

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑ**



**ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ  
ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΕΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**



**ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
«ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ»**

**ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΣΕ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ  
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΚΑΙ ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ.  
ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ  
ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΓΑΛΑΚΤΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ ΦΑΓΕ ΚΑΙ ΕΕΛ ΒΥΤΙΝΑΣ**

**ΤΟΥΛΙΑΤΟΥ ΙΩΑΝΝΑ**



**ΑΘΗΝΑ - ΙΟΥΝΙΟΣ 2012**

**ΕΠΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: ΓΡΗΓΟΡΟΠΟΥΛΟΥ ΕΛΕΝΗ**

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη μονάδων επεξεργασίας βιομηχανικών αποβλήτων και μονάδων επεξεργασίας αστικών λυμάτων με γνώμονα την ενέργεια που καταναλώνεται σε αυτές για την πραγματοποίηση του συνόλου των διεργασιών.

Αρχικά αναφέρονται γενικά τα χαρακτηριστικά των αστικών λυμάτων και των υγρών βιομηχανικών αποβλήτων καθώς και τα βασικά στάδια επεξεργασίας βιομηχανικών αποβλήτων και αστικών λυμάτων. Παρουσιάζονται επίσης στοιχεία για την ενεργειακή κατανάλωση των εγκαταστάσεων επεξεργασίας βιομηχανικών αποβλήτων και αστικών λυμάτων και τον περιβαλλοντικό αντίκτυπο των μονάδων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων από την κατανάλωση ενέργειας κατά τη λειτουργία τους.

Στη συνέχεια μελετάται η παραγωγική διαδικασία μιας γαλακτοβιομηχανίας και στοιχεία που αφορούν στα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά των αποβλήτων της γαλακτοβιομηχανίας. Αναλύεται η εγκατάσταση της γαλακτοβιομηχανίας ΦΑΓΕ και παρουσιάζονται δεδομένα που έχουν συγκεντρωθεί και αφορούν στην ενέργεια που καταναλώνεται για την επεξεργασία των αποβλήτων της ΦΑΓΕ και το κόστος που συνεπάγεται αυτή η κατανάλωση σε αναλογία με το συνολικό κόστος λειτουργίας της.

Ως παράδειγμα εγκατάστασης επεξεργασίας αστικών λυμάτων, αναλύεται η ΕΕΛ Βυτίνας. Παρουσιάζονται οι διεργασίες που πραγματοποιούνται και ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός που συνιστά την εγκατάσταση και πώς συνεισφέρει στη συνολική κατανάλωση ενέργειας. Στην ανάλυση της ΕΕΛ Βυτίνας παρουσιάζονται επίσης στοιχεία που αφορούν στο κόστος της ενέργειας σε σχέση με το συνολικό κόστος λειτουργίας της εγκατάστασης.

Τέλος παρουσιάζονται τα αποτελέσματα σύγκρισης μεταξύ των δύο εγκαταστάσεων που αναλύθηκαν, καθώς και της ΕΕΛ Βυτίνας με άλλες ΕΕΛ στην Ελλάδα και στο εξωτερικό, με δεδομένα που συγκεντρώθηκαν από τη βιβλιογραφία, και της εγκατάστασης επεξεργασίας αποβλήτων της ΦΑΓΕ με θεωρητικό μοντέλο που προσομοιάζει την εγκατάσταση της ΦΑΓΕ επίσης από τη βιβλιογραφία.

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν είναι τα ακόλουθα:

- ο Στις εγκαταστάσεις που αναλύθηκαν καταναλώνονται σημαντικότερα ποσά ενέργειας σε σχέση με τις αντίστοιχες εγκαταστάσεις που παρουσιάζονται στη βιβλιογραφία. Συγκεκριμένα στη ΦΑΓΕ υπολογίστηκε ότι η μέση

κατανάλωση ενέργειας ανά μονάδα όγκου παροχής αποβλήτου προς επεξεργασία είναι  $4,72\text{kWh/m}^3$  ενώ η αντίστοιχη τιμή για το θεωρητικό μοντέλο γαλακτοβιομηχανίας έχει υπολογιστεί  $1,14\text{ kWh/m}^3$ . Όσο για την ΕΕΛ Βυτίνας, η μέση κατανάλωση ενέργειας ανά όγκο παροχής λύματος προς επεξεργασία υπολογίστηκε  $3,8\text{ kWh/m}^3$  ενώ ο μέσος όρος για ελληνικές εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών λυμάτων έχει καταγραφεί στη βιβλιογραφία περίπου  $0,9\text{ kWh/m}^3$ .

- Τόσο η εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων Βυτίνας όσο και η εγκατάσταση επεξεργασίας αποβλήτων της ΦΑΓΕ εμφανίζουν σημαντικά περιθώρια βελτίωσης όσον αφορά στην ενεργειακή κατανάλωση. Από την ανάλυση στην εγκατάσταση της Βυτίνας, διαπιστώθηκε ότι η στεγανοποίηση του δικτύου αποχέτευσης για να μειωθούν οι διαρροές βρόχινου νερού, θα συμβάλλει σημαντικά στη μείωση του όγκου λυμάτων προς επεξεργασία και κατά συνέπεια στη μείωση της καταναλωμένης ενέργειας. Επίσης προέκυψαν σημαντικές ενδείξεις ότι υπάρχουν περιθώρια μείωσης της εγκατεστημένης ισχύος του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού. Όσον αφορά στην εγκατάσταση της ΦΑΓΕ, διαπιστώθηκαν αδύνατα σημεία στα οποία δεν υπάρχει περιθώριο παρέμβασης, όπως η χωροθέτηση των δεξαμενών που πραγματοποιούνται οι διεργασίες και που είναι σε απόσταση λόγω διαμόρφωσης του χώρου. Ίσως επιδέχεται περαιτέρω μελέτης αν η μεταφορά των αποβλήτων γινόταν με αντλίες και όχι με ρεύμα αέρα που γίνεται τώρα, αν θα βελτιωνόταν η εγκατάσταση ως προς την ενεργειακή κατανάλωση.
- Η εγκατάσταση επεξεργασίας αποβλήτων της ΦΑΓΕ είναι πολύ καλύτερη εγκατάσταση από την εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων της Βυτίνας, ως προς την ενέργεια που καταναλώνεται ανά ρυπαντικό φορτίο που απομακρύνεται, συμπέρασμα όμως που δε μπορεί να γενικευτεί για τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας βιομηχανικών αποβλήτων έναντι εγκαταστάσεων επεξεργασίας αστικών λυμάτων, καθότι τόσο η εγκατάσταση της Βυτίνας όσο και της ΦΑΓΕ, διαπιστώθηκε ότι αποκλίνουν σημαντικά από το μέσο όρο αντίστοιχων εγκαταστάσεων επεξεργασίας αποβλήτων.

**ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ** .....

**ΠΕΡΙΛΗΨΗ**..... I

**ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ** ..... III

**ΕΙΣΑΓΩΓΗ**..... 1

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1** ..... 2

**ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΓΡΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΚΑΙ ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ**..... 2

**1.1. ΑΣΤΙΚΑ ΛΥΜΑΤΑ** ..... 2

**1.2. ΥΓΡΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ** ..... 6

**1.3. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ** ..... 7

**1.3.1. ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ**..... 11

**1.3.2. ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ** ..... 12

**1.3.3. ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ** ..... 14

**1.3.4. ΤΡΙΤΟΓΕΝΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ** ..... 17

**1.4. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΙΛΥΟΣ**..... 19

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2** ..... 21

**ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΜΟΝΑΔΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ** ..... 21

**2.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ** ..... 21

**2.2. ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΝΟΜΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ** ..... 22

**2.3. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΑΝΑ ΣΤΑΔΙΟ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ**..... 26

**2.4. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΣ ΑΝΤΙΚΤΥΠΟΣ ΜΟΝΑΔΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥΣ**..... 28

**2.5. ΚΟΣΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΟΝΑΔΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ**..... 31

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3** ..... 34

**ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΓΑΛΑΚΤΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ** ..... 34

**3.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΣΕ ΓΑΛΑΚΤΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ** ..... 34

**3.2. ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΑ ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΣΕ ΓΑΛΑΚΤΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ** ..... 36

**3.3. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΕ ΓΑΛΑΚΤΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ**..... 40

**3.4. ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΓΑΛΑΚΤΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ - ΦΑΓΕ** ..... 41

**3.5. ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΦΑΓΕ – ΠΟΙΟΤΙΚΑ & ΠΟΣΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ**..... 43

**3.5.1. ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΠΟΡΡΟΗΣ – ΑΠΟΔΕΚΤΗΣ** ..... 44

**3.5.2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ**..... 46

**3.5.3. ΠΟΙΟΤΙΚΑ & ΠΟΣΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΚΑΙ ΛΑΣΠΗΣ**..... 55

**3.6. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΦΑΓΕ** ..... 57

3.6.1. ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ – ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ .....	58
3.6.2. ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ .....	61
3.6.3. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΑΝΑ ΣΤΑΔΙΟ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ .....	63

#### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 .....68**

#### **ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ.....68**

4.1. ΒΥΤΙΝΑ – ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΟΛΗΣ .....	68
4.2. ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΑ ΑΣΤΙΚΑ ΛΥΜΑΤΑ ΒΥΤΙΝΑΣ - ΠΟΣΟΤΙΚΑ & ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ .....	69
4.2.1. ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΠΟΡΡΟΗΣ – ΑΠΟΛΕΚΤΗΣ .....	72
4.2.2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ .....	73
4.2.3. ΠΟΙΟΤΙΚΑ & ΠΟΣΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΚΑΙ ΛΑΣΠΗΣ.....	78
4.3. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ ΒΥΤΙΝΑΣ	80
4.3.1. ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ – ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ .....	80
4.3.2. ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ .....	82
4.3.3. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΑΝΑ ΣΤΑΔΙΟ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ .....	84
4.3.4. ΚΟΣΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΕΕΛ ΒΥΤΙΝΑΣ – ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	84

#### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 .....86**

#### **ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΠΟΒΑΝΤΩΝ ΓΑΛΑΚΤΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ – ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ.....86**

5.1. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΠΟΒΑΝΤΩΝ ΦΑΓΕ – ΕΕΛ ΒΥΤΙΝΑΣ.....	86
5.1.1. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΔΕΙΚΤΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΠΟΒΑΝΤΩΝ ΦΑΓΕ – ΕΕΛ ΒΥΤΙΝΑΣ.....	86
5.1.2. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΠΟΒΑΝΤΩΝ ΦΑΓΕ – ΕΕΛ ΒΥΤΙΝΑΣ ΑΝΑ ΣΤΑΔΙΟ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ .....	88
5.1.3. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΠΟΒΑΝΤΩΝ ΦΑΓΕ – ΕΕΛ ΒΥΤΙΝΑΣ.....	90
5.2. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΕΛ ΒΥΤΙΝΑΣ ΜΕ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΤΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ. ....	93
5.2.1. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΕΛ ΒΥΤΙΝΑΣ ΜΕ ΑΛΛΕΣ ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΕΕΛ .....	93
5.2.2. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΕΛ ΒΥΤΙΝΑΣ ΚΑΙ ΑΛΛΩΝ ΕΕΛ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....	96
5.2.3. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΕΛ ΒΥΤΙΝΑΣ ΜΕ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΓΙΑ ΕΕΛ ΔΙΕΘΝΩΣ .....	99
5.2.4. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΕΛ ΒΥΤΙΝΑΣ ΜΕ ΑΛΛΕΣ ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΕΕΛ, ΑΝΑ ΣΤΑΔΙΟ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	100
5.2.5. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΕΛ ΒΥΤΙΝΑΣ ΜΕ ΑΛΛΕΣ ΕΕΛ .....	102
5.3. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΠΟΒΑΝΤΩΝ ΦΑΓΕ ΜΕ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΠΟΒΑΝΤΩΝ ΓΑΛΑΚΤΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ ΑΠΟ ΤΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ. ....	104
5.3.1. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΠΟΒΑΝΤΩΝ ΓΑΛΑΚΤΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ.....	105

<b>5.3.2. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΔΕΙΚΤΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΦΑΓΕ ΜΕ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΓΑΛΑΚΤΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ.....</b>	<b>106</b>
<b>5.3.3. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΦΑΓΕ ΜΕ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΓΑΛΑΚΤΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ ΑΝΑ ΣΤΑΔΙΟ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ .....</b>	<b>108</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 .....</b>	<b>110</b>
<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>110</b>
<b>6.1. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>110</b>
<b>6.2. ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ.....</b>	<b>115</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>116</b>
<b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΙ ΠΙΝΑΚΕΣ.....</b>	<b>119</b>
<b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΣΧΗΜΑΤΑ .....</b>	<b>122</b>
<b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ .....</b>	<b>123</b>
<b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΕΣ ΕΙΚΟΝΕΣ .....</b>	<b>124</b>

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στις μέρες μας εμφανίζεται αυξημένη ευαισθητοποίηση σε θέματα εξοικονόμησης ενέργειας, γεγονός που αποδίδεται τόσο στη μείωση των αποθεμάτων των συμβατικών καυσίμων που συνεπαγωγικά έχει ως αποτέλεσμα αύξηση του κόστους της ενέργειας, όσο και στις εμφανείς πλέον περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την κατανάλωση συμβατικών πηγών ενέργειας, και τις επιπτώσεις που έχουν στην ανθρώπινη υγεία. Η ανάγκη για ορθολογική χρήση της ενέργειας και βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης σε όλους τους τομείς καθίσταται πλέον επιτακτική.

Από την άλλη, στα πλαίσια μείωσης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη διάθεση επεξεργασμένων βιομηχανικών αποβλήτων και αστικών λυμάτων, και εξαιτίας των αυστηρών ορίων που έχουν θεσπιστεί προς αυτήν την κατεύθυνση, οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας βιομηχανικών αποβλήτων – αστικών λυμάτων υιοθετούν εξελιγμένες τεχνολογίες, για την επίτευξη των νέων αυστηρότερων στόχων. Το στοίχημα στην εποχή μας στον τομέα επεξεργασίας αποβλήτων είναι να επιτυγχάνεται στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας αποβλήτων – λυμάτων η μεγαλύτερη μείωση του ρυπαντικού φορτίου με τη μικρότερη κατανάλωση ενέργειας.

Στην εργασία που παρουσιάζεται στη συνέχεια αναλύονται δεδομένα που στόχο έχουν να παρουσιάσουν την εικόνα για την ενεργειακή κατανάλωση σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας βιομηχανικών αποβλήτων και αστικών λυμάτων στη χώρα μας, ώστε να καταδειχθεί η δυνατότητα βελτίωσης των εγκαταστάσεων με όρους ενεργειακής κατανάλωσης. Στόχος περαιτέρω μελλοντικής εργασίας είναι να αναλυθούν πρακτικές και τεχνολογίες που θα συνεισφέρουν προς την κατεύθυνση της εξοικονόμησης.

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών «Διαχείριση συστημάτων ενέργειας και προστασίας περιβάλλοντος» που πραγματοποιείται σε συνεργασία του Τμήματος Βιομηχανικής Διοίκησης και Τεχνολογίας του Πανεπιστημίου Πειραιά και της Σχολής Χημικών Μηχανικών του Ε.Μ.Π..

Για τη βοήθειά τους στην πραγματοποίηση της εργασίας ευχαριστώ θερμά τον Νίκο Κωτσιονόπουλο, επιβλέποντα μηχανικό της ΕΕΛ Βυτίνας, και το Δημήτρη Περδίκη, επιβλέποντα της εγκατάστασης επεξεργασίας αποβλήτων της ΦΑΓΕ, καθώς και την επιβλέπουσα καθηγήτρια κα Λένα Γρηγοροπούλου που συνέβαλε καθοριστικά στην ολοκλήρωσή της.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

### ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΓΡΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΚΑΙ ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ

#### 1.1. Αστικά λύματα

Αστικά υγρά απόβλητα ή λύματα καλούνται όλα εκείνα τα υγρά που προέρχονται από τις χρήσεις μιας κοινότητας. Το 99% της μάζας τους αποτελείται από υγρά, ενώ το υπόλοιπο 1% αποτελείται από επιπλέοντα στερεά (εναιώρημα), χαρακτηρίζονται δε από τον όγκο, τη ροή, τις φυσικοχημικές τους ιδιότητες, τη χημική τους σύσταση και το είδος των μικροοργανισμών που εμπεριέχουν. Ανάλογα με την προέλευσή τους κατηγοριοποιούνται σε οικιακά, νοσοκομειακά, εμπορικά, βιομηχανικά (με την προϋπόθεση ότι τα λύματα των βιομηχανιών διατίθενται προς επεξεργασία μαζί με τα αστικά σε κοινό δίκτυο), γεωργικά και επιφανειακές απορροές.

**Οικιακά** Εδώ υπάγονται τα υγρά απόβλητα που προέρχονται από το ανθρώπινο σώμα, τις οικιακές πλύσεις και την προετοιμασία του φαγητού. Όσα προέρχονται από ιδρύματα (Πανεπιστήμια, φυλακές κ.λ.π.) επειδή πέφτουν κι αυτά στον κοινό αποχετευτικό αγωγό που διατρέχει τις πόλεις.

**Νοσοκομειακά** Εδώ υπάγονται τα υγρά απόβλητα που προέρχονται από το ανθρώπινο σώμα, τις νοσοκομειακές πλύσεις και τις απορρίψεις χημικών (κυρίως υγρών φαρμάκων).

**Εμπορικά** Προέρχονται από χρήσεις του νερού σε εστιατόρια, ξενοδοχεία, καταστήματα κ.λ.π.

**Βιομηχανικά** Είναι τα απόβλητα που προέρχονται από τη χρήση του νερού σε βιομηχανικές μονάδες για την παραγωγή και συσκευασία αγαθών και όταν διοχετεύονται σε κοινό δίκτυο με τα αστικά λύματα προς επεξεργασία.

**Γεωργικά** Υγρά απόβλητα από τη χρήση του νερού για ύδρευση χωραφιών, καθαρισμό στάβλων κ.λ.π. και όταν διοχετεύονται σε κοινό δίκτυο με τα αστικά λύματα προς επεξεργασία.

**Επιφανειακές απορροές** Είναι τα υγρά εκείνα τα οποία προέρχονται συνήθως από καταιγίδες και τα οποία δεν απορροφούνται από το έδαφος και ρέουν προς ένα σημείο συγκέντρωσης, εκπλέοντας το έδαφος και συμπαρασύροντας μαζί τους ρύπους που έχουν επικαθήσει στη επιφάνειά του, υπό την προϋπόθεση ότι δεν υπάρχει χωριστό σύστημα (αποχέτευση – όμβρια). Στους παρακάτω πίνακες (Πίνακες



1.1 και 1.2) παρουσιάζεται η τυπική χημική σύσταση των υγρών αποβλήτων και οι τυπικές τιμές συγκέντρωσης των συστατικών τους.

ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ		ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ <sup>1</sup>		
		ΧΑΜΗΛΗ	ΜΕΣΑΙΑ	ΥΨΗΛΗ
Ολικά στερεά (TS)	mg/L	390	720	1230
Διαλυμένα ολικά στερεά (TDS)	mg/L	270	500	860
Σταθεροποιημένα (ανόργανα) (FS)	mg/L	160	300	520
Ολικά αιωρούμενα στερεά (TSS)	mg/L	120	210	400
Σταθεροποιημένα (ανόργανα)	mg/L	25	50	85
Πτητικά (οργανικά) (VS)	mg/L	95	160	315
Αιωρούμενα στερεά (SS)	mg/L	5	10	20
Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο 5 ημερών σε 20°C (BOD <sub>5</sub> , 20°C)	mg/L	110	190	350
Συνολικός οργανικός άνθρακας (TOC)	mg/L	80	140	260
Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD)	mg/L	250	430	800
Αζωτο (ολικό ως N)	mg/L	20	40	70
Οργανικό άζωτο	mg/L	8	15	25
Αμμωνία	mg/L	12	25	45
Νιτρώδη	mg/L	0	0	0
Νιτρικά	mg/L	0	0	0
Φώσφορος (ολικός ως P)	mg/L	4	7	12
Οργανικός P	mg/L	1	2	4
Ανόργανος P	mg/L	3	5	10
Χλώριο <sup>2</sup>	mg/L	30	50	90
Θειικά <sup>2</sup>	mg/L	20	30	50
Λίπη και Έλαια	mg/L	50	90	100
Πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs)	mg/L	<100	100-400	>400
Αλκαλικότητα (ως CaCO <sub>3</sub> )	mg/L	50	100	200
Ολικά κολοβακτηρίδια	No/100ml	10 <sup>6</sup> -10 <sup>8</sup>	10 <sup>7</sup> -10 <sup>9</sup>	10 <sup>7</sup> -10 <sup>10</sup>

**Πίνακας 1.1:** Τυπική χημική σύσταση μη επεξεργασμένων αστικών λυμάτων. (Metcalf&Eddy, 2003, σελίδα 186)

1. Η χαμηλή συγκέντρωση έχει υπολογιστεί βάσει μιας ροής υγρού αποβλήτου 750 L/capita\*d(200gal/capita\*d)  
 Η μεσαία συγκέντρωση έχει υπολογιστεί βάσει μιας ροής υγρού αποβλήτου 460 L/capita\*d (120gal/capita\*d)  
 Η υψηλή συγκέντρωση έχει υπολογιστεί βάσει μιας ροής υγρού αποβλήτου 240 L/capita\*d (60gal/capita\*d)
2. Οι τιμές μπορεί να αυξηθούν κατά πολύ ανάλογα με την συγκέντρωση αυτών των συστατικών στο νερό της υδροδότησης.

<b>ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ</b>	<b>ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ mg/L<sup>a,b</sup></b>
<b>Ανιόντα:</b>	
Διανθρακικά (HCO <sub>3</sub> )	50-100
Ανθρακικά (CO <sub>3</sub> )	0-10
Χλώριο (Cl)	20-50
Θειικά (SO <sub>4</sub> )	15-30
<b>Κατιόντα:</b>	
Ασβέστιο (Ca)	6-16
Μαγνήσιο (Mg)	4-10
Κάλιο (K)	7-15
Νάτριο (Na)	40-70 <sup>c</sup>
<b>Άλλα συστατικά:</b>	
Αλουμίνιο (Al)	0.1-0.2
Βόριο (B)	0.1-0.2
Φθόριο (F)	0.2-0.4
Μαγγάνιο (Mn)	0.2-0.4
Πυρίτιο (SiO <sub>2</sub> )	2-10
Αλκαλικότητα (ως CaCO <sub>3</sub> )	60-120
Ολικά διαλυμένα στερεά (TDS)	150-380

**Πίνακας 1.2:** Τυπική Ιοντική σύσταση μη επεξεργασμένων αστικών λυμάτων (Metcalf&Eddy,2003,σελίδα 187).

- a.** Βασισμένο σε ροής υγρού αποβλήτου 460 L/capita\*d(120gal/capita\*d)  
**b.** Οι τιμές δεν συμπεριλαμβάνουν τα εμπορικά και βιομηχανικά υγρά απόβλητα.  
**c.** Δεν συμπεριλαμβάνονται τα <<μαλακτικά>> της επεξεργασίας του νερού ύδρευσης.

