

# Τεχνολογίες Παραγωγής και Αξιοποίησης του Βιοαερίου

Λευτέρης Γιακουμέλος  
(Φυσικός)

Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης  
Ενέργειας (ΚΑΠΕ)

Τμήμα Εκπαίδευσης

# Τι είναι το βιοαέριο

Το βιοαέριο είναι ένα εύφλεκτο αέριο πλούσιο σε μεθάνιο ( $\text{CH}_4$ ) παράγεται από την αποσύνθεση των οργανικών αποβλήτων.

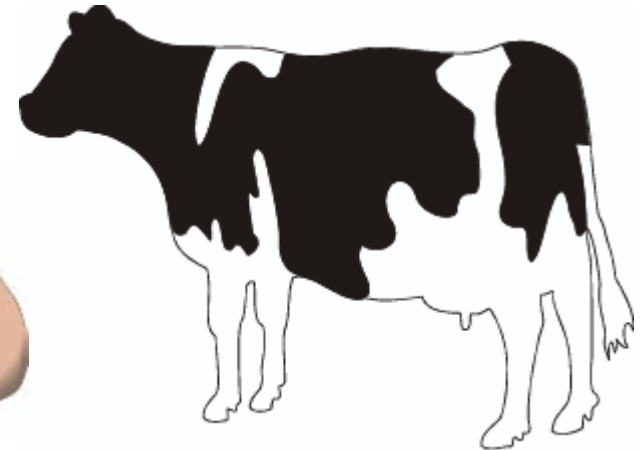
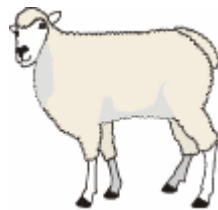


Δημοτικά στερεά απόβλητα τροφοδοτούμενα  
σε μονάδα βιοαερίου στη Γερμανία (RUTZ  
2008)

Χρήσιμα ή ουδέτερα συστατικά		Επιβλαβείς ουσίες	
CH <sub>4</sub> [όγκος %]	45 – 75	H <sub>2</sub> O-ατμός [όγκος %]	1 – 15
CO <sub>2</sub> [όγκος %]	25 – 50	NH <sub>3</sub> [ppm*]	0 – 500
O <sub>2</sub> [όγκος %]	0 – 2	H <sub>2</sub> S [ppm]	0 – 6.000
N <sub>2</sub> [όγκος %]	0 – 5	Σιλοξάνη [ppm]	0 -10

\*ppm -parts per million -μέρη στο εκατομμύριο

# Τι είναι το βιοαέριο



670 = 250

= 7

= 3

= 1

1 MMZ = 500 kg

1 MMZ = 1,3 m<sup>3</sup> Βιοαερίου/ημέρα

**1 m<sup>3</sup> Βιοαερίου = 6 kWh**

MMZ = Μονάδα Μεγάλου Ζώου



ενσίρωμα καλαμποκιού

1 εκτάριο = 22 τόνοι (ξηρής ουσία)/έτος = 9.900 m<sup>3</sup> Βιοαέριο  
= 59.000 kWh

# Από πού προέρχεται

- Φυτά - Όταν τα φυτά αποσυντίθενται, εκλύεται μεθάνιο



*Βιοαέριο παράγεται από την **Αναερόβια Χώνευση (ΑΧ)** (ζύμωση), οργανικών αποβλήτων*

# Από πού προέρχεται

Κτηνοτροφία - Τα βοοειδή, οι χοίροι, τα πουλερικά, παράγουν κοπριά. Όταν η κοπριά αποσυντίθεται, εκλύεται επίσης μεθάνιο



# Από πού προέρχεται

Λύματα – Κατά την επεξεργασία των λυμάτων σε αναερόβιους χωνευτήρες παράγει μεθάνιο



ΚΕΛΨ-Κέντρο επεξεργασίας λυμάτων  
Ψυτάλλειας



# Από πού προέρχεται

Χώροι υγειονομικής ταφής- Τα σκουπίδια παράγουν μεθάνιο, καθώς αποσυντίθεται



Πηγή: ΗΛΕΚΤΩΡ Α.Ε

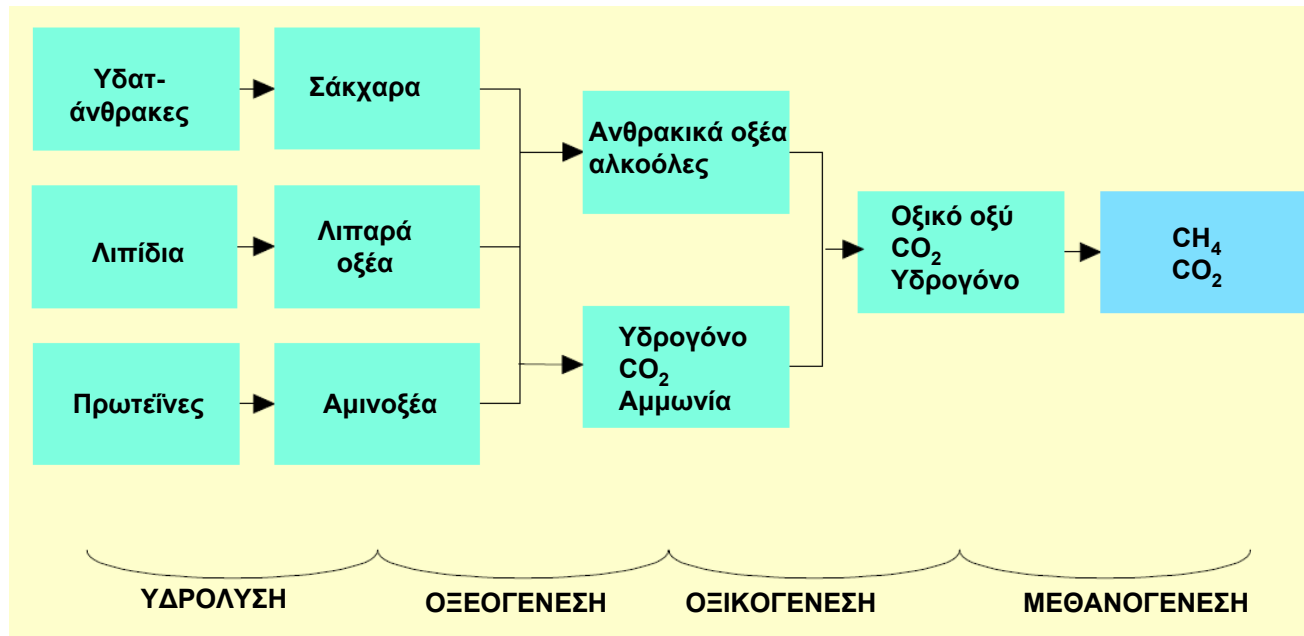
Μονάδα βιοαερίου στα Α. Λίτσια 23,5 MW

## Αναερόβια Χώνευση (ΑΧ)

Η διεργασία κατά την οποία οργανική ύλη μετατρέπεται σε  $CH_4$  και  $CO_2$  (βιοαέριο) με τη συνδυασμένη δράση μεικτού πληθυσμού μικροοργανισμών απουσία οξυγόνου

ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ:

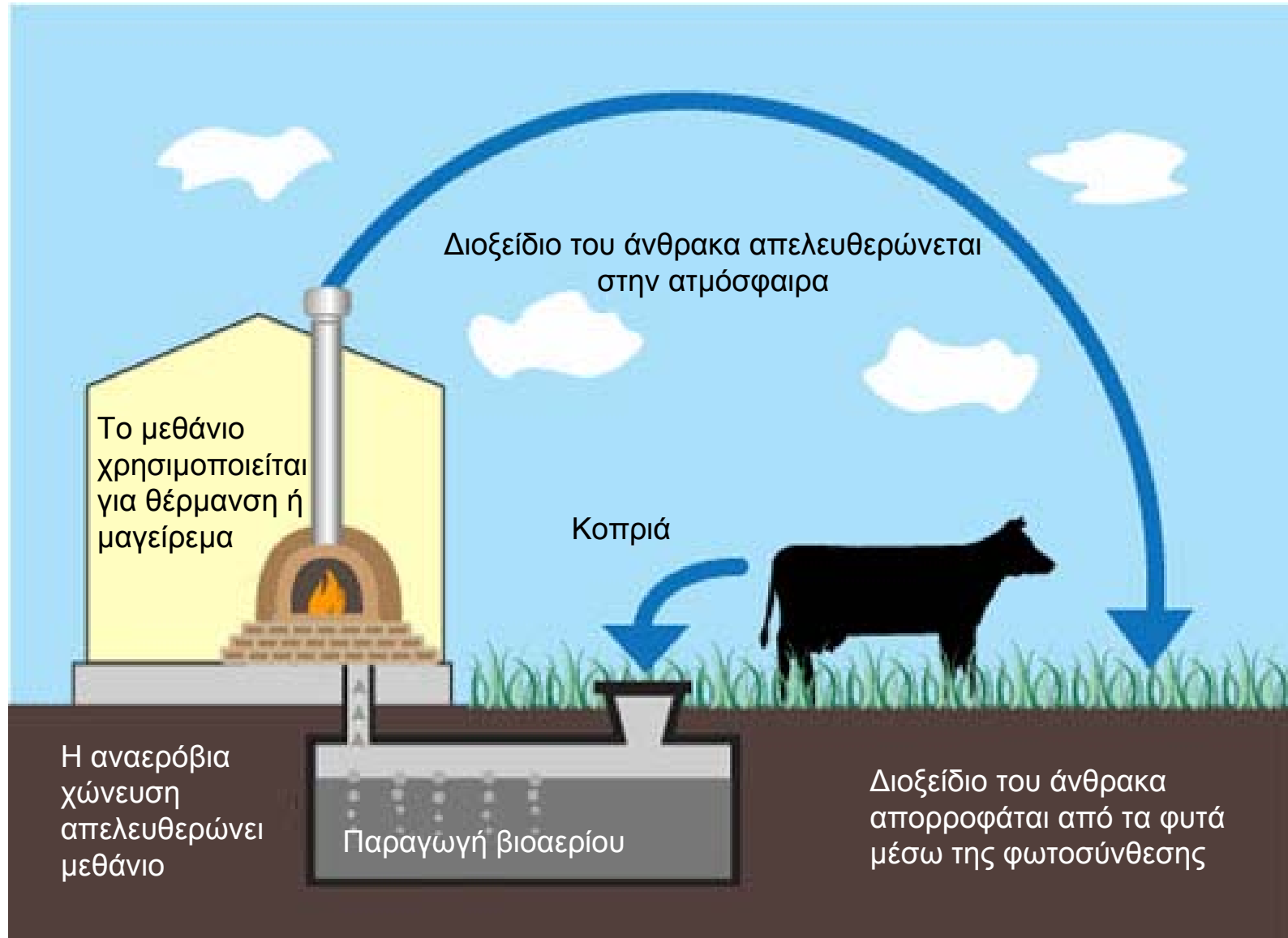
Οργανική ύλη + νερό  $\rightarrow CH_4 + CO_2 + NH_3 + H_2S +$  νέα κύτταρα + θερμότητα



