



30 years of bringing green ideas to LIFE



Πράσινο Ταμείο - Εκδήλωση Εορτασμού
30 Χρόνων του Ευρωπαϊκού
Χρηματοδοτικού Προγράμματος LIFE

LIFE B2E4sustainable-WWTP // LIFE16 ENV/GR/000298

**Νέα μέθοδος για την ενεργειακά αυτόνομη επεξεργασία
υγρών αποβλήτων και διαχείριση βιοστερεών**

Καθ. Πέτρος Γκίκας

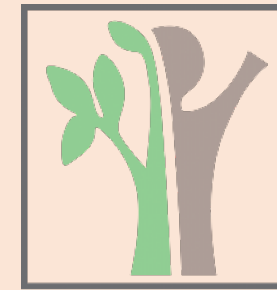
Ερευνητικό Ευρωπαϊκό Έργο LIFE16 ENV/GR/000298

❖ Τίτλος: New concept for energy self-sustainable wastewater treatment process and biosolids management

❖ Ακρωνύμιο: LIFE B2E4sustainable-WWTP

❖ Ιστοσελίδα: www.biosolids2energy.eu

Χρηματοδότηση:



ΠΡΑΣΙΝΟ ΤΑΜΕΙΟ

❖ Εταίροι:



Technical
University
of Crete



Συντονιστής

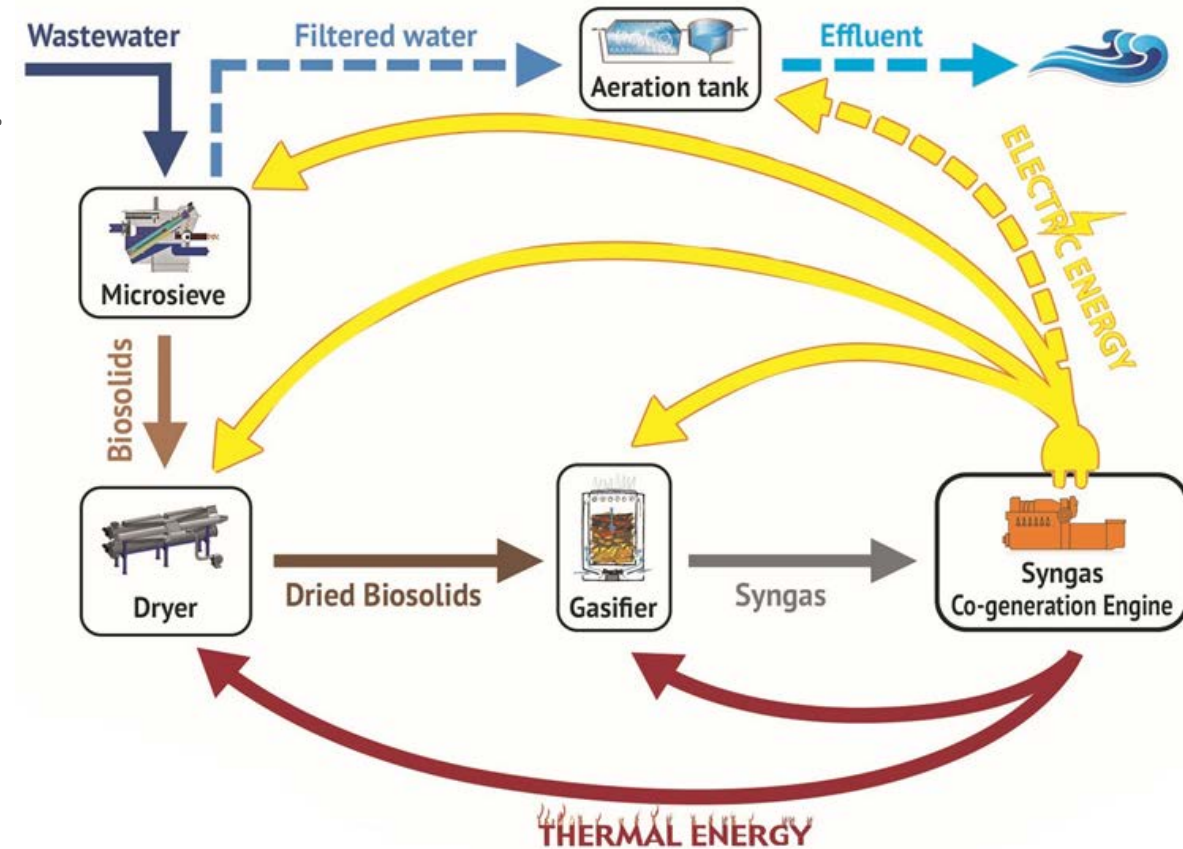
Περιγραφή έργου

❖ ΒΑΣΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ

- Αναβάθμιση των υπερφορτωμένων ΕΕΛ ενεργού ιλύος.
- Προστασία υδάτινου περιβάλλοντος από την ρύπανση εξαιτίας εκροών των ΕΕΛ.
- Περιβαλλοντική διαχείριση βιοστερεών.
- Παραγωγή ενέργειας από βιοστερεά.

❖ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

- *Μικροκοσκίνιση* → Απομάκρυνση πρωτοβάθμιων βιοστερεών πριν την δεξαμενή αερισμού, χρησιμοποιώντας φίλτρο περιστρεφόμενου ιμάντα.
- *Ξήρανση* → Απομάκρυνση υγρασίας από τα βιοστερεά.
- *Αεριοποίηση* → Παραγωγή αερίου σύνθεσης.
- *Καύση αερίου σύνθεσης* → Παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας.



