

## **WP7 Σχεδιασμός ενός συνολικού συστήματος διαχείρισης των ΑΣΑ και των ΑΥΑ για μία μεσαίου μεγέθους πόλη (πληθυσμού περίπου 100.000 κατοίκων)**

### **3.1 Εισαγωγή**

Η σημερινή κατάσταση στην διαχείριση των αστικών αποβλήτων βασίζεται στην ξεχωριστή συλλογή και επεξεργασία τους ανάλογα με την φυσική κατάσταση στην οποία αυτά βρίσκονται. Με τον όρο στερεά αστικά απόβλητα περιγράφονται κυρίως τα οικιακά απορρίμματα. Αυτά χωρίζονται σε ανακυκλώσιμα, ζυμώσιμα και τον υπόλοιπο όγκο των απορριμμάτων που δεν υπάγονται στις συγκεκριμένες κατηγορίες και χρήζουν ειδικής επεξεργασίας. Ξεχωριστή συλλογή και επεξεργασία υφίστανται κυρίως τα ανακυκλώσιμα υλικά τα οποία οδηγούνται σε Κέντρα Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών, ενώ τα ζυμώσιμα οικιακά απορρίμματα τα οποία είναι κατά βάσει τροφικά υπολείμματα οδηγούνται με τον υπόλοιπο όγκο των απορριμμάτων ως σύμμεκτα σε χώρους υγειονομικής ταφής (ΧΥΤΑ) ή σε μονάδες καύσης. Η συγκεκριμένη προσέγγιση στην διαχείριση των στερεών αποβλήτων έχει περιβαλλοντικές επιπτώσεις με τις σημαντικότερες να εντοπίζονται στην εκπομπή βιοαερίου στην ατμόσφαιρα από τους ΧΥΤΑ.

Μια πρώτη προσπάθεια αντιμετώπισης του συγκεκριμένου προβλήματος έρχεται να καλύψει το διαχειριστικό πλάνο που προτάθηκε μέσω του προγράμματος Waste4Think. Στόχος του ερευνητικού προγράμματος Waste4Think ήταν αποκοπή των ζυμώσιμων αποβλήτων από το κύριο ρεύμα συλλογής των στερεών οικιακών αποβλήτων και αξιοποίηση του ενεργειακού περιεχομένου τους. Συγκεκριμένα, εφαρμόστηκε πιλοτικά ξεχωριστή συλλογή των τροφικών υπολειμμάτων με τη βοήθεια 1000 εθελοντών του Δήμου Χαλανδρίου που συμμετείχαν στο πρόγραμμα. Στην συνέχεια τα τροφικά υπολείμματα υποβάλλονταν σε μια διεργασία ταυτόχρονης ξήρανσης και τεμαχισμού. Το αποτέλεσμα της ξήρανσης των τροφικών υπολειμμάτων ήταν η παραγωγή του FORBI (Food Residue Biomass). Ουσιαστικά το FORBI αποτελεί το στερεό υπόλειμμα της ξήρανσης το οποίο περιέχει τα θρεπτικά συστατικά και το μεγαλύτερο ποσοστό της οργανικής ύλης που περιέχεται στα τροφικά υπολείμματα. Η μετατροπή του όγκου των αποβλήτων σε FORBI διευρύνει τις δυνατότητες αξιοποίησης τους καθώς έχει επιτευχθεί 80% μείωση του βάρους τους. Επιπλέον μέσω της απομάκρυνσης της υγρασίας τους παρέχεται η δυνατότητα αποθήκευσης, χωρίς την ανάπτυξη ανεπιθύμητων μικροβιακών δράσεων όπως η αλκοολική ζύμωση.

Στον αντίποδα τα υγρά αστικά απόβλητα που απαρτίζονται κυρίως από τα αστικά λύματα συλλέγονται μέσω του αποχετευτικού δικτύου των πόλεων και οδηγούνται σε Κέντρα Επεξεργασίας Λυμάτων (ΚΕΛ). Τα στάδια τα οποία ακολουθεί ένα υγρό απόβλητο για την σταθεροποίηση του είναι η πρωτογενής επεξεργασία που αφορά σε φυσικές μεθόδους διαχωρισμού των λυμάτων από τον μεγαλύτερο όγκο στερεών που βρίσκονται σε αυτά, η δευτερογενής επεξεργασία η οποία αποσκοπεί στην απομάκρυνση του ρυπογόνου φορτίου τους ( Οργανικός άνθρακας, Άζωτο και Φώσφορος ) με τη χρήση βιολογικών διεργασιών και η τριτογενής επεξεργασία η οποία αφορά σε φυσικοχημικές μεθόδους απολύμανσης αυτών. Η δευτερογενής επεξεργασία κατά κύριο λόγο βασίζεται στην απομάκρυνση του οργανικού φορτίου των αστικών λυμάτων μέσω βιολογικών διεργασιών. Η συγκεκριμένη διαχειριστική πρακτική βασίζεται κατά κύριο λόγο στην διεργασία της ενεργού ιλύος, όπου επέρχεται βιολογική οξείδωση του οργανικού φορτίου από ετερότροφους μικροοργανισμούς με χρήση μηχανικού αερισμού ως πηγή οξυγόνου. Η δευτερογενής επεξεργασία όμως παρά την λειτουργικότητα της εμφανίζει μειονεκτήματα όπως το μεγάλος κόστος ενέργειας για την λειτουργία του μηχανικού αερισμού, και την παραγωγή περίσσειας ιλύος που χρήζει επιπλέον επεξεργασίας.