Η Διαχείριση των αστικών λυμάτων καθορίζεται στην Ευρωπαϊκή Ένωση από την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ «για την επεξεργασία και διάθεση αστικών λυμάτων», όπως αυτή τροποποιήθηκε με την Οδηγία 98/15/ΕΕ. Στην Ελλάδα η εν λόγω οδηγία έχει ενσωματωθεί στο εθνικό δίκαιο με την Κ.Υ.Α. 5673/400/1997 (Φ.Ε.Κ. 192Β/14-3-1997) με τίτλο «Μέτρα και Όροι για την επεξεργασία των Αστικών Λυμάτων».

Η Οδηγία ορίζει την ελάχιστη αναγκαία τεχνική υποδομή σε δίκτυα αποχέτευσης και εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων που πρέπει να διαθέτουν οι πόλεις και οι οικισμοί της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ανάλογα με τον ισοδύναμο πληθυσμό και τον αποδέκτη των επεξεργασμένων λυμάτων και διακρίνοντας τους υδάτινους αποδέκτες στους οποίους καταλήγουν τα αστικά λύματα σε τρεις κατηγορίες: σε κανονικούς, ευαίσθητους και λιγότερο ευαίσθητους. Επίσης καθορίζει τα ανώτατα επιτρεπτά όρια των ποιοτικών χαρακτηριστικών των επεξεργασμένων λυμάτων που πρέπει να επιτυγχάνονται στις εκροές των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων και παράλληλα προβλέπει συγκεκριμένα χρονικά όρια μέσα στα οποία οι οικισμοί, που εμπίπτουν στις διατάξεις της, οφείλουν να ολοκληρώσουν την απαιτούμενη σε κάθε περίπτωση υποδομή συλλογής, επεξεργασίας και διάθεσης των αστικών τους λυμάτων. Η τήρηση των σχετικών προθεσμιών και δεσμεύσεων που θέτει η Οδηγία παρουσίασε αντικειμενικές δυσκολίες στην Ελλάδα, γεγονός που οφείλεται κυρίως στην καθυστέρηση που σημειώθηκε ως προς την εναρμόνιση της εθνικής νομοθεσίας με την Οδηγία. Τα τελευταία χρόνια ωστόσο έγιναν σημαντικές ενέργειες και βήματα, κυρίως στα μεσαία και μεγάλα αστικά κέντρα της χώρας, που σήμερα ως επί το πλείστον διαθέτουν αποχετευτικά δίκτυα και εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων. Σχετικά περιορισμένο παραμένει το ποσοστό των μικρότερων οικισμών (με ισοδύναμους κατοίκους 2.000-15.000) που εξυπηρετείται από δίκτυα αποχέτευσης και εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων ([www.ypeka.gr](http://www.ypeka.gr)).

Στην Ελλάδα λειτουργούν περισσότεροι από 300 βιολογικοί καθαρισμοί και δίκτυα αποχέτευσης, κυρίως σε οικισμούς και πόλεις με πληθυσμούς πάνω από 15000 κατοίκους. Για την υποδομή αυτή δαπανήθηκαν διαχρονικά, την τελευταία κυρίως 20ετία, πολλά δισεκατομμύρια ευρώ, με αποτέλεσμα σήμερα να εξυπηρετείται περίπου το 90% του πληθυσμού. Πολύ μικρότερο είναι το ποσοστό (περίπου 18-20%) του εξυπηρετούμενου, με αντίστοιχες υποδομές, πληθυσμού από κοινότητες με 2000-15000 κατοίκους ([www.ypeka.gr](http://www.ypeka.gr)).

## 1.2. Υγρά βιομηχανικά απόβλητα

Υγρά Βιομηχανικά Απόβλητα ονομάζονται τα απόβλητα που προέρχονται από τις παραγωγικές διαδικασίες μιας βιομηχανίας. Έχουν μεγάλες εκροές σε όγκο στο σημείο εκροής των παραγωγικών διεργασιών, δεν έχουν σταθερή ροή και η ποιότητά τους εξαρτάται από τις εκάστοτε παραγωγικές διαδικασίες. Η παραγωγή αποβλήτων σε μια βιομηχανική εγκατάσταση παρουσιάζεται είτε με συνεχή είτε με διακεκομμένη ροή και εξαρτάται από τη λειτουργία των εγκαταστάσεων.

Στον όρο βιομηχανικά απόβλητα εκτός από τα απόβλητα των παραγωγικών δραστηριοτήτων της βιομηχανίας εμπεριέχονται και τα απόβλητα από τις πλύσεις των χώρων, των δαπέδων και του εξοπλισμού, τη θέρμανση και την ψύξη των εγκαταστάσεων καθώς επίσης και τα απόβλητα που παράγονται από τυχαίες διαρροές και απορροές που προκαλούνται από βροχοπτώσεις. Τα υγρά βιομηχανικά απόβλητα περιέχουν περισσότερα είδη ρυπαντών σε σχέση με τα υγρά αστικά απόβλητα και πρέπει να προσδιορίζονται για κάθε βιομηχανική δραστηριότητα χωριστά.

Τα υγρά βιομηχανικά απόβλητα σε άλλες περιπτώσεις αποβάλλονται κατευθείαν στο περιβάλλον και πρέπει επομένως να απαλλάσσονται από τους ρυπαντές σε ικανοποιητικό για τους αποδέκτες επίπεδο και σε άλλες περιπτώσεις στο αποχετευτικό δίκτυο όπου και πάλι απαιτείται η επεξεργασία τους σε βαθμό που θα επιτρέπει την ασφαλή αποχέτευση τους και την τελική επεξεργασία τους μαζί με τα λύματα σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας. Για τη διάθεση των αποβλήτων θεσπίζονται προδιαγραφές (ανώτερα όρια εκβολής) οι οποίες θα πρέπει να τηρούνται τόσο κατά την άμεση διάθεσή τους στο περιβάλλον όσο και κατά τη διάθεσή τους σε αποχετευτικό δίκτυο.

Ανάλογα με τις παραγωγικές δραστηριότητες της βιομηχανίας, τα υγρά βιομηχανικά απόβλητα φέρουν ρυπαντικό φορτίο που ανήκει σε μια από τις ακόλουθες κατηγορίες (Degremont, 1991):

- Αδιάλυτα στερεά, όπως τα επιπλέοντα ελαιώδη στερεά, οι ρητίνες, οι αλειφατικοί υδρογονάνθρακες, τα αιωρούμενα στερεά, τα οξείδια, υδροξείδια, η κολλοειδής άμμος κλπ., που διαχωρίζονται με φυσικές διεργασίες και με ή χωρίς κροκίδωση.
- Οργανικές διαλυτές ενώσεις, όπως τα χρώματα, τα απορρυπαντικά, οι μακρομοριακές φαινολικές ενώσεις και οι χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες.

- Ιόντα μετάλλων και ανιόντα που διαχωρίζονται με ιζηματοποίηση. Αυτής τη κατηγορίας τοξικά και μη τοξικά μέταλλα είναι τα ακόλουθα: Fe, Cu, Zn, Ni, Al, Hg, Pb, Cr, Cd, Ti, Be, που σε ορισμένη περιοχή τιμών του pH παράγουν ιζήματα υδροξειδίων ή θειούχων ενώσεων. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν επίσης τα ανιόντα  $\text{PO}_4^{-3}$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$  και  $\text{SO}_3^{-2}$ .
- Ενώσεις που απομακρύνονται με απαέρωση, όπως  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{SO}_2$ , φαινόλες, ελαφρείς ή αρωματικοί και χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες κλπ.
- Ενώσεις οι οποίες απαιτούν οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις, όπως ιόντα  $\text{CN}^-$ ,  $\text{Cr}^{+6}$ ,  $\text{S}^{-2}$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{NO}_2^-$  κλπ.
- Ανόργανα οξέα όπως υδροχλωρικό, νιτρικό, θειικό, υδροφθορικό κλπ. και ένας αριθμός βάσεων όπως το καυστικό νάτριο.
- Ενώσεις οι οποίες απομακρύνονται με ιοντοεναλλαγή ή αντίστροφη όσμωση, όπως τα ραδιενεργά στοιχεία,  $\text{I}^*$ ,  $\text{Mo}^*$ ,  $\text{Cs}^*$ , τα άλατα ισχυρών βάσεων και οξέων, οι ιονισμένες οργανικές ενώσεις (ιοντοεναλλαγή) ή οι μη ιονισμένες οργανικές ενώσεις (αντίστροφη όσμωση).
- Βιοαποδομήσιμες ουσίες. Οι ενώσεις αυτές καλύπτουν ένα μεγάλο φάσμα οργανικών ενώσεων όπως τα σάκχαρα, οι πρωτεΐνες, οι φαινόλες κλπ. Μετά από εγκλιματισμό των μικροοργανισμών που εκτελούν τη βιοαποδόμηση είναι δυνατόν να αποδομούνται και ενώσεις όπως φορμαλδεΐδη, απορρυπαντικά, ανιλίνη, αρωματικοί υδρογονάνθρακες καθώς και να οξειδώνονται ανόργανες ενώσεις.

### 1.3. Επεξεργασία υγρών αποβλήτων

Τα βασικά ρυπαντικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων που πρέπει να απομακρυνθούν με κατάλληλες τεχνικές είναι:

1. Οργανικό ρυπαντικό φορτίο μετρούμενο σαν BOD και COD
2. Αιωρούμενα στερεά απαρτιζόμενα από τέσσερις κατηγορίες:
  - Αδρομερή
  - Ανόργανα
  - Οργανικά
  - Κολλοειδή

3. Διαλυτά ανόργανα στερεά
4. Λίπη και έλαια
5. Θρεπτικά συστατικά
  - Οργανικό και ανόργανο άζωτο
  - Ολικός φώσφορος
6. Τοξικές ουσίες που οι κύριες κατηγορίες τους είναι:
  - Φαινολικές ενώσεις
  - Οργανοχλωριωμένες ενώσεις
  - Βαρέα μέταλλα
7. Χρώμα και οσμή
8. pH
9. Παθογόνοι μικροοργανισμοί.

Τα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά ενός υγρού αποβλήτου αποτελούν τα δεδομένα εισόδου στην εφαρμογή μιας τεχνολογίας επεξεργασίας του ενώ τα δεδομένα εξόδου καθορίζονται από τις απαιτήσεις αποτοξικοποίησης και σταθεροποίησής του σύμφωνα με την εκάστοτε νομοθεσία διάθεσης του αποβλήτου στο περιβάλλον ή από τις προδιαγραφές απαιτήσεων για την ανακύκλωσή του ή την επαναχρησιμοποίησή του.

Το οργανικό ρυπαντικό φορτίο αποτελεί συνήθως το κύριο ρυπαντικό φορτίο ενός αποβλήτου και βασική μέθοδο απομάκρυνσής του αποτελεί η χημική ή/και η βιολογική οξείδωσή του. Αν ο λόγος COD/BOD είναι μεγάλος (>2.5) τότε η χημική οξείδωση θεωρείται κατά πάσα πιθανότητα απαραίτητη. Επειδή όμως η χημική οξείδωση είναι σημαντικά ακριβότερη από τη βιολογική, η χημική οξείδωση εφαρμόζεται όσο απαιτείται για την αποτοξικοποίηση των υγρών αποβλήτων και κατόπιν ακολουθεί μία βιολογική οξείδωση.

Τα αιωρούμενα στερεά, ιδιαίτερα τα αδρομερή και ανόργανα αιωρούμενα στερεά, αποτελούν παράγοντα μηχανικής διάβρωσης του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού της μονάδας επεξεργασίας, κατά την διακίνηση και μεταφορά του υγρού αποβλήτου, για αυτό και πρέπει να απομακρυνθούν από την αρχή οποιασδήποτε τεχνολογικής εφαρμογής επεξεργασίας. Ιδιαίτερο πρόβλημα αποτελούν τα κολλοειδή στερεά τα

οποία φέρουν ηλεκτροστατικά φορτία στην επιφάνειά τους και έτσι επί πλέον δημιουργούν σοβαρά προβλήματα παρεμπόδισης της ανάπτυξης των μικροοργανισμών κατά τη φάση της βιολογικής οξείδωσης. Η τεχνική απομάκρυνσης των κolloειδών διασπορών αποτελεί ίσως τη δυσκολότερη φάση επεξεργασίας ενός υγρού αποβλήτου. Συνήθως τα οργανικά αιωρούμενα στερεά βρίσκονται σε κolloειδείς διασπορές.

Τα διαλυμένα ανόργανα συστατικά είναι κυρίως ιοντικής μορφής ανόργανες ενώσεις οι οποίες χαρακτηρίζουν την ιοντική ισχύ του αποβλήτου (ηλεκτροαγωγιμότητα). Υψηλή ιοντική ισχύς παρεμποδίζει την ανάπτυξη των μικροοργανισμών κατά τις διεργασίες της βιολογικής οξείδωσης. Επίσης η υψηλή αγωγιμότητα ενός επεξεργασμένου αποβλήτου περιορίζει σημαντικά την δυνατότητά του να απορριφθεί επιφανειακά στο έδαφος ή σε γλυκά επιφανειακά νερά ή να ανακυκλωθεί. Μέθοδοι απομάκρυνσης των ιόντων ενός αποβλήτου είναι η διήθηση μέσω μεμβρανών καθώς και η ιοντοεναλλαγή. Οι τεχνικές αυτές εφαρμόζονται συνήθως στη τελική φάση επεξεργασίας του αποβλήτου λίγο πριν την τελική διάθεσή του.

Τα λίπη και έλαια επίσης πρέπει να απομακρυνθούν από την αρχή οποιασδήποτε τεχνολογικής εφαρμογής επεξεργασίας υγρών αποβλήτων καθότι δύσκολα αποδομούνται, ιδιαίτερα τα πετρελαιοειδή, είτε με χημική οξείδωση είτε με βιολογική οξείδωση.

Το άζωτο και ο φώσφορος αποτελούν τους βασικούς παράγοντες δημιουργίας ευτροφισμού ενός επιφανειακού υδάτινου αποδέκτη για αυτό και οι προδιαγραφές της νομοθεσίας για την διάθεση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων που περιέχουν τα θρεπτικά αυτά συστατικά, για τους μικροοργανισμούς του περιβάλλοντος, είναι πολύ αυστηρές. Η κύρια μέθοδος απομάκρυνσης του αζώτου βασίζεται στη βιολογική νιτροποίηση και απονιτροποίηση του υγρού αποβλήτου. Για να επιτευχθεί αυτό απαιτείται κατάλληλη περιεκτικότητα BOD του αποβλήτου σε ποιότητα και ποσότητα. Η απομάκρυνση του φωσφόρου βασίζεται τόσο στη βιολογική ενσωμάτωσή του στη βιόμαζα που αναπτύσσεται κατά την βιολογική οξείδωση του BOD όσο και στη χημική κατακρήμνισή του με ασβέστιο ή/και τρισθενή σίδηρο. Ένα μέρος και του οργανικού αζώτου ενσωματώνεται στην παραγόμενη βιόμαζα της βιολογικής οξείδωσης. Επίσης απομάκρυνση του αζώτου και του φωσφόρου, χωρίς ιδιαίτερες προδιαγραφές του αποβλήτου σε BOD, μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση καταλλήλων υδροπονικών καλλιεργειών, με εκμετάλλευση του γεγονότος κατά το

οποίο τα φυτά χρησιμοποιούν το άζωτο και τον φώσφορο για την ανάπτυξή τους ενώ τον άνθρακα τον προσλαμβάνουν με φωτοσυνθετικές διεργασίες από την ατμόσφαιρα.

Σημαντική παρουσία τοξικών οργανικών ενώσεων (φαινολικών και οργανοχλωριωμένων) στα υγρά απόβλητα απαιτεί την απομάκρυνσή τους ή την διάσπασή τους (αποτοξικοποίηση) με χημικές μεθόδους οξείδωσης. Η βιολογική οξείδωση απαιτεί χαμηλές συγκεντρώσεις τέτοιων οργανικών τοξικών ουσιών. Τα βαρέα μέταλλα (Cu, Zn, Pb, Cr, Cd, Hg, Ni, Sn) πρέπει να απομακρυνθούν από τα υγρά απόβλητα διότι αποτελούν τόσο τοξικό παράγοντα ανάπτυξης των μικροοργανισμών του περιβάλλοντος όσο και επικίνδυνο παράγοντα για την υγεία του ανθρώπου. Τα βαρέα μέταλλα έχουν την ιδιότητα να συσσωρεύονται στους λιπώδεις ιστούς των οργανισμών ενός οικοσυστήματος, έτσι η συνεχής ρύπανση ενός οικοσυστήματος με βαρέα μέταλλα αυξάνει συνεχώς την μέση συγκέντρωσή τους στη βιόμαζα του οικοσυστήματος. Η απομάκρυνση των βαρέων μετάλλων μπορεί να επιτευχθεί τόσο μέσω της χημικής κατακρήμνισής τους με οξείδωση σε αλκαλικό περιβάλλον όσο και με ενσωμάτωσή τους στη παραγόμενη βιόμαζα κατά την επεξεργασία του υγρού αποβλήτου.

Η ρύθμιση του pH επιτυγχάνεται με τεχνικές εξουδετέρωσης του αποβλήτου και αυτό επιτελείται, ανάλογα με τις απαιτήσεις της εφαρμοζόμενης τεχνολογίας επεξεργασίας, είτε προ της βιολογικής οξείδωσης (πιθανώς μαζί με την κροκίδωση των κολλοειδών διασπορών) είτε λίγο πριν την τελική διάθεση του επεξεργασμένου αποβλήτου.

Το χρώμα και η οσμή που πιθανώς περιέχει το επεξεργασμένο υγρό απόβλητο, προ της τελικής διάθεσής του, οφείλονται είτε σε υπολειμματικές αρχικές οργανικές και ανόργανες ενώσεις που περιείχε το απόβλητο είτε σε δευτερογενώς παραγόμενες ενώσεις κατά την διάρκεια της επεξεργασίας του αποβλήτου. Η απομάκρυνσή τους μπορεί να επιτευχθεί με μεθόδους οξείδωσης ή/και προσρόφησης τους σε ειδικά προσροφητικά μέσα όπως είναι ο ενεργός άνθρακας.

Η απολύμανση του αποβλήτου προ της τελικής διάθεσής του αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση. Ο συνηθισμένος τρόπος απολύμανσης ενός επεξεργασμένου αποβλήτου, για λόγους τόσο αποτελεσματικότητας όσο και βιωσιμότητας, είναι η κατάλληλη χλωρίωσή του είτε με αέριο χλώριο είτε με υποχλωριώδες άλας νατρίου ή ασβεστίου ή όζον.

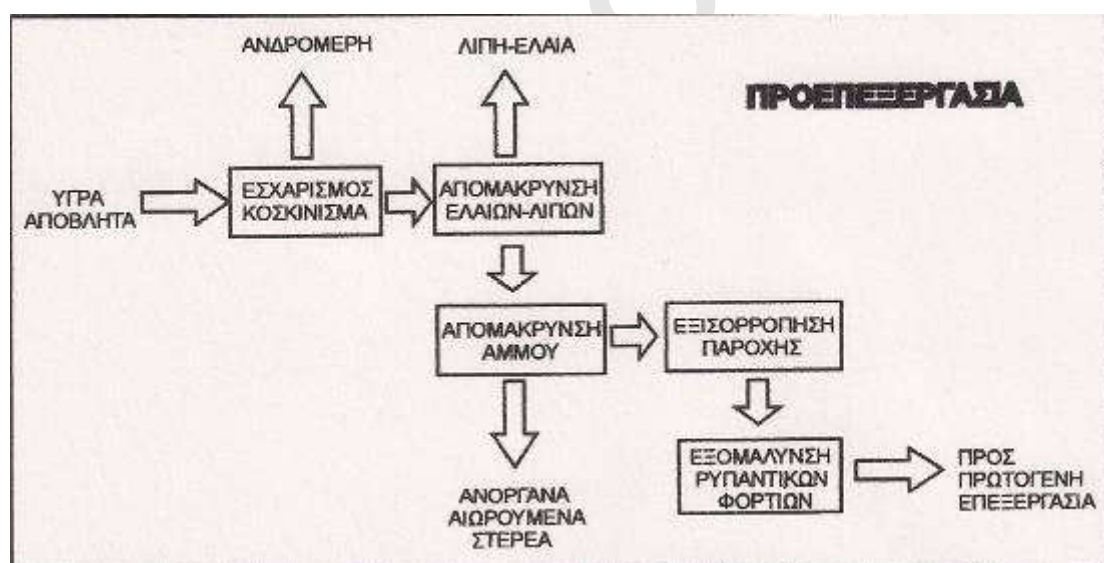


Η απορρύπανση ενός υγρού αποβλήτου μπορεί να ακολουθήσει μία ή περισσότερες από τις παρακάτω διεργασίες επεξεργασίας:

- Προεπεξεργασία
- Πρωτογενή επεξεργασία
- Δευτερογενή επεξεργασία
- Τριτογενή επεξεργασία

### 1.3.1. Προεπεξεργασία

Η προεπεξεργασία έχει σαν σκοπό να προετοιμάσει το απόβλητο κυρίως από υδραυλικής πλευράς για τις περαιτέρω επεξεργασίες με την απομάκρυνση των μακροσκοπικά ορατών πλην του νερού φάσεων καθώς και την εξομάλυνση των διακυμάνσεων των ρυπαντικών φορτίων



Σχήμα 1.1: Διεργασίες προεπεξεργασίας (Α. Βλυσίδης, 2006).