Περιγραφή έργου

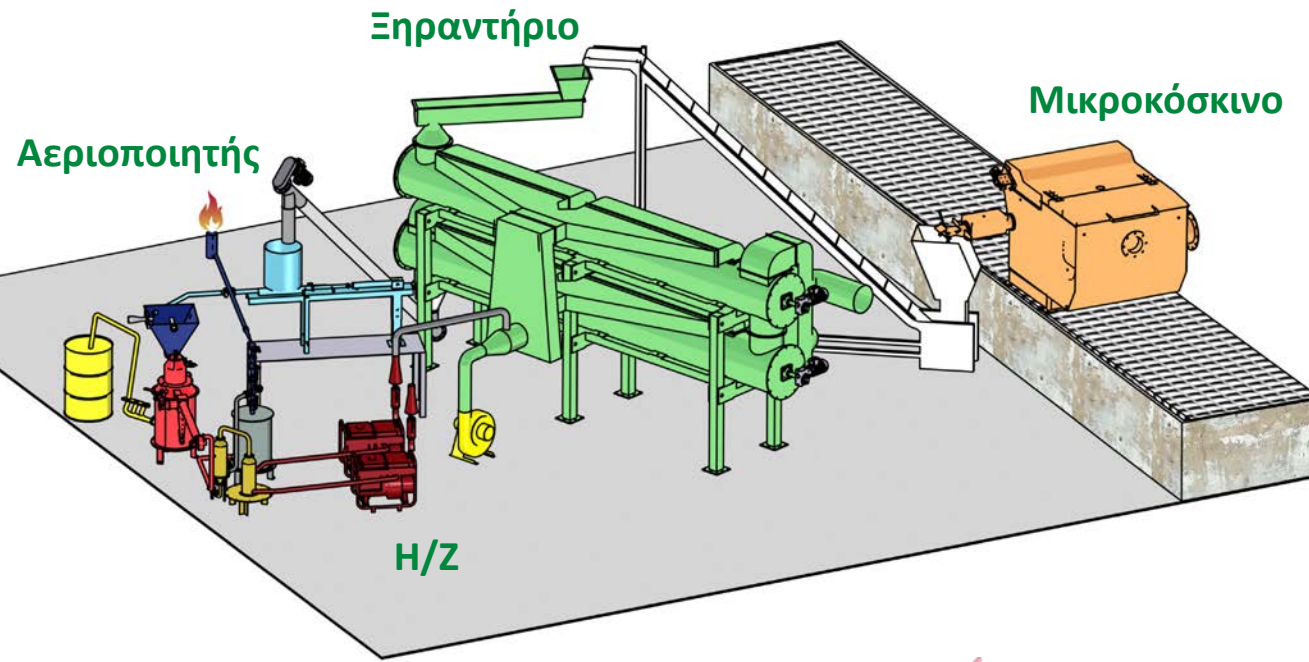
❖ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

- Τα αστικά λύματα περιέχουν 3-6 φορές την απαιτούμενη ενέργεια για την επεξεργασία τους.
- Τα βιοστερεά που παράγονται από μικροκοσκίνιση περιέχουν χαμηλή υγρασία και υψηλή ενέργεια.
- Η αεριοποίηση έχει υψηλότερη ενεργειακή απόδοση, συγκρινόμενη με την αναερόβια χώνευση.



ΕΕΛ Ρεθύμνου

- 35,000 ισοδύναμοι κάτοικοι
- 10,000-15,000 m³ αποβλήτου/ημέρα



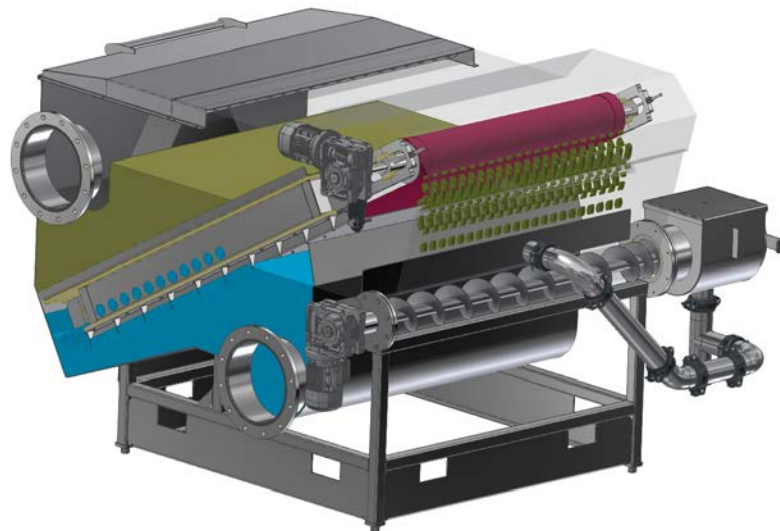
❖ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

- Παροχή λυμάτων: ~ 5,000 m³/d
- Διαχείριση βιοστερεών: ~ ½ ton/d (ξηρή βάση)
- Ανώτερη Θερμογόνος Δύναμη βιοστερεών: ~ 24 MJ/kg
- Παραγωγή αερίου σύνθεσης: 1,800-2,400 Nm³/d
- Στόχος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας: 30-50 kW

Διαχείριση βιοστερεών

Απομάκρυνση βιοστερεών με μικροκοσκίνιση

- ❖ Μηχανικός διαχωρισμός βάσει συνεχούς διήθησης μέσω ταινίας.
- ❖ Παραγωγή βιοστερεών με έως 45% στερεά.
- ❖ Απαιτούμενος χώρος είναι το 1/20 συγκριτικά με πρωτοβάθμια επεξεργασία.
- ❖ Τα παραγόμενα βιοστερεά είναι κατάλληλα για αεριοποίηση και παραγωγή αερίου σύνθεσης.