Στόχος του ερευνητικού προγράμματος DENOMINATE είναι η δημιουργία ενός καινοτόμου πλάνου διαχείρισης των δύο αυτών αποβλήτων εκμεταλλευόμενο την χημική τους συγγένεια. Τόσο τα τροφικά απόβλητα όσο και τα αστικά λύματα αποτελούνται κατά κύριο λόγο από οργανικές ενώσεις. Επίσης παρά την στερεή τους φάση τα τροφικά απόβλητα περιέχουν σημαντικές ποσότητες υγρασίας και αντίστοιχα τα υγρά αστικά λύματα παρουσιάζουν συγκέντρωση βιοδιασπώμενων στερεών. Έχοντας ως εφελτήριο την ξεχωριστή συλλογή των τροφικών αποβλήτων και την παραγωγή του FORBI μελετήθηκαν πιθανά σενάρια συν διαχείρισης του υγρού κλάσματος των τροφικών υπολειμμάτων που διαχωρίζεται μέσω της ξήρανσης (FMSW condensate) και των υγρών αστικών λυμάτων. Η διεργασία στην οποία στηρίζεται το νέο διαχειριστικό πλάνο είναι η αναερόβια χώνευση. Πλεονέκτημα της συγκεκριμένης διεργασίας έναντι της επικρατούσας βιολογικής οξείδωσης είναι τόσο οι χαμηλότερες ενεργειακές απαιτήσεις όσο και η δυνατότητα ανάκτησης ενέργειας μέσω του παραγόμενου βιο-μεθανίου.

### Προτεινόμενα Διαχειριστικά Σενάρια

Προτείνονται δύο διαχειριστικά σενάρια . Ο σχεδιασμός των συγκεκριμένων σεναρίων βασίστηκε στα αποτελέσματα που εξάχθηκαν από την πιλοτική εφαρμογή τους στο Εργαστήριο Οργανικής Χημικής Τεχνολογίας της Σχολής Χημικών Μηχανικών υπό την επίβλεψη του καθηγητή Γεράσιμου Λυμπεράτου στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος DENOMINATE.

Για όλα τα σενάρια ισχύουν οι παρακάτω παραδοχές.

1. Το πληθυσμιακό ισοδύναμο της πόλης για την οποία σχεδιάστηκαν ανέρχεται σε 100.000 κατοίκους.
2. Τα αστικά λύματα παράγονται με ρυθμό 200 L ανά κάτοικο ανά ημέρα.
3. Το Fermentable Municipal Solid Waste condensate παράγεται με ρυθμό 0,2 L ανά κάτοικο ανά ημέρα.
4. Ως υφιστάμενη κατάσταση υιοθετείται η διεργασία που προτάθηκε μέσω του προγράμματος Waste4Think, η οποία απεικονίζεται στο Σχήμα 2.
5. Η ξήρανση των τροφικών υπολειμμάτων επιτελείται εκτός Κ.Ε.Λ. και το FMSW condensate μεταφέρεται στα Κ.Ε.Λ. με τη χρήση βυτιοφόρων.

Κατά την διάρκεια του ερευνητικού προγράμματος DENOMINATE μελετήθηκαν πειραματικά, δύο εναλλακτικά πλάνα διαχείρισης για το FMSW condensate.

