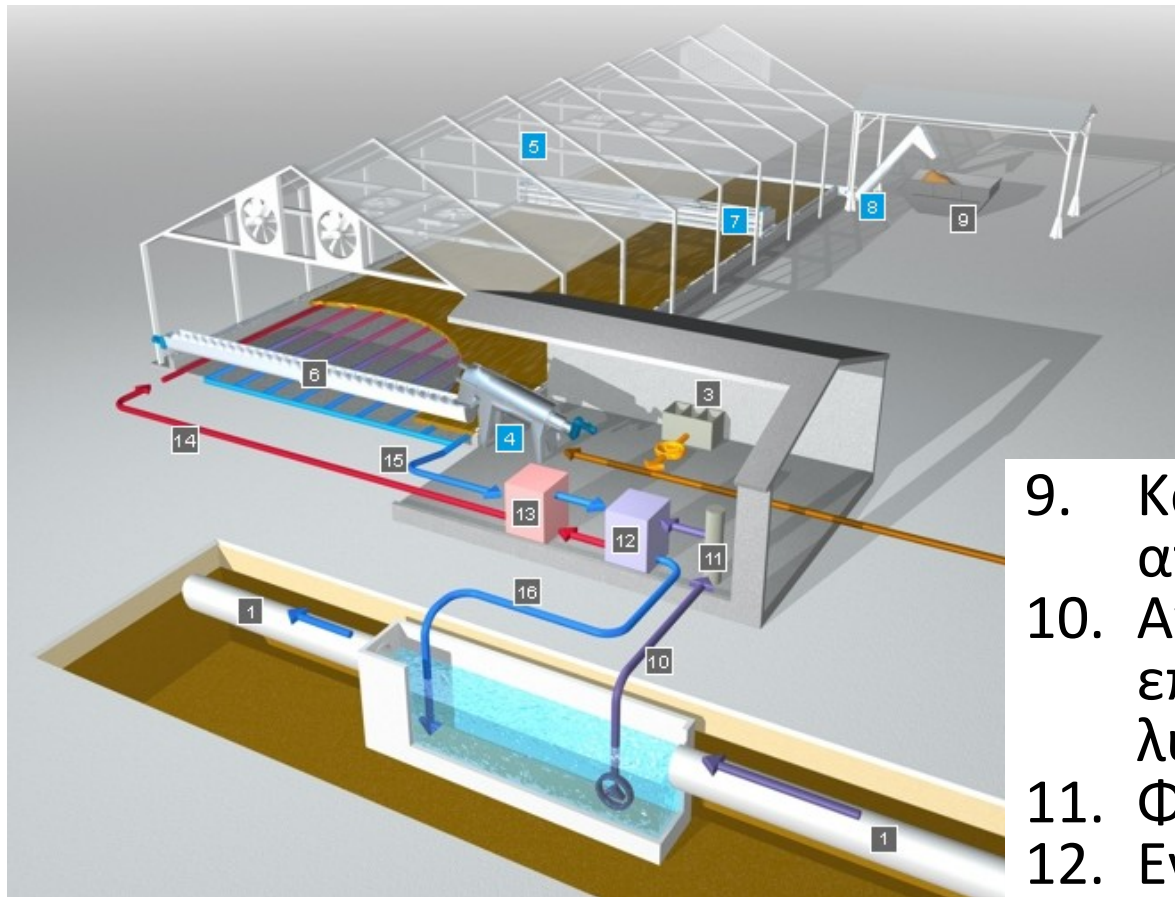
Πηγή:

<http://www.huber.de/index.php?id=625&L=2>

5. Ξήρανση ιλύος στο θερμοκήπιο
6. Κοχλίας διανομής της αφυδατωμένης ιλύος
7. Αναμείκτης αφυδατωμένης ιλύος
8. **Μεταφορά** αποξηραμένης ιλύος