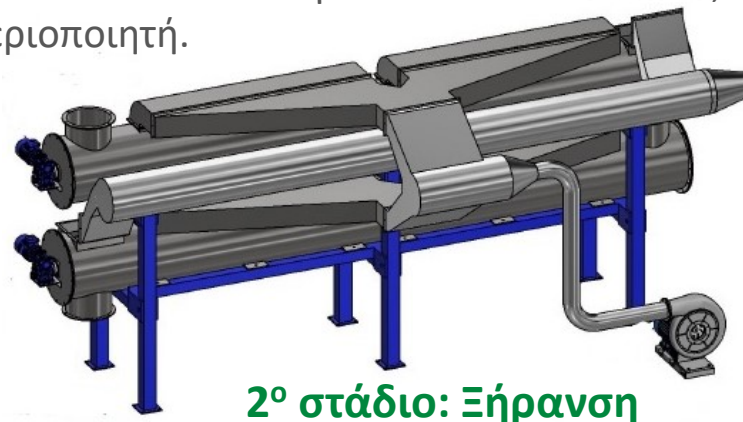
1^ο στάδιο: Μικροκοσκίνιση



Διαχείριση βιοστερεών

Σταθεροποίηση και ανάκτηση ενέργειας από βιοστερεά

- ❖ Το ξηραντήριο βασίζει τη λειτουργία του στην ανάδευση υγρού υλικού με χρήση θερμού αέρα που παράγεται από τον αεριοποιητή ως καυσαέριο.
- ❖ Ειδικόι κοχλίες μεταφοράς και ταυτόχρονης συνεχούς ανάδευσης.
- ❖ Πριν από το τέλος κάθε μονάδας, αναρροφάται υγρός αέρας από το κύκλωμα αναρρόφησης.
- ❖ Σε κάθε μονάδα εισάγεται ζεστός ξηρός αέρας από το σύστημα διανομής θερμού αέρα.
- ❖ Το κύκλωμα αναρρόφησης εκκενώνεται σε έναν κυκλώνα για την δέσμευση πτητικών σωματιδίων.
- ❖ Η έξοδος της δεύτερης μονάδας που θα ήταν η τελική έξοδος του επεξεργασμένου υλικού, αναμειγνύεται με το υλικό που συλλέγεται από τον κυκλώνα, και στη συνέχεια οδηγείται στον αεριοποιητή.



2^ο στάδιο: Ξήρανση



Διαχείριση βιοστερεών

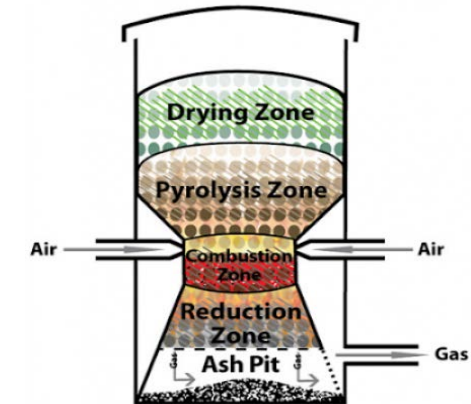
Σταθεροποίηση και ανάκτηση ενέργειας από βιοστερεά

- ❖ Παραγωγή αερίου σύνθεσης (syngas) αποτελούμενο κυρίως από $\text{CO} - \text{H}_2$, καύσιμο για παραγωγή θερμικής & ηλεκτρικής ενέργειας.
- ❖ Ανάκτηση θερμικής ενέργειας & χρήση για μερική ξήρανση των βιοστερεών πριν την αεριοποίηση.
- ❖ Δεν είναι απαραίτητη η πλήρης ξήρανση των βιοστερεών (βέλτιστη επιθυμητή υγρασία 10-15%).

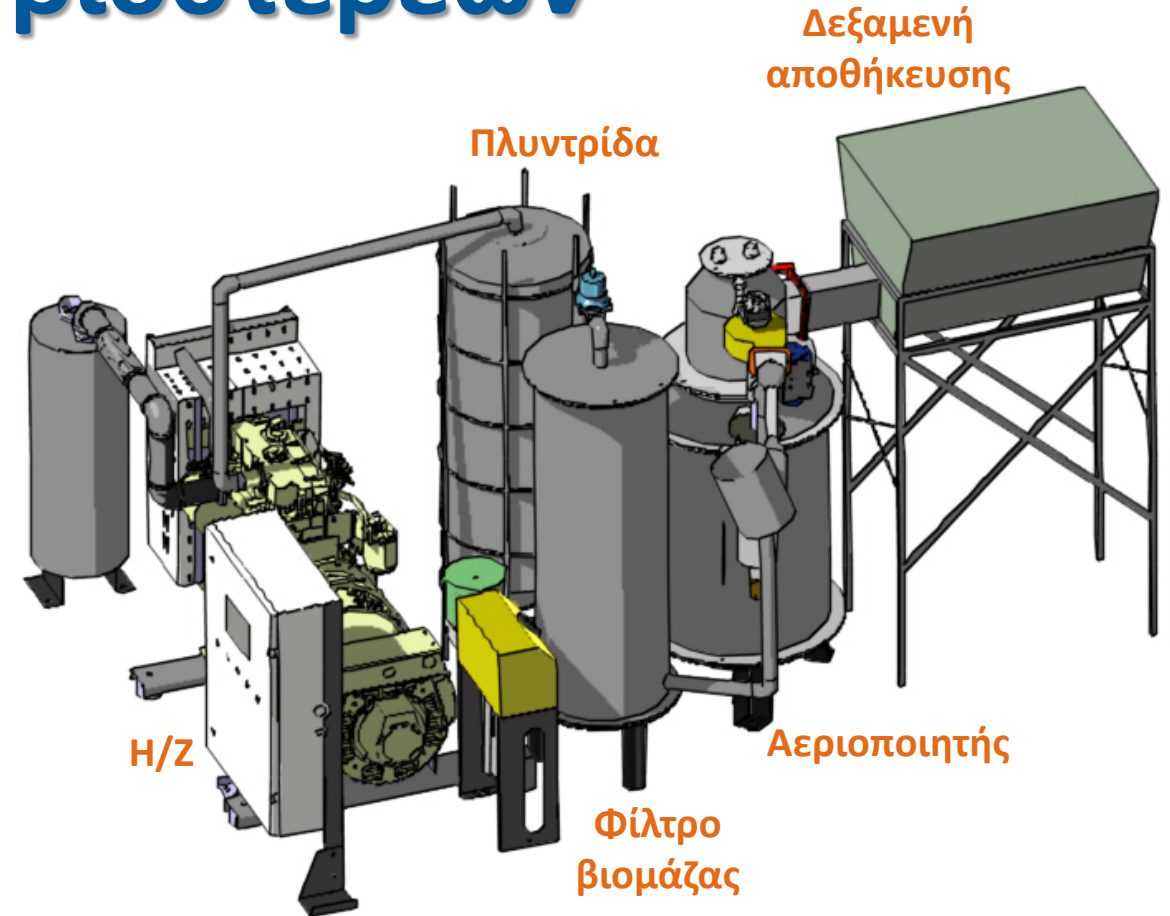
Περιγραφή συστήματος αεριοποίησης – παραγωγής ενέργειας:

Downdraft Gasifier

Nozzle and constriction (Imbert)



- Δεξαμενή αποθήκευσης μπρικετοποιημένων βιοστερεών.
- Αεριοποιητής καθοδικής ροής για παραγωγή αερίου σύνθεσης.
- Καθαρισμός και συντήρηση αερίου σύνθεσης.
- Ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος για καύση αερίου σύνθεσης και παραγωγή ενέργειας.