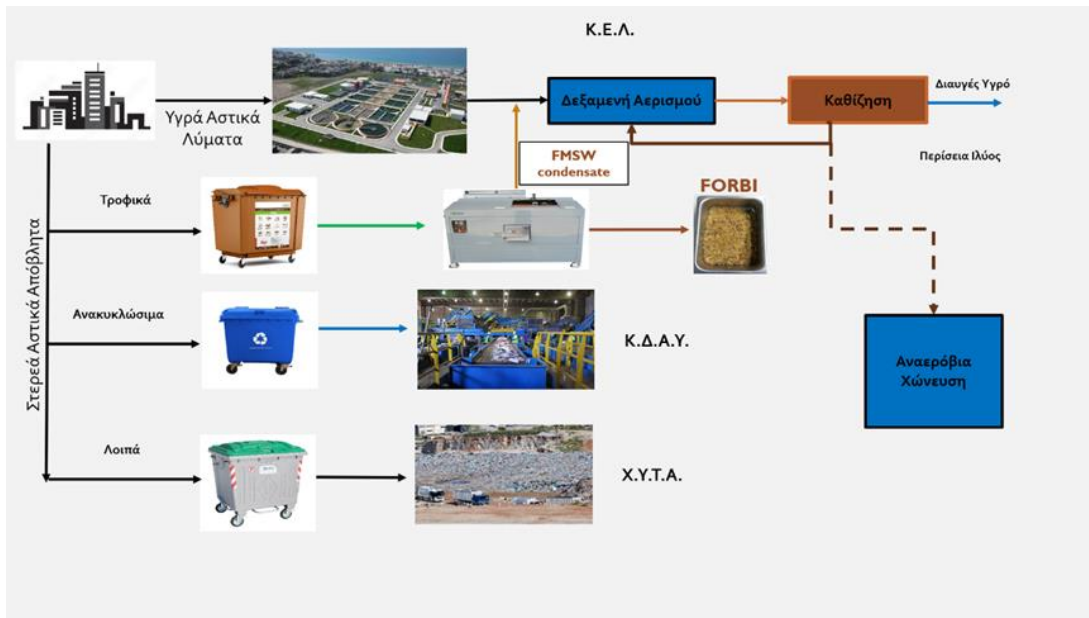
- Το **πρώτο** διαχειριστικό πλάνο προτείνει την απευθείας αναερόβια συν-χώνευση FMSW condensate και Αστικών Λυμάτων σε έναν ταχύρρυθμο αντιδραστήρα με ανακλαστήρες τύπου PABR ( Periodic Anaerobic Baffled Reactor). Το συγκεκριμένο διαχειριστικό σενάριο βασίζεται στην ιδέα της ενίσχυσης των αστικών λυμάτων ως προς την συγκέντρωση οργανικού φορτίου με σκοπό της δημιουργίας ενός κατάλληλου υποστρώματος για την διεργασία της αναερόβιας χώνευσης. Στην πειραματική μελέτη του συγκεκριμένου πλάνου διαχείρισης προστέθηκαν κατά την διάρκεια των πειραμάτων δύο επιπλέον διεργασίες με τελικό στόχο την περαιτέρω αξιοποίηση και επεξεργασία του χωνεμένου υπολείμματος. Αρχικά μελετήθηκε η επεξεργασία της εκροής του αναερόβιου συστήματος μέσω βιολογικής οξείδωσης σε έναν αντιδραστήρα διαλείπουσας λειτουργίας τύπου SBR (Sequence Batch Reactor). Η συγκεκριμένη διεργασία

εκπονήθηκε κατά την διάρκεια του έργου DENOMINATE με σκοπό την επίτευξη των περιβαλλοντικών ορίων ασφαλούς απόρριψης στο περιβάλλον της εκροής του PABR.

Επιπλέον μελετήθηκε η δυνατότητα αξιοποίησης του χωνεμένου υπολείμματος ως υπόστρωμα σε διεργασίες μικροβιακών κυψελίδων καυσίμου τύπου MFC ( Microbial Fuel Cell). Η συγκεκριμένη διεργασία αποσκοπεί στην επεξεργασία του χωνεμένου υπολείμματος με ταυτόχρονη παραγωγή ηλεκτρισμού.

Η επιπρόσθετη επεξεργασία του χωνεμένου υπολείμματος σε αντιδραστήρα τύπου SBR δεν περιλαμβάνεται στα διαχειριστικά σενάρια που προτείνονται καθώς δεν θα είχε διαχειριστικό νόημα η εγκατάσταση ενός επιπλέον συστήματος βιολογικής οξείδωσης στο κέντρο επεξεργασίας λυμάτων. Όσον αφορά τα μικροβιολογικά κελία, δεν είναι έτοιμη η συγκεκριμένη τεχνολογία να εφαρμοστεί στη συγκεκριμένη κλίμακα (100000 κάτοικοι).

- Το **δεύτερο** διαχειριστικό πλάνο που προτείνεται στοχεύει στην ένταξη του FMSW condensate στο υφιστάμενο διαχειριστικό μοντέλο των αστικών λυμάτων. Στα ΚΕΛ κατά την δευτεροβάθμια επεξεργασία η εκροή της δεξαμενής αερισμού (Δεξαμενή Βιολογικά Οξείδωσης) αποτελείται από ένα μείγμα επεξεργασμένου αποβλήτου και ενεργού ιλύος λόγω της επιβαλλόμενης ανάδευσης στην δεξαμενή αερισμού. Το συγκεκριμένο ρεύμα οδηγείται στην δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης όπου επεξεργασμένο απόβλητο και βιολογική λάσπη διαχωρίζονται, με ένα ποσοστό της λάσπης να επιστρέφει στην διεργασία ως ανακυκλοφορία και το υπόλοιπο να οδεύει προς σταθεροποίηση και απόρριψη. Η πιο διαδεδομένη μέθοδος επεξεργασίας της περίσσειας ιλύος είναι η αναερόβια χώνευση. Πάνω σε αυτό το πλαίσιο το δεύτερο διαχειριστικό σενάριο έρχεται να εισάγει το FMSW condensate έμμεσα στο υφιστάμενο διαχειριστικό πλάνο μέσω της συγχώνευσης του με την περίσσεια ενεργού ιλύος.