Οι διεργασίες που περιλαμβάνονται στην προεπεξεργασία είναι:

- **Απομάκρυνση αδρομερών.** Ανάλογα με το μέγεθος των στερεών που θέλουμε να απομακρυνθούν, περιλαμβάνονται τεχνικές εσχαρισμού ή τεχνικές κοσκινίσματος
- **Απομάκρυνση ελαίων και λιπών.** Ανάλογα με την αρχική συγκέντρωση των ελαιωδών ουσιών καθώς και τη μορφή την οποία βρίσκονται

(γαλακτώματα, αιωρήματα κλπ), μπορούν να εφαρμοστούν οι παρακάτω τεχνικές:

- i. DAF (Dissolved Air Flotation): Επίπλευση με διαλυμένο αέρα
  - ii. IAF (Induced Air Flotation): Επίπλευση με αέρα
  - iii. APIS (American Petroleum Institution Separators): Απλοί διαχωριστές βαρύτητας
  - iv. Μembrάνες
  - v. Διαχωριστές βαρύτητας με παράλληλες πλάκες
- **Απομάκρυνση άμμου.** Απομάκρυνση ανόργανων αιωρούμενων στερεών μεγάλου ειδικού βάρους. Μπορούν να εφαρμοστούν τεχνικές διαχωρισμού με βαρύτητα (διακεκριμένη καθίζηση) που περιλαμβάνουν:
- i. Δεξαμενές οριζόντιας ροής
  - ii. Δεξαμενές κάθετης ροής
- **Εξισορρόπηση παροχής.** Χρησιμοποιούνται δεξαμενές μεταβλητού όγκου
- **Εξομάλυνση ρυπαντικού φορτίου.** Χρησιμοποιούνται δεξαμενές σταθερού όγκου

Τα παραπροϊόντα της προεπεξεργασίας είναι αδρομερή στερεά τα οποία διατίθενται με μεθόδους διάθεσης στερεών απορριμμάτων, τα λίπη και έλαια τα οποία αν δεν μπορούν να ανακυκλωθούν καίγονται σε ειδικούς κλιβάνους και τα οργανικά στερεά τα οποία μπορούν να διατεθούν στους χώρους υγειονομικής ταφής ή να καούν σε ειδικούς αποτεφρωτήρες.

### 1.3.2. Πρωτογενής επεξεργασία

Η πρωτογενής επεξεργασία έχει σαν σκοπό την απομάκρυνση των κολλοειδών διασπορών. Μαζί με τις κολλοειδείς διασπορές απομακρύνεται και μέρος του BOD καθώς και μέρος των θρεπτικών συστατικών αζώτου και φωσφόρου. Επίσης

επιτυγχάνεται και η εξουδετέρωση των αποβλήτων. Στη πρωτογενή επεξεργασία περιλαμβάνονται οι παρακάτω (Σχήμα 1.2) τεχνικές:



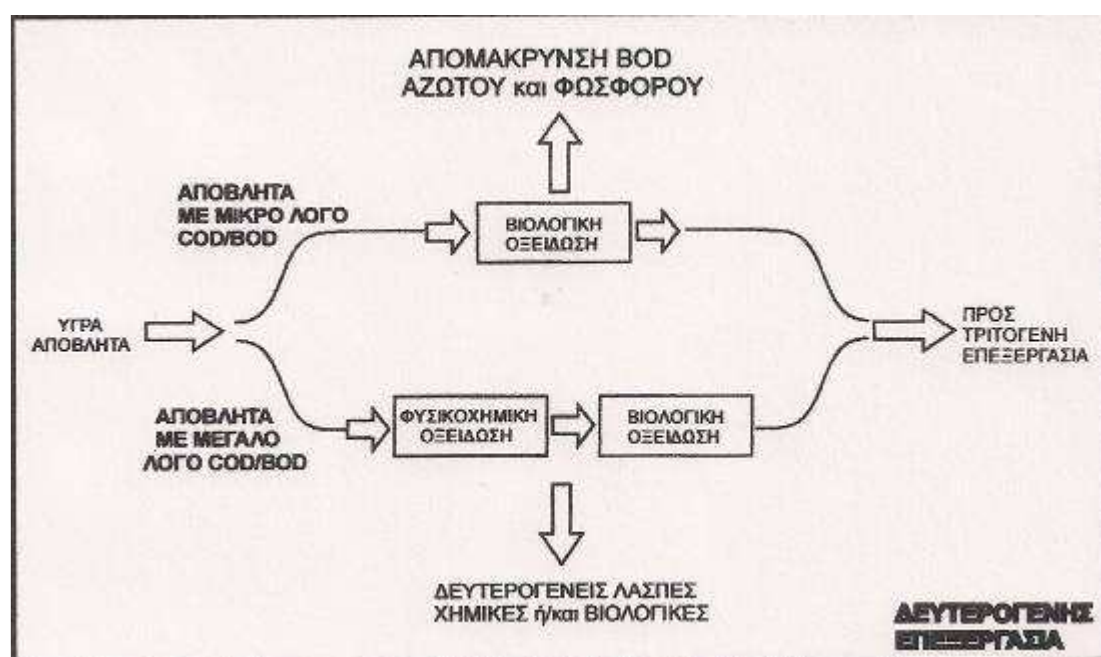
Σχήμα 1.2: Διεργασίες πρωτογενούς επεξεργασίας (Α. Βλυσίδης, 2006).

- **Εξουδετέρωση αποβλήτων.** Περιλαμβάνει τεχνικές ταχείας ανάμιξης με οξύ ή βάση
- **Κροκίδωση κολλοειδών.** Περιλαμβάνει τεχνικές ταχείας ανάμιξης με κροκιδωτικά όπως  $\text{FeCl}_3$  και  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ . Στη διεργασία αυτή εξουδετερώνονται τα ηλεκτροστατικά φορτία των κολλοειδών σωματιδίων.
- **Συσσωμάτωση κροκιδωμένων κολλοειδών.** Περιλαμβάνει τεχνικές ανάπτυξης ιζώδους με πολυηλεκτρολύτες όπως:
  - i. διατάξεις μηχανικής ανάδευσης
  - ii. διατάξεις εξαναγκασμένης ροής
  - iii. διατάξεις αγωγών ροής
- **Απομάκρυνση κροκιδωμάτων με τεχνικές:**
  - i. Επίπλευσης με DAF
  - ii. Παρεμποδισμένη καθίζηση

Τα παραπροϊόντα της πρωτογενούς επεξεργασίας είναι μία πρωτογενή λάσπη η οποία πρέπει να παχυνθεί (αύξηση της συγκέντρωσης των αιωρούμενων σε 5%), να σταθεροποιηθεί ή/και να αξιοποιηθεί ενεργειακά με διεργασίες αναερόβιας ή αερόβιας χώνευσης (κομπόστες, βιοαέριο) και τελικά να διατεθεί αν δεν περιέχει τοξικότητες σε χώρους υγειονομικής ταφής.

### 1.3.3. Δευτερογενής επεξεργασία

Αποτελεί την ουσιαστική επεξεργασία των υγρών αποβλήτων καθότι περιλαμβάνει τεχνικές οξείδωσης και σταθεροποίησής τους με απομάκρυνση του μεγαλύτερου μέρους του BOD καθώς και των θρεπτικών. Ανάλογα με το περιεχόμενο του αποβλήτου σε τοξικές ουσίες, μπορούμε να ακολουθήσουμε τις παρακάτω μεθόδους οξείδωσης (Σχήμα 1.3):



Σχήμα 1.3: Χημική και βιολογική οξείδωση υγρών αποβλήτων (Α. Βλυσίδης, 2006).

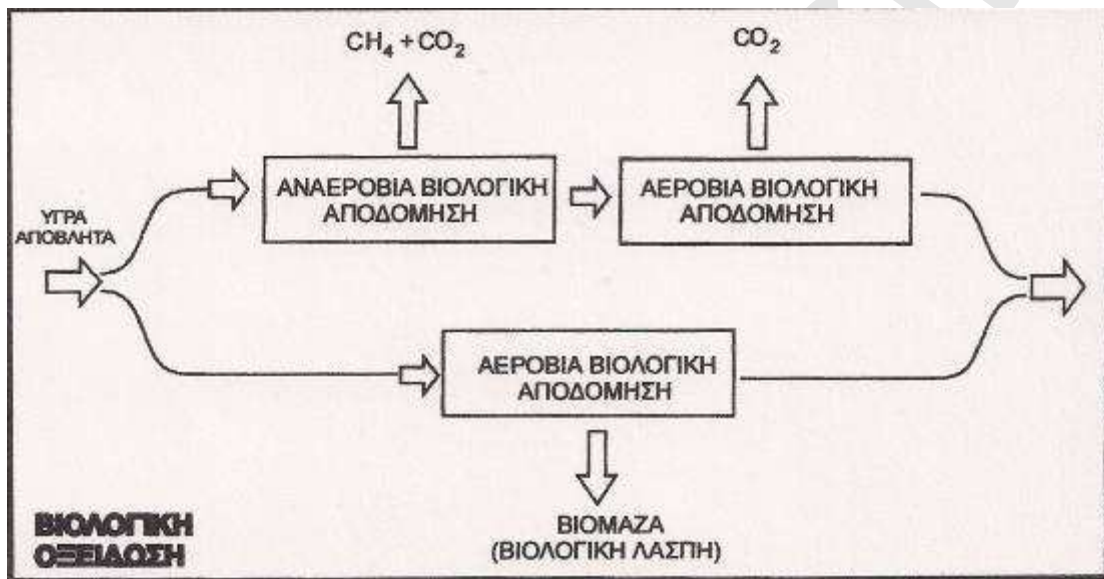
- **Χημική οξείδωση** των αποβλήτων που βασίζεται στην παραγωγή ριζών υδροξυλίου ( $\bullet\text{OH}$ ) και περιλαμβάνει πρακτικά τις παρακάτω τεχνικές:

- i. φωτοκαταλυτική οξείδωση
- ii. ηλεκτρολυτική οξείδωση
- iii. οξείδωση με αντιδράσεις Fenton

iv. οξείδωση με υπερήχους

v. οξείδωση με UV σε συνδυασμό με  $H_2O_2$  ή  $O_3$ .

- **Βιολογική οξείδωση** που βασίζεται στη χρήση του οργανικού ρυπαντικού φορτίου από βακτήρια σαν θρεπτικό υπόστρωμα για την ανάπτυξή τους. Ανάλογα με την παρουσία ή όχι οξυγόνου στην αποδόμηση του οργανικού φορτίου από τα βακτήρια, η βιολογική οξείδωση χαρακτηρίζεται ως αερόβια και αναερόβια (Σχήμα 1.4).



Σχήμα 1.4: Βιολογική οξείδωση υγρών αποβλήτων (Α. Βλυσίδης, 2006).

i. **Αερόβια βιολογική οξείδωση:** Η παρουσία οξυγόνου κατά τη διάρκεια της αποδόμησης του BOD παρέχει πλούσια ενέργεια στα αερόβια βακτήρια με αποτέλεσμα η δευτερογενής βιολογική λάσπη που παράγεται να αποτελεί μεγάλο μέρος του αρχικού BOD (60% περίπου). Τεχνικές αερόβιας βιολογικής επεξεργασίας είναι:

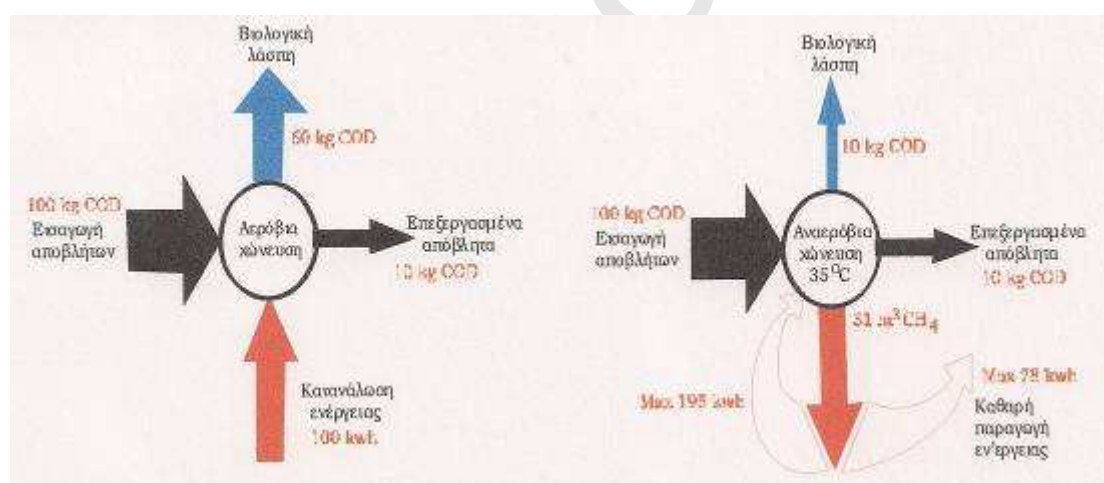
- α) Ενεργός ιλύς (ενός ή δύο σταδίων)
- β) Βιόφιλτρα (ενός ή δύο σταδίων)
- γ) Βιοδίσκοι

ii. **Αναερόβια βιολογική αποδόμηση:** Η έλλειψη οξυγόνου που απαιτείται κατά την αναερόβια αποδόμηση του BOD αναγκάζει το αναερόβιο οικοσύστημα να καταναλώσει μεγάλο μέρος του

υποστρώματος για τις ενεργειακές του ανάγκες και έτσι η δευτερογενής βιολογική λάσπη που παράγεται αποτελεί μικρό μέρος του αρχικού BOD (10% περίπου). Τεχνικές αναερόβιας βιολογικής επεξεργασίας είναι:

- α) Συστήματα ενεργού ιλύος πλήρους αναμίξεως (ενός ή δύο σταδίων)
- β) Αναερόβια Βιόφιλτρα
- γ) Αντιδραστήρες UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket)

Παραπροϊόν της αναερόβιας χώνευσης είναι το βιοαέριο το οποίο περιέχει μέχρι και 75%  $\text{CH}_4$ . Η αναερόβια χώνευση αποτελεί μία μέθοδο ενεργειακής αξιοποίησης των οργανικών αποβλήτων. Τα ενεργειακά ισοζύγια καθώς και τα ισοζύγια μάζας της αερόβιας και της αναερόβιας αποδόμησης για την ίδια ποιότητα και ποσότητα υποστρώματος (COD) παρουσιάζονται στα διαγράμματα του Σχήματος 1.5.



Σχήμα 1.5: Ισοζύγια μάζας και ενέργειας αερόβιας και αναερόβιας αποδόμησης (Α. Βλυσίδης, 2006).

Από το Σχήμα 1.5 φαίνεται γενικά ότι η αναερόβια χώνευση από στρατηγική πλευρά είναι πολύ περισσότερο ελκυστική από ότι η αερόβια χώνευση. Όμως επειδή η αναερόβια χώνευση αναπτύσσεται, λόγω έλλειψης οξυγόνου, σε φτωχά ενεργειακά υποστρώματα, ο ανταγωνισμός επιβίωσης που αναπτύσσεται μεταξύ των βακτηρίων είναι σκληρός και έτσι καθίσταται όλη η διεργασία της αναερόβιας χώνευσης δύσκολα ελεγχόμενη. Για αυτό και η αερόβια βιολογική επεξεργασία, επειδή είναι πολύ σταθερότερη της αναερόβιας, εφαρμόζεται σχεδόν κατά αποκλειστικότητα στην

δευτερογενή επεξεργασία υγρών αποβλήτων. Η αναερόβια χώνευση εφαρμόζεται συνήθως σε υγρά απόβλητα με υψηλό ρυπαντικό φορτίο και χαμηλή τοξικότητα.

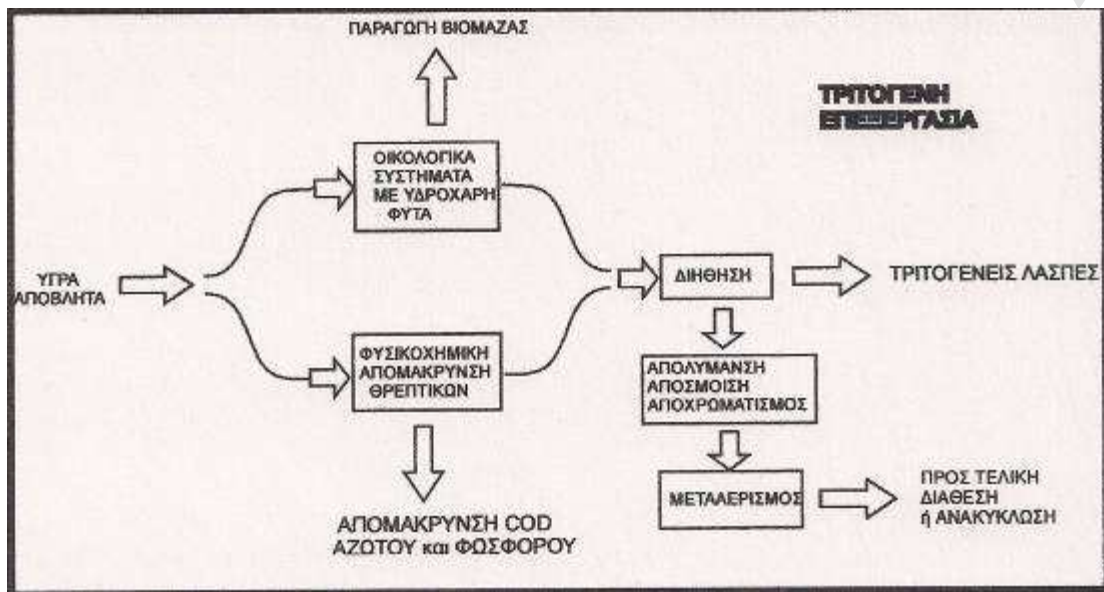
Επίσης η αναερόβια επεξεργασία δεν διαθέτει την ικανότητα απομείωσης του BOD περισσότερο από 80% εν αντιθέσει με την αερόβια η οποία μπορεί να φτάσει σε απόδοση μέχρι και 97% (μέθοδος παρατεταμένου αερισμού). Επομένως, στην περίπτωση δυνατότητας εφαρμογής της αναερόβιας χώνευσης, αυτή θα αποτελεί το 1<sup>ο</sup> στάδιο μια βιολογικής επεξεργασίας ακολουθούμενη από μία αερόβια, βιολογική επεξεργασία.

Ένα άλλο πλεονέκτημα της αερόβιας επεξεργασίας αποτελεί και η δυνατότητα απομάκρυνσης του οργανικού αζώτου με διεργασίες νιτροποίησης – απονιτροποίησης (μέθοδος  $A^2O$ ) και βιολογικής απομάκρυνσης φωσφόρου με ενσωμάτωσή του στη παραγόμενη δευτερογενή βιομάζα. Αυτή η δυνατότητα δεν υπάρχει με την εφαρμογή της αναερόβιας χώνευσης, καθότι το μεν οργανικό άζωτο μετατρέπεται σε αμμωνία, η οποία αδυνατεί να νιτροποιηθεί χωρίς αερόβιες διεργασίες, ο δε φώσφορος δεν ενσωματώνεται στη βιομάζα χωρίς την επιλογή των καταλλήλων αερόβιων βακτηρίων (φαινόμενο Luxury Uptake).

Τελικά παραπροϊόντα της δευτερογενούς επεξεργασίας είναι μία βιομάζα υπό την μορφή μιας υδαρούς βιολογικής λάσπης (δευτερογενής λάσπη), η οποία, αφού παχυνθεί ( από 1% σε 5% αιωρούμενα στερεά) με τεχνικές βιοκροκίδωσης και πάχυνσης, οδηγείται είτε σε μονάδες αερόβιας σταθεροποίησης είτε σε μονάδες αναερόβιας σταθεροποίησης και ενεργειακής αξιοποίησης και κατόπιν, αφού αφυδατωθεί με τεχνικές διήθησης (κλίνες ξήρανσης, φιλτρόπρεσσες, ταινιοφιλτρόπρεσσες) ή φυγοκέντρησης οδηγείται, εφόσον δεν διαθέτει τοξικότητες, σε μονάδες κομποστοποίησης η θάβεται με υγειονομικό τρόπο μαζί με τα αστικά απορρίμματα. Συνηθίζεται η πρωτογενής και η δευτερογενής λάσπη να υφίστανται κοινή επεξεργασία.

#### **1.3.4. Τριτογενής επεξεργασία**

Στην τριτογενή επεξεργασία το επεξεργασμένο απόβλητο «ραφινάρεται» ώστε να μπορεί να διατεθεί στο περιβάλλον σύμφωνα με τις απαιτήσεις του Νόμου καθώς και της Τέχνης και της Επιστήμης. Οι μέθοδοι τριτογενούς επεξεργασίας παρουσιάζονται στο διάγραμμα του Σχήματος 1.6.



Σχήμα 1.6: Τριτογενής επεξεργασία υγρών αποβλήτων (Α. Βλυσίδης, 2006).

- **Απομάκρυνση υπολειμματικών θρεπτικών.** Αυτό μπορεί να γίνει με τις

ακόλουθες τεχνικές:

i. Συστήματα υδροβίων και υδροχαρών φυτών. Στα συστήματα αυτά τα φυτά που αναπτύσσονται χρησιμοποιούν το άζωτο και το φώσφορο του αποβλήτου για την δόμηση της κυτταρικής τους μάζας. Επίσης, λόγω της αλληλο-υποστήριξης του ριζικού συστήματος των φυτών με το οικολογικό σύστημα οργανισμών και μικροοργανισμών του εδάφους όπου αναπτύσσονται τα υδροχαρή φυτά, επέρχεται και μία περαιτέρω μείωση του BOD και COD του αποβλήτου.

ii. Σύστημα χημικής κατακρήμνισης του φωσφόρου και απογύμνωσης με αέρα της αμμωνίας και του υδροθείου

- **Διήθηση των αιωρούμενων στερεών** που παρέμειναν από τη δευτερογενή επεξεργασία. Περιλαμβάνει τεχνικές όπως:

i. Διήθηση με φίλτρα άμμου (βαρυτικά ή πιεστικά)

ii. Διήθηση με μεμβράνες

- **Απολύμανση** με τεχνικές:

i. Χλωρίωσης είτε με αέριο χλώριο (μεγάλες εγκαταστάσεις) είτε με υποχλωριώδες νάτριο (μικρές εγκαταστάσεις)



- ii. Οζόνωση
- iii. Υπεριώδης ακτινοβολία
- **Απομάκρυνση ιόντων** είτε μεταλλικών είτε ανιόντων με σκοπό την ελάττωση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας και την απομάκρυνση βαρέων μετάλλων που παρέμειναν από την δευτερογενή επεξεργασία. Περιλαμβάνει τεχνικές όπως:
  - i. ιοντοεναλλαγή
  - ii. Υπερδιήθηση με μεμβράνες
- **Απόσμηση και αποχρωματισμός** με τεχνικές:
  - i. Προσρόφηση (με ενεργό άνθρακα κ.ά.)
  - ii. Οξειδωση με χλώριο ή όζον
- **Μετααερισμός** έτσι ώστε η συγκέντρωση του οξυγόνου να ανέλθει στο επίπεδο της συγκέντρωσης που έχει ο αποδέκτης τελικής διάθεσης του αποβλήτου. Ο μετααερισμός μπορεί να επιτευχθεί με τις ακόλουθες τεχνικές:
  - i. Διάχυση αέρα στη μάζα του υγρού
  - ii. Ελεύθερη πτώση του επεξεργασμένου αποβλήτου

Προϊόντα της τριτογενούς επεξεργασίας είναι ανόργανες λάσπες από τις διεργασίες διήθησης καθώς και τυχόν παραγωγή βιομάζας από τις υδροπονικές καλλιέργειες των υδροχαρών φυτών. Οι λάσπες αυτές, στο βαθμό που δεν περιέχουν βαρέα μέταλλα, μπορούν να διατεθούν στους χώρους απόθεσης των αστικών απορριμμάτων, ενώ η βιομάζα μπορεί να προωθηθεί για ενεργειακή αξιοποίηση.