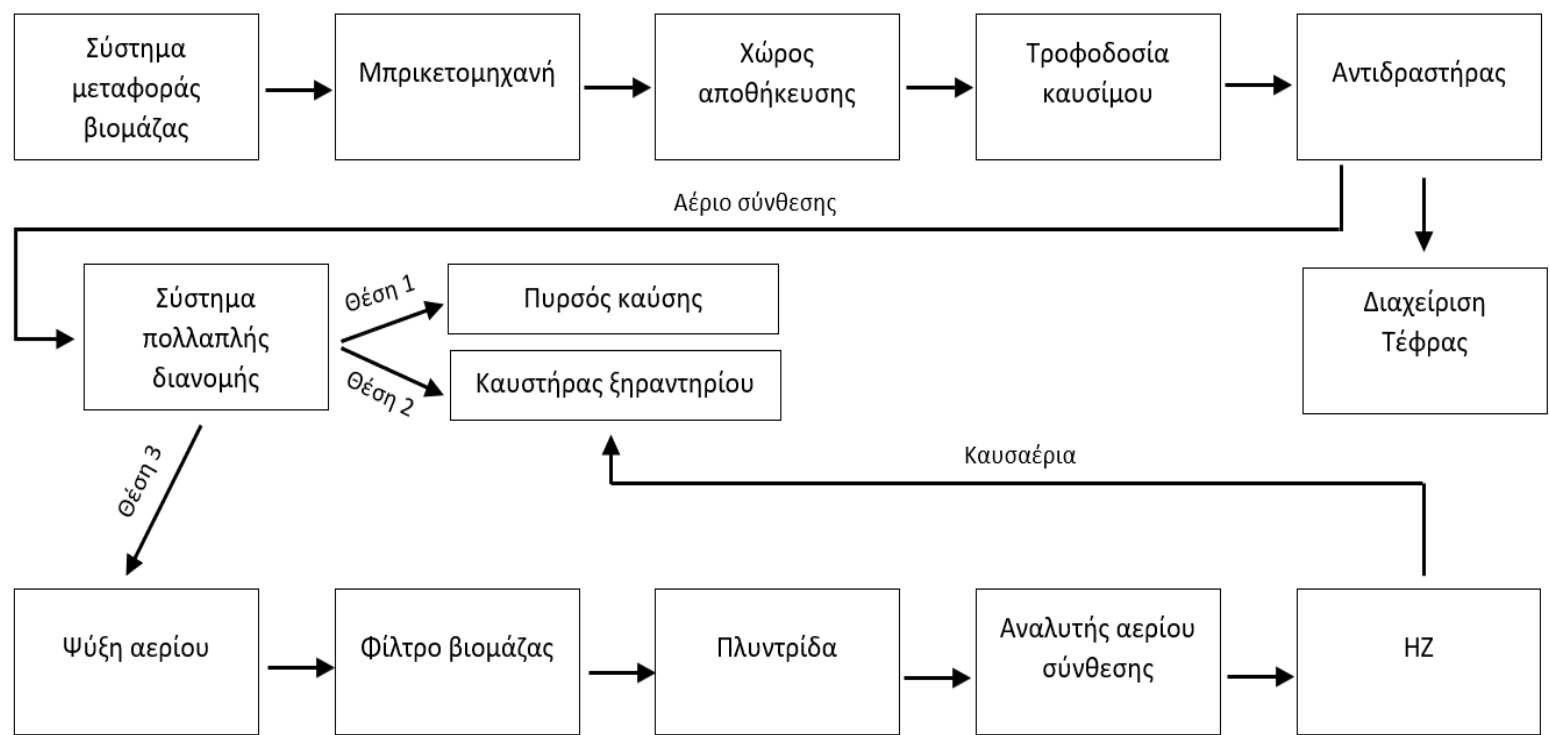
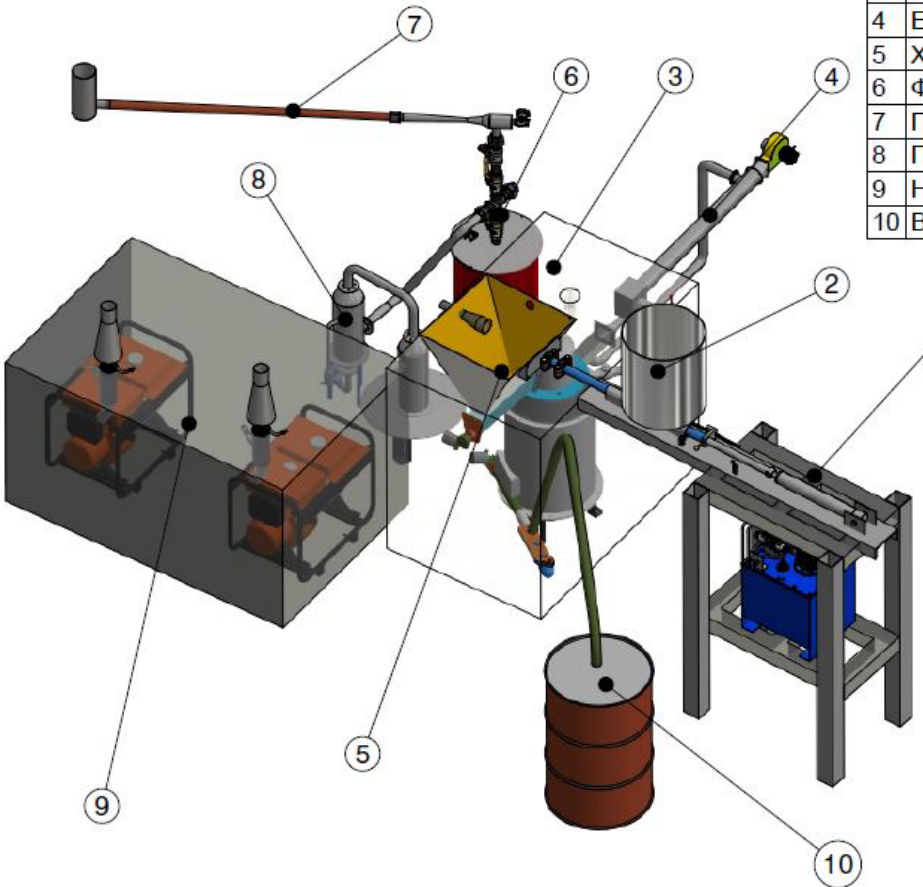
3^ο στάδιο: Αεριοποίηση – παραγωγή ενέργειας