# Πρότυπη μονάδα ξήρανσης



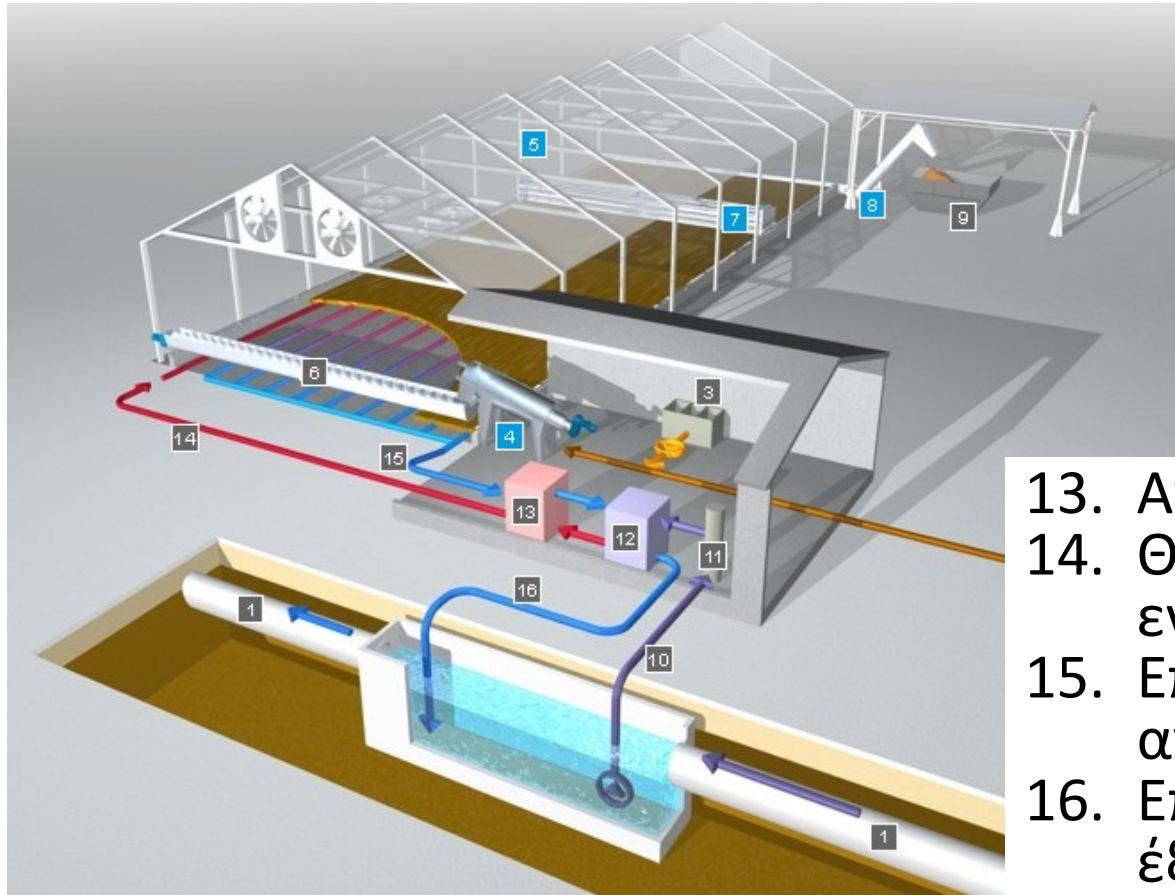
Πηγή:

<http://www.huber.de/index.php?id=625&L=2>

9. Κάδος αποθήκευσης αποξηραμένης ιλύος
10. Αναρρόφηση επεξεργασμένων λυμάτων
11. Φίλτρο
12. Εναλλάκτης θερμότητας



# Πρότυπη μονάδα ξήρανσης



Πηγή:

<http://www.huber.de/index.php?id=625&L=2>

- 13. Αντλία θερμότητας
- 14. Θερμό νερό για ενδοδαπέδια θέρμανση
- 15. Επιστροφή νερού στην αντλία θερμότητας
- 16. Επιστροφή νερού στην έξοδο





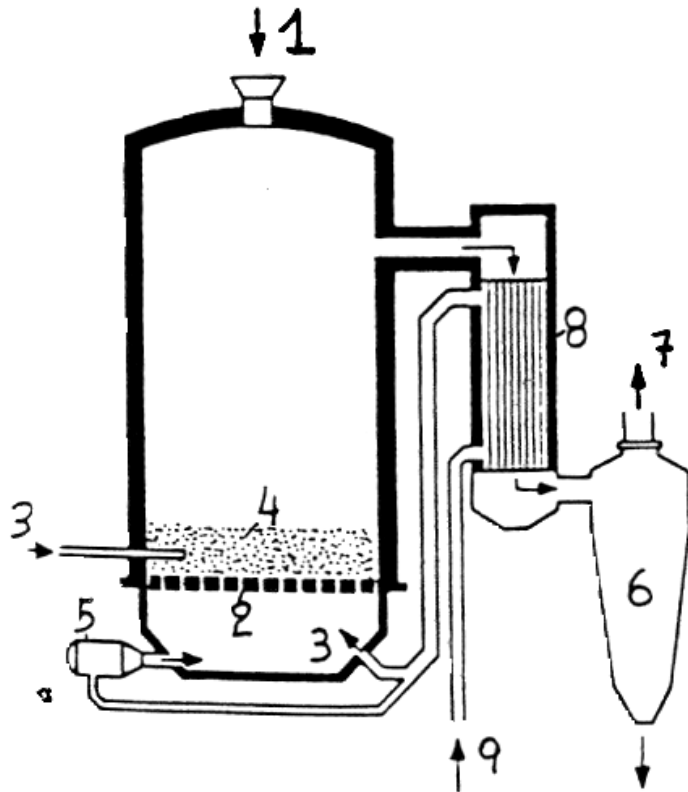
# ΚΑΥΣΗ ΙΛΥΟΣ

# Καύση ιλύος

- Η καύση της ιλύος **αποσκοπεί** στον περιορισμό του όγκου της στη περίπτωση που
  - είτε η μεταφορά της είναι δαπανηρή
  - είτε δεν υπάρχουν χώροι κατάλληλοι για τη τελική διάθεση της αφυδατομένης ιλύος κοντά στην εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων.
- Η καύση της ξηραμένης ιλύος γίνεται σε **καμίνοους**
  - *Κάμινοι περιστροφικού διαχωρισμού*
  - *Πολυόροφοι κάμινοι*