#### 1.4. Επεξεργασία ιλύος

Μετά από την επεξεργασία των λυμάτων, χρειάζεται να πραγματοποιηθεί επιπλέον επεξεργασία στην παραγόμενη ιλύ με στόχο να μειωθεί η περιεχόμενη της υγρασία, να σταθεροποιηθεί η οργανική της ύλη, να μειωθεί ο όγκος και η συνολική της μάζα και να μειωθεί η συγκέντρωση των παθογόνων μικροοργανισμών (υγιεινοποίηση) (Φίλιππας Άγγελος, 2009).

Διάφορα στάδια επεξεργασίας μπορούν να εφαρμοστούν για να επιτύχουν αυτά τα αποτελέσματα. Είναι δυνατόν να μην ακολουθούνται όλα τα στάδια. Ορισμένα από αυτά παραλείπονται, ιδίως σε μικρές μονάδες, όπου λόγω των μεγάλων ηλικιών της

ενεργού ιλύος, η παραγόμενη βιολογική μάζα είναι επαρκώς σταθεροποιημένη και ο χειρισμός της απαιτεί μόνο διεργασίες που αποσκοπούν στην μείωση του όγκου της (πάχυνση, αφυδάτωση) (Ευθύμιος Νταρακάς, 2011). Οι μέθοδοι επεξεργασίας της ιλύος παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα 1.3.

ΔΙΕΡΓΑΣΙΑ	ΤΡΟΠΟΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΣΤΟΧΟΣ
Προετοιμασία Ιλύος (conditioning)	Χημική προετοιμασία Θερμική προετοιμασία	<ul style="list-style-type: none"> <li>Βελτίωση της δομής της ιλύος, για διευκόλυνση των διεργασιών που θα ακολουθήσουν</li> </ul>
Πάχυνση	Πάχυνση με βαρύτητα Μηχανική πάχυνση Επίπλευση με αέρα	<ul style="list-style-type: none"> <li>Εξασφάλιση ικανοποιητικής πυκνότητας, στερεότητας και στερεού περιεχομένου της ιλύος έτσι ώστε να είναι δυνατή η μεταφορά της κατά την απόθεση</li> <li>Μείωση της περιεκτικότητας της ιλύος σε νερό</li> </ul>
Σταθεροποίηση και/ή απολύμανση	Βιολογική επεξεργασία <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Αναερόβια χώνευση</li> <li>✓ Αερόβια χώνευση</li> <li>✓ Μακράς διάρκειας αποθήκευση</li> <li>✓ Κομποστοποίηση</li> </ul> Χημική επεξεργασία <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Επεξεργασία με ασβέστη</li> </ul> Φυσική επεξεργασία <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Θερμική ξήρανση</li> <li>✓ Παστερίωση</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Μείωση της παραγωγής οσμών</li> <li>Μείωση των παθογόνων μικροοργανισμών</li> </ul>
Αφυδάτωση	Κλίνες ξήρανσης Ταινιοφιλτρόπρεσα Φυγοκέντρωση Φιλτρόπρεσα	<ul style="list-style-type: none"> <li>Μείωση περιεκτικότητας της ιλύος σε νερό</li> </ul>
Ξήρανση	Ξηραντής	<ul style="list-style-type: none"> <li>Μεγάλη μείωση περιεκτικότητας της ιλύος σε νερό</li> </ul>

Πίνακας 1.3: Μέθοδοι επεξεργασίας της ιλύος.( Ανναμπέλα Καπρέλη, 2011).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΜΟΝΑΔΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

#### 2.1. Εισαγωγή

Οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων χαρακτηρίζονται ως κύριες από τις μικρού μεγέθους πηγές εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου συμβάλλοντας κατ' αυτόν τον τρόπο στο φαινόμενο του θερμοκηπίου (U.S. Environmental Protection Agency, 1997). Αυτές οι μονάδες παράγουν τα τρία βασικά αέρια του θερμοκηπίου (GHGs) CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> και N<sub>2</sub>O κατά την διάρκεια επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων ενώ παράλληλα εκπέμπουν και επιπλέον αέρια CO<sub>2</sub> και CH<sub>4</sub> εξαιτίας των ενεργειακών τους απαιτήσεων και της κατανάλωσης υγρών καυσίμων.

Το πρόβλημα γίνεται εντονότερο ως προς την κατανάλωση ενέργειας και του περιβαλλοντικού της αντίκτυπου από τις μονάδες επεξεργασίας κατά τις τελευταίες δύο δεκαετίες, δεδομένου ότι ο όγκος των υγρών αποβλήτων αυξήθηκε (με αποτέλεσμα να αυξηθεί και ο αριθμός των μονάδων επεξεργασίας) καθώς και από την εισαγωγή νέων τεχνολογιών για την επίτευξη υψηλότερης ποιότητας των χαρακτηριστικών του απορρέοντος υγρού αποβλήτων σύμφωνα με την αλλαγή πιο απαιτητικής νομοθεσίας (Nakagawa N. *et al.*, 2006). Ακόμη θα πρέπει να συνυπολογισθεί και το μεγάλο κόστος στη λειτουργία των μονάδων αυτών από την κατανάλωση μεγάλης ποσότητας ενέργειας (Ko JY *et al.*, 2004), (Gill ZM *et al.*, 2011). Τα τελευταία χρόνια έχει παρατηρηθεί μια συνεχής αύξηση του κόστους ενέργειας από μια μέση τιμή των 0.0756 €/kWh στην Ευρώπη των 27 (EU-27) το 2005 σε μια μέση τιμή των 0.1023 €/kWh το 2009. Υπήρξε δηλαδή μια αύξηση της τιμής της ενέργειας της τάξης του 74% μέσα σε τέσσερα χρόνια. (Molinos-Senante M. *et al.*, 2010). Στην Ελλάδα η τιμή της κιλοβατώρας διαφοροποιείται ανάλογα την ποσότητα ενέργειας που καταναλώνεται. Ο μέσος όρος της τιμής για τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων είναι 0,11529 €/kWh (Δημοπούλου Αργυρή, 2011).

## 2.2. Ποσότητα και κατανομή καταναλωόμενης ενέργειας

Το ποσό της ενέργειας το οποίο απαιτείται για την λειτουργία των μονάδων επεξεργασίας εξαρτάται από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της κάθε μονάδας ξεχωριστά όπως από τα χαρακτηριστικά του εισερχόμενου υγρού αποβλήτου στην μονάδα, τις τεχνολογίες επεξεργασίας που χρησιμοποιεί, τις παραμέτρους ποιότητας του εκρέοντος υγρού και το μέγεθος της μονάδας ( Guimet V. *et al.*, 2010).

Εδώ όμως είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η μέση κατανάλωση ενέργειας ανά κυβικό μέτρο ( $m^3$ ) υγρού αποβλήτου προς επεξεργασία δεν διαφέρει και πολύ μεταξύ των χωρών παγκοσμίως, παρά τις τεχνολογικές τους διαφορές (WERF (Water Environment Research Foundation), 2010), όπως φαίνεται και στον Πίνακα 2.1.

ΧΩΡΑ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ( $kWh/m^3$ )
Ηνωμένες Πολιτείες	0.45
Ολλανδία	0.36
Σιγκαπούρη	0.56
Ελβετία	0.52
Γερμανία	0.67
Μεγάλη Βρετανία	0.64
Αυστραλία	0.39
Ισπανία	0.53

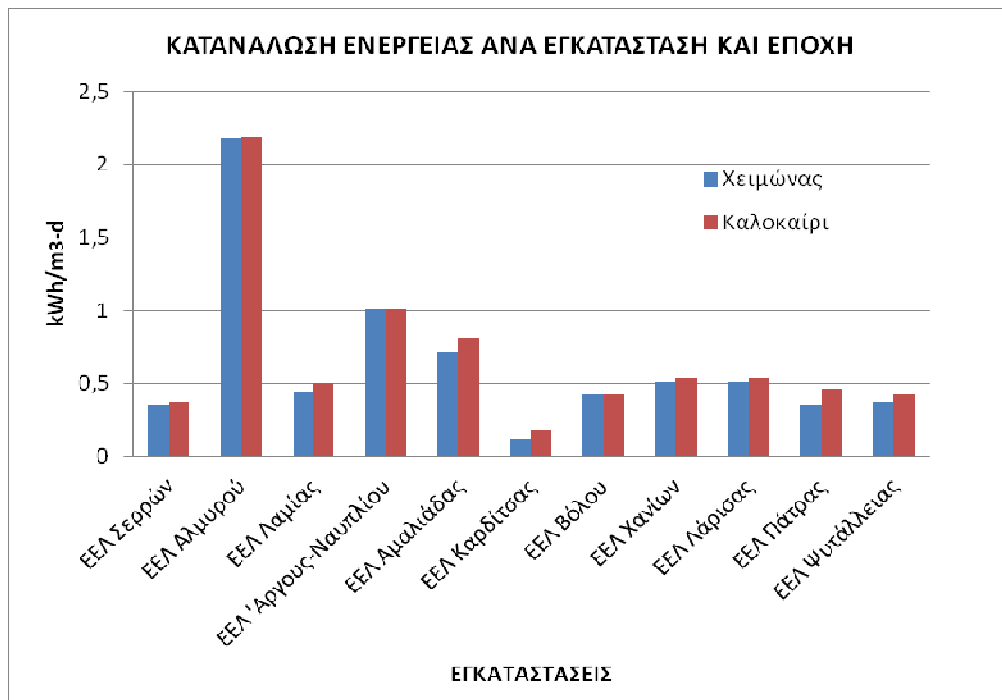
Πίνακας 2.1: Μέση κατανάλωση ενέργειας ανά χώρα για την επεξεργασία  $1 m^3$  υγρού αποβλήτου (WERF, 2010).

Παρακάτω παρουσιάζεται η ενέργεια που καταναλώνεται για διάφορες ελληνικές μονάδες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων (Δημοπούλου Αργυρή, 2011).

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	ΕΝΕΡΓΕΙΑ (kWh/month)		ΥΔΡΑΥΛΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ ΕΙΣΟΔΟΥ $Q_{in}$ (m <sup>3</sup> /d)		ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΝΑ ΥΔΡ. ΦΟΡΤΙΟ ΕΙΣΟΔΟΥ (kWh/m <sup>3</sup> -d)	
	Χειμώνας	Καλοκαίρι	Χειμώνας	Καλοκαίρι	Χειμώνας	Καλοκαίρι
ΕΕΛ Σερρών	202166.7	211833.3	19400.8	19014.5	0.35	0.37
ΕΕΛ Αλμυρού	65600.0	65533.3	1030.2	983.2	2.17	2.19
ΕΕΛ Λαμίας	211400.0	219900.0	15748.3	14359.2	0.45	0.50
ΕΕΛ Αργους- Ναυπλίου	347333.3	293833.3	11600.4	9748.3	1.01	1.01
ΕΕΛ Αμαλιάδας	56533.3	60333.3	2716.4	2475.3	0.71	0.81
ΕΕΛ Καρδίτσας	107935.0	107500.0	29354.3	19862.8	0.12	0.18
ΕΕΛ Βόλου	409666.7	399166.7	32261.6	30753.8	0.42	0.42
ΕΕΛ Χανίων	282140.0	305680.0	18623.3	18586.9	0.51	0.54
ΕΕΛ Λάρισας	416666.7	436833.3	27250.0	26416.7	0.51	0.54
ΕΕΛ Πάτρας	386666.7	419333.3	36450.6	31251.0	0.35	0.46
ΕΕΛ Ψυτάλλειας	8683394.6	8755250.8	770968.5	682633.5	0.37	0.42

**Πίνακας 2.2:** Πραγματική κατανάλωση ενέργειας ανά υδραυλικό φορτίο (από τα τιμολόγια της ΔΕΗ) για το χρονικό διάστημα 2009- 2010, τους χειμερινούς και θερινούς μήνες.

Στη συνέχεια απεικονίζονται σε διάγραμμα τα στοιχεία του Πίνακα 2.2 για το χρονικό διάστημα λειτουργίας των εγκαταστάσεων από 2009-2010.



**Διάγραμμα 2.1 :** Κατανάλωση ενέργειας ανά υδραυλικό φορτίο kWh/m<sup>3</sup>-day σε διάφορες εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων χειμώνα και καλοκαίρι.

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω δεδομένα, ο μέσος όρος καταναλισκόμενης ενέργειας στις ελληνικές μονάδες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων είναι 0.64 kWh/m<sup>3</sup>-d το χειμώνα και 0.68 kWh/m<sup>3</sup>-d καλοκαίρι, τιμές που προσεγγίζουν τις ανώτερες μέσες τιμές στη διεθνή πραγματικότητα, όπως αυτή παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.1, το οποίο αποτελεί ένδειξη ότι στην Ελλάδα οι μονάδες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων είναι από τις πιο ενεργοβόρες στον κόσμο με σημαντικά περιθώρια βελτίωσης. Βέβαια η παραπάνω σύγκριση δε συμπεριλαμβάνει διαφοροποιήσεις στην ενεργειακή κατανάλωση που προκύπτουν από παραμέτρους που καθορίζουν την μέση ενεργειακή κατανάλωση των μονάδων επεξεργασίας. Τέτοιες παράμετροι είναι τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του αποβλήτου που εισρέει, οι νομικές απαιτήσεις και η φύση του αποδέκτη που καθορίζουν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του αποβλήτου που εκρέει, το μέγεθος των μονάδων, οι τεχνικές επεξεργασίας που χρησιμοποιούνται καθώς και η ηλικία των μονάδων αυτών και τα οποία διαφέρουν από χώρα σε χώρα.

Όπως έχει προαναφερθεί, σημαντικοί παράγοντες για την ποσότητα ενέργειας που καταναλώνεται είναι και το μέγεθος της εγκατάστασης. Επιπλέον έρευνες του EPRI (Electric Power Research Institute, 2002) και του IDAE (Institute for Diversification

and Energy Saving, 2010) έχουν δείξει ότι μονάδες επεξεργασίας με μικρότερη δυναμικότητα επεξεργασίας υγρού αποβλήτου καταναλώνουν περισσότερη ενέργεια από ότι οι μεγάλες μονάδες, κάτι όμως που δε φαίνεται στις Ελληνικές μονάδες επεξεργασίας. Επιπλέον σημαντικό ρόλο παίζει και η ηλικία των μονάδων καθώς και το επίπεδο των προδιαγραφών στην έξοδο του εκρέοντος υγρού. (Hernandez-Sancho F. *et. al.*, 2011). Η σχέση αυτών των παραγόντων με την ποσότητα της καταναλωόμενης ενέργειας παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα 2.3..

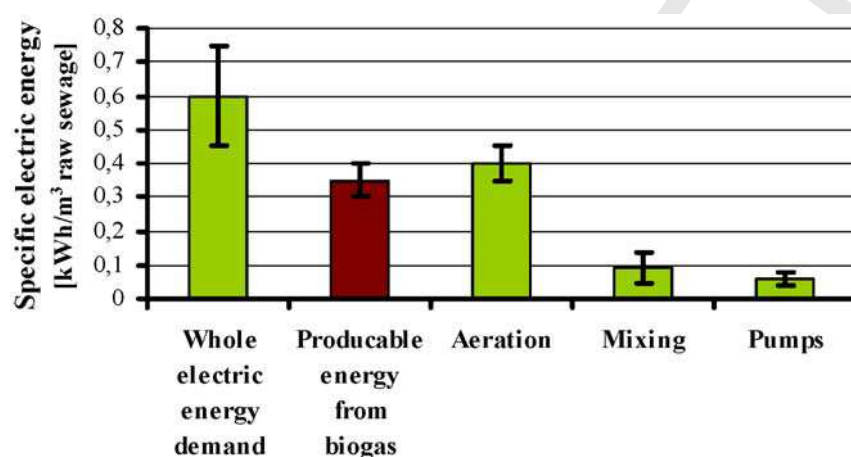
<b>ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΟΝΑΔΩΝ</b>	<b>ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (kWh/m<sup>3</sup>)</b>
<b>Μέγεθος (10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>/έτος)</b>	
<100	0.963
100-250	0.708
>250	0.486
<b>Ποσότητα απομάκρυνσης COD (g/m<sup>3</sup>)</b>	
<400	0.612
400-800	0.685
>800	1.119
<b>Ηλικία (έτη)</b>	
<8	1.015
8-18	0.783
>18	0.751

**Πίνακας 2.3:** Η επιρροή του μεγέθους, των ποιοτικών χαρακτηριστικών και της ηλικίας των μονάδων επεξεργασίας στο συνολικό ποσό κατανάλωσης ενέργειας (Hernandez-Sancho F. *et al.*, 2011).

Παρατηρούμε από τον παραπάνω πίνακα ότι η κατανάλωση ενέργειας αυξάνει όσο πιο απαιτητικές είναι οι παράμετροι ποιότητας για το εκρέον υγρό, ενώ μειώνεται όσο αυξάνει το μέγεθος και η ηλικία της μονάδος.

### 2.3. Ενεργειακή κατανάλωση ανά στάδιο επεξεργασίας

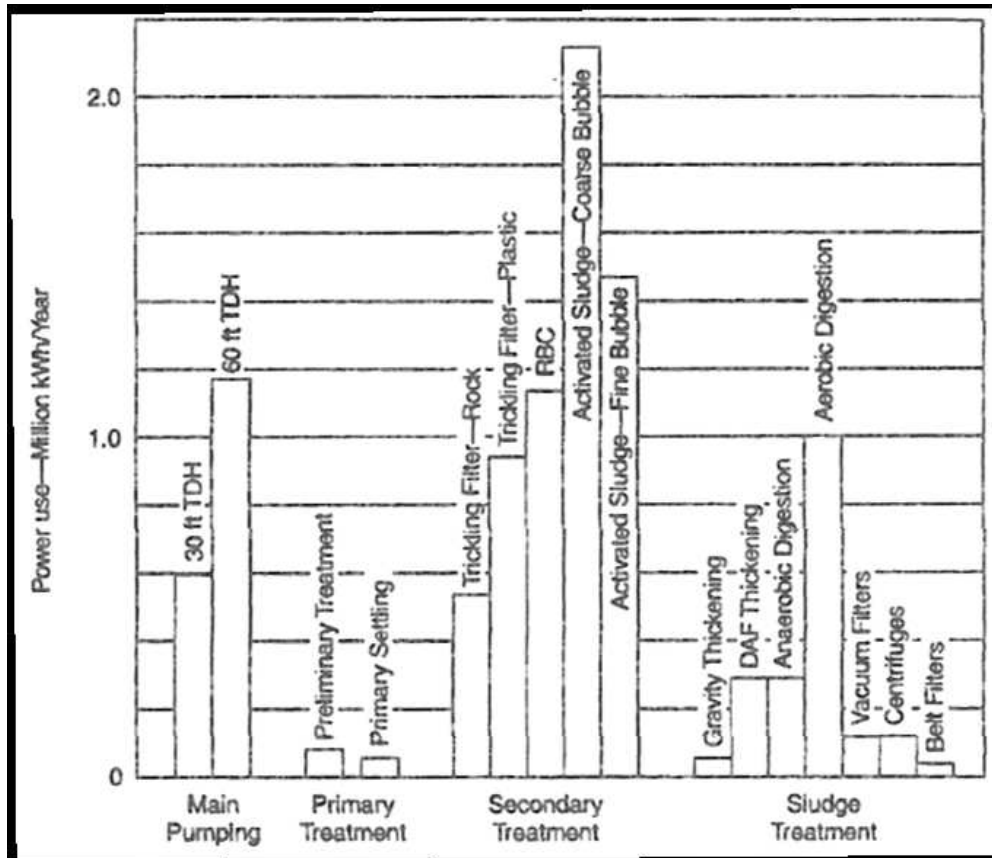
Σχετικά με την ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται ανά στάδιο επεξεργασίας των αποβλήτων στα διάφορα μέρη των μονάδων, πέραν από το μισό ποσό της συνολικής καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας καταναλώνεται στη διαδικασία αερισμού (παροχής οξυγόνου) (Victoria Pitas *et al.*, 2010) ενώ παρόμοια ποσά ενέργειας καταναλώνονται για ανάδευση και για κίνηση με αντλίες (συνυπολογίζοντας πάντα τον τύπο των αναδευτήρων και αντλιών που χρησιμοποιούνται). Στο Διάγραμμα 2.2 απεικονίζεται η κατανομή της καταναλισκόμενης ενέργειας στις διάφορες διεργασίες που πραγματοποιούνται κατά την επεξεργασία των αποβλήτων.



Διάγραμμα 2.2: Ποσότητα ενέργειας που καταναλώνεται στα διάφορα μέρη λειτουργίας των μονάδων.

Σε παρόμοια συμπεράσματα καταλήγει και η EPA (EPA, September 2010) όπως φαίνεται στο παρακάτω Διάγραμμα 2.3, όπου παρουσιάζεται το ενεργειακό προφίλ μιας μονάδας δευτεροβάθμιας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων.





**Διάγραμμα 2.3:** Ενεργειακό προφίλ μιας μέσης μονάδας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων (δευτεροβάθμιας επεξεργασίας).