Σχεδιασμός – Επίβλεψη – Κατασκευή:
Πολυτεχνείο Κρήτης

Διαχείριση βιοστερεών

Περιγραφή συστήματος αεριοποίησης – παραγωγής ενέργειας

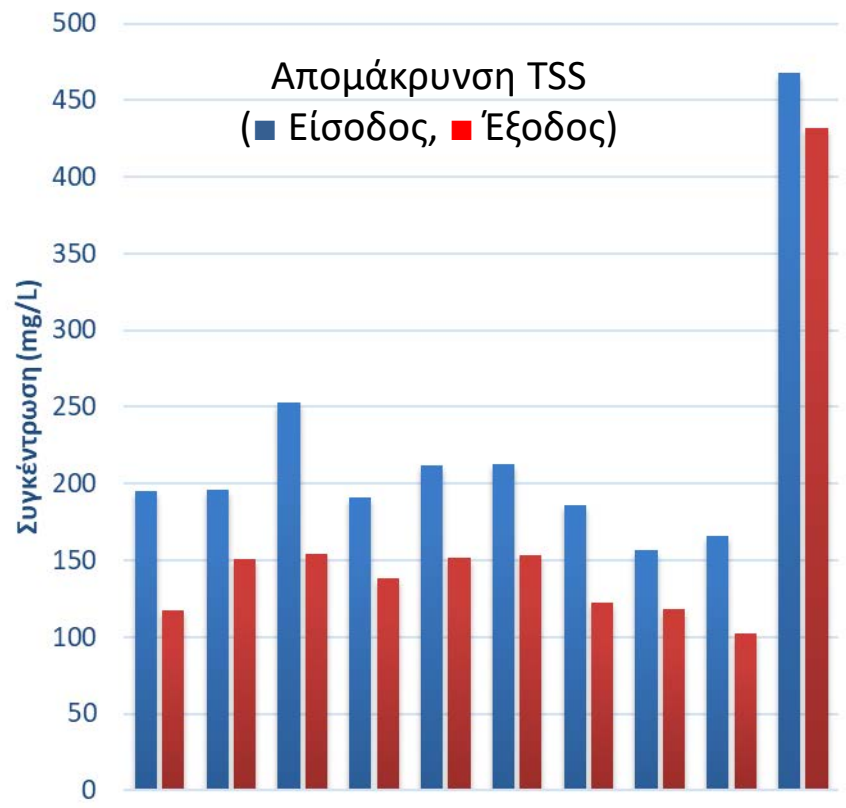
1	Μπρικετομηχανή
2	Σιλό Συλλογής Βιομάζας
3	Αεριοποιητής σε μονωμένο περιβάλλον
4	Εναλλάκτης Θερμότητας
5	Χώρος αποθήκευσης Μπρικέτας
6	Φίλτρο βιομάζας
7	Πυρσός καύσης
8	Πλυντρίδα
9	H/Z σε μονωμένο περιβάλλον
10	Βαρέλι αποθήκευσης τέφρας



Αποτελέσματα

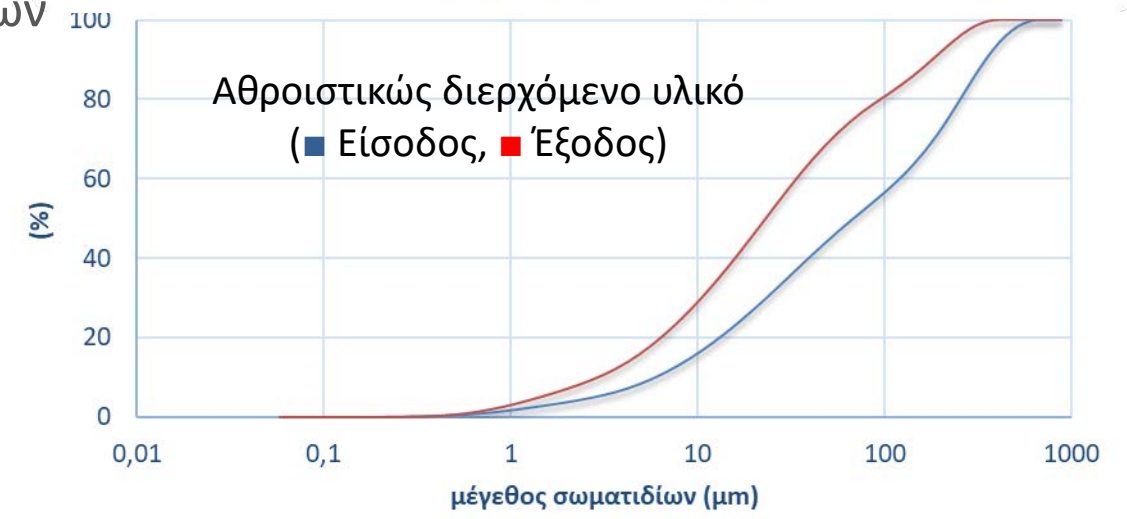
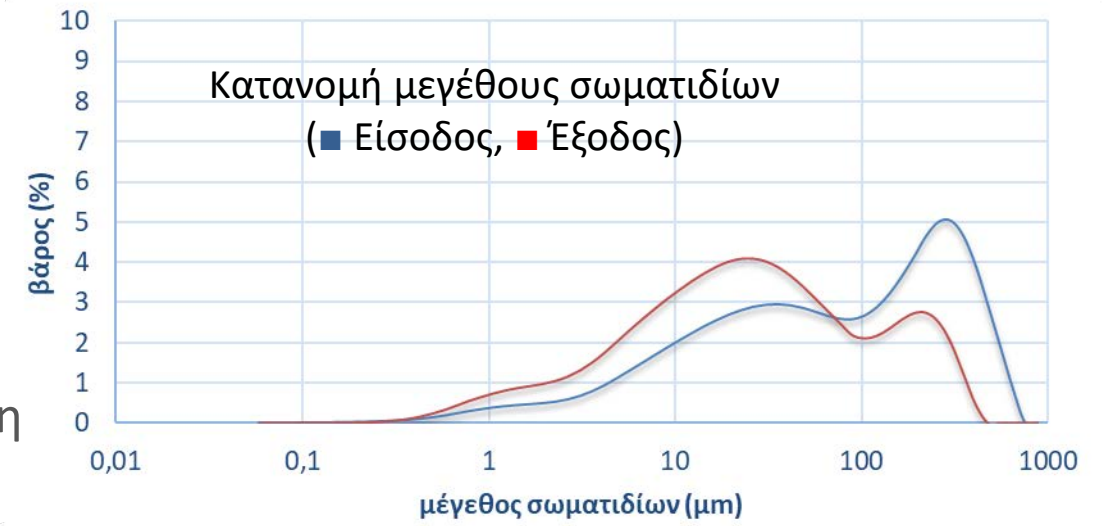
- ❖ Εισροές – εκροές πιλοτικής μονάδας και τρόποι διαχείρισης
- ❖ Προκαταρκτικές μετρήσεις σε πειραματικό μικροκόσκινο
- ❖ Εκτίμηση ισοζυγίων μάζας και ενέργειας
- ❖ Δοκιμές σε πιλοτικό μικροκόσκινο
- ❖ Προσδιορισμός χαρακτηριστικών δευτεροβάθμιας ιλύος της ΕΕΛ Ρεθύμνου