Τα κύρια βήματα της διεργασίας της ΑΧ (AL SEADI 2001)

# Πλεονεκτήματα αξιοποίησης βιοαερίου

ΑΔΕΙΟΔΟΤΗΣΗ  
ΕΡΓΩΝ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ  
Λάρισα, 15 Οκτωβρίου 2012



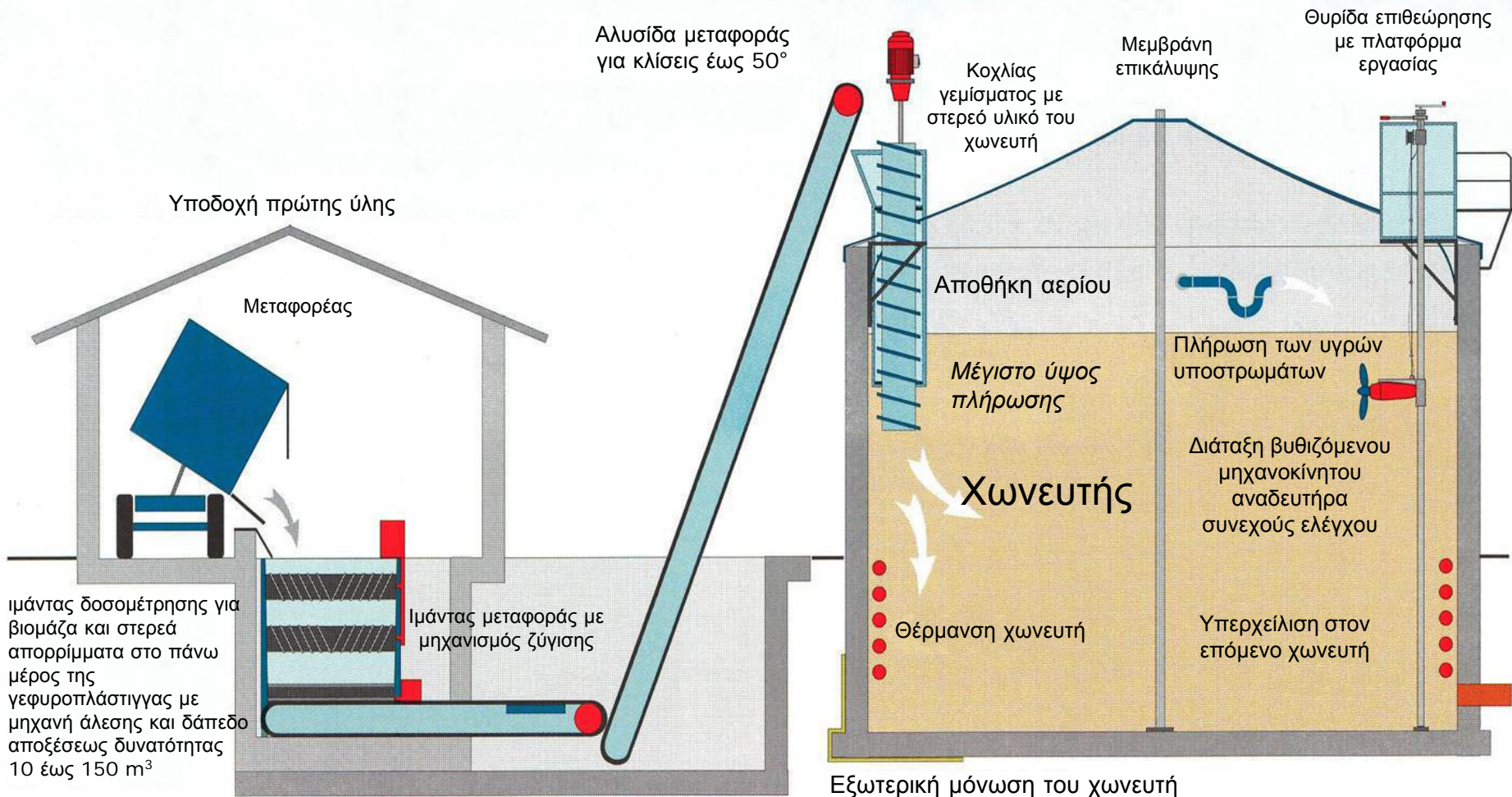
- Παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ
- Μείωση των οργανικών αποβλήτων
- Μείωση εκπομπών αερίων θερμοκηπίου
- Μείωση παθογόνων οργανισμών
- Μείωση οσμών και οπτικής ρύπανσης
- Εξοικονόμηση χρημάτων για τους αγρότες

## Τεχνολογίες παραγωγής του βιοαερίου Τεχνολογίες αξιοποίησης του βιοαερίου



- Παραλαβή της πρώτης ύλης
- Αποθήκευση και βελτίωση της πρώτης ύλης
- Σύστημα τροφοδοσίας
- Χωνευτές (είδη, θέρμανση της πρώτης ύλης, κλπ.)
- Τεχνολογίες ανάδευσης
- Αποθήκευση και καθαρισμός του βιοαερίου
- Αποθήκευση του χωνεμένου υπολείμματος
- Κεντρικός έλεγχος

## Μονάδα τροφοδοτούμενη με στερεή πρώτη ύλη 10-50 τόνοι/ημέρα



## Εισαγωγή

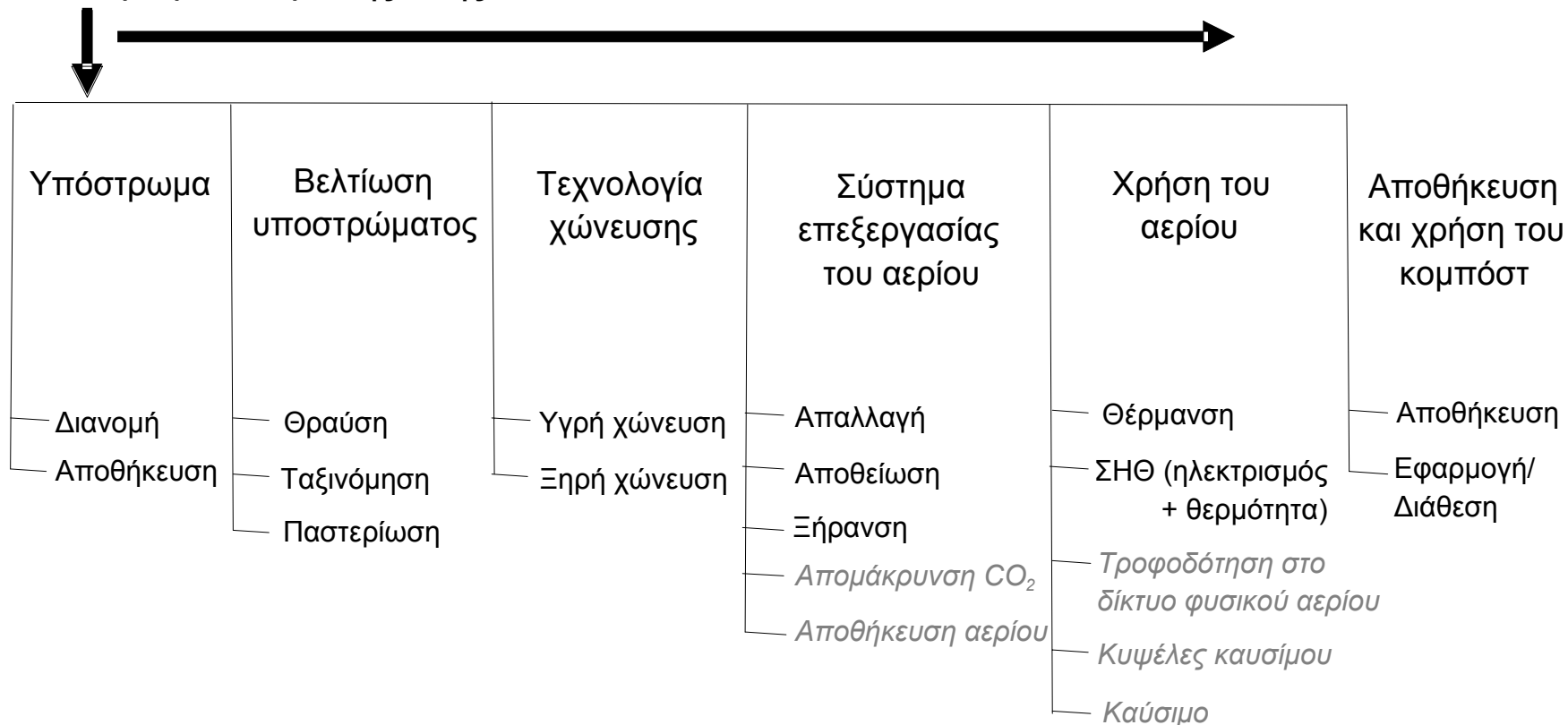
- Μια μονάδα βιοαερίου είναι μια σύνθετη μονάδα, αποτελούμενη από ένα μεγάλο αριθμό συνιστωσών.
- Η διάταξη μιας τέτοιας μονάδας εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τους **τύπους** και τις **ποσότητες** της παρεχόμενης πρώτης ύλης.





Τα κύρια βήματα της διεργασίας σε μια μονάδα βιοαερίου:

Υποστρώματα πρώτης ύλης

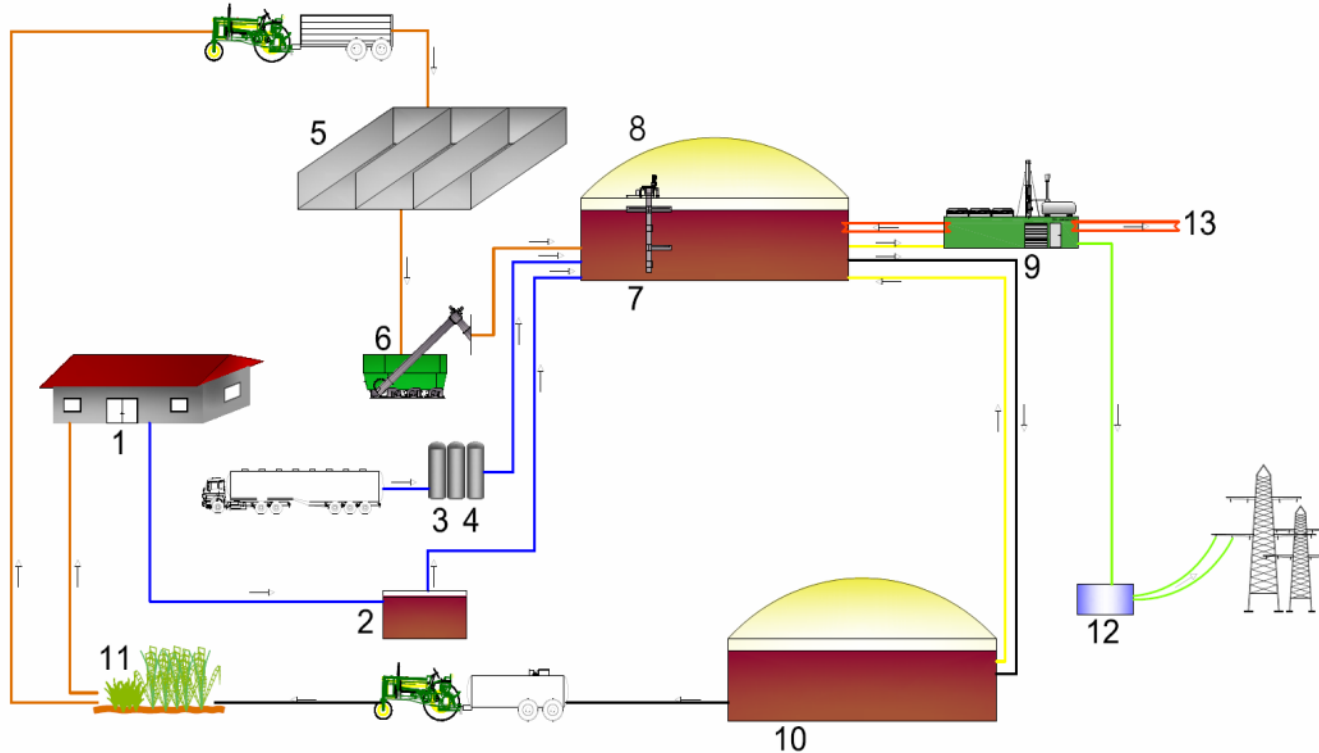


Τα βήματα της διεργασίας που περιγράφονται με πλάγιους χαρακτήρες δεν αποτελούν τυπικές πρακτικές για τις αγροτικές μονάδες βιοαερίου.

Οι αγροτικές μονάδες βιοαερίου λειτουργούν συνήθως με 4 κύρια στάδια διεργασίας:

- 1) Μεταφορά, παράδοση, αποθήκευση και προεπεξεργασία της πρώτης ύλης. (2 - 6)
- 2) Παραγωγή βιοαερίου (ΑΧ). (7)
- 3) Αποθήκευση του βιοαερίου, βελτίωση και χρήση. (8, 9 & 12, 13)
- 4) Αποθήκευση του χωνεμένου υπολείμματος, ενδεχόμενη βελτίωση και χρήση. (10, 11)

## Απεικόνιση μιας τυπικής αγροτικής μονάδας ομο-χώνευσης



- |   |  |
|---|--|
| 1 Στάβλοι                                     | 8 Δεξαμενή αποθήκευσης βιοαερίου         |
| 2 Δεξαμενές υγρής κοπριάς                     | 9 Μονάδα ΣΗΘ                             |
| 3 Δοχεία συλλογής για τα βιοαπόβλητα          | 10 Αποθήκευση του χωνεμένου υπολείμματος |
| 4 Δεξαμενή υγιεινής                           | 11 Αγροκτήματα                           |
| 5 Δεξαμενή αποθήκευσης με είσοδο του οχήματος | 12 Μετασχηματιστής/Τροφοδοσία δικτύου    |
| 6 Σύστημα τροφοδοσίας της στερεάς πρώτης ύλης | 13 Χρήση θερμότητας                      |
| 7 Χωνευτής (αντιδραστήρας βιοαερίου)          |  |

## Μονάδα παραγωγής βιοαερίου Wallsee – Αυστρία 500 kW



- (1) Δεξαμενή αποθήκευσης με είσοδο του οχήματος
- (2) Δεξαμενή υγρής κοπριάς
- (3) Κύριος χωνευτής
- (4) Μετα-χωνευτής
- (5) Αποθήκευση του χωνεμένου υπολείμματος

- Η επιλογή του τύπου και του σχεδιασμού μιας μονάδας βιοαερίου κυρίως εξαρτώνται από:
  - ✓ Την **ποσότητα της πρώτης ύλης**, που καθορίζει το μέγεθος του χωνευτή, την δυναμικότητα αποθήκευσης και την δυναμικότητα της μονάδας ΣΗΘ.
  - ✓ Την **ποιότητα της πρώτης ύλης** (περιεχόμενο ΞΟ, δομή, προέλευση κλπ.), η οποία καθορίζει την τεχνολογία της διεργασίας.

- Ανάλογα με τη σύνθεση της πρώτης ύλης, μπορεί να απαιτείται:
  - να διαχωριστούν τα προβληματικά υλικά,
  - να τεμαχιστεί η πρώτη ύλη, ή
  - να προστεθεί νερό, προκειμένου να μετατραπεί σε ένα μίγμα ικανό να αντληθεί.
- Εάν η παρεχόμενη πρώτη ύλη είναι επιρρεπής σε μολύνσεις, είναι απαραίτητο να συμπεριληφθεί ένα βήμα υγιεινής στη γενική διάταξη της μελλοντικής μονάδας.



Αντλία που έχει μπλοκαριστεί  
από ένα κουτάλι.



Πλαστικό και φύλλο  
αλουμινίου τυλιγμένο στην  
αντλία .

# Μονάδα παραλαβής της πρώτης ύλης

- Είναι πολύ σημαντικός ο **σταθερός** και **συνεχής ανεφοδιασμός** με πρώτη ύλη στην κατάλληλη ποιότητα και ποσότητα.
- Συνήθως οι μονάδες βιοαερίου δέχονται πρόσθετες πρώτες ύλες που προέρχονται από άλλα αγροκτήματα, βιομηχανίες ή νοικοκυριά.
- Απαιτείται η εφαρμογή διαδικασίας διαχείρισης ποιότητας της πρώτης ύλης, προκειμένου να αναγνωρισθεί, να ελεγχθεί και να υπολογιστεί το παρεχόμενο υλικό.
- *Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται όσον αφορά στους τύπους πρώτης ύλης που ταξινομούνται ως **απόβλητα**, για τα οποία μπορεί να πρέπει να ακολουθηθούν ειδικοί κανονισμοί (ανάλογα με την κατηγορία).*



# Αποθήκευση και βελτίωση της πρώτης ύλης

- Η αποθήκευση της πρώτης ύλης:
  - ✓ χρησιμεύει πρωτίστως στο να αντισταθμιστούν οι εποχιακές διακυμάνσεις του ανεφοδιασμού με πρώτη ύλη,
  - ✓ διευκολύνει την ανάμιξη των διαφορετικών ομο-υποστρωμάτων για συνεχή εφαρμογή στο χωνευτή.



Αποθήκες τύπου σιλό



# Αποθήκευση και βελτίωση της πρώτης ύλης

- Ο **τύπος** των εγκαταστάσεων αποθήκευσης εξαρτάται από την πρώτη ύλη:
  - *Αποθήκες τύπου σιλό για την στερεή πρώτη ύλη (π.χ. χορτονομή αραβόσιτου) και*
  - *Δεξαμενές αποθήκευσης της υγρής πρώτης ύλης (υδαρής κοπριά).*
- Τα σιλό αποθήκευσης έχουν την ικανότητα να αποθηκεύουν πρώτη ύλη για παραπάνω από **ένα έτος**.
- Οι δεξαμενές αποθήκευσης κοπριάς έχουν την ικανότητα να αποθηκεύουν πρώτη ύλη για **αρκετές ημέρες**.

# Αποθήκευση και βελτίωση της πρώτης ύλης

- Η διαστασιολόγηση των εγκαταστάσεων αποθήκευσης καθορίζεται από:
  - ✓ τις ποσότητες που πρόκειται να αποθηκευτούν,
  - ✓ τις περιόδους παράδοσης, και
  - ✓ τις ποσότητες που καθημερινά τροφοδοτούνται στον χωνευτή.

Αποθήκευση χορτονομής καλαμποκιού – σωρός καλυπτόμενος από χορτάρι (δεξιά)



# Αποθήκευση και βελτίωση της πρώτης ύλης

## Αποθήκες τύπου σιλό για ενεργειακές καλλιέργειες

- Οι αποθήκες σιλό αναπτύχθηκαν αρχικά για την αποθήκευση της χορτονομής για ζωοτροφή έτσι ώστε να μπορεί να ρυθμιστεί η εποχιακή διαθεσιμότητά της.
- Σήμερα χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο για την αποθήκευση της πρώτης ύλης, ειδικότερα των **ενεργειακών καλλιεργειών**, σε μονάδες βιοαερίου.
- Η χορτονομή πρέπει να προέρχεται από φυτικό ιστό με την κατάλληλη περιεκτικότητα σε υγρασία (55-70%, ανάλογα με το μέσο αποθήκευσης, τον βαθμό συμπίεσης και την περιεκτικότητα σε νερό που θα χαθεί κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης).

# Αποθήκευση και βελτίωση της πρώτης ύλης

## Αποθήκες τύπου σιλό για ενεργειακές καλλιέργειες

- Η χορτονομή περνά από μια διεργασία **ζύμωσης** και τα ζυμωτικά βακτήρια χρησιμοποιούν ενέργεια για την παραγωγή πτητικών λιπαρών οξέων (VFA, δηλ. οξικό άλας, λακτόζη, βουτυρικό άλας, κλπ.), τα οποία **συντηρούν** τη χορτονομή.
- Ως αποτέλεσμα, η χορτονομή έχει χαμηλότερη ενέργεια απ' ό,τι ο αρχικός φυτικός ιστός, καθώς τα ζυμωτικά βακτήρια χρησιμοποιούν μερικούς από τους υδατάνθρακες για να παράγουν τα VFA.

# Αποθήκευση και βελτίωση της πρώτης ύλης

## Δεξαμενές αποθήκευσης για αντλήσιμη πρώτη ύλη

- Η αντλήσιμη πρώτη ύλη γενικά αποθηκεύεται σε σφραγισμένες, υδατοστεγείς και κατασκευαζόμενες από ενισχυμένο σκυρόδεμα δεξαμενές μέσα στο έδαφος (όμοιες με αυτές που χρησιμοποιούνται στην κτηνοτροφία για την αποθήκευση της υγρής κοπριάς).
- Οι δεξαμενές έχουν ικανοποιητική χωρητικότητα αποθήκευσης πρώτης ύλης για μία έως δύο ημέρες.
- Για την αποτροπή εκπομπών, οσμών, κλπ. οι δεξαμενές πρέπει να είναι καλυμμένες.

## Δεξαμενές αποθήκευσης για αντλήσιμη πρώτη ύλη



Δεξαμενή κοπριάς  
καλυμμένη με Leca\*



\*Light Expanded Clay Aggregate



Δεξαμενή κοπριάς καλυμμένη με γεωύφασμα



# Αποθήκευση και βελτίωση της πρώτης ύλης

- Πρέπει να αποφεύγονται:
  - η απόφραξη,
  - η ιζηματογένεση,
  - η δημιουργία επιπλεόντων στρωμάτων, και
  - ο διαχωρισμός φάσεων του μίγματος της πρώτης ύλης.
- Για τον λόγο αυτό, οι δεξαμενές αποθήκευσης εξοπλίζονται με **αναδευτήρες** που συχνά συνδυάζονται με εργαλεία απόσχισης και κοπής για τη θραύση της πρώτης ύλης.