# Κάμινοι περιστροφικού διαχωρισμού



1. Είσοδος ιλύος
2. Ακροφύσια
3. Θερμός αέρας
4. Άμμος σε αιώρηση
5. Καυστήρας
6. Αεροκυκλών
7. Προς ηλεκτροφίλτρο και πλύση των καυσαερίων
8. Εναλλάκτης θερμότητας
9. Αέρας για θέρμανση

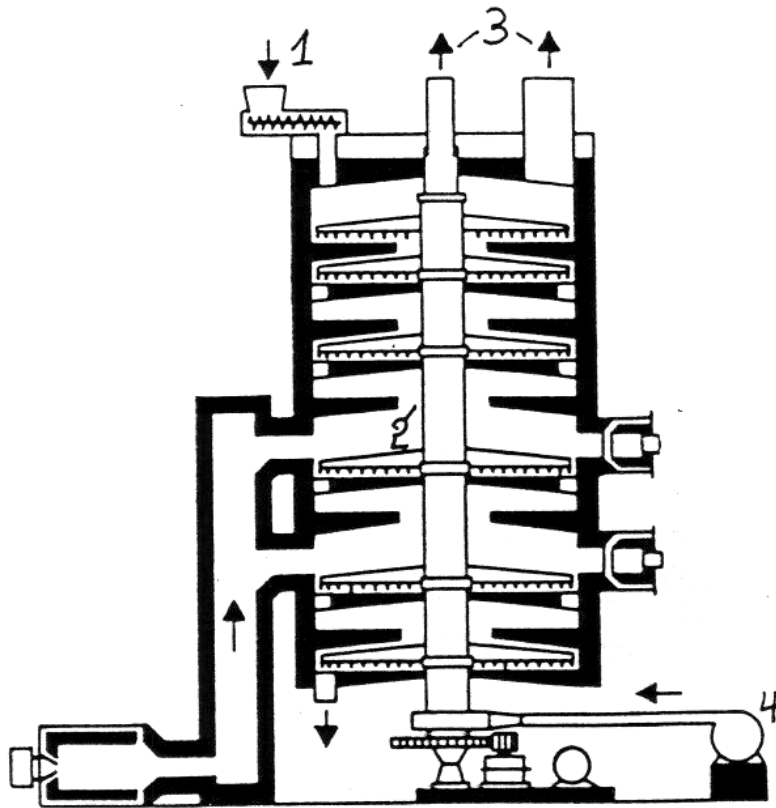
Πηγή: Η. Χατζηαγγέλου, 2002

**Σχήμα 18.** Κάμινος περιστροφικού διαχωρισμού.





# Πολυόροφοι κάμινοι



1. Είσοδος ιλύος
2. Οπές πτώσης ιλύος
3. Έξοδος καυσαερίων
4. Καυστήρας

**Σχήμα 19.** Πολυόροφος κάμινος.

Πηγή: Η. Χατζηαγγέλου, 2002





# ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΚΑΙ ΔΙΑΘΕΣΗ ΙΛΥΟΣ

# Μεταφορά και διάθεση ιλύος

- ΜΕΤΑΦΟΡΑ

- Με **φορτηγά** οχήματα (στερεή κατάσταση ιλύος)
- Με **αγωγούς** (υγρή κατάσταση ιλύος)

- ΔΙΑΘΕΣΗ

- Στους **αγρούς**
- Σε χώρους **ελεγχόμενης** εναπόθεσης
- Στη **θάλασσα**



ΕΞΟΔΟΣ – ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ  
ΑΦΥΔΑΤΩΜΕΝΗΣ ΙΛΥΟΣ



# Μεταφορά αφυδατωμένης ιλύος



Πηγή: Β. Ιωσηφίδης, 2010

Μεταφορά αφυδατωμένης ιλύος με κοχλία στο container



# Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Αντιγόνη Ζαφειράκου.  
«Τεχνική Περιβάλλοντος». Έκδοση: 1.0. Θεσσαλονίκη 2014.

Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:  
<http://eclass.auth.gr/courses/OCRS460/>



# Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά - Παρόμοια Διανομή [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

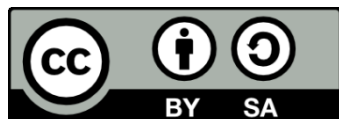
[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>





# Τέλος ενότητας

Επεξεργασία: Ολυμπία Τασκάρη  
Θεσσαλονίκη, 1/9/2014



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

---

# Σημειώματα

# Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