Μετρήσεις σε μικροκόσκινο



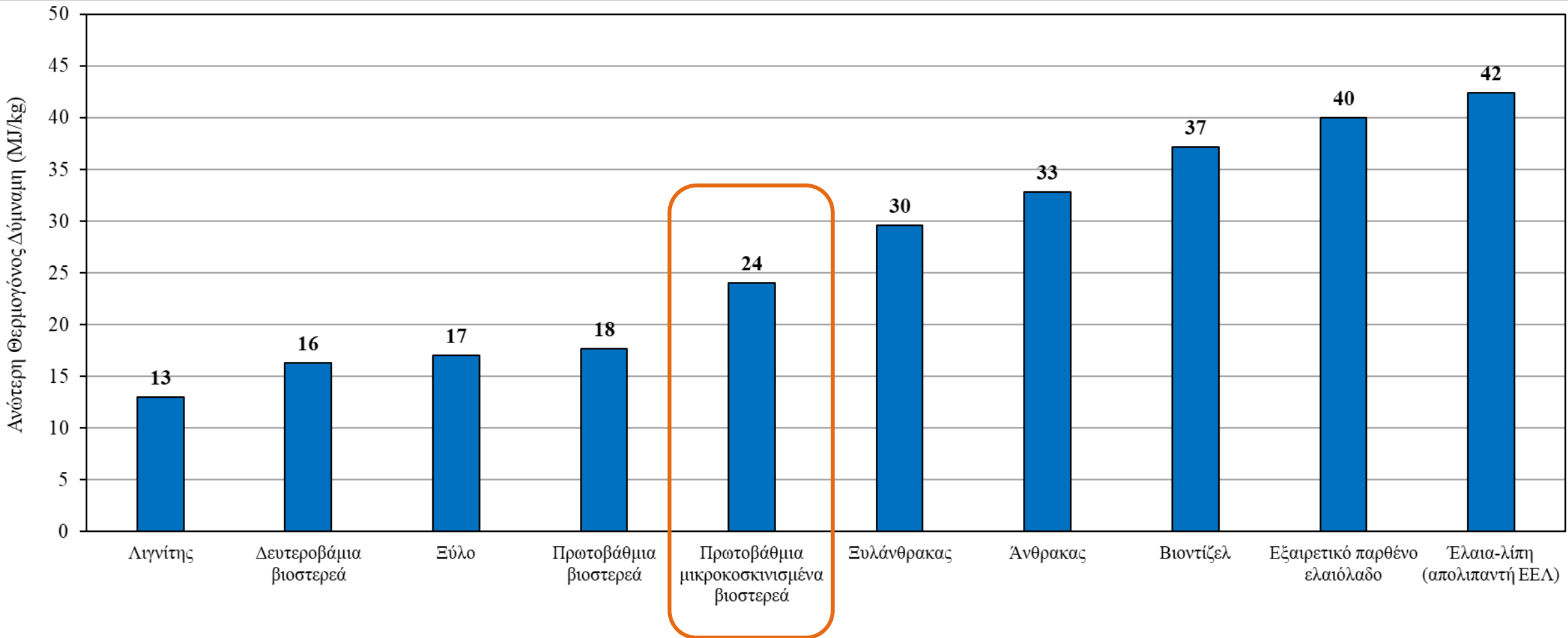
❖ Απομάκρυνση TSS = **29.2 ± 9%**

❖ Επιλεκτική αφαίρεση των πιο ογκωδών στερεών σωματιδίων



Μετρήσεις σε μικροόσκιο

Ανώτερη Θερμογόνος δύναμη (Higher Heating Volume - HHV) σε MJ/kg



Εκτίμηση ισοζυγίων μάζας και ενέργειας

Θεωρητική απαίτηση θερμικής ενέργειας για ξήρανση

Περιγραφή	Υπολογισμοί	Σχόλια
Παραγόμενα βιοστερεά από μικροκόσκιο (kg/d)	920.0	
Παραγόμενα βιοστερεά από μικροκόσκιο (kg/h)	38.3	
Περιεχόμενη υγρασία (%)	70.0	Εύρος: 60-70%
Πλήρως ξηρά βιοστερεά (kg/d) (0% υγρασία)	276.0	
Πλήρως ξηρά βιοστερεά (kg/h) (0% υγρασία)	11.5	
Επιθυμητή περιεχόμενη υγρασία βιοστερεών για αεριοποίηση (%)	10.0	Εύρος: 10-15%
Ξηραμένα βιοστερεά (kg/h) (10% υγρασία)	12.7	
Εξατμισμένο νερό (kg/h)	25.7	
Απαιτούμενη λανθάνουσα θερμότητα για ξήρανση (MJ)	58.0	$\dot{Q}_L = m \cdot L$
Απαιτούμενη αισθητή θερμότητα για ξήρανση (MJ)	12.8	$\dot{Q}_s = m \cdot C \cdot \Delta T$
Απαιτούμενη συνολική θερμότητα για ξήρανση (MJ)	70.8	$\dot{Q}_{total} = \dot{Q}_s + \dot{Q}_L$
Απαιτούμενη συνολική θερμότητα για ξήρανση (kcal)	16910.2	
Απαιτούμενη συνολική θερμότητα για ξήρανση (kW)	19.7	

Προδιαγραφές ξηραντηρίου πιλοτικής μονάδας (ENGINNOV)

Περιγραφή	Υπολογισμοί
Παροχή αέρα (m ³)	95.8
Απαιτούμενη συνολική θερμότητα για ξήρανση (MJ)	105.4
Απαιτούμενη συνολική θερμότητα για ξήρανση (kcal)	25169.7
Απαιτούμενη συνολική θερμότητα για ξήρανση (kW)	29.3
Ελάχιστη θερμοκρασία αέρα (°C)	120.0

Παροχή θερμότητας από μονάδα αεριοποίησης (ΠΚ)

Περιγραφή	Υπολογισμοί	Σχόλια
Θερμογόνος δύναμη (HHV) βιοστερεών (MJ/kg)	21.5	
Ενεργειακό περιεχόμενο βιοστερεών (MJ/kg)	247.3	
Παραγόμενο αέριο σύνθεσης (m ³ /h) με βάση την αναλογία 1kg βιομάζας: 2m ³ αερίου σύνθεσης	23.0	
Απόδοση αεριοποιητή	80%	Εύρος: 70-80%
Θερμογόνος δύναμη (HHV) αερίου σύνθεσης (MJ/m ³)	8.6	
Ενεργειακό περιεχόμενο αερίου σύνθεσης (MJ)	197.8	
Ποσοστό αερίου σύνθεσης για καύση προς ξηραντή	10%	
Ενέργεια από το αέριο σύνθεσης προς τον ξηραντή (MJ)	19.8	