# Αποθήκευση και βελτίωση της πρώτης ύλης

## Βελτίωση της πρώτης ύλης

- Η **βελτίωση** της πρώτης ύλης επηρεάζει σημαντικά την ροή και την αποδοτικότητα της διεργασίας της ΑΧ.
- Στόχος είναι:
  - να **εκπληρωθούν** οι απαιτήσεις υγιεινής και
  - να **αυξηθεί** η δυνατότητα **χώνευσης** (επομένως και η παραγωγή βιοαερίου).
- Υπάρχουν διάφορες δυνατότητες για βελτίωση της πρώτης ύλης και βελτιστοποίηση του οργανικού φορτίου της μονάδας, όπως είναι η μηχανική **σύνθλιψη** και οι διεργασίες **αποσύνθεσης** (χρησιμοποιούνται στην επεξεργασία των λυμάτων)

# Αποθήκευση και βελτίωση της πρώτης ύλης

## Ταξινόμηση και διαχωρισμός της πρώτης ύλης

- ✓ Η ανάγκη για ταξινόμηση και διαχωρισμό των ακαθαρσιών της πρώτης ύλης εξαρτάται από την προέλευση και την σύνθεσή της.
- ✓ Σε πολλές περιπτώσεις χρησιμοποιείται μια δεξαμενή προ-αποθήκευσης, εξοπλισμένη με ειδικές σχάρες για να συγκρατεί τις πέτρες και άλλες φυσικές ακαθαρσίες, πριν αντληθεί η πρώτη ύλη μέσα στην κύρια δεξαμενή αποθήκευσης.
- Η χορτονομή είναι μεταξύ των καθαρότερων υλικών πρώτης ύλης.

# Αποθήκευση και βελτίωση της πρώτης ύλης

## Ταξινόμηση και διαχωρισμός της πρώτης ύλης

- Η στερεή κοπριά και τα απόβλητα των νοικοκυριών μπορεί να περιέχουν πέτρες και άλλες φυσικές ακαθαρσίες.
  - Συνήθως διαχωρίζονται με ιζηματογένεση στις δεξαμενές αποθήκευσης (για την περίπτωση της άμμου, ακόμη και μέσα στους χωνευτές)...
  - Πρέπει να αφαιρούνται από το κατώτατο σημείο των δεξαμενών ανά τακτά χρονικά διαστήματα.

# Αποθήκευση και βελτίωση της πρώτης ύλης

## Ταξινόμηση και διαχωρισμός της πρώτης ύλης

- Τα απόβλητα από τα νοικοκυριά, τις υπηρεσίες εστίασης και τα τρόφιμα συνήθως περιέχουν υπολείμματα συσκευασίας ή περιτυλίγματος από πλαστικό, μέταλλο, ξύλο, γυαλί και άλλα μη βιοδιασπάσιμα υλικά, που μπορούν να βλάψουν τις αντλίες και να φράξουν τους σωλήνες και τους χωνευτές.
- ✓ Αυτές οι **ακαθαρσίες** μπορούν να αφαιρεθούν με τη βοήθεια ενός ξεχωριστού συστήματος συλλογής ή από τα χύδην συλλεγόμενα απόβλητα με μηχανικές, μαγνητικές και χειρωνακτικές μεθόδους.



Σύστημα τροφοδοσίας για καθαρισμένα αστικά στερεά απόβλητα (αριστερά)



«προβληματικό υλικό» που έχει διαχωριστεί από απόβλητα σίτισης (δεξιά)

# Αποθήκευση και βελτίωση της πρώτης ύλης

## Υγειονομική επεξεργασία

- Εάν απαιτείται, πριν αντληθεί η πρώτη ύλη στο χωνευτή πρέπει να γίνεται αποστείρωση υπό πίεση ή/και παστερίωση.
- ✓ Στόχος είναι η αποφυγή μόλυνσης ολόκληρου του φορτίου της πρώτης ύλης.
- Η υγειονομική επεξεργασία γίνεται συνήθως σε θερμαινόμενες δεξαμενές από ανοξείδωτο χάλυβα, συνδεδεμένες με το σύστημα τροφοδοσίας του χωνευτή.

*SOS: Η θερμοκρασία του υλικού μετά την υγειονομική επεξεργασία είναι υψηλότερη από τη θερμοκρασία της διεργασίας της ΑΧ.*



# Αποθήκευση και βελτίωση της πρώτης ύλης

## Θραύση

- Η θραύση της πρώτης ύλης προετοιμάζει τις επιφάνειες των σωματιδίων για τη βιολογική διεργασία της αποσύνθεσης και την εν συνεχεία παραγωγή μεθανίου.
  - ✓ Γενικός κανόνας: «η διεργασία της αποσύνθεσης είναι γρηγορότερη όταν το μέγεθος των σωματιδίων είναι μικρότερο».
- Πάντως, το μέγεθος των σωματιδίων επηρεάζει μόνο το χρόνο της χώνευσης, και δεν αυξάνει απαραίτητα την παραγωγή μεθανίου.
- Η θραύση της πρώτης ύλης συνήθως συνδέεται άμεσα με το σύστημα τροφοδοσίας.



# Αποθήκευση και βελτίωση της πρώτης ύλης

## Πολτοποίηση / ομογενοποίηση

- Η **πολτοποίηση** μπορεί να είναι απαραίτητη προκειμένου να ληφθεί πρώτη ύλη με σχετικά υψηλή περιεκτικότητα σε νερό, η οποία μπορεί έπειτα να τροφοδοτηθεί στο χωνευτή μέσω αντλιών.
- Η πολτοποίηση πραγματοποιείται στις δεξαμενές αποθήκευσης ή τους προ-χωνευτές, πριν αντληθεί το υλικό στον κύριο χωνευτή.
- Τα υγρά που χρησιμοποιούνται για την πολτοποίηση είναι συνήθως ακατέργαστη υγρή κοπριά, χωνεμένο υπόλειμμα, νερό διεργασιών ή ακόμα και γλυκό νερό.
- Πρέπει να αποφεύγεται η χρήση πόσιμου νερού (λόγω κόστους).

- Μετά από την αποθήκευση και την προεπεξεργασία, η πρώτη ύλη της ΑΧ τροφοδοτείται στον χωνευτή.
- Η τεχνική **τροφοδοσίας** εξαρτάται από τον τύπο της πρώτης ύλης και την ικανότητα άντλησής της.
- Οι **αντλήσιμες πρώτες ύλες**  
- υδαρείς ζωικές κοπριές και  
μεγάλος αριθμός υγρών  
οργανικών αποβλήτων μετα-  
φέρονται με αντλίες από τις  
δεξαμενές αποθήκευσης  
στον χωνευτή.



## Σύστημα τροφοδοσίας

- ✓ Οι **μη αντλήσιμοι τύποι πρώτης ύλης** (ινώδη υλικά, χορτονομή αραβοσίτου, χλόη, στερεή κοπριά με υψηλή περιεκτικότητα σε άχυρο, κλπ.) μπορούν να μεταφερθούν από έναν φορτωτή στο σύστημα τροφοδοσίας και έπειτα να διοχετευθούν στον χωνευτή.



- Προσοχή χρειάζεται η **θερμοκρασία της πρώτης ύλης** που τροφοδοτείται στο χωνευτή:
- ✓ Μπορούν να εμφανίζονται μεγάλες διαφορές μεταξύ της θερμοκρασίας της νέας πρώτης ύλης και της θερμοκρασίας λειτουργίας του χωνευτή, εάν η πρώτη ύλη έχει υποστεί υγειονομική επεξεργασία (μέχρι 130°C) ή κατά τη διάρκεια του χειμώνα (κάτω από 0°C).
- ✓ Οι διαφορές θερμοκρασίας **διαταράσσουν** τη μικροβιολογία της διεργασίας, προκαλώντας απώλεια στην παραγωγή αερίου, και πρέπει να αποφεύγονται.

- Δύο κύριοι τύποι αντλιών χρησιμοποιούνται: οι **φυγοκεντρικές αντλίες** και οι **αντλίες μετατόπισης**.
  - ✓ Οι φυγοκεντρικές (περιστροφικές) αντλίες είναι συχνά βυθιζόμενες, αλλά μπορούν επίσης να τοποθετούνται δίπλα στο χωνευτή (σε στεγνό χώρο).
  - ✓ Οι αντλίες μετατόπισης (αντλίες περιστρεφόμενου εμβόλου ή έκκεντρου κοχλίου) είναι ανθεκτικότερες από τις περιστροφικές, αναρροφούν από μόνες τους, λειτουργούν σε δύο κατευθύνσεις και επιτυγχάνουν σχετικά μεγάλες πιέσεις, με μειωμένη όμως ικανότητα μεταβίβασης.
- Λόγω της χαμηλότερης τιμής τους, οι φυγοκεντρικές αντλίες επιλέγονται συχνότερα από τις αντλίες μετατόπισης.
- Για ειδικές εφαρμογές διατίθενται οι **αντλίες κοπής**, οι οποίες χρησιμοποιούνται για υλικά με μακριές ίνες (άχυρο, περισσεύματα τροφών, κουρεμένη χλόη).

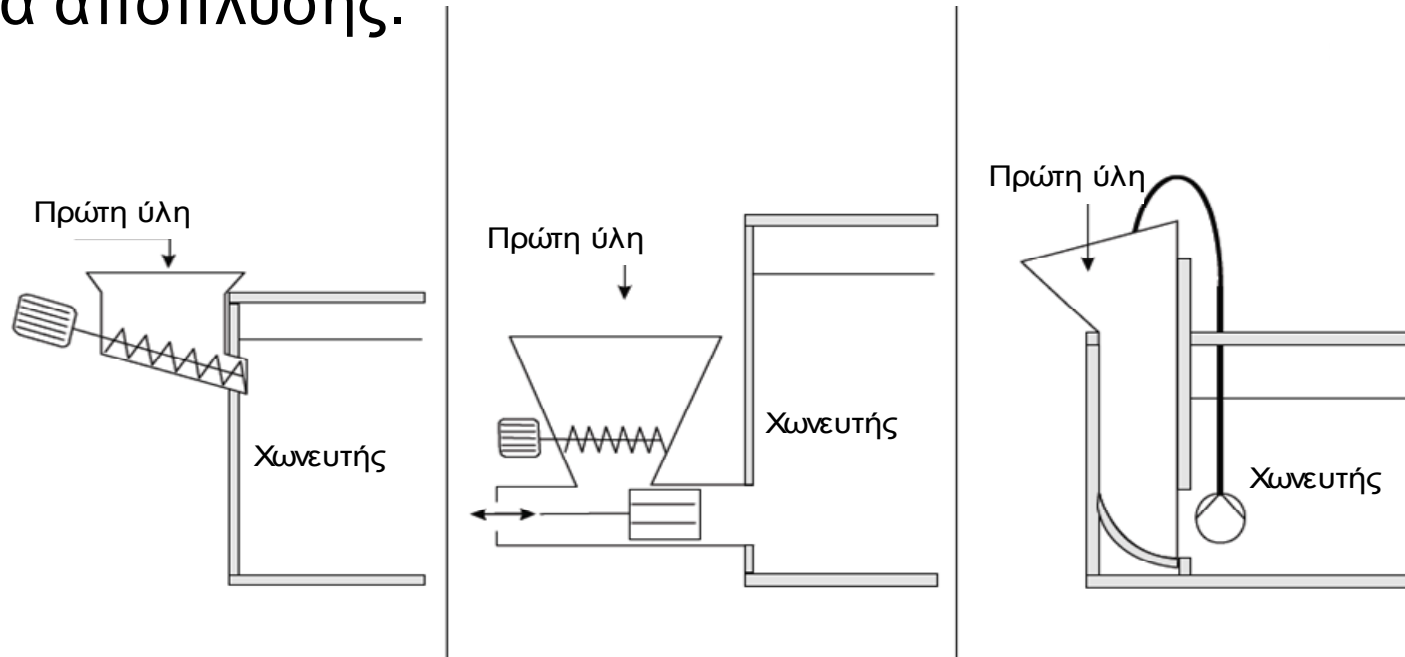


Στοιβάσιμη πρώτη ύλη μεταφέρεται με φορτωτές ή τρακτέρ από τη μονάδα αποθήκευσης (σιλό) στο σύστημα τροφοδοσίας του χωνευτή