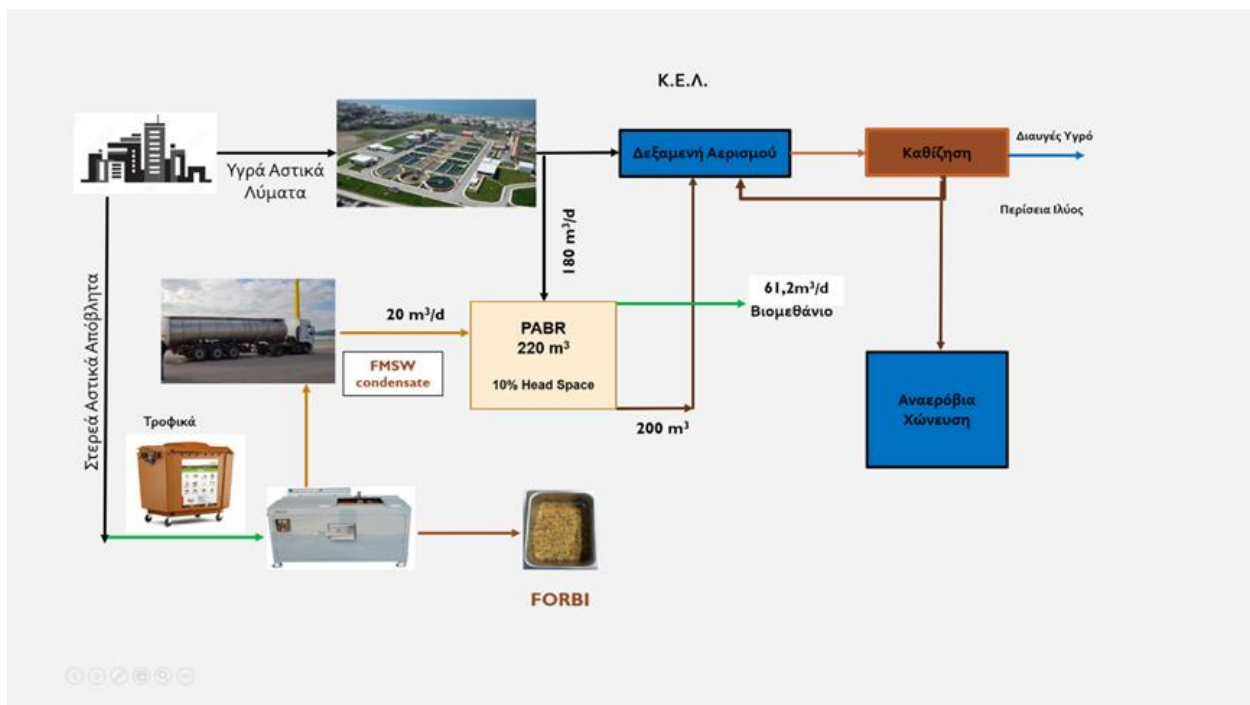


Σχήμα 115 Υπάρχον Διαχειριστικό Πλάνο. \*Κ.Ε.Λ. (Κέντρο Επεξεργασίας Λυμάτων),\*Κ.Δ.Α.Υ (Κέντρο Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών), \*Χ.Υ.Τ.Α.( Χώροι Υγειονομικής Ταφής)

Το διαχειριστικό πλάνο που απεικονίζεται στο Σχήμα 115, αποτελεί την βάση τόσο για τον σχεδιασμό, όσο και για τον υπολογισμό του επενδυτικού και λειτουργικού κόστους των προτεινόμενων δύο σεναρίων. Με βάση το υπάρχον πλαίσιο διαχείρισης παρατηρείται πως υφίσταται ξεχωριστή συλλογή των τροφικών αποβλήτων. Επιπλέον αυτά, σύμφωνα με την εφαρμογή του προγράμματος Waste4Think οδηγούνται προς ξήρανση και παραγωγή FORBI. Η απομακρυνόμενη κατά την ξήρανση υγρασία των τροφικών υπολειμμάτων που αποτελεί το FMSW condensate αναμιγνύεται με το κύριο ρεύμα των αστικών λυμάτων και οδηγείται στην δεξαμενή αερισμού. Η συγκεκριμένη ανάμιξη δεν επηρεάζει τις συνθήκες της βιολογικής οξείδωσης καθώς όπως αναφέρεται στις παραδοχές 2 και 3 η συχνότητα παραγωγής του FMSW condensate είναι χίλιες φορές μικρότερη από αυτή των αστικών λυμάτων.