Όπου εναλλακτικά στο Διάγραμμα 2.3 φαίνεται ότι ο αερισμός με φυσαλίδες (activated sludge, coarse and fine bubbles) καταναλώνει το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας ενώ περίπου στο ίδιο επίπεδο κατανάλωσης βρίσκονται οι αντλίες (60ft TDH) με τους βιολογικούς δίσκους (RBC). Ενώ στην επεξεργασία της ιλύος το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας καταναλώνεται στη διεργασία αερόβιας χώνευσης, λόγω του αερισμού που χρειάζεται για την προσθήκη οξυγόνου στην διεργασία.

Πρέπει να αναφερθεί σε αυτό το σημείο ότι αναμένεται η ενεργειακή κατανάλωση στις μονάδες επεξεργασίας να αυξηθεί σημαντικά εξαιτίας διαφόρων παραγόντων όπως η αύξηση του πληθυσμού και η συνεπακόλουθη υπερφόρτωση των μονάδων με επιπλέον ποσότητα υγρών αποβλήτων προς επεξεργασία και η ολοένα και πιο αυστηρή νομοθεσία που θέτει υψηλά ποιοτικά χαρακτηριστικά για το εκρέον υγρό με απώτερο σκοπό την μελλοντική επαναχρησιμοποίησή του.

#### **2.4. Περιβαλλοντικός αντίκτυπος μονάδων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων από την κατανάλωση ενέργειας κατά τη λειτουργία τους**

Τα αέρια του θερμοκηπίου που εκπέμπονται κατά την λειτουργία των μονάδων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων χωρίζονται σε δυο κατηγορίες: τις άμεσες και τις έμμεσες εκπομπές. Έτσι έχουμε:

##### **Άμεσες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου**

- CO<sub>2</sub> : από τις διεργασίες στην δεξαμενή αερισμού, από την καύση του βιοαερίου είτε σε πυρσό καύσης ή για παραγωγή ενέργειας (CO<sub>2</sub> βιογενούς προέλευσης)
- N<sub>2</sub>O: από τη διεργασία της απονιτροποίησης στην ανοξική δεξαμενή
- CH<sub>4</sub>: από τη διαφυγή αερίου στην ατμόσφαιρα λόγω ατελούς καύσης του βιοαερίου.

##### **Έμμεσες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου**

- CO<sub>2</sub> : από τη καύση καυσίμων υλών για παραγωγή ενέργειας, από κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται εκτός ΕΕΛ
- CO<sub>2</sub> : από την αερόβια και αναερόβια αποσύνθεση της παραγόμενης ιλύος στον τόπο διάθεσης (βιογενούς προέλευσης)
- CH<sub>4</sub>: από την αναερόβια αποσύνθεση της παραγόμενης ιλύος στον τόπο διάθεσης (βιογενούς προέλευσης)

Στο παρακάτω Πίνακα 2.4 παρουσιάζεται η ποσότητα των εκπεμπόμενων αερίων του θερμοκηπίου από την κατανάλωση ενέργειας κατά την λειτουργία μονάδων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων στην Ελλάδα.

ΗΜΕΡΗΣΙΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΕΡΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ (KgCO <sub>2</sub> /d)						
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ	ΕΠΟΧΗ	ΕΜΜΕΣΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΠΟ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	ΕΜΜΕΣΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΠΟ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (%ΕΠΙ ΤΩΝ ΣΥΝΟΛΙΚΩΝ)	ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΕΜΜΕΣΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΕΜΜΕΣΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ (% ΕΠΙ ΤΩΝ ΣΥΝΟΛΙΚΩΝ)	ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ <sup>1</sup> ΕΚΠΟΜΠΕΣ
ΕΕΛ ΣΕΡΡΩΝ	ΧΕΙΜΩΝΑΣ	3955.70	22.31%	6642.22	37.4%	17727.90
	ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	4077.27	26.28%	7287.98	46.98%	15513.89
ΕΕΛ ΑΛΜΥΡΟΥ	ΧΕΙΜΩΝΑΣ	1283.56	41.92%	1672.95	54.64%	3061.89
	ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	1261.35	43.12%	1650.73	56.44%	2924.94
ΕΕΛ ΛΑΜΙΑΣ	ΧΕΙΜΩΝΑΣ	4136.37	26.16%	6248.64	39.52%	15809.54
	ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	4232.53	24.10%	7558.40	43.03%	17564.73
ΕΕΛ ΑΡΓΟΣ-ΝΑΥΠΑΛΙΟΥ	ΧΕΙΜΩΝΑΣ	6796.11	20.17%	13748.17	40.81%	33688.27
	ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	5655.56	31.05%	11415.15	62.68%	18212.47
ΕΕΛ ΑΜΑΛΙΑΔΟΣ	ΧΕΙΜΩΝΑΣ	1106.16	22.96%	2334.20	48.45%	4817.92
	ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	1161.27	19.59%	2486.97	41.94%	5929.24
ΕΕΛ ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ	ΧΕΙΜΩΝΑΣ	2111.91	16.23%	6745.46	51.82%	13015.92
	ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	2069.11	15.95%	6702.66	51.66%	12974.83
ΕΕΛ ΒΟΛΟΥ	ΧΕΙΜΩΝΑΣ	8115.76	19.68%	21556.63	52.91%	40739.55
	ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	7682.97	19.28%	21488.18	53.94%	39839.57
ΕΕΛ ΧΑΝΙΩΝ	ΧΕΙΜΩΝΑΣ	5520.50	18.58%	14517.05	48.87%	29704.08
	ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	5883.58	22.10%	14673.40	55.12%	26619.66
ΕΕΛ ΛΑΡΙΣΑΣ	ΧΕΙΜΩΝΑΣ	8152.72	29.66%	16815.77	61.18%	27483.81
	ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	8407.96	31.45%	17260.02	64.55%	26738.18
ΕΕΛ ΠΑΤΡΑΣ	ΧΕΙΜΩΝΑΣ	7565.73	22.95%	17730.76	53.78%	32969.94
	ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	8071.12	30.03%	14941.05	55.58%	26880.35
ΕΕΛ ΨΥΤΤΑΛΕΙΑΣ	ΧΕΙΜΩΝΑΣ	88088.53	12.81%	347287.59	50.49%	687880.24
	ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	86960.27	15.16%	290880.38	50.72%	573515.56

**Πίνακας 2.4:** Οι έμμεσες εκπομπές CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα από τις έμμεσες εκπομπές (κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και ορυκτών καυσίμων για την κίνηση των οχημάτων) χωρίς τις άμεσες εκπομπές από την οξείδωση της βιομάζας (Δημοπούλου Αργυρή, 2011).

Αυτό που παρατηρούμε στον παραπάνω πίνακα είναι ότι η κατανάλωση ενέργειας για τους λειτουργικούς σκοπούς των μονάδων ευθύνεται για περίπου 40-60% της συνολικά εκπεμπόμενης ποσότητας CO<sub>2</sub>, περίπου το μισό δηλαδή, ενώ το 25% προέρχεται από την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για την απλή λειτουργία του μηχανολογικού εξοπλισμού (αναδευτήρες, αντλίες κ.λ.π.).

Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί πως παρατηρούνται διαφορές στις εκπομπές των αερίων στην ατμόσφαιρα από μονάδα σε μονάδα και αυτό οφείλεται στο σημαντικό ρόλο που παίζει το μέγεθος του πληθυσμού που εξυπηρετεί η μονάδα στην εκπομπή CO<sub>2</sub>. Έτσι, για να γίνουν σαφείς οι παραπάνω διαφορές, κατηγοριοποιήθηκαν οι μονάδες με βάση τον πληθυσμό που εξυπηρετούν.

Για κατοίκους <10.000 Εδώ ανήκει η ΕΕΛ Αλμυρού με μέση τιμή εκπομπών ανά ισοδύναμο κάτοικο και ημέρα 0,482 kg CO<sub>2</sub>/κατ-d

Για κατοίκους 10.000-50.000 Εδώ ανήκουν η ΕΕΛ Καρδίτσας, Αμαλιάδος και Άργους-Ναυπλίου με μέση τιμή εκπομπών ανά ισοδύναμο κάτοικο και ημέρα 0.347 kg CO<sub>2</sub>/κατ-d

Για κατοίκους 50.000-150.000 Εδώ ανήκουν η ΕΕΛ Σερρών, Λαμίας, Χανίων, Λάρισσας και Πάτρας με μέση τιμή εκπομπών ανά ισοδύναμο κάτοικο και ημέρα 0.246 kg CO<sub>2</sub>/κατ-d

Για κατοίκους 150.000-300.000 Εδώ ανήκουν η ΕΕΛ Άργους-Ναυπλίου (χειμερινή περίοδο), Βόλου και Πάτρας (χειμερινή περίοδο) με μέση τιμή εκπομπών ανά ισοδύναμο κάτοικο και ημέρα 0.222 kg CO<sub>2</sub>/κατ-d

Για κατοίκους 300.000-4.000.000 Εδώ ανήκει η ΕΕΛ Ψυττάλειας με μέση τιμή εκπομπών ανά ισοδύναμο κάτοικο και ημέρα 0.173 kg CO<sub>2</sub>/κατ-d

(Δημοπούλου Αργυρή, 2011).

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι μονάδες που εξυπηρετούν μικρότερους πληθυσμούς <10000 εκπέμπουν περισσότερα αέρια του θερμοκηπίου ανά κάτοικο διότι είναι μικρές μονάδες και στηρίζονται σε συμβατικές τεχνολογίες σε σχέση με αυτές των 4.000.000 κατοίκων όπως στην περίπτωση της Ψυττάλειας όπου έχουμε και μονάδα συμπαραγωγής ενέργειας (επαναχρησιμοποίηση βιοαερίου) για να καλύπτει τις βασικές ανάγκες της.

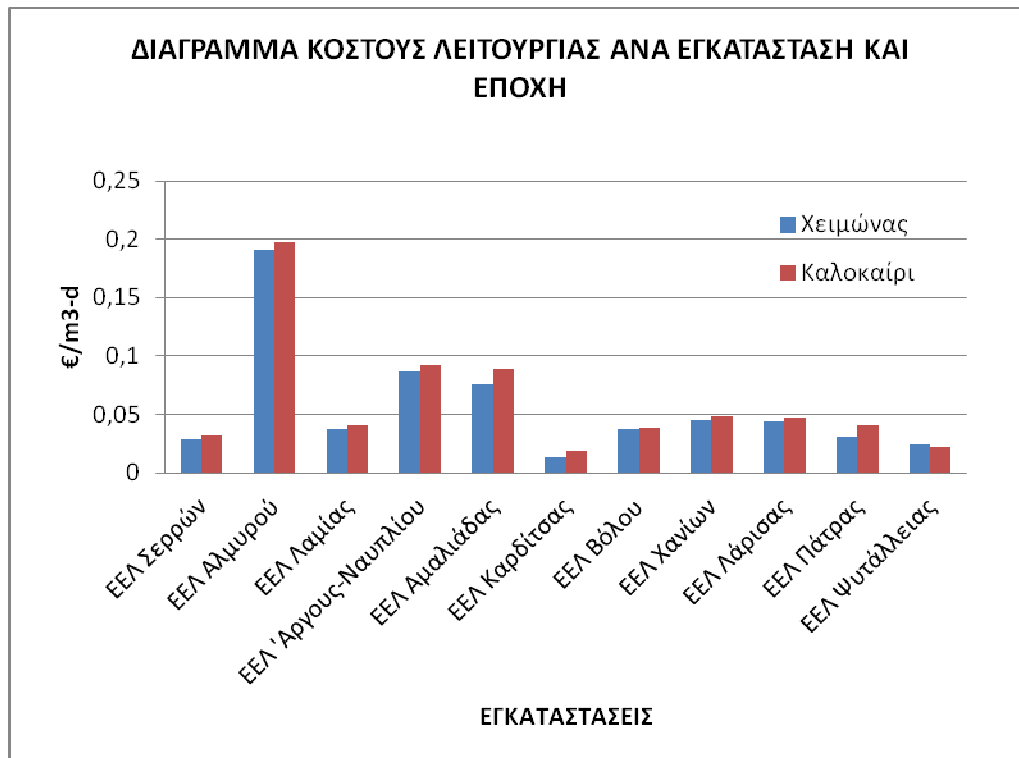
## 2.5. Κόστος λειτουργίας μονάδων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων

Στον Πίνακα 2.5 παρουσιάζεται το κόστος της κατανάλωσης της ενέργειας για κάποιες μονάδες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων στην Ελλάδα. (Δημοπούλου Αργυρή, 2011).

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	ΚΟΣΤΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (€/month)		ΥΔΡΑΥΛΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ ΕΙΣΟΔΟΥ $Q_{in}$ (m <sup>3</sup> /d)		ΚΟΣΤΟΣ ΑΝΑ ΥΔΡ. ΦΟΡΤΙΟ ΕΙΣΟΔΟΥ (€/m <sup>3</sup> -d)	
	Χειμώνας	Καλοκαίρι	Χειμώνας	Καλοκαίρι	Χειμώνας	Καλοκαίρι
ΕΕΛ Σερρών	16660	18161	19400	19014	0.029	0.032
ΕΕΛ Αλμυρού	5792	5895	1030	983	0.191	0.197
ΕΕΛ Λαμίας	18008	18053	15748	14359	0.038	0.041
ΕΕΛ Άργους-Ναυπλίου	29867	26897	11600	9748	0.087	0.092
ΕΕΛ Αμαλιάδας	6149	6642	2716	2475	0.076	0.089
ΕΕΛ Καρδίτσας	11374	11570	29354	19862	0.013	0.019
ΕΕΛ Βόλου	37220	36669	32261	30753	0.038	0.039
ΕΕΛ Χανίων	25064	27501	18623	18586	0.045	0.049
ΕΕΛ Λάρισας	35945	38100	27250	26416	0.044	0.047
ΕΕΛ Πάτρας	33775	37486	36450	31251	0.031	0.041
ΕΕΛ Ψυτάλλειας	557215	462298	770968	682633	0.024	0.022

Πίνακας 2.5: Κόστος (€) ποσότητας καταναλωμένης ενέργειας για κάποιες Ελληνικές μονάδες επεξεργασίας.

Στο Διάγραμμα 2.4 που ακολουθεί απεικονίζονται τα δεδομένα του Πίνακα 2.5 για το κόστος ενέργειας που καταναλώνεται στις διάφορες ΕΕΛ στην Ελλάδα, κατά τη διάρκεια θερινών και χειμερινών μηνών το έτος 2009 – 2010.



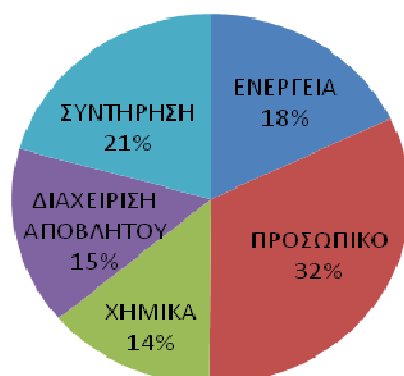
**Διάγραμμα 2.4:** Κόστος καταναλωμένης ενέργειας ανά υδραυλικό φορτίο €/m<sup>3</sup>-day σε διάφορες μονάδες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων χειμώνα και καλοκαίρι για το χρονικό διάστημα 2009-2010.

Τέλος, στον Πίνακα 2.6 και στο Διάγραμμα 2.5 που ακολουθεί παρουσιάζονται δεδομένα που προκύπτουν από ανάλυση 22 μονάδων επεξεργασίας λυμάτων, όσον αφορά στο κόστος λειτουργίας τους και πώς αυτό καταμερίζεται στα επιμέρους κόστη.

<b>Μέσο κόστος ενέργειας</b>	<b>0.0392 €/m<sup>3</sup></b>
Μέσο κόστος εργαζομένων	0.0712 €/m <sup>3</sup>
Μέσο κόστος χημικών - πρόσθετων	0.0301 €/m <sup>3</sup>
Μέσο κόστος διαχείρισης αποβλήτου	0.0342 €/m <sup>3</sup>
Μέσο κόστος εργασιών συντήρησης	0.0453 €/m <sup>3</sup>
Σύνολο	0.2200 €/m <sup>3</sup>

**Πίνακας 2.6** Μέσες τιμές για κόστος λειτουργίας 22 μονάδων επεξεργασίας λυμάτων εκφρασμένο σε €/m<sup>3</sup> (Maria-Molinos Senante, *et al.*, 2010)

ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΟΝΑΔΩΝ  
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ



**Διάγραμμα 2.5:** Κόστος λειτουργίας ανά υδραυλικό φορτίο €/m<sup>3</sup> σε διάφορες μονάδες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΓΑΛΑΚΤΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ

#### 3.1. Περιγραφή παραγωγικής διαδικασίας σε γαλακτοβιομηχανία

Ο κλάδος των γαλακτοκομικών βιομηχανιών είναι δύσκολο να ομαδοποιηθεί διότι κάθε μονάδα εμφανίζει σημαντικές διαφορές ανάλογα με τις παραγωγικές διαδικασίες που εφαρμόζει, τις πρώτες ύλες που χρησιμοποιεί και τα τελικά προϊόντα που παράγει.

Οι γαλακτοκομικές βιομηχανίες, γενικά, διαχωρίζονται ανάλογα με το τελικό παραγόμενο προϊόν στις ακόλουθες κατηγορίες: βιομηχανίες παραγωγής γάλακτος (παστεριωμένου, μακράς διαρκείας και συμπυκνωμένου γάλακτος, σκόνης και ξηρού γάλακτος κα.), βιομηχανίες παραγωγής προϊόντων ζύμωσης (όπως γιαούρτι, κρέμα κα.), βιομηχανίες παραγωγής βουτύρου, βιομηχανίες παραγωγής τυριού, τυρόγαλου και βιομηχανίες παραγωγής παγωτών. Στις περισσότερες παραγωγικές μονάδες δεν παράγεται μόνο ένα προϊόν, αλλά συνήθως δύο ή και περισσότερα προϊόντα.

Οι βασικές μέθοδοι κατεργασίας που ακολουθούνται πριν την περαιτέρω επεξεργασία του γάλακτος, για τη παραγωγή των περισσοτέρων γαλακτοκομικών προϊόντων, και που αποβλέπουν στη βελτίωση, εξυγίανση και παράταση του χρόνου ζωής του είναι οι ακόλουθες:

**Παραλαβή και Έλεγχος Νωπού Γάλακτος:** Το γάλα μεταφέρεται από φάρμες μέσα σε δοχεία ή με βυτιοφόρα και παραλαμβάνεται. Κατά την παραλαβή υπόκειται σε ποιοτικό έλεγχο.

**Διήθηση, Διαύγαση - Διαχωρισμός:** Αρχικά το γάλα υπόκειται σε διήθηση για την αφαίρεση των ξένων προσμίξεων (ακαθαρσίες, σωματικά κύτταρα κα) που τυχόν φέρει και των αιωρούμενων στερεών που μπορεί να περιέχει από το στάδιο του αρμέγματος μέχρι την παραλαβή του στο εργοστάσιο. Η διήθηση πραγματοποιείται είτε με φυσικό τρόπο (με υφασμάτινα φίλτρα, τα οποία επαναχρησιμοποιούνται μετά από καθαρισμό), είτε με μηχανικό τρόπο (με κατάλληλους φυγόκεντρικούς διαχωριστήρες, ταχύτητας περιστροφής 3.000 - 4.000 rpm). Η φυγόκεντρη δύναμη αναγκάζει τις διάφορες ξένες ύλες να συγκεντρωθούν στην περιφέρεια της φυγόκεντρου υπό μορφή λάσπης, η οποία απομακρύνεται κατά διαστήματα είτε



χειροκίνητα, είτε αυτόματα αν έχει αυτή την δυνατότητα ο διαχωριστής. Η φυγοκεντρική διαύγαση του γάλακτος πλεονεκτεί της διηθήσεως σε δυνατότητα αποδόσεως και καθαρισμού.

**Αποθήκευση - Ψύξη:** Το γάλα μεταφέρεται σε δεξαμενές αποθήκευσης που είναι μονωμένες και υπό ψύξη.

**Θέρμανση:** Για να μπορεί να επιτευχθεί η αποθήκευση του γάλακτος σε σιλό για μερικές ημέρες (αυτό απαιτείται κυρίως στις μεγάλες γαλακτοκομικές μονάδες), χωρίς κίνδυνο υποβιβασμού της ποιότητας του, το γάλα θερμαίνεται για μερικά δευτερόλεπτα σε θερμοκρασία 63-65 °C.

**Παστερίωση:** Αποτελεί μια μέθοδο θερμικής επεξεργασίας που επιτυγχάνει εξουδετέρωση των παθογόνων μικροοργανισμών και ορισμένων βακτηριδίων που συμβάλλουν στη καταστροφή του γάλακτος. Επίσης καταστρέφει τους υπάρχοντες παθογόνους μικροοργανισμούς, εξυγιαίνει το γάλα και παρατείνει το χρόνο συντήρησής του. Επιτελείται είτε σε δεξαμενές ασυνεχούς ροής (χαμηλή παστερίωση) όπου το γάλα παραμένει για 30 min σε θερμοκρασία 63-65 °C, είτε σε παστεριωτήρες συνεχούς ροής (υψηλή παστερίωση) όπου εξασφαλίζεται η τυρβώδης ροή του γάλακτος ανάμεσα σε δύο θερμαντικές μεταλλικές πλάκες, οι οποίες διατηρούν τη θερμοκρασία του γάλακτος στους 72-75 °C για 15 sec.

**Τυποποίηση:** Διαχωρισμός ενός κλάσματος του γάλακτος με ταυτόχρονη απομάκρυνση της παραγόμενης κρέμας και επανακυκλοφορία αυτής στη δεξαμενή αποθήκευσης. Η τυποποίηση πραγματοποιείται με κατάλληλο φυγοκεντρικό διαχωριστήρα – τυποποιητή, ο οποίος εξαρτάται από την ποιότητα του γάλακτος (άπαχο, ελαφρύ, πλήρες).