- Γενικά, το **σύστημα τροφοδοσίας** περιλαμβάνει:
  - ✓ ένα κιβώτιο όπου φορτώνεται η στοιβάσιμη πρώτη ύλη, και
  - ✓ ένα σύστημα μεταφοράς, το οποίο την τροφοδοτεί στο χωνευτή.
- Η εισαγωγή της πρώτης ύλης στο χωνευτή πρέπει να γίνεται αεροστεγώς ώστε να μην επιτρέπεται η διαρροή βιοαερίου.

## Σύστημα τροφοδοσίας - Στοιβάσιμη πρώτη ύλη

- Συνήθως χρησιμοποιούνται τρία συστήματα:
  - ✓ μεταφορικοί κοχλίες,
  - ✓ έμβολα τροφοδοσίας και
  - ✓ φρεάτια απόπλυσης.



Συστήματα εισαγωγής της πρώτης ύλης μέσα στον χωνευτή: μεταφορικοί κοχλίες, έμβολα τροφοδοσίας και φρεάτια απόπλυσης (FAL 2006)

## Έμβολα τροφοδοσίας

- Η πρώτη ύλη εισάγεται άμεσα στο χωνευτή από υδραυλικούς κυλίνδρους, οι οποίοι ωθούν την πρώτη ύλη μέσω ενός ανοίγματος στον τοίχο του χωνευτή (κάτω μέρος).
- Αντίθετα περιστρεφόμενοι κύλινδροι μίξης μεταφέρουν τα υλικά στους χαμηλότερους οριζόντιους κυλίνδρους και, συγχρόνως, συνθλίβουν τα υλικά με μακριές ίνες.





## Μεταφορικοί κοχλίες

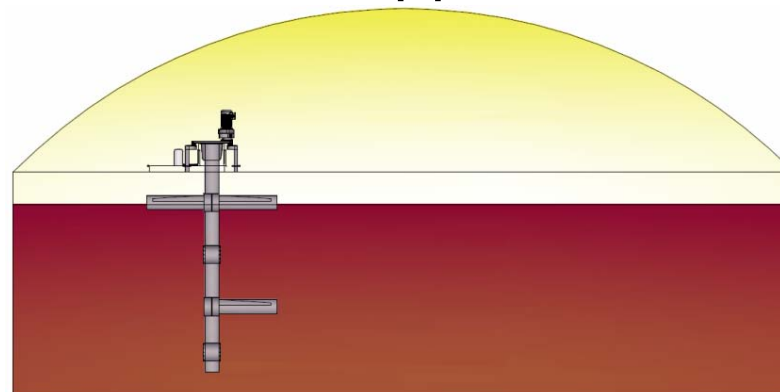
- Το υλικό τροφοδοτείται υπό πίεση στο χωνευτή, με τη χρήση σφηνοειδών κοχλίων.



## Παρελκόμενα και σωληνώσεις

- Τα παρελκόμενα και οι σωληνώσεις που χρησιμοποιούνται για τα συστήματα παραγωγής βιοαερίου πρέπει να είναι αντιδιαβρωτικά και κατάλληλα για τον χειρισμό υλικών αυτού του είδους (βιοαέριο και βιομάζα).
  - ✓ PVC, HDPE, χάλυβας ή ανοξείδωτος χάλυβας.
- Για την ασφαλή λειτουργία των μονάδων βιοαερίου πρέπει να είναι εγγυημένες οι ελάχιστες απαιτήσεις για τις σωληνώσεις και τα παρελκόμενα, όσον αφορά τις ιδιότητες των υλικών τους, τα χαρακτηριστικά ασφάλειας και την στεγανότητά τους.
- Σε μερικές περιπτώσεις είναι απαραίτητη η μόνωση των σωλήνων.

- Ο πυρήνας μιας μονάδας βιοαερίου είναι ο **χωνευτής**: *«αεροστεγής αντιδραστήρας όπου πραγματοποιείται η αποσύνθεση της πρώτης ύλης, απουσία οξυγόνου, και παράγεται το βιοαέριο».*
- Στις Ευρωπαϊκές κλιματικές συνθήκες οι αναερόβιοι χωνευτές πρέπει να μονώνονται και να θερμαίνονται



## Είδη χωνευτών

- Από την άποψη της εισαγωγής της πρώτης ύλης, υπάρχουν δύο βασικοί τύποι χωνευτών: **ασυνεχούς** και **συνεχούς** τύπου.

- Υπάρχουν διάφοροι τύποι χωνευτών βιοαερίου:
  - ✓ κατασκευαζόμενοι από σκυρόδεμα, χάλυβα, τούβλο ή πλαστικό,
  - ✓ διαμορφούμενοι ως σιλό, σκάφες, λεκάνες ή λιμνούλες, και
  - ✓ τοποθετούμενοι υπόγεια ή επιφανειακά.
  
- Η επιλογή του σχεδίου και ο τύπος του χωνευτή καθορίζονται από το περιεχόμενο σε νερό του χωνευόμενου υποστρώματος.

## Χωνευτές - Ασυνεχούς τύπου

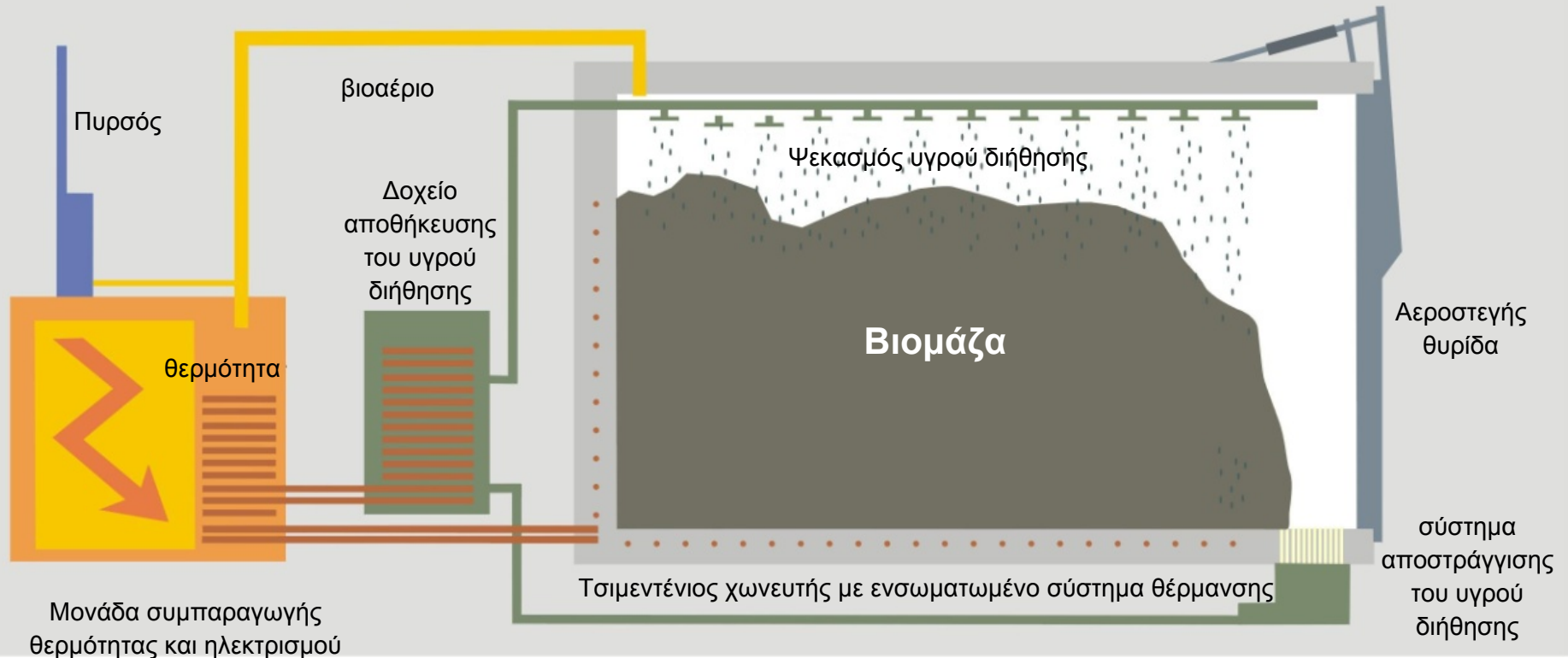
- Η ιδιαιτερότητα στη λειτουργία των χωνευτών ασυνεχούς τύπου είναι ότι βασίζεται στην πλήρωση με ένα μέρος (παρτίδα) νωπής πρώτης ύλης, το οποίο αφήνεται να χωνευθεί και έπειτα αφαιρείται εντελώς.
- Ένα νέο μέρος (νέα παρτίδα) τροφοδοτείται κατόπιν στο χωνευτή και η διεργασία επαναλαμβάνεται.
- Οι χωνευτές ασυνεχούς τύπου είναι απλοί στην κατασκευή τους και χρησιμοποιούνται συνήθως για **ξηρή χώνευση**.