### **Σενάριο υπ' αριθμόν 1 : Αναερόβια Συγχώνευση Αστικών Λυμάτων και FMSW condensate**

Στο παρών σενάριο προτείνεται η ανάμιξη του Fermentable Municipal Solid Waste (FMSW) condensate με ένα κλάσμα υγρών αστικών λυμάτων σε αναλογία 10% -90% αντίστοιχα. Η αναλογία αυτή επιλέχθηκε κατά την πειραματική μελέτη του σεναρίου σε πιλοτική κλίμακα. Κατά το πειραματικό σκέλος της εφαρμογής του συγκεκριμένου εναλλακτικού πλάνου διαχείρισης η αναερόβια χώνευση συνοδευόταν από βιολογική οξείδωση σε αντιδραστήρα τύπου SBR, καθώς και από διάταξη μικροβιακών κυψελίδων καυσίμου (MFC). Η μελέτη των συγκεκριμένων διεργασιών βοήθησε στην εξαγωγή σημαντικών επιστημονικών αποτελεσμάτων κυρίως ως προς το βιολογικό υπόβαθρο της διεργασίας. Ωστόσο, δεν είναι δυνατή η εφαρμογή τους σε πραγματική κλίμακα. Σύμφωνα με την παραδοχή 5 και το διάγραμμα ροής του Σχήματος 115 η διεργασία της αναερόβιας χώνευσης θα πραγματοποιηθεί στις εγκαταστάσεις του ΚΕΛ. Συνεπώς δεν κρίνεται δόκιμο να σχεδιαστεί εκ νέου μια διεργασία βιολογικής οξείδωσης καθώς η υφιστάμενη είναι αποδοτική. Συνεπώς στο συγκεκριμένο προτεινόμενο διαχειριστικό σενάριο, η εκροή του PABR οδηγείται στην υπάρχουσα διάταξη βιολογικής οξείδωσης των ΚΕΛ (Δεξαμενή Αερισμού). Το διάγραμμα ροής του Σεναρίου 1 η Σενάριο PABR απεικονίζεται στο Σχήμα 115.



Σχήμα 115. Διάγραμμα ροής προτεινόμενου σεναρίου με χρήση PABR (1ο σενάριο)

Με βάση το διάγραμμα ροής του Σχήματος 115 εξάγεται το συμπέρασμα πως μέσω της συγκεκριμένης διεργασίας υπάρχουν δυνατότητες ανάκτησης ενέργειας σε σύγκριση με το ήδη υπάρχον διαχειριστικό πλάνο. Ωστόσο πέραν από το επενδυτικό κόστος του σεναρίου προστίθενται επιπλέον λειτουργικά κόστη στο υπάρχον σύστημα, που αφορούν στην μεταφορά του FMSW condensate στις εγκαταστάσεις του ΚΕΛ και στην ηλεκτρική ενέργεια που απαιτείται τόσο για την λειτουργία του PABR. Οι διαστάσεις του αντιδραστήρα και ο ρυθμός παραγωγής του βιομεθανίου υπολογίστηκαν μέσω γραμμικής προβολής των αντίστοιχων μεγεθών κατά την πειραματική διαδικασία του ερευνητικού έργου σε πιλοτική κλίμακα. Συγκεκριμένα κατά την πειραματική μελέτη της διεργασίας, χρησιμοποιήθηκε ένας πιλοτικός αντιδραστήρας PABR όγκου 77 L και επιβλήθηκε στο σύστημα Υδραυλικός Χρόνος Παραμονής (HRT) ίσος με μία ημέρα. Κατά την συγκεκριμένη πειραματική φάση η παραγωγή του μεθανίου ανοιγμένη σε λίτρα τροφοδοσίας υπολογίσθηκε 0,306 L CH<sub>4</sub>/L τροφοδοσίας. Ακολούθως και για το Σενάριο 1 επιλέχθηκε HRT 1 d.

Με βάση την ημερήσια παροχή condensate και την αναλογία ανάμιξης του με τα Αστικά Λύματα υπολογίστηκαν ο όγκος του αντιδραστήρα, η παροχή του και η ημερήσια παραγωγή βιομεθανίου. Ο όγκος του PABR έχει αυξηθεί κατά 10% ώστε να υπάρξει επαρκής όγκος για τον διαχωρισμό παραγόμενου βιοαερίου και ανάμεικτου υγρού. Στον Πίνακα 52 παρουσιάζονται τα λειτουργικά χαρακτηριστικά της διεργασίας του Σεναρίου 1.

Πίνακας 52 Λειτουργικές παράμετροι διεργασίας αναερόβιας χώνευσης μίγματος FMSW condensate και Αστικών Λυμάτων σε ταχύρρυθμο αντιδραστήρα PABR

---

<b>Σενάριο 1: Παράμετροι Λειτουργίας</b>	
Ημερήσια Παραγωγή FMSW condensate ανά κάτοικο	0,2 L
FMSW condensate προς PABR	20 m <sup>3</sup>
Υγρά Αστικά Λύματα προς PABR	180 m <sup>3</sup>
Όγκος PABR	220 m <sup>3</sup>
Υδραυλικός Χρόνος Παραμονής PABR	1 d
Ημερήσια Παραγωγή Μεθανίου	61.2m <sup>3</sup>