**Ομογενοποίηση:** Μείωση του μεγέθους των περιεχόμενων στο γάλα λιπαρών σφαιριδίων, έτσι ώστε να παραμένουν διασκορπισμένα στο υγρό διάλυμα και να μην δημιουργούν στρώμα κρέμας στην επιφάνεια. Ως ομογενοποιημένο χαρακτηρίζεται το γάλα που μετά από παραμονή σε ηρεμία επί 48 ώρες στους 7 °C δεν παρουσιάζει ορατό στρώμα κρέμας. Η ομογενοποίηση επιτυγχάνεται με διοχέτευση, υπό πίεση 150-250 atm και θερμοκρασία 60-70 °C, του γάλακτος μέσα από πολύ λεπτές σχισμές

με αποτέλεσμα τα λιποσφαίρια του γάλακτος να κατατέμνονται σε σφαιρίδια διαμέτρου 1-2  $\mu\text{m}$ .

**Αερισμός:** Μέθοδος που επιτυγχάνει την απομάκρυνση των αερίων και των δύσοσμων πτητικών ουσιών που μπορεί να περιέχονται στο γάλα.

**Συγκεκριμένα για την παραγωγή προϊόντων ζύμωσης:** Τα κυριότερα προϊόντα καλλιέργειας είναι το γιαούρτι, το ξυνόγαλο, το τυρόγαλο κα. Το παστεριωμένο γάλα και η κρέμα υπόκεινται, σε δεξαμενές ασυνεχούς λειτουργίας, σε ζύμωση που προκαλείται από συμβιωτική καλλιέργεια θερμοφιλικών βακτηριδίων ή μυκήτων. Στη συνέχεια το προϊόν ψύχεται και συσκευάζεται. Το ιξώδες των παραγόμενων προϊόντων ζύμωσης είναι πολύ υψηλό με αποτέλεσμα ένα σημαντικό τμήμα του προϊόντος να παραμένει προσκολλημένο στις επιφάνειες του χρησιμοποιούμενου κατά την παραγωγική διαδικασία εξοπλισμού καθώς επίσης και τα παραγόμενα υγρά απόβλητα να περιέχουν σημαντική ποσότητα αυτών των ουσιών, υψηλό οργανικό φορτίο και χαμηλό pH. Ενδεικτικά οι τιμές του pH των προϊόντων ζύμωσης κυμαίνονται περίπου από 4.5 έως 4.7.

### **3.2. Παραγόμενα υγρά απόβλητα σε γαλακτοβιομηχανία**

Τα παραγόμενα απόβλητα από τις γαλακτοκομικές βιομηχανίες περιέχουν αραιώσεις γάλακτος και προϊόντα γάλακτος, απορρυπαντικά, λιπαντικά και χημικά καθαρισμού υπολειμμάτων γάλακτος. Χαρακτηρίζονται κυρίως από υψηλό οργανικό φορτίο, υψηλές συγκεντρώσεις στερεών και σημαντικές διακυμάνσεις των τιμών του pH ενώ δεν περιέχουν τοξικές και επικίνδυνες ουσίες όπως βαρέα μέταλλα. Οι κυριότερες πηγές αποβλήτων κατά την παραγωγική διαδικασία είναι οι εξής:

- Νερά από τον καθαρισμό των βυτιοφόρων οχημάτων, των δοχείων μεταφοράς, των δεξαμενών αποθήκευσης και γενικά του εξοπλισμού της εγκατάστασης. Η θέσπιση αυστηρών υγειονομικών κανονισμών λειτουργίας έχει ως αποτέλεσμα την υψηλή κατανάλωση νερού και απορρυπαντικών για τον καθαρισμό των χώρων, των εγκαταστάσεων και του εξοπλισμού και την παραγωγή αποβλήτων που περιέχουν αραιώσεις γάλακτος και μικρές ποσότητες προϊόντων γάλακτος.

- Διαρροές από υπερχειλίσεις των δεξαμενών, από ελαττωματική λειτουργία των μηχανημάτων, από τις σωληνώσεις, από απρόσεκτη μεταφορά γάλακτος, κλπ.
- Απώλειες προϊόντος κατά την εκκίνηση καθώς επίσης και κατά την διακοπή των παραγωγικών διαδικασιών.
- Απόρριψη παραπροϊόντων (όπως τυρόγαλο κ.α.) ή κατεστραμμένων προϊόντων.
- Απορρυπαντικά και άλλα χημικά που περιέχονται στα διαλύματα καθαρισμού.
- Λιπαντικά και πρόσθετα μηχανολογικού εξοπλισμού.
- Αστικά απόβλητα όπως λύματα προσωπικού, απορρίμματα κα.

Η μεγαλύτερη ποσότητα του παραγόμενου οργανικού φορτίου προέρχεται από τις πέντε πρώτες πηγές. Στη βιβλιογραφία (Γεωργιοπούλου Μάρθα, 2007) αναφέρεται ότι οι αραιώσεις γάλακτος και τα προϊόντα γάλακτος που καταλήγουν στα απόβλητα ανέρχονται στο 94% του συνολικού βιοχημικά απαιτούμενου φορτίου ( $BOD_5$ ). Η ποσότητα του γάλακτος που καταλήγει στα απόβλητα κυμαίνεται, ανάλογα με την εγκατάσταση, από 0.5% έως 6% της συνολικής ποσότητας γάλακτος που υπόκειται σε επεξεργασία. Τα κυριότερα συστατικά που συμβάλλουν στο ολικό βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο ( $BOD_5$ ) των γαλακτοκομικών προϊόντων είναι η λακτόζη, τα λίπη, οι πρωτεΐνες και τα γαλακτικά οξέα, με συντελεστές παραγωγής οργανικού φορτίου κατά μέσο όρο 0.65, 0.89, 1.03 και 0.63kg  $BOD_5$  / kg συστατικού, αντίστοιχα. Οι σημαντικότερες ποιοτικές παράμετροι για την εκτίμηση του παραγόμενου ρυπαντικού φορτίου των αποβλήτων των γαλακτοκομικών βιομηχανιών είναι το  $BOD_5$ , τα ολικά αιωρούμενα στερεά (SS) και το pH. Σε αντίθεση με την ποιοτική σύνθεση των αποβλήτων που δεν μεταβάλλεται σημαντικά, η ποσοτική σύσταση κάθε εγκατάστασης παρουσιάζει σημαντικές διακυμάνσεις. Ο όγκος και το φορτίο των αποβλήτων εξαρτάται από τις πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται, τις παραγωγικές διαδικασίες, τα τελικά προϊόντα, το είδος και την ποιότητα του εξοπλισμού, τις πρακτικές περιορισμού απωλειών προϊόντος που ακολουθούνται και τέλος τον όγκο του νερού που χρησιμοποιείται για καθαρισμό και ψύξη και αναμιγνύεται με τα απόβλητα.

Στον Πίνακα 3.1 που ακολουθεί, παρουσιάζονται τυπικά χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων από γαλακτοκομική βιομηχανία.

ΓΑΛΑΚΤΟΚΟΜΙΚΟ ΠΡΟΪΟΝ	ΟΓΚΟΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΑΝΑ ΟΓΚΟ ΓΑΛΑΚΤΟΣ (L/L)	BOD <sub>5</sub> (mg/L)	SS (mg/L)
Γάλα & Γιαούρτι	1-25	120-300	50
Γάλα σκόνη & Βούτυρο	1-3	80-300	30
Καζεΐνη	2-4	400-500	100
Τυριά	2-3	400-900	100
Μικτά προϊόντα	3-6	300-750	120

**Πίνακας 3.1:** Ποσοτικά και Ποιοτικά Χαρακτηριστικά Υγρών Αποβλήτων Γαλακτοκομικής Βιομηχανίας (Λέκκας Θ., 2001).

Η εκτίμηση της σύστασης του γάλακτος – πρώτης ύλης και των γαλακτοκομικών προϊόντων είναι χρήσιμη για τον προσδιορισμό της τυπικής σύνθεσης των υγρών αποβλήτων γαλακτοβιομηχανίας, όσον αφορά στο αναμενόμενο περιεχόμενό τους.

Γαλακτοκομικό προϊόν	Λίπη %	Πρωτεΐνη %	Λακτόζη %	Γαλακτικό οξύ %	Ολικά οργανικά στερεά %	Φώσφορος %	Ολικό Άζωτο κατά Kjeldahl	BOD <sub>5</sub> mg/L
Πλήρες γάλα	3,5	3,5	4,9	0	11,9	0,093	0,55	104.000
Γάλα 2% λίπη	2	4,2	6	0	12,2	0,112	0,940	100.000
Κρέμα γάλακτος	40	2,2	3,1	0	45,3	0,059	0,344	399.000
Γιαούρτι	3	3,5	4	1,1	11,6	0,112	0,549	91.000
Παγωτό	10	4,5	6,8	0	36,3	0,115	0,705	292.000
Τυρόγαλο	0,08	0,9	4,4	0,7	6,1	0,016	0,14	31.500

**Πίνακας 3.2 :** Τυπική σύσταση μερικών γαλακτοκομικών προϊόντων (EPA, 1971)

Στον Πίνακα 3.3 παρουσιάζονται η διακύμανση τιμών και η μέση τιμή των ποιοτικών και ποσοτικών χαρακτηριστικών των υγρών αποβλήτων σε γαλακτοβιομηχανία πριν από οποιαδήποτε επεξεργασία τους.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ (mg/L)	
	Διάστημα τιμών	Μέση τιμή
BOD <sub>5</sub>	40-48.000	2300
COD	90-95.000	4500
Ολικά αιωρούμενα στερεά (SS)	24-4.500	820
Ολικά στερεά (TS)	135-8.500	2500
Λίπη	35-500	209
Άζωτο (N)	1,0-180	64
Φώσφορος (P)	3,0-70	48
Συντελεστής φόρτισης kg BOD <sub>5</sub> / kg ανεπεξέργαστου γάλακτος	0,2-7,1	5,8
Όγκος αποβλήτων m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ανεπεξέργαστου γάλακτος	0.1 -7,1	2,4
pH	4,4-9,5	7,20
Θερμοκρασία °C	18-55	35

Πίνακας 3.3 : Τυπικά Χαρακτηριστικά Γαλακτοκομικών Αποβλήτων (EPA 1971, Kearney 1973)

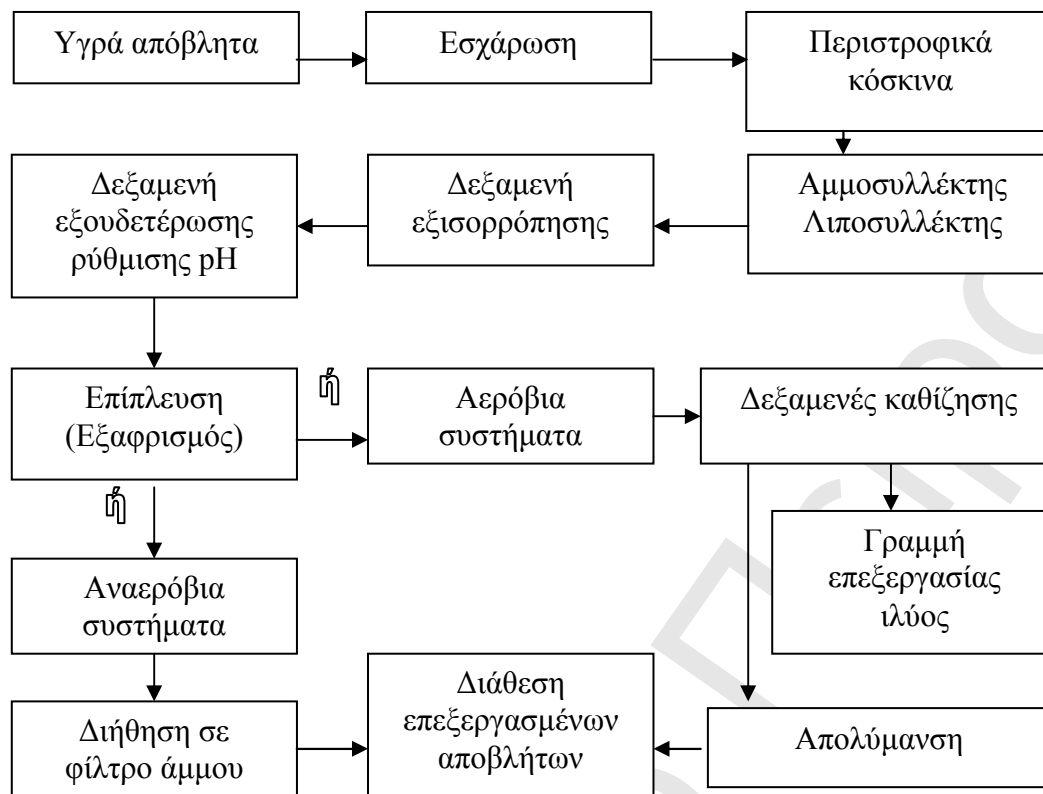
Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 3.3 οι διακυμάνσεις των BOD<sub>5</sub>, SS και pH που αποτελούν τις κυριότερες παραμέτρους προσδιορισμού του ρυπαντικού φορτίου των αποβλήτων, είναι σημαντικές. Στις περισσότερες εγκαταστάσεις, το οργανικό φορτίο κυμαίνεται μεταξύ 500 – 4.000 mg/L BOD<sub>5</sub> με μέση τιμή περίπου 2.500 mg/L.

Συνήθως οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις απαντώνται σε σταθμούς παραλαβής γάλακτος ενώ οι υψηλότερες τιμές σε εγκαταστάσεις παραγωγής τυριού. Αντίστοιχα στις περισσότερες εγκαταστάσεις οι τιμές των ολικών αιωρούμενων στερεών (SS) κυμαίνονται μεταξύ 400 - 2000 mg/L με ποσοστό οργανικών περίπου ίσο με 85%.

Συγκρίνοντας τα τυπικά χαρακτηριστικά των αποβλήτων γαλακτοβιομηχανίας όπως παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.2 και στον Πίνακα 3.3 διαπιστώνουμε σημαντική απόκλιση στις τιμές των ποιοτικών παραμέτρων, γεγονός που δικαιολογείται αν αξιολογήσουμε ότι τα δεδομένα προκύπτουν από έρευνες που απέχουν χρονικά περίπου τριάντα χρόνια, διάστημα σημαντικό όπου οι τεχνικές βελτιώσεις στις εγκαταστάσεις των γαλακτοβιομηχανιών είχαν ως αποτέλεσμα σημαντική μείωση στις τιμές των παραμέτρων ποιοτικού προσδιορισμού των αποβλήτων.

### **3.3. Επεξεργασία υγρών αποβλήτων σε γαλακτοβιομηχανία**

Για τη σωστή επιλογή του πλέον κατάλληλου συστήματος επεξεργασίας υγρών αποβλήτων γαλακτοβιομηχανίας απαιτείται ποιοτικός και ποσοτικός έλεγχος των υγρών αποβλήτων με μετρήσεις σε τακτά χρονικά διαστήματα και τήρηση αρχείου μετρήσεων. Ανάλογα με τις δραστηριότητες της μονάδας, την τυχόν ανακύκλωση που εφαρμόζει, τις τοπικές ιδιαιτερότητες και τα όρια της νομοθεσίας για τον αποδέκτη, ένα σύστημα διαχείρισης και επεξεργασίας υγρών αποβλήτων μπορεί να περιλαμβάνει τα συστήματα του διαγράμματος ροής που ακολουθεί:



Σχήμα 3.1 : Διάγραμμα ροής επεξεργασίας αποβλήτων γαλακτοβιομηχανίας ( Ευθύμιος Νταράκας, 2006).

### 3.4. Περίπτωση γαλακτοβιομηχανίας - ΦΑΓΕ

Σημεία σταθμοί στην ιστορία της ΦΑΓΕ:

**1926:** Γαλακτοπωλείο Αθανάσιου Φιλίππου, στην οδό Πατησίων 213

**1954:** Ξεκινά η οργάνωση του πρώτου δικτύου χονδρικής πώλησης γιαουρτιού και η δραστηριοποίηση στην οικογενειακή επιχείρηση του Ιωάννη Φιλίππου, Επίτιμου Προέδρου σήμερα της ΦΑΓΕ

**1964:** Ιδρύεται βιοτεχνία παραγωγής γιαουρτιού (και ειδών ζαχαροπλαστικής) στο Γαλάτσι από τους αδελφούς Ιωάννη και Κυριάκο Φιλίππου

**1975:** Μεταφορά της ΦΑΓΕ στο εργοστάσιο της Μεταμόρφωσης, όπου παράγεται το πρώτο ελληνικό τυποποιημένο και επώνυμο γιαούρτι, το Total

**1980:** Έναρξη εξαγωγών. Πρώτη χώρα, η Αγγλία

**1991:** Είσοδος στην κατηγορία των τυροκομικών

**1993:** Είσοδος στην κατηγορία του γάλακτος

**2008:** Έναρξη λειτουργίας του εργοστασίου παραγωγής γιαουρτιού στις ΗΠΑ, στην πολιτεία της Νέας Υόρκης.

Η ΦΑΓΕ διαθέτει τρία εργοστάσια στην Ελλάδα και ένα στις ΗΠΑ και απασχολεί συνολικά πάνω από 1000 άτομα, με τον τζίρο της να είναι της τάξεως των 338,6 εκατομμυρίων ευρώ για το 2010 και με άρτια οργανωμένο δίκτυο διανομής στη χώρα, που ξεπερνά τα 350 φορτηγά-ψυγεία διανομής πανελλαδικά.

Στο κεντρικό εργοστάσιο της εταιρείας ΦΑΓΕ, που στεγάζεται σε οικοδομικό συγκρότημα 50.000 τ.μ. στη Μεταμόρφωση Αττικής επί της εθνικής οδού Αθηνών-Λαμίας, εργάζονται πάνω από 600 άτομα και επεξεργάζονται κάθε μέρα περίπου 400.000 λίτρα γάλα. Το παραλαμβανόμενο γάλα, μέσα από μια ασφαλή και σύγχρονη διαδικασία μετατρέπεται σε γιαούρτι, επιδόρπια και cottage cheese. Παράγονται ετησίως 95.000 tn γιαούρτι (ΕΣΥΕ 155.1) και επιδόρπια γάλακτος (ΕΣΥΕ158.9) ([www.fage.gr](http://www.fage.gr)).

Οι εξελιγμένες μορφές τεχνολογικού αυτοματισμού που διαθέτει η εταιρία δίνουν τη δυνατότητα για επεξεργασία 50.000 λίτρων γάλακτος την ώρα, με αποτέλεσμα η ετήσια παραγωγική δυναμικότητα να φθάνει τα 500.000.000 κύπελλα γιαουρτιού.

Η ΦΑΓΕ έχει αναπτύξει συστήματα HACCP (Ανάλυση Επικινδυνότητας στα Κρίσιμα Σημεία Ελέγχου) για κάθε γραμμή παραγωγής, ώστε να διασφαλίζεται πλήρως η ασφάλεια των προϊόντων. Έχει πιστοποιημένο σύστημα διασφάλισης ποιότητας σύμφωνα με τα πρότυπα ISO 9001:2008 και ISO 22000:2005 για την παραγωγή γαλακτοκομικών προϊόντων. Επίσης διαθέτει αναγνωρισμένα εργαστήρια αυτοελέγχου σύμφωνα με την οδηγία 89/662 ΕΕ, με άρτιο εξοπλισμό και εξειδικευμένο επιστημονικό προσωπικό για την διεξαγωγή των ελέγχων.



### 3.5. Βιομηχανικά απόβλητα ΦΑΓΕ – ποιοτικά & ποσοτικά χαρακτηριστικά

Στη ΦΑΓΕ εφαρμόζεται ένα ολοκληρωμένο σύστημα βιολογικής επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων της παραγωγικής διαδικασίας, ενώ τα επεξεργασμένα απόβλητα διατίθενται στο κεντρικό σύστημα αποχέτευσης της ΕΥΔΑΠ και οδηγούνται προς περαιτέρω επεξεργασία στο Κέντρο Επεξεργασίας Λυμάτων Ψυττάλειας (ΚΕΛΨ), πριν καταλήξουν στο Σαρωνικό.

Τα υγρά απόβλητα προέρχονται από:

- Το πλύσιμο των μηχανημάτων και σκευών που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία του γάλακτος, της γιαούρτης κ.λ.π. (κυρίως δεξαμενές, παστεριωτήρες, ομογενοποιητές, διαχωριστήρες και μηχανές συσκευασίας) .
- Το πλύσιμο καθαριότητας των χώρων του Εργοστασίου.
- Το πλύσιμο των βυτίων προσκόμισης του νωπού γάλακτος.
- Τις βοηθητικές εγκαταστάσεις (κυρίως τους πύργους ψύξεως).

Στην εγκατάσταση, η παραγωγική διαδικασία εκτείνεται σε δύο βάρδιες: 6:00π.μ.- 14:00μ.μ. και 14:00μ.μ.- 22:00 μ.μ., πέντε ημέρες την εβδομάδα και κατά τη διάρκεια της νυχτερινής βάρδιας 22:00μ.μ. – 6:00π.μ. πραγματοποιούνται οι εργασίες καθαρισμού και απολύμανσης των μηχανών παραγωγής.

Ο όγκος και το φορτίο των αποβλήτων φαίνεται στους Πίνακες 3.4 Και 3.5 που ακολουθούν:

<b>Μέση ολική ημερήσια απορροή</b>	1.500m <sup>3</sup>
<b>Μέση ωριαία απορροή</b>	≈ 65m <sup>3</sup> /h 24ωρη λειτουργία Πενθήμερη λειτουργία
<b>Μέγιστη ωριαία απορροή</b>	100 m <sup>3</sup> /h
<b>Όγκος ανεπεξέργαστου γάλακτος ημερησίως</b>	250 – 550m <sup>3</sup>

Πίνακας 3.4: Τυπικά Χαρακτηριστικά Γαλακτοκομικών Αποβλήτων βιομηχανίας ΦΑΓΕ

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ (mg/L)
BOD <sub>5</sub>	2.100 -2.500
COD	5.000 – 6.000
Ολικά αιωρούμενα στερεά (SS)	1.000 – 1.100
Λίπη	300 – 400
Συντελεστής φόρτισης kgBOD <sub>5</sub> / kg ανεπεξέργαστου γάλακτος	0,008 – 0,05
Όγκος αποβλήτων m <sup>3</sup> / m <sup>3</sup> ανεπεξέργαστου γάλακτος	2,75 - 6,0
pH	6,5 – 11
Θερμοκρασία °C	20 - 38

Πίνακας 3.5 : Τυπικά Χαρακτηριστικά Γαλακτοκομικών Αποβλήτων βιομηχανίας ΦΑΓΕ .