## Χωνευτές - Ασυνεχούς τύπου

- Τέτοιοι είναι οι χωνευτές τύπου «γκαράζ», οι οποίοι κατασκευάζονται από σκυρόδεμα και χρησιμοποιούνται για επεξεργασία των διαχωριζόμενων στην πηγή αποβλήτων από τα νοικοκυριά, της κουρεμένης χλόης, της στερεής κοπριάς και των ενεργειακών καλλιεργειών.
- Αεροστεγείς, υδραυλικά κινούμενες θυρίδες
  - Ανοίγουν προς τα επάνω
  - φουσκωτός δακτύλιος σφράγισης μεταξύ σκυροδέματος και θύρας



(BEKON, 2002)



(ΒΕΚΟΝ, 2002)

- Ο συνεχής εμβολιασμός της πρώτης ύλης με βακτηριακή βιομάζα γίνεται μέσω της επανακυκλοφορίας του υγρού διήθησης, το οποίο ψεκάζεται επάνω από το υπόστρωμα στο χωνευτή.
- η ξηρή χώνευση δεν χρειάζεται ανάδευση ή ανάμιξη του υποστρώματος ΑΧ κατά τη διάρκειά της.
- **Πλεονεκτήματα** της σταδιακής χώνευσης έναντι των άλλων συστημάτων: χαμηλότερο κόστος της διεργασίας και του αναγκαίου μηχανολογικού εξοπλισμού.
- **Μειονεκτήματα:** μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας για τη διεργασία και υψηλότερες δαπάνες συντήρησης.



- Σε ένα χωνευτή συνεχούς τύπου τα υποστρώματα της πρώτης ύλης τροφοδοτούνται στο χωνευτή συνεχώς.
- Το υλικό κινείται μέσα στο χωνευτή είτε μηχανικά είτε υπό την πίεση του νεο-τροφοδοτούμενου υποστρώματος που εξωθεί το χωνευμένο υλικό.
- Αντίθετα από τους χωνευτές ασυνεχούς τύπου, οι συνεχείς χωνευτές παράγουν βιοαέριο χωρίς διακοπή για τη φόρτωση νέας πρώτης ύλης και την εκφόρτωση των χωνευμένων υπολειμμάτων.

- Υπάρχουν τρία βασικά είδη των συνεχών χωνευτών:
  - κατακόρυφοι,
  - οριζόντιοι και
  - συστήματα πολλαπλών δεξαμενών.
- Ανάλογα με τη λύση που επιλέγεται για την ανάπτυξη του υποστρώματος ΑΧ, οι χωνευτές συνεχούς τύπου ταξινομούνται σε:
  - χωνευτές πλήρους ανάμιξης και
  - χωνευτές στρωτής ροής.
- Οι χωνευτές πλήρους ανάμιξης είναι κυρίως κατακόρυφοι και οι χωνευτές στρωτής ροής οριζόντιοι.

Χωνευτές πλήρους ανάμιξης	Χωνευτές στρωτής ροής
Κυκλικοί, κατασκευή μονής δεξαμενής, κατακόρυφοι	Επιμήκεις, οριζόντια δεξαμενή
Πλήρης μίξη	Κατακόρυφης ανάμειξης
Κατάλληλοι για πρώτη ύλη (υγρή κοπριά)	Κατάλληλοι για δύσκολες πρώτες ύλες (στερεή κοπριά)
Τμήματα μη χωνεμένης πρώτης ύλης μπορεί να φθάσουν στην εκροή	Κανονικά καμία σύνδεση μεταξύ εισροής και εκροής-εξασφαλισμένη υγιεινή
Θερμοκρασία διεργασίας 20° - 37° C	Θερμοκρασία διεργασίας 35° - 55° C
Χρόνος παραμονής 30 - 90 ημέρες	Χρόνος παραμονής 15 - 30 ημέρες

## Κατακόρυφοι χωνευτές

- Στην πράξη, οι περισσότεροι χωνευτές είναι κατακόρυφοι:
- ✓ κατασκευάζονται επιτόπου,
- ✓ αποτελούνται από στρογγυλές δεξαμενές από χάλυβα ή ενισχυμένο σκυρόδεμα, συχνά με ένα κωνικό πυθμένα για εύκολη ανάδευση και εκκένωση των ιζημάτων άμμου.
- ✓ είναι αεροστεγείς, μονωμένοι, θερμαινόμενοι και εξοπλίζονται με αναδευτήρες ή αντλίες.



## Χωνευτές - Συνεχούς τύπου

- Καλύπτονται από μια οροφή από σκυρόδεμα ή χάλυβα και το παραγόμενο βιοαέριο διοχετεύεται με σωλήνες και αποθηκεύεται σε μια μονάδα εξωτερικής αποθήκευσης, κοντά στο χωνευτή.
- Σε άλλες περιπτώσεις, η οροφή μπορεί να είναι μια αεροστεγής μεμβράνη.
- ✓ Αυτή διογκώνεται από το παραγόμενο βιοαέριο ή μπορεί να είναι στερεωμένη σε έναν κεντρικό ιστό.



### Κατακόρυφοι χωνευτές

- Οι χωνευτές που κατασκευάζονται από ενισχυμένο σκυρόδεμα είναι αρκετά αεροστεγείς λόγω του κορεσμού σε νερό του σκυροδέματος από την υγρασία που έχει η πρώτη ύλη και το βιοαέριο.
- ✓ Οι δεξαμενές από σκυρόδεμα μπορούν να τοποθετηθούν πλήρως ή μερικώς μέσα στο έδαφος.
- Το πλεονέκτημα των κατακόρυφων χωνευτών είναι ότι μπορούν να **μετατραπούν εύκολα** σε χωνευτές βιοαερίου (με την προσθήκη μόνωσης και συστήματος θέρμανσης) οι δεξαμενές στερεής κοπριάς που υπάρχουν ήδη στα αγροκτήματα.

## Χωνευτές - Συνεχούς τύπου

### Οριζόντιοι χωνευτές

- Αυτός ο τύπος χωνευτή συνήθως κατασκευάζεται και μεταφέρεται στη μονάδα βιοαερίου ως ένα ενιαίο κομμάτι, οπότε υπάρχουν περιορισμοί ως προς το μέγεθος και τον όγκο.
- Ο κλασικός τύπος αφορά μία οριζόντια δεξαμενή από χάλυβα των 50-150 m<sup>3</sup>, που χρησιμοποιείται ως κύριος χωνευτής για μικρότερες μονάδες βιοαερίου ή ως προ-χωνευτής για μεγαλύτερες εγκαταστάσεις.
- Υπάρχει μια εναλλακτική λύση από σκυρόδεμα, ο χωνευτής τύπου καναλιού, που επιτρέπει μεγαλύτερους όγκους μέχρι και 1.000 m<sup>3</sup>.
- Οι οριζόντιοι χωνευτές μπορούν επίσης να λειτουργούν παράλληλα, προκειμένου να επιτευχθούν μεγαλύτερες τιμές ρυθμαπόδοσης.
- Η πρώτη ύλη ρέει αργά από την πλευρά εισόδου στην πλευρά εκκένωσης, διαμορφώνοντας μια στρωτή ροή μέσω του χωνευτή.
- ✓ Ελαχιστοποίηση του κινδύνου εκκένωσης μη χωνεμένου υποστρώματος και εξασφάλιση συγκεκριμένου χρόνου παραμονής (15-30 ημερών) για όλο το υπόστρωμα μέσα στο χωνευτή.

## Οριζόντιοι χωνευτές

- Οι οριζόντιοι χωνευτές συνεχούς ροής συνήθως χρησιμοποιούνται για πρώτες ύλες όπως είναι η στερεή κοπριά πουλερικών, η χλόη, η χορτονομή αραβοσίτου ή η στερεή κοπριά με υψηλή περιεκτικότητα σε άχυρο.
- Η στάθμη πλήρωσης του χωνευτή φθάνει πάντα στο ίδιο ύψος, αλλάζει μέσα στο θόλο αερίου κατά τη διάρκεια της πλήρωσης και της ανάδευσης, και ρυθμίζεται από ένα σιφόνι στην εκροή.

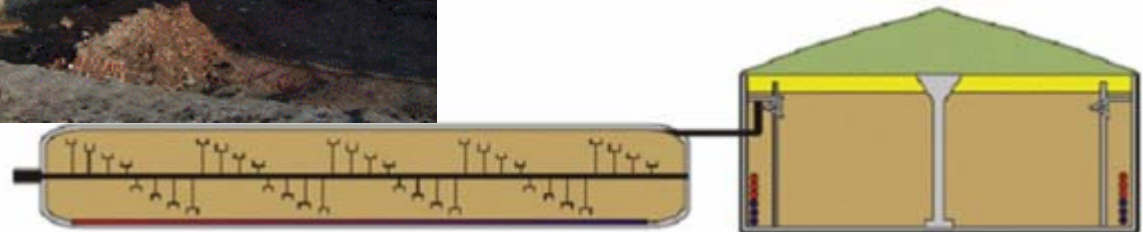




# Χωνευτές - Συνεχούς τύπου

## Οριζόντιοι χωνευτές

- Οι οριζόντιοι χωνευτές από χάλυβα και ανοξείδωτο χάλυβα κατασκευάζονται πάντα επάνω στο έδαφος, τοποθετούνται σε μία βάση από σκυρόδεμα και στερεώνονται σε αυτή.



### Συστήματα πολλαπλών δεξαμενών

- Οι μεγάλες εγκαταστάσεις αποτελούνται συνήθως από έναν αριθμό συστημάτων πολλαπλών δεξαμενών.
- Περιλαμβάνουν έναν ή περισσότερους κύριους χωνευτές και μετα-χωνευτές.
- Οι χωνευτές μπορεί να είναι μόνο κατακόρυφοι ή συνδυασμός από κατακόρυφους και οριζόντιους χωνευτές.
- Οι δεξαμενές αποθήκευσης του χωνεμένου υπολείμματος λειτουργούν επίσης ως μετα-χωνευτές και θα πρέπει πάντα να καλύπτονται με αεροστεγή μεμβράνη.

## Χωνευτές - Συντήρηση

### Αφαίρεση των ιζημάτων από το χωνευτή

- Στο εσωτερικό των χωνευτών συνεχούς τύπου μπορεί να συσσωρευτούν ιζήματα βαρέων υλικών, όπως άμμος ή άλλα μη χωνευόμενα υλικά.
- Τα περισσότερα από αυτά τα υλικά μπορούν να αφαιρεθούν κατά τη διάρκεια της προ-αποθήκευσης ή κατά την τροφοδοσία.
- Η **άμμος** προσκολλάται πολύ στενά στις οργανικές ουσίες και είναι δύσκολο να διαχωριστεί πριν από την χώνευση. Απελευθερώνεται κατά τη διάρκεια της βιολογικής διεργασίας ΑΧ στο χωνευτή:
- ✓ Η συσσώρευση της άμμου μέσα στις δεξαμενές και τους χωνευτές μειώνει τον ενεργό όγκο τους.
- ✓ Η παρουσία άμμου στη ροή της βιομάζας επιβαρύνει σημαντικά τα συστήματα ανάδευσης, τις αντλίες και τους εναλλάκτες θερμότητας, προκαλώντας ρύπανση, αποφράξεις και σημαντική φθορά.
- Η συνεχής αφαίρεση των στρωμάτων ιζήματος από τους χωνευτές μπορεί να γίνει με τη χρήση αυλακιών ή επιδαπέδιου οχετού.