---

Κίνητρο για τον σχεδιασμό ενός νέου διαχειριστικού μοντέλου είναι αρχικά η εξοικονόμηση ενέργειας μέσω της αντικατάστασης της βιολογικής οξειδωσης καθώς και η πιθανότητα ανάκτησης ενέργειας μέσω του παραγόμενου βιοαερίου. Όσον αφορά το πρώτο σκέλος, το μεγαλύτερο κόστος της βιολογικής οξειδωσης οφείλονται στις ανάγκες αερισμού οι οποίες εξαρτώνται από την συγκέντρωση οργανικού φορτίου. Υποθέτοντας λοιπόν αλληλεξάρτηση μεταξύ, της ποσότητας οργανικού (κατά του συνέπεια όγκου αστικών λυμάτων που οδηγούνται προς αερισμό) και του κόστους αερισμού, υπολογίζεται η εξοικονόμηση ενέργειας από την εκτροπή του κλάσματος των αστικών λυμάτων προς τον PABR. Με βάσει την παραδοχή (1) και (2) εκτρέπεται το 0,9% της ημερήσιας παραγωγής των αστικών λυμάτων. Το μέγεθος αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα πως η εξοικονόμηση ενέργειας θα κυμαίνεται στην ίδια τάξη μεγέθους.

Όσον αφορά το μέγεθος της ανακτώμενης ενέργειας αυτή υπολογίζεται με βάσει τα λίτρα μεθανίου που παράγονται ημερησίως. Συγκεκριμένα ημερησίως παράγονται 61,2 m<sup>3</sup> μεθανίου την ημέρα. Με βάσει το ενεργειακό υπόβαθρο της συγκεκριμένης ένωσης η συγκεκριμένη παροχή μεταφράζεται σε 2200 MJ ανά ημέρα (Θερμογόνος Δύναμη Μεθανίου : 36 MJ/ m<sup>3</sup>).

Για να αξιολογηθεί το προτεινόμενο εναλλακτικό σενάριο διαχείρισης αστικών αποβλήτων ως προς την αποδοτικότητα του είναι αναγκαίο να επιτελεστεί ανάλυση κύκλου ζωής καθώς και τεχνοοικονομική μελέτη.

Η τεχνοοικονομική μελέτη που εκπονήθηκε για το Σενάριο 1 εστίασε στον υπολογισμό του αρχικού επενδυτικού κόστους του Σεναρίου και στο λειτουργικό του κόστος. Τα συγκεκριμένα μεγέθη υπολογίσθηκαν με τη χρήση του λογισμικού ASPEN PLUS. Όσον αφορά το επενδυτικό κόστος (Capital Cost , CC) υπολογίσθηκε σε νομισματικές μονάδες, ενώ το λειτουργικό κόστος (Operational Cost, OC),

υπολογίσθηκε σε μονάδες ενέργειας συγκεκριμένα kWh. Οι παραδοχές που υιοθετήθηκαν για τον υπολογισμό του CC και του OC είναι οι εξής:

- i) Επενδυτικό κόστος θεωρείται η κατασκευή και η εγκατάσταση του PABR και η αγορά του μηχανισμού άντλησης του FMSW condensate και των Αστικών Λυμάτων προς των PABR.
- ii) Λειτουργικό κόστος θεωρείται η απαιτούμενη ενέργεια για την μεταφορά του condensate στις εγκαταστάσεις των ΚΕΛ, η ενέργεια για την λειτουργία των αντλητικών μηχανισμών καθώς και η απαιτούμενη ενέργεια για την θέρμανση του PABR ώστε η θερμοκρασία του να παραμένει σταθερή στους 35°C.

Στον Πίνακα 53 παρουσιάζεται το βασικό επενδυτικό κόστος της διεργασίας του Σεναρίου 1, ενώ στον Πίνακα 3 το βασικό λειτουργικό κόστος.

Πίνακας 53: Βασικό επενδυτικό κόστος Σεναρίου 1

<b>Σενάριο 1: Επενδυτικό Κόστος</b>	<b>Euro (€)</b>
Αγορά & Εγκατάσταση PABR	385000
Αγορά & Εγκατάσταση Αντλίας FMSW condensate	10000
Αγορά & Εγκατάσταση Αντλίας Αστικών Λυμάτων	4000