### 3.5.1. Απαιτούμενη ποιότητα απορροής – αποδέκτης

Τα επεξεργασμένα απόβλητα αποχετεύονται στον αγωγό της Ε.Υ.Δ.Α.Π. που διέρχεται στην Οδό Ερμού έμπροσθεν του Εργοστασίου, βάσει της υπ' αριθμ. 12815/13.12.2000 Νομαρχιακής Απόφασης.

Σύμφωνα με την 188/24-06-2005 απόφαση της ΕΥΔΑΠ, που βασίζεται στην ΥΓ 179182/656/1979 (ΦΕΚ 582Β') Υπουργική Απόφαση, πρέπει να έχουν κατά μέγιστο τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

<b>Θερμοκρασία</b>	35 °C
<b>pH</b>	6 - 9
<b>BOD<sub>5</sub></b>	500 mg/L
<b>COD</b>	1.000 mg/L
<b>Ολικά αιωρούμενα στερεά SS</b>	500 mg/L
<b>Ολικά διαλυμένα στερεά DS</b>	3.000 mg/L
<b>Λίπη, Έλαια</b>	40 mg/L
<b>Απορρυπαντικά (βιοδιασπάσιμα 80%)</b>	50 mg/L

**Πίνακας 3.6:** Απαιτούμενα από τη νομοθεσία ποιοτικά χαρακτηριστικά απορροής εγκατάστασης επεξεργασίας αποβλήτων βιομηχανίας ΦΑΓΕ.

Στην Τεχνική Έκθεση Εγκατάστασης και Βιολογικής Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων της ΦΑΓΕ ορίζονται ως αποδεκτά όρια μικρότερες τιμές ρύπων στα υγρά απόβλητα από αυτές που ζητάει ο αποδέκτης – ΕΥΔΑΠ και αυτές είναι οι παρακάτω:

<b>BOD<sub>5</sub></b>	250-300 mg/L
<b>COD</b>	600-700 mg/L
<b>SS</b>	200-300 mg/L
<b>pH</b>	6-9
<b>Συνολικό N</b>	< 20
<b>Συνολικό P</b>	<1-5

**Πίνακας 3.7:** Απαιτούμενα από την Τεχνική Έκθεση ποιοτικά χαρακτηριστικά απορροής εγκατάστασης επεξεργασίας αποβλήτων βιομηχανίας ΦΑΓΕ

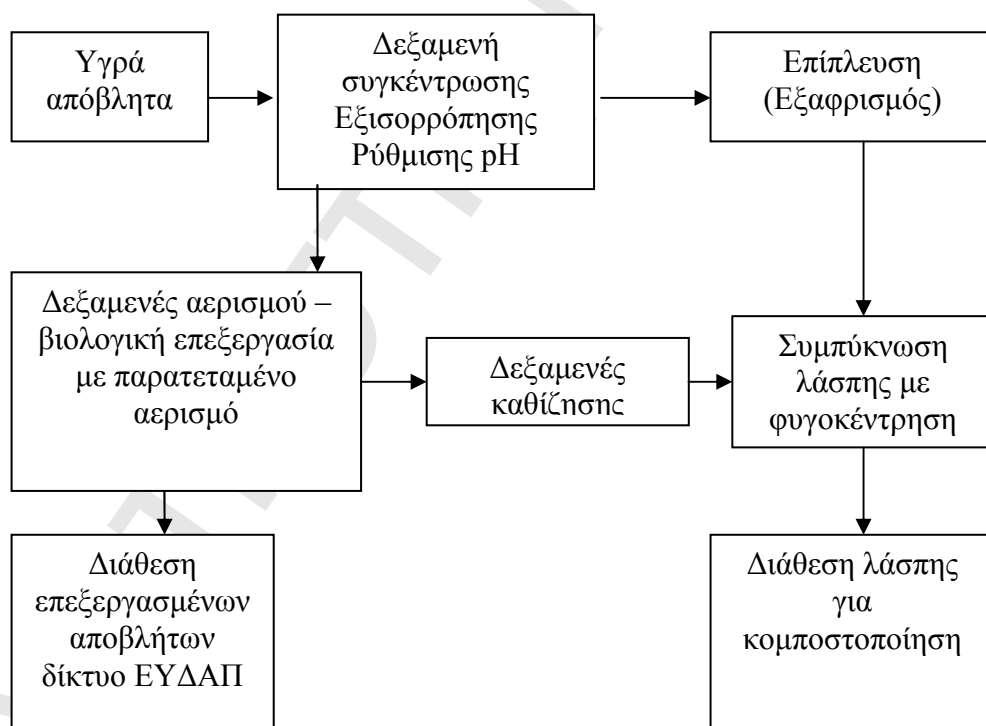
Στην καθημερινή λειτουργία της, η εταιρία έχει ως στόχο τα υγρά απόβλητα ως προς τα χαρακτηριστικά BOD<sub>5</sub> και COD να βρίσκονται σε ακόμα χαμηλότερες τιμές, κάτω από το 50% των ορίων που προκύπτουν από την Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων που βασίζεται στα όρια της ΕΥΔΑΠ.

Καθημερινά γίνεται μέτρηση των ποιοτικών παραμέτρων των αποβλήτων σε διάφορα στάδια της επεξεργασίας τους και στην τελική απορροή και κάθε χρόνο η Εταιρεία κοινοποιεί έκθεση με τα αποτελέσματα στις αρμόδιες αρχές για την προστασία του περιβάλλοντος.

### 3.5.2. Περιγραφή εγκατάστασης επεξεργασίας αποβλήτων

Η Εγκατάσταση Επεξεργασίας Αποβλήτων αποτελείται από τα εξής επί μέρους τμήματα:

- α. Δίκτυο συλλογής υγρών αποβλήτων
- β. Δεξαμενή συγκέντρωσης και εξισορρόπησης
- γ. Εγκατάσταση επίπλευσης
- δ. Βιολογική επεξεργασία με παρατεταμένο αερισμό
- ε. Εγκατάσταση συμπύκνωσης λάσπης με φυγοκέντρωση
- ζ. Τελικός αποδέκτης Δίκτυο ΕΥΔΑΠ & εξωτερικός συνεργάτης που διαθέτει τη λάσπη μετά τη φυγοκέντρωση προς κομποστοποίηση.



Σχήμα 3.2 : Διάγραμμα ροής επεξεργασίας αποβλήτων ΦΑΓΕ

### **Εσχαρισμός – Εξισορρόπηση**

Από όλα τα μέρη του Εργοστασίου, τα απόβλητα με διατάξεις τοπικού εσχαρισμού οδηγούνται μέσω του δικτύου σε δεξαμενή χωρητικότητας 400m<sup>3</sup>. Πρόσθετη κεντρική σχάρα δεν υπάρχει διότι δεν απαιτείται.

Η χωρητικότητα της δεξαμενής, που είναι χωροθετημένη υπογείως, κάτω από το χώρο στάθμευσης των φορτηγών διανομής, είναι επαρκής για υποδοχή και παραμονή των λυμάτων προς ομογενοποίηση, εξασφαλίζοντας ελάχιστο χρόνο παραμονής  $400/100 \cong 4,0h$ . Στη δεξαμενή αυτή συρρέουν όλα τα υγρά βιομηχανικά απόβλητα, ομογενοποιούνται αναδεδυόμενα με διατάξεις εσωτερικής ανακυκλοφορίας, ρυθμίζεται το pH τους στην τιμή που πρέπει να έχει για το επόμενο στάδιο της επίπλευσης (Dissolved Air Flotation) και αντλούνται προς τις περαιτέρω εγκαταστάσεις με παροχή 50 m<sup>3</sup>/h ή  $2 \times 50 \text{ m}^3/\text{h} = 100 \text{ m}^3/\text{h}$ . Στη δεξαμενή υπάρχει διάταξη μέτρησης του pH στην αναρρόφηση της αντλίας ανάδευσης των λυμάτων. Με τη διάταξη αυτή μετράται και καταγράφεται το pH των λυμάτων της δεξαμενής και δίνεται μέσω controller εντολή έγχυσης οξέως, μέσω δοσομετρικής αντλίας, μέχρι τα απόβλητα να αποκτήσουν την επιθυμητή τιμή pH που είναι απαραίτητη για την περαιτέρω επεξεργασία, τιμή υπολογισμένη περίπου στο 6,2 για την εφαρμογή των κροκιδωτικών στο στάδιο της επίπλευσης. Για τη ρύθμιση του pH χρησιμοποιείται θειικό οξύ 98,5%, και αναλίσκονται περίπου 1200 kg ετησίως. Το θειικό οξύ φυλάσσεται σε κυλινδρικές δεξαμενές διπλών τοιχωμάτων από πολυαιθυλένιο HD που έχουν χωρητικότητα κάθε μία 8 m<sup>3</sup>.

### **Επίπλευση**

Η εγκατάσταση είναι εφοδιασμένη με δύο ισοδύναμες (50 m<sup>3</sup>/h), ανεξάρτητες μεταξύ τους, διατάξεις επίπλευσης. Από τη δεξαμενή εξισορρόπησης αντλούν δύο ανεξάρτητες αντλίες και τροφοδοτούν κάθε ένα σύστημα ξεχωριστά. Την εγκατάσταση άντλησης συμπληρώνει και μία ακόμη αντλία εφεδρική, κατά περίπτωση, μιας των άλλων δύο. Οι δεξαμενές – διατάξεις επίπλευσης, είναι εγκατεστημένες στην ταράτσα του εργοστασίου. Στη δεξαμενή επίπλευσης γίνεται διαχωρισμός των λιποειδών και κολλοειδών σωματιδίων των αποβλήτων, τα οποία ωθούνται στην επιφάνεια βοηθούμενα από λεπτότατες φυσαλίδες αέρος και με κατάλληλο ξέστρο συγκεντρώνονται και διαχωρίζονται από τη λοιπή ποσότητα των

υγρών αποβλήτων. Πρόκειται για εφαρμογή φυσικοχημικής μεθόδου επίπλευσης με διαλυμένο αέρα (Dissolved Air Flotation).

Η διάταξη κάθε δεξαμενής επίπλευσης περιλαμβάνει τα παρακάτω επιμέρους στοιχεία:

- Αντλία λυμάτων.
- Δεξαμενές PAC (Χλωριούχο πολυαργίλιο).
- Δοσομετρική διάταξη έγχυσης PAC.
- Δοσομετρική διάταξη έγχυσης πολυηλεκτρολύτη – σκόνης.
- Δεξαμενή πολυηλεκτρολύτη – Διάταξη συνεχούς αυτόματης παραγωγής διαλύματος .
- Συμπιεστή αέρος 7atm – Διασύνδεσης με κεντρικό δίκτυο του Εργοστασίου.
- Δεξαμενή με διάταξη διάχυσης αέρος σε μικροφουσαλίδες στα ανακυκλοφορούντα λύματα μέσω αυτής (δεξαμενή επίπλευσης).
- Αντλία ανακυκλοφορίας λυμάτων.
- Ξέστρο επιφανειακό, σάρωσης της επιφάνειας.
- Χοάνη διοχέτευσης επιπλεόντων.

Από τη χοάνη διοχέτευσης επιπλεόντων τα επιπλέοντα οδηγούνται σε δεξαμενή συλλογής τους και στην συνέχεια σε φυγοκεντρικό διαχωριστήρα συμπίκνωσης (DECANTER). Τα λύματα, αφού απαλλαγούν των επιπλεόντων, οδηγούνται για περαιτέρω βιολογική επεξεργασία στην είσοδο της εγκατάστασης αερόβιας επεξεργασίας λυμάτων του Εργοστασίου.

### **Βιολογική επεξεργασία**

Έχει επιλεγεί, κατασκευασθεί και λειτουργεί μια διάταξη αερόβιου βιολογικής επεξεργασίας με παρατεταμένο αερισμό. Κατά την αερόβια επεξεργασία, οι διαλυμένες και μέρος των αιωρούμενων οργανικών ουσιών από τα απόβλητα που εκρέουν από την διάταξη επίπλευσης (DAF) χρησιμοποιούνται σαν τροφή από μικροοργανισμούς για να αναπτυχθούν και να πολλαπλασιαστούν. Οι μικροοργανισμοί χρησιμοποιούν το διαλυμένο  $O_2$  και μετατρέπουν τις οργανικές ουσίες σε  $CO_2$ ,  $H_2O$  και ανόργανα άλατα. Η εγκατάσταση αποτελείται από τα παρακάτω:

#### **α. Φρεάτιο υποδοχής λυμάτων από επίπλευση (DAF).**

Το φρεάτιο αυτό υποδέχεται και την ανακυκλοφορία λάσπης από τις καθιζήσεις.

**β.** Δεξαμενές αερισμού Α' Βαθμίδος, σε τρεις παράλληλες γραμμές, χωρητικότητας αντίστοιχα κάθε μια  $480 \text{ m}^3 - 630 \text{ m}^3 - 580 \text{ m}^3$  και συνολικά  $1.670 \text{ m}^3$

**γ.** Δεξαμενή αερισμού Β' Βαθμίδας χωρητικότητας  $580 \text{ m}^3$ , στην οποία ρέουν τα εκ των τριών δεξαμενών περιεχόμενα.

**δ.** Δεξαμενή αερισμού Γ' Βαθμίδας χωρητικότητας  $670 \text{ m}^3$ , στην οποία οδηγείται για τελικό αερισμό το σύνολο των λυμάτων και μέσω αυτής γίνεται η τροφοδότηση των τεσσάρων δεξαμενών καθίζησης.

**ε.** Τέσσερις δεξαμενές καθίζησης, καθεμία επιφάνειας  $64 \text{ m}^2$  και όγκου  $230 \text{ m}^3$ .

**ζ.** Δεξαμενή πάχυνσης λάσπης χωρητικότητας  $150 \text{ m}^3$ .

**στ.** Σιλό υπέργειο  $30 \text{ tn}$ , ανοξείδωτο με αναδευτήρα, όπου αποστέλλονται με άντληση τα ξαφρίσματα της DAF και η λάσπη του βιολογικού.

**η.** DECANTER (φυγοκεντρικός διαχωριστήρας) για την ξήρανση της λάσπης. Η αφυγρανθείσα λάσπη συλλέγεται σε κάδο για την αποκομιδή της εκτός βιομηχανίας από εξωτερικό συνεργάτη, προς χρήση για κομποστοποίηση. Το DECANTER τροφοδοτείται από το  $30 \text{ tn}$  σιλό.

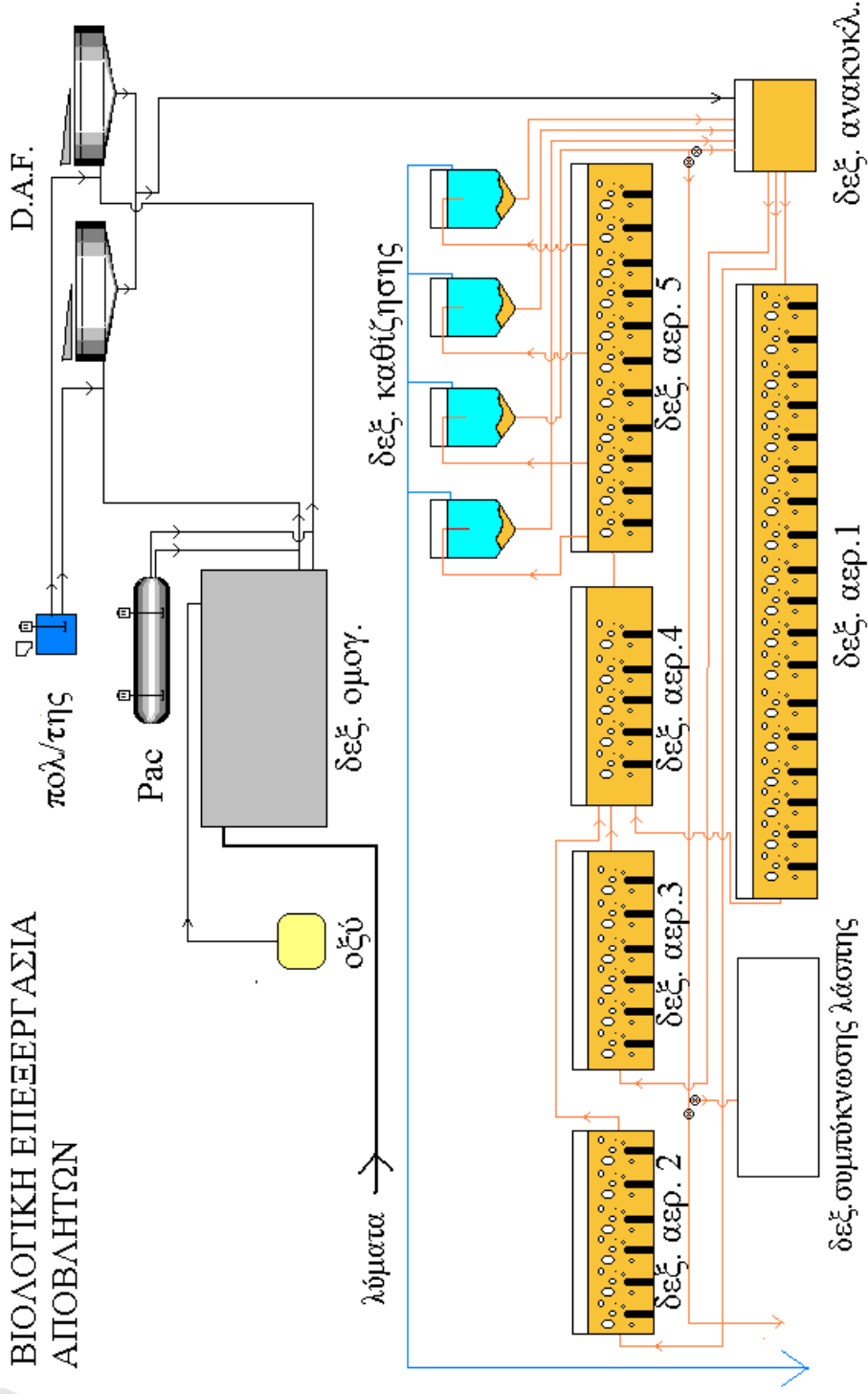
Στις δεξαμενές καθίζησης το απόβλητο παραμένει σε ηρεμία και καθιζάνει η βιολογική πλέον λάσπη όπου, μέσω δικτύου σωληνώσεων, ανακυκλοφορεί καταλήγοντας στο αρχικό φρεάτιο υποδοχής λυμάτων. Το επεξεργασμένο υπερκείμενο καθαρό απόβλητο απορρίπτεται στην έξοδο του βιολογικού καθαρισμού. Υπάρχει η δυνατότητα η πλεονάζουσα λάσπη από την πρώτη δεξαμενή καθίζησης να οδηγηθεί στη δεξαμενή πάχυνσης για περαιτέρω συμπύκνωση.

Η συμπυκνωμένη πλέον λάσπη με τη βοήθεια αντλίας κατευθύνεται στο υπέργειο σιλό  $30 \text{ tn}$ , για επιπλέον αφυδάτωσή της στο φυγοκεντρικό διαχωριστήρα.

Το προς απόρριψη προϊόν, υγρασίας  $85\%$ , έχει όγκο κατά μέσο όρο  $0,94 \text{ m}^3/\text{day}$ . Η αφρολάσπη από την D.A.F. πυκνότητας  $2\%$  και ποσότητας  $90 \text{ m}^3/\text{day}$  φυγοκεντρείται και συμπυκνώνεται σε προϊόν υγρασίας  $85\%$  και όγκου κατά μέσο όρο  $12 \text{ m}^3/\text{day}$ . Άρα η συνολική προς απόρριψη λάσπη καθημερινά έχει κατά μέσο όρο όγκο  $0,94 + 12,0 = 12,94 \text{ m}^3/\text{day}$ .

Η όλη εγκατάσταση παρατεταμένου αερισμού φαίνεται στα Σχήματα 3.3, 3.4 & 3.5 που ακολουθούν και είναι εγκατεστημένη κάτω από την επιφάνεια της Ν.Α. αυλής, χώρο στάθμευσης και φόρτωσης φορτηγών διανομής ετοιμών προϊόντων.