Ενέργεια από το αέριο σύνθεσης προς την MEK (MJ)	178.0	
Απόδοση MEK (ηλεκτρική ενέργεια)	20%	
Απόδοση MEK (θερμική ενέργεια)	50%	Εύρος: 45-50%
Απόδοση MEK (απώλειες)	30%	Εύρος: 30-35%
Ηλεκτρική ενέργεια από MEK (MJ)	35.6	
Θερμική ενέργεια από MEK (MJ)	89.0	
Απώλειες από MEK (MJ)	53.4	
Θερμική ενέργεια από καυσαέρια της MEK (MJ)	0.5	
Θερμική ενέργεια από ψύξη αερίου σύνθεσης (MJ)	3.9	
Θερμική ενέργεια από αεριοποιητή (MJ)	9.9	
Συνολική παροχή θερμικής ενέργειας (MJ)	123.1	
Συνολική παροχή θερμικής ενέργειας (kcal)	29401.4	
Συνολική παροχή θερμικής ενέργειας (kW)	34.2	

Εκτίμηση ισοζυγίων μάζας και ενέργειας

Ισοζύγιο θερμικής ενέργειας

Περιγραφή	Υπολογισμοί	Σχόλια
Απαιτούμενη συνολική θερμότητα για ξήρανση θεωρητικά (kW)	19.7	
Απαιτούμενη συνολική θερμότητα για ξηραντή ENGINNOV (kW)	29.3	
Εκτιμώμενο ποσοστό απωλειών λόγω μεταφοράς θερμότητας	20%	Εύρος: 20-30%
Απαιτούμενη συνολική θερμότητα για ξηραντή ENGINNOV, συμπεριλαμβανομένων των απωλειών (kW)	35.1	
Συνολική παροχή θερμικής ενέργειας από μονάδα αεριοποίησης ΠΚ (kW)	34.2	
Καθαρή θερμική ενέργεια (kW)	-0.9	

- ❖ Μεγιστοποίηση ανάκτησης θερμικής ενέργειας από το σύστημα αεριοποίησης: τοποθέτηση του αεριοποιητή – ΜΕΚ σε μονωμένα κουτιά για ανάκτηση του θερμού αέρα.
- ❖ Η θερμική ενέργεια είναι οριακά επαρκής για την κάλυψη αναγκών του συστήματος ξήρανσης.
- ❖ Θα γίνει προσπάθεια αύξησης της απόδοσης του συστήματος (με μόνωση, μειωμένη υγρασία βιοστερεών, κ.λπ.), ώστε να προκύπτει μία θετική διεργασία από άποψη θερμικής ενέργειας.

Ενεργειακή αυτονομία της πιλοτικής μονάδας

- ❖ Οι απώλειες θερμικής ενέργειας και η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας των κινητήρων είναι σχετικά σταθερές ανεξάρτητα από το μέγεθος του συστήματος.
- ❖ Τα μεγαλύτερα συστήματα έχουν το πλεονέκτημα της «οικονομίας κλίμακος», δηλαδή παράγουν περισσότερη ενέργεια από αυτή που καταναλώνεται/χάνεται, επομένως αντισταθμίζουν το έλλειμα ενέργειας που αντιμετωπίζουν τα μικρά συστήματα.