Πίνακα 54: Βασικό λειτουργικό κόστος Σεναρίου 1

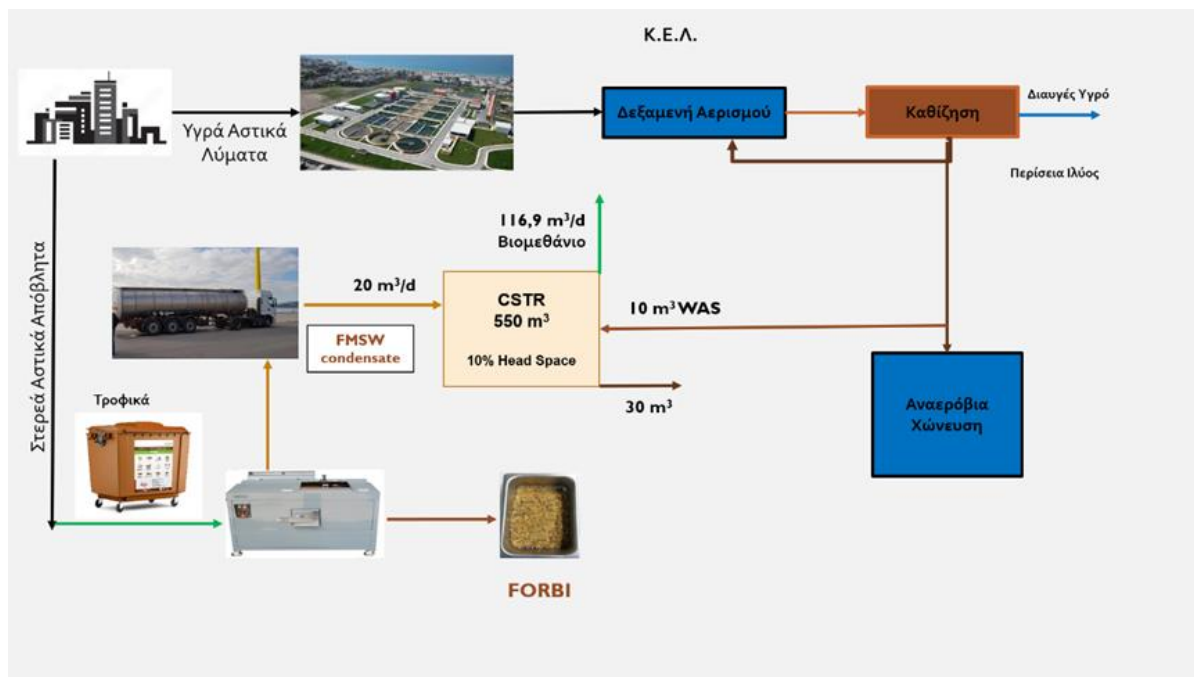
<b>Σενάριο 1: Λειτουργικό Κόστος</b>	<b>kW/year</b>
Συνολική Απαίτηση Ηλεκτρικής Ενέργειας	60899
Ηλεκτρική Ενέργεια Άντλησης	182,7
Ηλεκτρική Ενέργεια Θέρμανση	60716,3

Όπως παρατηρείται από τον Πίνακα 54 είναι εμφανές πως η συντριπτική πλειοψηφία του λειτουργικού κόστους (99,7%) οφείλεται στις ανάγκες θέρμανσης του συστήματος. Το γεγονός αυτό προσφέρεται για περαιτέρω μελέτη καθώς σε εύκρατα κλίματα όπως της Ελλάδας το κόστος αυτό έχει περιθώρια βελτιστοποίησης.

Για τον υπολογισμό του λειτουργικού κόστους του Σεναρίου 1 με την βοήθεια του λογισμικού ASPEN PLUS, η διεργασία προσομοιάστηκε με ένα δοχείο ίσου όγκου και παρεμφερούς υλικού κατασκευής με τον PABR, το οποίο τροφοδοτείται με παρόμοιες με την διεργασία παροχές.

### 3.2.2 Σενάριο υπ' αριθμόν 2 : Αναερόβια Συγχώνευση FMSW condensate και περίσσειας ενεργού ιλύος

Στο παρόν σενάριο προτείνεται η ανάμιξη του Fermentable Municipal Solid Waste (FMSW) condensate με περίσσεια ενεργού ιλύος ( Waste Activated Sludge WAS) που παράγεται κατά την διεργασία της βιολογικής οξείδωσης. Η αναλογία ανάμιξης επιλέχθηκε με βάση τα αποτελέσματα της πειραματικής μελέτης της διεργασίας με βασικό κριτήριο την μεγιστοποίηση της παραγωγής μεθανίου. Τα δύο ρεύματα αναμιγνύονται σε αναλογία 33,3 % FMSW condensate / 66,7 % WAS, ή 1:2. Το διάγραμμα ροής του συγκεκριμένου Σεναρίου παρουσιάζεται στην **Εικόνα 3**.