## Χωνευτές - Συντήρηση

### Αφαίρεση των ιζημάτων από το χωνευτή

- Τα στρώματα ιζήματος σκληραίνουν εάν δεν αφαιρούνται ανά τακτά χρονικά διαστήματα και τότε μπορούν να αφαιρεθούν μόνο με χρήση βαρέως εξοπλισμού.
- Τα προβλήματα που προκαλούνται από τα ιζήματα μπορούν να ελαχιστοποιηθούν εάν ληφθούν μερικά βασικά μέτρα:
  - ✓ Τακτική εκκένωση των δεξαμενών προ-αποθήκευσης/αποθήκευσης.
  - ✓ Εγκατάσταση δεξαμενής προ-αποθήκευσης μεγάλης χωρητικότητας.
  - ✓ Επαρκής μέθοδος ανάδευσης.
  - ✓ Σωστή τοποθέτηση των βάσεων των σωλήνων άντλησης, προκειμένου να αποφευχθεί η κυκλοφορία της άμμου.
  - ✓ Αποφυγή των πρώτων υλών με υψηλή περιεκτικότητα σε άμμο.
  - ✓ Χρήση ειδικά αναπτυγμένων μεθόδων εκκένωσης της άμμου από τους χωνευτές.

## Χωνευτές - Συντήρηση

### Μέτρα κατά των στρωμάτων αφρού

- Η δημιουργία στρωμάτων αφρού και υλικών που επιπλέουν εξαρτάται από τους τύπους της παρεχόμενης πρώτης ύλης ή μπορεί να προκληθεί από αστάθεια της διαδικασίας.
- Η παρουσία τους στην επιφάνεια του χωνευτή μπορεί να προκαλέσει την απόφραξη των γραμμών του αερίου.
- ✓ Οι παγίδες αφρού μπορούν να αποτρέψουν τη διείσδυση του αφρού στους σωλήνες προς τον μετα-χωνευτή ή τις λεκάνες αποθήκευσης.
- Μπορεί να εγκατασταθεί ένας αισθητήρας αφρού στο επάνω μέρος του χωνευτή, για να αρχίσει αυτόματα να ψεκάζει ένα επιβραδυντή αφρού στο χωνευτή, εάν υπάρχει πολύς αφρός στην επιφάνεια της δεξαμενής.
- Επιβραδυντές αφρού πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο σε έκτακτη ανάγκη, δεδομένου ότι συνήθως είναι ενώσεις πυριτικών αλάτων που μπορούν να προκαλέσουν ζημιά στις εγκαταστάσεις ΣΗΘ.

- **Σταθερή θερμοκρασία** της διεργασίας  $\Rightarrow$  Σταθερή λειτουργία της μονάδας και υψηλή παραγωγή βιοαερίου.
- ✓ Πρέπει να κρατηθούν όσο το δυνατόν χαμηλότερες οι διακυμάνσεις στη θερμοκρασία
- ✓ Οι μεγάλες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας μπορούν να οδηγήσουν σε αστάθεια της διεργασίας της ΑΧ και, ίσως, στη διακοπή της.

## Χωνευτές - Σύστημα θέρμανσης

- Προκειμένου να επιτευχθεί και να διατηρηθεί σταθερή θερμοκρασία διεργασίας οι χωνευτές πρέπει να μονώνονται και να θερμαίνονται από εξωτερικές πηγές θέρμανσης.



## Χωνευτές - Σύστημα θέρμανσης

- Η θέρμανση της πρώτη ύλης μπορεί να γίνεται είτε κατά τη φάση της τροφοδοσίας (προθέρμανση) μέσω εναλλακτών θερμότητας, ή μέσα στο χωνευτή, με τη βοήθεια θερμαντικών στοιχείων, καυτού ατμού κλπ.





- Το περιεχόμενο του χωνευτή πρέπει να αναδεύεται αρκετές φορές ημερησίως προκειμένου να αναμιχθεί η νέα πρώτη ύλη με το υπάρχον υπόστρωμα μέσα στο χωνευτή.
- Η ανάδευση αποτρέπει το σχηματισμό κρούστας και ιζημάτων, ενώ διευκολύνει τη μεταφορά των βακτηριδίων (μικροοργανισμών) στα σωματίδια της νέας πρώτης ύλης, την ανοδική ροή των φυσαλίδων αερίου και την ομογενοποίηση της κατανομής της θερμότητας και των θρεπτικών ουσιών.

- Η ελάχιστη δυνατή ανάδευση της βιομάζας μέσα στο χωνευτή γίνεται με **παθητικό τρόπο**.
  - ✓ Προκαλείται από την εισαγωγή της νέας πρώτης ύλης και τα επακόλουθα ρεύματα θερμικής μεταφοράς, καθώς επίσης και από την ροή προς τα επάνω των φυσαλίδων αερίου.
- Η παθητική ανάδευση δεν επαρκεί για τη βέλτιστη λειτουργία του χωνευτή, οπότε πρέπει να εφαρμοσθεί **ενεργητική ανάδευση** με χρήση μηχανικού, υδραυλικού ή πνευματικού εξοπλισμού.
- Στο 90% των μονάδων βιοαερίου γίνεται **μηχανική ανάδευση**.

## Μηχανική ανάδευση

- Η μηχανική ανάδευση των χωνευτών πραγματοποιείται με τη χρήση αναδευτήρων.
- Στους κατακόρυφους χωνευτές ως επί το πλείστον χρησιμοποιούνται οι **αναδευτήρες έλικα** με βυθιζόμενο μοτέρ.
- ✓ Οδηγούνται από ηλεκτρικά μοτέρ χωρίς γρανάζια, και ψύχονται από το περιβάλλον ρευστό.
- ✓ Βυθίζονται εντελώς στην πρώτη ύλη και συνήθως έχουν δύο ή τρεις πτερωτές.
- ✓ Λόγω του συστήματος οδήγησής τους, που αποτελείται από ένα ικρίωμα, ένα βαρούλκο καλωδίων και την οδηγό διάταξη, μπορούν να **προσαρμόζονται** ως προς το **ύψος**, την κλίση και ως προς την κατεύθυνση.



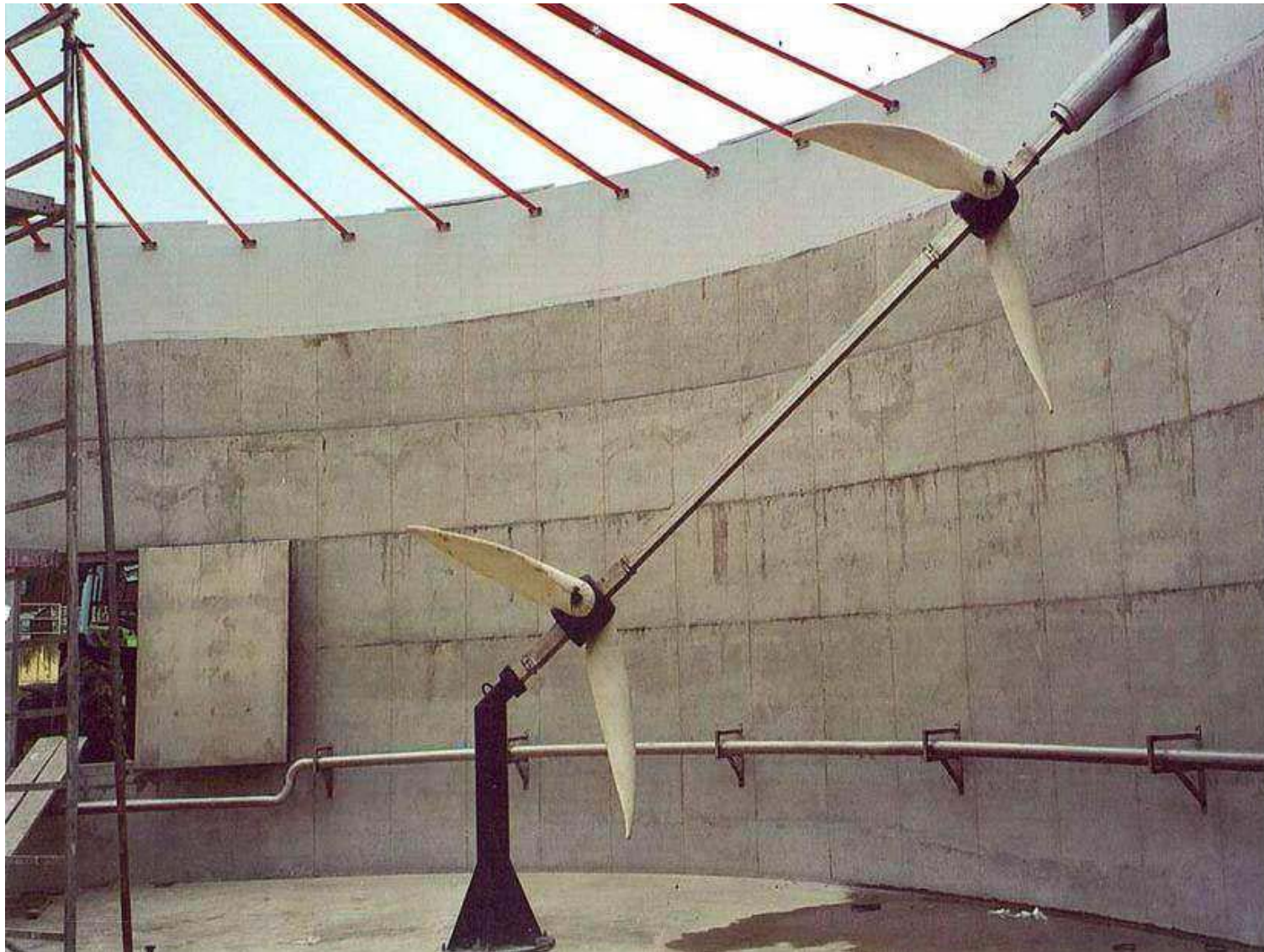
## Μηχανική ανάδευση

- Οι **αναδευτήρες με πτερύγια** έχουν οριζόντιο, κατακόρυφο ή διαγώνιο άξονα. Το μοτέρ τους βρίσκεται εξωτερικά του χωνευτή.



- Άλλη περίπτωση είναι οι **αξονικοί αναδευτήρες**, που συνήθως λειτουργούν συνεχώς. Τοποθετούνται συνήθως σε άξονες που εγκαθίστανται κεντρικά στην οροφή του χωνευτή. Το μοτέρ είναι έξω από το χωνευτή.





## Αποθήκευση του βιοαερίου

- ✓ Είναι απαραίτητο να αποθηκεύεται προσωρινά το παραγόμενο βιοαέριο σε κατάλληλες εγκαταστάσεις αποθήκευσης.
- Η πιο απλή λύση είναι η αποθήκευση του βιοαερίου να γίνεται στο **επάνω μέρος των χωνευτών** με τη χρήση μιας ειδικής μεμβράνης (χρησιμοποιείται και ως κάλυμμα του χωνευτή).