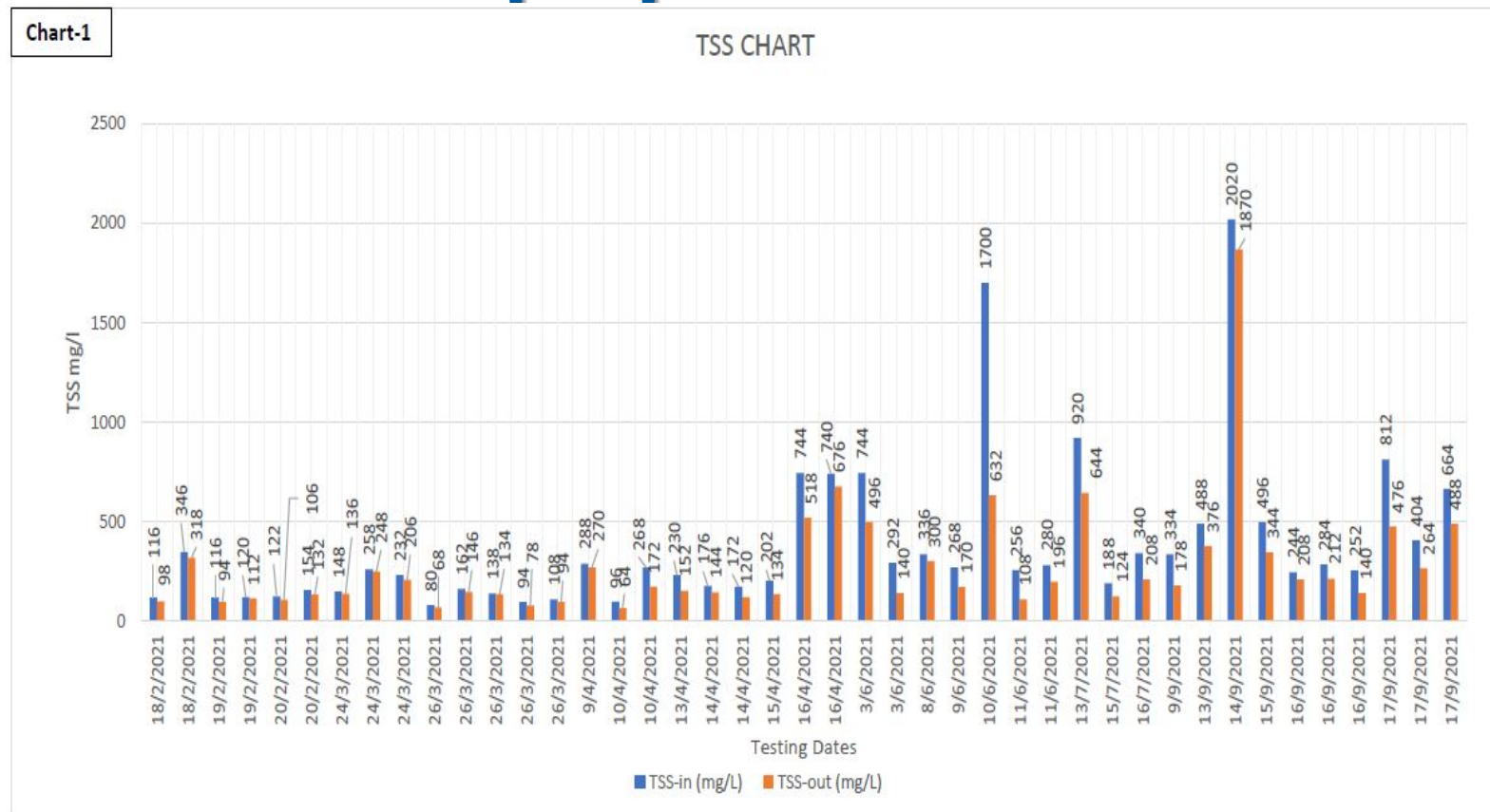
Δοκιμές σε πιλοτικό μικροκόσκινο

Δοκιμές πιλοτικού μικροκόσκινου

- ❖ Δοκιμές συχνότητας πλύσης του ιμάντα
- ❖ Δοκιμές ταχύτητας του ιμάντα
- ❖ Δοκιμές εισερχόμενης παροχής λυμάτων
- ❖ Εφαρμογή δύο ειδών φίλτρου ιμάντα (άνοιγμα πόρων 350μm και 250μm)
- ❖ Προσθήκη κροκιδωτικών
- ❖ Ενσωμάτωση συστήματος συλλογής-ανακυκλοφορίας του νερού πλύσης και των στραγγισμάτων των μικροκοσκινισμένων βιοστερεών.

Αποδοτικότερη φάση δοκιμών

- ❖ Φίλτρο ιμάντα ανοίγματος πόρων **350μm**
- ❖ Εισερχόμενη παροχή λυμάτων **200m³/h**
- ❖ Χωρίς την προσθήκη κροκιδωτικών
- ❖ Χρήση συστήματος ανακυκλοφορίας



- Μέση απομάκρυνση στερεών: ~ **30%**
- Ωριαία παραγωγή βιοστερεών σε ξηρή βάση: **7.7kg/h**

Συμπεράσματα

- ❖ Η μικροκοσκίνιση παράγει βιοστερεά με υψηλή περιεκτικότητα σε στερεά και υψηλό ενεργειακό περιεχόμενο.
- ❖ Η υιοθέτηση καινοτόμων, ενεργειακά αποδοτικών και φιλικών προς το περιβάλλον τεχνολογιών επεξεργασίας λυμάτων, μπορεί να αναβαθμίσει τις συμβατικές ΕΕΛ.
- ❖ Η αξιοποίηση των παραγόμενων μικροκοσκινισμένων βιοστερεών μέσω της αεριοποίησης μπορεί να συμβάλει στην επίτευξη χαμηλότερων ενεργειακών απαιτήσεων στις ΕΕΛ.

1st International Conference on Sustainable Chemical & Environmental Engineering



**SUST
ENG
2022**

31st Aug - 4th Sep 2022

Rethymno, Crete, Greece
hybrid event

www.susteng.eu
secretariat@susteng.eu



organizers



co-organizer



funders



supporters



Technical University of Crete
School of Chemical and
Environmental Engineering



Σας ευχαριστώ!

Καθ. Πέτρος Γκίκας
Συντονιστής του έργου



30 years of bringing green ideas to LIFE



www.biosolids2energy.eu



@LIFEB2E



@LIFEB2E4SustWWTP



LIFE B2E4SustWWTP



LIFE B2E4SustWWTP