Σχήμα 116 Διάγραμμα ροής εναλλακτικού Σεναρίου 2

Με βάση το διάγραμμα ροής του Σεναρίου 2 εξάγεται το συμπέρασμα πως μέσω της συγκεκριμένης διεργασίας υπάρχουν δυνατότητες ανάκτησης ενέργειας μέσω αναερόβιας χώνευσης, ωστόσο δεν είναι δυνατόν να εκτιμηθεί εάν η εκτροπή των 10 m³ περίσσειας ενεργού ιλύος την ημέρα από την κύρια διεργασία αναερόβιας χώνευσης που κατευθύνεται αυξάνει την ημερήσια παραγωγή μεθανίου. Επιπλέον εξετάζοντας την διεργασία ως προς την επεξεργασία του FMSW condensate, παρατηρείται πως για την επεξεργασία ίδιας ποσότητας condensate απαιτείται υπερδιπλάσιος όγκος αντιδραστήρα. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι ο CSTR δεν αποτελεί ταχύρρυθμο σύστημα και χρειάζεται μεγαλύτερους χρόνους παραμονής. Ο υπολογισμός των διαστάσεων του αντιδραστήρα και των απαιτούμενων ροών πραγματοποιήθηκε με βάση τα αποτελέσματα της πειραματικής μελέτης της διεργασίας σε πιλοτική κλίμακα. Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε ένας αντιδραστήρας τύπου CSTR όγκου 100L. Η βέλτιστη φάση λειτουργίας ως προς την παραγωγή μεθανίου είχε υδραυλικό χρόνο παραμονής 15 ημέρες και αναλογία FMSW condensate/ WAS 1:2. Με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα υπολογίσθηκαν οι λειτουργικές παράμετροι για την διεργασία που παρουσιάζονται στον Πίνακα 4. Επισημαίνεται πως και στην συγκεκριμένη διεργασία ο όγκος του αντιδραστήρα προσαυξάνεται κατά 10 %.



Πίνακας 55: Παράμετροι λειτουργίας εναλλακτικού Σεναρίου 2

<b>Σενάριο 2: Παράμετροι Λειτουργίας</b>	
Ημερήσια Παραγωγή FMSW condensate ανά κάτοικο	0,2 L
FMSW condensate προς CSTR	20 m <sup>3</sup>
WAS προς CSTR	10 m <sup>3</sup>
Όγκος CSTR	550 m <sup>3</sup>
Υδραυλικός Χρόνος Παραμονής PABR	15 d
Ημερήσια Παραγωγή Μεθανίου	116.9m <sup>3</sup>

Όσον αφορά το μέγεθος της ανακτώμενης ενέργειας αυτή υπολογίζεται με βάσει τα λίτρα μεθανίου που παράγονται ημερησίως. Συγκεκριμένα ημερησίως παράγονται 116.9 m<sup>3</sup> μεθανίου την ημέρα. Με βάσει το ενεργειακό υπόβαθρο της συγκεκριμένης ένωσης η συγκεκριμένη παροχή μεταφράζεται σε 4200 MJ ανά ημέρα (*Θερμογόνος Δύναμη Μεθανίου : 36 MJ/ m<sup>3</sup>*).

Ακολουθώντας την ίδια μεθοδολογία εκπονήθηκε τεχνοοικονομική μελέτη και για το Σενάριο 2. Τα αποτελέσματα επενδυτικού και λειτουργικού κόστους παρουσιάζονται στους Πίνακες 56 και 57 αντίστοιχα.

Πίνακας 56: Βασικό επενδυτικό κόστος Σεναρίου 2

<b>Σενάριο 2: Επενδυτικό Κόστος</b>	<b>Euro (€)</b>
Αγορά & Εγκατάσταση CSTR	650000
Αγορά & Εγκατάσταση Αντλίας FMSW condensate	4000
Αγορά & Εγκατάσταση Αντλίας WAS	4000

Πίνακας 57: Βασικό λειτουργικό κόστος Σεναρίου 2

<b>Σενάριο 2: Λειτουργικό Κόστος</b>	<b>kW/year</b>
Συνολική Απαίτηση Ηλεκτρικής Ενέργειας	53998

Ηλεκτρική Ενέργεια Άντλησης	161,994
Ηλεκτρική Ενέργεια Θέρμανσης	53836,006

---

Στην συγκεκριμένη μελέτη η ηλεκτρική ενέργεια που προορίζεται για την θέρμανση του αντιδραστήρα παρουσιάζει μικρότερη τιμή, γεγονός που οφείλεται στην υψηλότερη θερμοκρασία της ενεργού υλός. Επιπλέον παρατηρείται πως η ενέργεια άντλησης είναι σαφώς μικρότερη εξαιτίας του αυξημένου HRT της διεργασίας.

### **Συμπεράσματα**

Όσον αφορά τα αρχικά επενδυτικά κόστη που απαιτούνται για την εφαρμογή των ανωτέρω αρχικώς προτεινόμενων διαχειριστικών σεναρίων γίνεται αντιληπτό πως είναι αρκετά υψηλά. Συγκεκριμένα το αρχικό επενδυτικό κόστος για το διαχειριστικό σενάριο 2 ανέρχεται στα 658000 ευρώ σχεδόν διπλάσιο από το αντίστοιχο του σεναρίου 1. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην διαφορά όγκων ανάμεσα στους δύο αντιδραστήρες.

Ωστόσο αξίζει να αναφερθεί πως η ανάγκη για την διερεύνηση των ανωτέρω σεναρίων προκύπτει λόγω της βιωσιμότητας και της αξιοποίησης του FORBI (στερεής βιομάζας) καθώς και του συμπυκνώματος που παράγεται μέσω της ξήρανσης των ζυμώσιμων στερεών αστικών αποβλήτων.