Με την υποστήριξη του Προγράμματος

- Στις μεγαλύτερες εγκαταστάσεις κατασκευάζονται ξεχωριστές δεξαμενές αποθήκευσης του βιοαερίου.
- Οι εγκαταστάσεις αποθήκευσης πρέπει να είναι αεροστεγείς και ανθεκτικές στην πίεση, και, στην περίπτωση που δεν είναι προστατευμένες μέσα σε κτήρια, πρέπει να είναι ανθεκτικές στη θερμοκρασία, τις καιρικές συνθήκες και την υπεριώδη ακτινοβολία (UV).
- Η δεξαμενή πρέπει να έχει την ικανότητα να αποθηκεύει τουλάχιστον το **ένα τέταρτο** της ημερήσιας παραγωγής βιοαερίου.
- Προτείνεται δυναμικότητα αποθήκευσης της παραγωγής διάρκειας **μίας ή δύο ημερών**.



## Δεξαμενές χαμηλής πίεσης

- Οι συχνότερα χρησιμοποιούμενες δεξαμενές χαμηλής πίεσης λειτουργούν σε υπερπίεση από 0,05 έως 0,5 mbar και κατασκευάζονται από ειδικές μεμβράνες που πρέπει να πληρούν μια σειρά απαιτήσεων ασφάλειας.
- Οι δεξαμενές μεμβράνης εγκαθίστανται ως εξωτερικοί ταμιευτήρες αερίου ή ως θόλοι / καλύμματα αερίου επάνω από το χωνευτή.



## Δεξαμενές χαμηλής πίεσης



## Αποθήκευση μέσης και υψηλής πίεσης

- Το βιοαέριο μπορεί επίσης να αποθηκευτεί σε δεξαμενές μέσης και υψηλής πίεσης, σε πιέσεις μεταξύ 5 και 250 bar, σε χαλύβδινες δεξαμενές πίεσης και φιάλες.
- Λόγω του **μεγάλου κόστους** τους, αυτά τα είδη αποθήκευσης του βιοαερίου **χρησιμοποιούνται σπάνια** στις αγροτικές μονάδες βιοαερίου.

## Πυρσοί βιοαερίου

- Υπάρχουν περιπτώσεις όπου παράγεται περισσότερο βιοαέριο απ' ό,τι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή ενέργειας.
- Όταν υπάρχει περίσσεια βιοαερίου που δεν μπορεί να αποθηκευτεί ή χρησιμοποιηθεί, η ανάφλεξη είναι η τελευταία λύση, απαραίτητη για την εξάλειψη οιασδήποτε κινδύνων ασφάλειας και για την προστασία του περιβάλλοντος ⇒ Κάθε μονάδα βιοαερίου είναι εξοπλισμένη με έναν “πυρσό” βιοαερίου.



## Αποθήκευση του βιοαερίου

- Δύο παράμετροι διαμορφώνουν τις προδιαγραφές απόδοσης στους σύγχρονους πυρσούς:
  - ✓ η θερμοκρασία (850-1.200°C) και
  - ✓ ο χρόνος παραμονής (το ελάχιστο 0,3 sec).



## Βελτίωση του αερίου

- Όταν το βιοαέριο εξέρχεται από το χωνευτή είναι διαποτισμένο με υδρατμούς και περιέχει, εκτός από μεθάνιο ( $\text{CH}_4$ ) και διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ), ποσότητες υδρόθειου ( $\text{H}_2\text{S}$ ).
- Το υδρόθειο είναι τοξικό, με μία ιδιαίτερη / δυσάρεστη οσμή, και συνδυαζόμενο με τους υδρατμούς στο βιοαέριο δημιουργεί θειικό οξύ ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).
- Οι ιδιότητες της καύσης πρέπει να είναι εγγυημένες προκειμένου να αποτραπεί η φθορά των μηχανών. Αυτό ισχύει και για τη χρήση του βιοαερίου.
- Είναι απαραίτητη η **αποθείωση** και η **ξήρανση** του βιοαερίου.

## Αποθείωση

- Το ξηρό βιοαέριο από την ΑΧ της ζωικής στερεής κοπριάς έχει ένα μέσο περιεχόμενο σε  $H_2S$  1.000 – 3.000 μέρη στο εκατομμύριο (ppm).
- Όταν το βιοαέριο χρησιμοποιείται σε μηχανές αερίου για ΣΗΘ, το περιεχόμενο σε υδρόθειο πρέπει να είναι κάτω από 700 ppm, προκειμένου να αποφευχθεί η υπερβολική διάβρωση και η ταχύτατη και δαπανηρή φθορά του λιπαντέλαιου.
- Η αφαίρεση του υδρόθειου ( $H_2S$ ) από το βιοαέριο (αποθείωση) μπορεί να γίνει με διάφορες μεθόδους βιολογικές ή χημικές, στο εσωτερικό ή εξωτερικά του χωνευτή.

## Ξήρανση

- Η σχετική υγρασία του βιοαερίου μέσα στο χωνευτή είναι 100% (το αέριο είναι διαποτισμένο με υδρατμούς).
- Για να προστατευθούν οι μονάδες ΣΗΘ από τη διάβρωση και από ενδεχόμενες βλάβες, πρέπει να αφαιρείται το νερό από το βιοαέριο.
- Ένα μέρος των υδρατμών μπορεί να συμπυκνωθεί με την ψύξη του αερίου. Αυτό γίνεται συχνά στις σωληνώσεις που μεταφέρουν το βιοαέριο από το χωνευτή στη μονάδα ΣΗΘ.
- Εκτός από τους υδρατμούς, η συμπύκνωση αφαιρεί μερικές από τις ανεπιθύμητες ουσίες, όπως υδροδιαλυτά αέρια και αερολύματα.



## Αποθήκευση του χωνεμένου υπολείμματος

Το χωνεμένο υπόλειμμα αντλείται έξω από το χωνευτή και μεταφέρεται μέσω αγωγών στις εγκαταστάσεις αποθήκευσης όπου αποθηκεύεται προσωρινά.

Χρησιμοποιούνται δεξαμενές από σκυρόδεμα ή τεχνητές λίμνες, οι οποίες καλύπτονται από φυσικά ή τεχνητά επιπλέοντα στρώματα ή από μεμβράνες.



Ανοικτές τεχνητές λίμνες για την αποθήκευση του κομπόστ (AGRINZ GmbH, 2006)

# Αποθήκευση του χωνεμένου υπολείμματος

## Διαχωριστής υγρού - στερεού



## Αποθήκευση του χωνεμένου υπολείμματος

- Σύμφωνα με την υφιστάμενη νομοθεσία σε πολλές Ευρωπαϊκές χώρες, απαιτούνται **έξι έως εννέα μήνες** αποθηκευτικής ικανότητας για την κοπριά και το χωνεμένο υπόλειμμα, προκειμένου να εξασφαλισθεί η βέλτιστη και αποδοτική χρήση τους ως λιπάσματος και να αποφευχθεί η εφαρμογή τους κατά τη χειμερινή περίοδο.

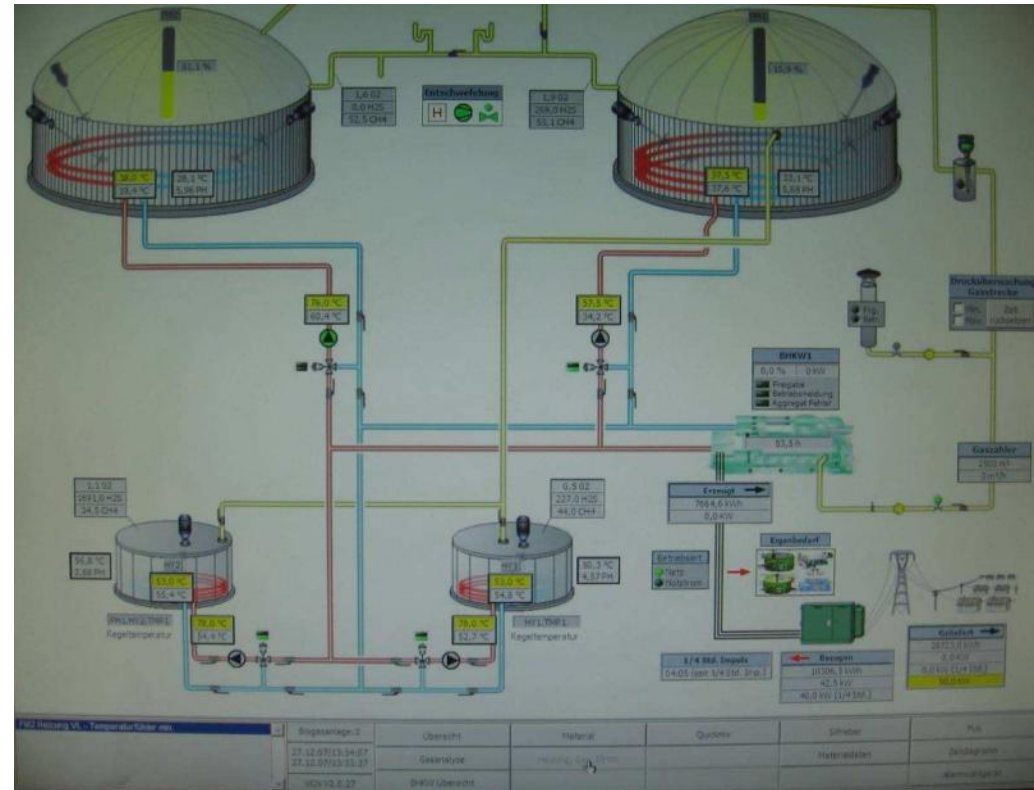


Δεξαμενές αποθήκευσης καλυμμένες με μεμβράνες (Danish Biogas Association, 2008)

## Κεντρικός έλεγχος

Η μονάδα βιοαερίου είναι μια σύνθετη μονάδα με αλληλεξαρτήσεις μεταξύ όλων των τμημάτων της.

Η αυτοματοποιημένη παρακολούθηση και ο κεντρικός έλεγχος αποτελούν ένα σημαντικό τμήμα της λειτουργίας της μονάδας που πρέπει να εγγυάται την επιτυχία της.



Φωτογραφία από ένα πρόγραμμα παρακολούθησης για ηλεκτρονικό υπολογιστή για μια αγροτική μονάδα παραγωγής βιοαερίου με δύο κύριους χωνευτές (AGRINZ 2006)

Η διεργασία ελέγχου περιλαμβάνει τη συλλογή και ανάλυση **χημικών και φυσικών** παραμέτρων:

- ✓ Ο τύπος και η ποσότητα της εισαγόμενης πρώτης ύλης (καθημερινά)
- ✓ Η θερμοκρασία της διεργασίας (καθημερινά).
- ✓ Η τιμή του pH (καθημερινά).
- ✓ Η ποσότητα και η σύνθεση του αερίου (καθημερινά).
- ✓ Η περιεκτικότητα σε λιπαρά οξέα βραχείας αλυσίδας.
- ✓ Το επίπεδο πλήρωσης του χωνευτή ή και των δεξαμενών αερίου.



**ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΟΧΗ ΣΑΣ**

email: [egiakou@cres.gr](mailto:egiakou@cres.gr)  
Τηλ: 210 6603237