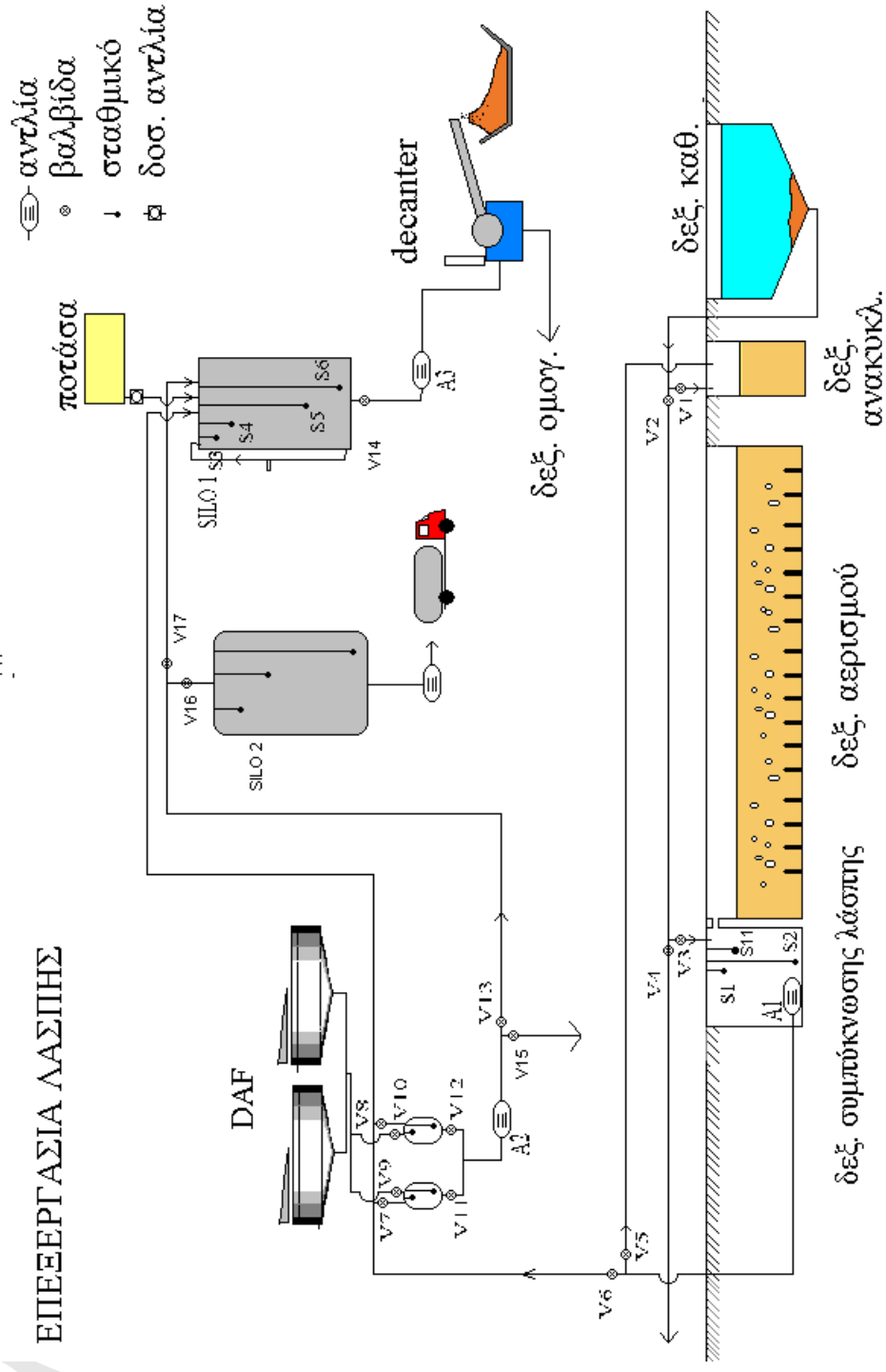
# ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ



Σχήμα 3.3 : Μέρος Α της εγκατάστασης επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων της ΦΑΓΕ



# ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΛΑΣΠΗΣ



Σχήμα 3.4 : Μέρος Β της εγκατάστασης επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων της ΦΑΓ



Οι ανάγκες σε πεπιεσμένο αέρα καλύπτονται από κεντρική εγκατάσταση παραγωγής του, σε αεροστάσιο εγκατεστημένο στο υπόγειο της βιομηχανίας. Στο αεροστάσιο στεγάζονται τέσσερις (4) αεροσυμπιεστές, φουσητήρες συνολικής ισχύος 240 kW (55 + 55 + 55 + 75) και συνολικής παροχής αέρα 11000 m<sup>3</sup>/h, που υπερκαλύπτουν κάθε απαιτητή εφεδρεία, λόγω βλάβης ή συντήρησης. Οι φουσητήρες έχουν εγκατασταθεί για:

- Να καλύπτουν τις ανάγκες των δεξαμενών αερισμού σε αερισμό.
- Να υποβοηθούν τη μετακίνηση των υγρών αποβλήτων μεταξύ των δεξαμενών αερισμού και των δεξαμενών καθίζησης, όπου η χωροθέτησή τους δεν επιτρέπει μετακίνηση του υγρού με υπερχειλίση ή φυσική ροή.
- Να υποβοηθούν τη μετακίνηση της βιομάζας από τις δεξαμενές καθίζησης στη δεξαμενή πάχυνσης και στη δεξαμενή ανακυκλοφορίας.

Ο αερισμός είναι το σημαντικότερο τμήμα του συστήματος της βιολογικής επεξεργασίας και έχει σημαντική συνεισφορά στην κατανάλωση ενέργειας στο σύστημα. Για εξοικονόμηση στην κατανάλωση ενέργειας, οι ηλεκτροκινητήρες των φουσητήρων λειτουργούν με μεταβαλλόμενη ταχύτητα μέσω ενός συστήματος inverter, προσαρμόζοντας τη λειτουργία τους στην ανάγκη του συστήματος σε οξυγόνο. Η λειτουργία ελέγχεται και αυτοματοποιείται μέσω μετρητών διαλυμένου οξυγόνου στις δεξαμενές αερισμού. Ένας εκ των φουσητήρων χρησιμοποιείται για τη μεταφορά των λυμάτων και της βιομάζας μεταξύ των δεξαμενών αερισμού και καθίζησης, και λειτουργεί διοχετεύοντας ρεύμα αέρα στο δίκτυο σωληνώσεων και υποβοηθώντας τη μετακίνηση του ρευστού εντός αυτών (airlift system).

Η διοχέτευση του αέρα στη μάζα των υγρών στις δεξαμενές αερισμού γίνεται μέσω στατικών διαχυτών τοποθετημένων στις δεξαμενές αερισμού με γεωμετρική διασπορά ώστε να διοχετεύουν τον αέρα και να αναδύουν τα λύματα ομοιογενώς.

Σύμφωνα με τη μελέτη «Τεχνική έκθεση εγκατάστασης και βιολογικής επεξεργασίας υγρών αποβλήτων ΦΑΓΕ (Μαρίνος Δ.)», προκύπτει ότι η ανάγκη του συστήματος για O<sub>2</sub> είναι 3180 m<sup>3</sup> αέρα / ώρα. Αν συνυπολογισθούν οι ανάγκες αερισμού για τα air lifts, απαιτείται η δυνατότητα παραγωγής 4000 m<sup>3</sup> αέρα /h και είναι απαραίτητη η εγκατάσταση αεροσυμπιεστών με εφεδρεία παραγωγής τουλάχιστον 50%, κατά την εκτίμηση του μελετητή.

Κάθε στατικός διαχύτης έχει δυνατότητα έγχυσης και διασποράς 30 m<sup>3</sup>/h αέρα και έχουν εγκατασταθεί συνολικά 160 τεμάχια.

Στην Εικόνα 3.1 που ακολουθεί φαίνεται μέρος των εγκατεστημένων διαχυτών, στη δεξαμενή αερισμού.



Εικόνα 3.1 : Στατικοί διαχύτες έγχυσης αέρα στις δεξαμενές αερισμού ΦΑΓΕ

Για τον έλεγχο και την παρακολούθηση της λειτουργίας των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων του βιολογικού καθαρισμού σχεδιάστηκε και εγκαταστάθηκε Σύστημα Ελέγχου (Supervisory Control and Data Acquisition).

Οι λειτουργίες του Συστήματος είναι :

- **Τηλεχειρισμός** μονάδων της Εγκατάστασης, αυτοματοποίηση λειτουργίας μονάδων, τηλεπίβλεψη όλων των μονάδων της Εγκατάστασης. (Οδήγηση, ανεύρεση βλαβών, έλεγχος κατάστασης, μετρήσεις, υλοποίηση αλγορίθμων λειτουργίας π.χ. Αερισμού, Αντλιοστασίων κ.λπ.).
- **Καταγραφές** (βλαβών, μετρήσεων, κ.λπ.)
- **Μέτρηση** ωρών λειτουργίας ή κατανάλωσης ισχύος (για προγραμματισμό συντήρησης).
- **Συλλογή** και αξιολόγηση στατιστικών στοιχείων.

### 3.5.3. Ποιοτικά & ποσοτικά χαρακτηριστικά απορροής και λάσπης

Με βάση μακροχρόνιες, καθημερινές μετρήσεις, τα υγρά απόβλητα της ΦΑΓΕ έχουν τα ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά που αναγράφονται στον Πίνακα 3.8:

<b>Μέση ολική ημερήσια απορροή</b>	1.500 m <sup>3</sup>
<b>Μέση ωριαία απορροή</b>	≈ 65 m <sup>3</sup> /h 24ωρη λειτουργία
<b>Μέγιστη ωριαία απορροή</b>	100 m <sup>3</sup> /h
<b>BOD<sub>5</sub></b>	2.100 - 2.500 mg/L
<b>COD</b>	5.000 - 6.000 mg/L
<b>SS</b>	1.000 - 1.100 mg/L
<b>pH</b>	6.5 - 11
<b>Θερμοκρασία</b>	20 – 38 °C
<b>Λίπη, Έλαια</b>	300 – 400 mg/L

Πίνακας 3.8: Ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά αποβλήτων βιομηχανίας ΦΑΓΕ.

Τα μεγέθη BOD<sub>5</sub> (2.500 mg/L) και COD (6.000 mg/L) είναι τα ακραία, οριακά προς τα άνω των καταμετρηθέντων, η δε μέση τιμή τους είναι BOD<sub>5</sub> 2.100 mg/L και COD 5.000 mg/L. Αποτέλεσμα της διεργασίας επίπλευσης είναι να απορρέουν λύματα προς τις δεξαμενές αερισμού, των οποίων τα χαρακτηριστικά κατά μέσο όρο, αναγράφονται στον Πίνακα 3.9 που ακολουθεί:

<b>BOD<sub>5</sub></b>	1.000 mg/L
<b>COD</b>	2.200 mg/L
<b>SS</b>	165 mg/L
<b>pH</b>	6 – 7
<b>Θερμοκρασία</b>	20 °C - 25 °C
<b>Λίπη - Έλαια</b>	80 mg/L
<b>Μέγιστη παροχή 2 × 50 m<sup>3</sup>/h</b>	100 m <sup>3</sup> /h
<b>Συνήθης παροχή 1 × 50 m<sup>3</sup>/h</b>	50 m <sup>3</sup> /h

Πίνακας 3.9: Ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά αποβλήτων βιομηχανίας ΦΑΓΕ μετά τις δεξαμενές επίπλευσης.

Αποτέλεσμα της όλης επεξεργασίας είναι να απορρέουν λύματα προς τον αγωγό της ΕΥΔΑΠ των οποίων τα χαρακτηριστικά κατά μέσο όρο φαίνονται στον Πίνακα 3.10:

<b>BOD<sub>5</sub></b>	<b>110 mg/L</b>
<b>COD</b>	200 mg/L
<b>SS</b>	5 mg/L
<b>pH</b>	7 - 8
<b>Θερμοκρασία</b>	38 °C

Πίνακας 3.10: Ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά αποβλήτων βιομηχανίας ΦΑΓΕ στην εκροή.

Τα χαρακτηριστικά της βιολογικής λάσπης που προκύπτει από την επεξεργασία και που διατίθεται για κομποστοποίηση σε εξωτερικό συνεργάτη, αναγράφονται στον Πίνακα 3.11:

<b>ΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ</b>	<b>ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ</b>	<b>ΜΟΝΑΔΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ</b>	<b>ΠΟΣΟΤΗΤΑ</b>
Κάλιο	3111B	mgK/kg ξηράς ουσίας	1.057
Νάτριο	3111B	mgNa/kg ξηράς ουσίας	1.496
Ασβέστιο	3500-Ca B	mgCa/kg ξηράς ουσίας	7.351
Μαγνήσιο	3500-Mg B	mgMg/kg ξηράς ουσίας	969
Χαλκός	3111B	mgCu/kg ξηράς ουσίας	0
Ψευδάργυρος	3111B	mgZn/kg ξηράς ουσίας	60
Σίδηρος	3111B	mgFe/kg ξηράς ουσίας	97
Μαγγάνιο	3111B	mgMn/kg ξηράς ουσίας	3,2
Μόλυβδος	3111B	mgPb/kg ξηράς ουσίας	0
Ολικό χρώμιο	3111B	mgCr/kg ξηράς ουσίας	0
Κάδμιο	3111B	mgCd/kg ξηράς ουσίας	0
Αρσενικό	3111B	mgAs/kg ξηράς ουσίας	0
Υδράργυρος	3113B	mgHg/kg ξηράς ουσίας	0
Ολικός Φώσφορος	4500-P B	mgP/kg ξηράς ουσίας	8.741
Ολικό Άζωτο κατά Kjeldahl	4500-Norg B	mgN/kg ξηράς ουσίας	17.532

Πίνακας 3.11 : Ποιοτικά χαρακτηριστικά λάσπης μετά από decanter.

Οι αναλύσεις πραγματοποιούνται με βάση το Standard Methods for the Analysis of water and wastewater, 20<sup>th</sup> Edition.

### **3.6. Ενεργειακή κατανάλωση επεξεργασίας υγρών αποβλήτων ΦΑΓΕ**

Η ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται κατά τη διάρκεια της διεργασίας επεξεργασίας του αποβλήτου υπολογίζεται με βάση την ονομαστική ισχύ του απαιτούμενου ηλεκτρολογικού εξοπλισμού και τη μέση συνήθη λειτουργία αυτού. Οι ώρες λειτουργίας των επιμέρους διατάξεων είναι μέσες εβδομαδιαίες και η εκτίμηση βασίζεται σε πληροφόρηση από τους έχοντες την εποπτεία λειτουργίας της εγκατάστασης επεξεργασίας των αποβλήτων της ΦΑΓΕ. Η γνώση προκύπτει εμπειρικά και όχι βάσει αρχείου καταγραφής ωρών λειτουργίας των διατάξεων που συνιστούν την εγκατάσταση επεξεργασίας αποβλήτων ΦΑΓΕ. Τέτοιο αρχείο δεν υπάρχει.

Οι απαιτήσεις αερισμού κατά τη βιολογική επεξεργασία συνυπολογίζονται και εκφράζονται υπό μορφή ηλεκτρικής κατανάλωσης.

### 3.6.1. Εγκατεστημένη ισχύς – εξοπλισμός

Στον Πίνακα 3.12 που ακολουθεί καταγράφεται η ισχύς του εξοπλισμού που απαρτίζει την εγκατάσταση επεξεργασίας αποβλήτων της ΦΑΓΕ, καθώς και η εμπειρικά ορισμένη μέση εβδομαδιαία λειτουργία κάθε διάταξης. Στην τελευταία στήλη υπολογίζεται η εβδομαδιαία κατανάλωση ενέργειας κάθε ηλεκτρομηχανολογικής διάταξης.

ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	ΙΣΧΥΣ (kW)	ΔΙΕΡΓΑΣΙΑ/ΔΙΑΤΑΞΗ	ΜΕΣΗ ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΑ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (h/week)	ΜΕΣΗ ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (kWh /week)
<b>Προεπεξεργασία</b>				
Αντλία	11	Δημιουργία φυσαλίδας για δεξαμενή επίπλευσης-DAF-1	0,6*24h *7d	1108,8
Αντλία	11	Δημιουργία φυσαλίδας για δεξαμενή επίπλευσης-DAF-1	Εφεδρική	
Αντλία	11	Δημιουργία φυσαλίδας για δεξαμενή επίπλευσης-DAF-2	0,6*24h*7d	1108,8
Αντλία	11	Δημιουργία φυσαλίδας για δεξαμενή επίπλευσης-DAF-2	Εφεδρική	
Μοτέρ ανάδευσης	0,25	Ανάμιξη – Μονάδα PAC	24h*7d	42
Δοσομετρική αντλία	0,083	Τροφοδοσία PAC σε δεξαμενή επίπλευσης-DAF-1	0,6*24h*7d	8,37
Δοσομετρική αντλία	0,13	Τροφοδοσία PAC σε δεξαμενή επίπλευσης-DAF-2	0,6*24h*7d	13,1
Μοτέρ ανάδευσης	0,75	Ανάδευση σε δεξαμενή PAC	24h*7d	126
Μοτέρ ανάδευσης	0,75	Ανάδευση σε δεξαμενή PAC	24h*7d	126
Μοτέρ	0,75	Μετακίνηση ξέστρου στη δεξαμενή επίπλευσης-DAF-1	0,6*24h*7d	75,6
Μοτέρ	0,75	Μετακίνηση ξέστρου στη δεξαμενή επίπλευσης-DAF-2	0,6*24h*7d	75,6



Μοτέρ	0,75	Μετακίνηση ξέστρου στη δεξαμενή επίπλευσης-DAF-1	0,6*24h*7d	75,6
Μοτέρ	0,75	Μετακίνηση ξέστρου στη δεξαμενή επίπλευσης-DAF-2	0,6*24h*7d	75,6
Μοτέρ αναδευτήρα	0,25	Ανάμιξη πολυηλεκτρολύτη	24h*7d	42
Μοτέρ αναδευτήρα	0,25	Ανάμιξη πολυηλεκτρολύτη	24h*7d	42
Αντλία	0,55	Τροφοδοσία πολυηλεκτρολύτη στη δεξαμενή επίπλευσης-DAF-1	0,6*24h*7d	55,44
Αντλία	0,55	Τροφοδοσία πολυηλεκτρολύτη στη δεξαμενή επίπλευσης-DAF-2	0,6*24h*7d	55,44
Αντλία	2,2	Τροφοδοσία νερού στη δεξαμενή νερού για καθαρισμό buffer δεξαμενών αφρολάσπης	περίπου 12h*7d	184,8
Αντλία	2,2	Τροφοδοσία αφρολάσπης από DAF στις buffer δεξαμενές αφρολάσπης	24h*7d	369,6
Αντλία	4	Ανακυκλοφορία υγρών αποβλήτων στη δεξαμενή ομογενοποίησης	24h*7d	672
Αντλία	11	Τροφοδοσία δεξαμενής επίπλευσης-DAF-1 από δεξαμενή ομογενοποίησης	24h*7d	1848
Αντλία	11	Τροφοδοσία δεξαμενής επίπλευσης-DAF-1 από δεξαμενή ομογενοποίησης	0,6*24h*7d	1108,8
Αντλία	16,7	Τροφοδοσία δεξαμενής επίπλευσης-DAF-2 από δεξαμενή ομογενοποίησης	0,6*24h*7d	1683,36
Αντλία	0,13	Δοσομετρική αντλία	0,5*24h*7d	10,92

		τροφοδοσία οξέος στη δεξαμενή ομογενοποίησης από δεξαμενή αποθήκευσης οξέος 1		
Αντλία	0,13	Δοσομετρική αντλία τροφοδοσία οξέος στη δεξαμενή ομογενοποίησης από δεξαμενή αποθήκευσης οξέος 2	0,5*24h*7d	10,92
Εξαερισμός	0,37	Εξαερισμός 1 δωματίου δεξαμενών αποθήκευσης οξέος	0,5*24h*7d	31,08
Εξαερισμός	0,37	Εξαερισμός 2 δωματίου δεξαμενών αποθήκευσης οξέος	0,5*24h*7d	31,08
<b>Αερόβια βιολογική επεξεργασία</b>				
Φυσητήρας 1	75	Αερισμός δεξαμενών αερισμού	24h*7d	12600
Φυσητήρας 2	55	Αερισμός δεξαμενών αερισμού	0,2*24h*7d	1848
Φυσητήρας 3	55	Αερισμός δεξαμενών αερισμού	0,2*24h*7d	1848
Φυσητήρας 4	55	Λειτουργία Airlifts	24h*7d	9240
<b>Επεξεργασία λάσπης</b>				
Αναδευτήρας	3	Ανάμιξη σε σιλό 30tn	24h*7d	504
Αναδευτήρας	3	Ανάμιξη σε σιλό 30tn παραλαβής από βυτίο	24h*7d	504
Αντλία	1,5	Τροφοδοσία βυτίου	1/2h	0,75
Αντλία	1,1	Τροφοδοσία decanter	16h*7d	123,2
Αντλία	3	Τροφοδοσία σιλό 30tn	24h*7d	504
Decanter	30	Λειτουργία decanter	16h*7d	3360
Moter	2,2	Κίνηση κοχλία για μετακίνηση λάσπης στην	16h*7d	246,4

		απορροή του decanter		
Μοτέρ	0,55	Ανάμιξη στη μονάδα πολυηλεκτρολύτη του decanter	16h*7d	61,6
Αντλία	3	Τροφοδοσία λάσπης στο decanter	16h*7d	336
<b>Συνολική εγκατεστημένη ισχύς</b>			386,013kW	

Πίνακας 3.12 : Ισχύς και εβδομαδιαία ενεργειακή κατανάλωση εγκατεστημένου εξοπλισμού.

### 3.6.2. Συνολική ενεργειακή κατανάλωση

Στον Πίνακα 3.13 που ακολουθεί συνοψίζονται οι μέσες τιμές που προσδιορίζουν την εγκατάσταση επεξεργασίας αποβλήτων ΦΑΓΕ ως προς την ενεργειακή κατανάλωση και υπολογίζονται από τα στοιχεία που αναγράφονται στον Πίνακα 3.12 .

<b>Πληθυσμιακό ισοδύναμο*:</b>	2.100 mg/L * 1.500 m <sup>3</sup> /ημέρα / 60 gr/άτομο ημέρα = 52.500
<b>Μέση συνολική εβδομαδιαία κατανάλωση ενέργειας:</b>	40.150 kWh
<b>Μέση εβδομαδιαία παροχή αποβλήτου:</b>	8.500 m <sup>3</sup> /εβδομάδα
<b>Μέση κατανάλωση ενέργειας / προς επεξεργασία απόβλητο:</b>	4,72 kWh/m <sup>3</sup>
<b>Μέση κατανάλωση ενέργεια ανά καθαρισμό αποβλήτων (BOD<sub>5</sub> που απομακρύνθηκε) **: </b>	2,37 Wh / 1 g BOD <sub>5</sub>
<b>Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας (προσέγγιση):</b>	162.000 kWh ή 162 MWh

Πίνακας 3.13 : Ενεργειακή κατανάλωση εγκατάστασης επεξεργασίας αποβλήτων ΦΑΓΕ.

\*Σύμφωνα με την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 21/5/91 για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων, ισοδύναμος πληθυσμός είναι το αποικοδομήσιμο οργανικό φορτίο που παρουσιάζει BOD<sub>5</sub> ίσο προς 60g/ημέρα.

Με την αύξηση του βιοτικού επιπέδου και τη μεγάλη κατανάλωση νερού, η τιμή αυτή θεωρείται σήμερα χαμηλή και τελευταία λαμβάνεται συχνά η τιμή 70 ακόμα και 80 g BOD<sub>5</sub> ανά κάτοικο και ημέρα.

Αν διαιρεθεί το ολικό BOD<sub>5</sub>/ημέρα μιας πηγής ρυπάνσεως, με το ποσό που αντιστοιχεί σε κάθε άτομο, λαμβάνεται το πληθυσμιακό ισοδύναμο της πηγής από άποψη οργανικού φορτίου.

\*\* Στην είσοδο της εγκατάστασης τα υγρά απόβλητα έχουν μέση τιμή BOD<sub>5</sub> 2.100 mg/L, στην έξοδο και μετά το σύνολο της επεξεργασίας η μέση τιμή του BOD<sub>5</sub> της εκροής είναι 110 mg/L.

Κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας επιτυγχάνεται μέση μείωση BOD<sub>5</sub> 1990 mg/L.

Προκύπτει υπολογιστικά ότι χρειάζεται κατανάλωση 2,37 Wh για μείωση ρυπαντικού φορτίου αποβλήτων κατά 1 g BOD<sub>5</sub>.

Στον Πίνακα 3.14 που ακολουθεί φαίνεται η συνολική μηνιαία κατανάλωση ενέργειας και το μηνιαίο κόστος κατανάλωσης ενέργειας για το σύνολο του εργοστασίου της εταιρείας ΦΑΓΕ στη Μεταμόρφωση Αττικής, το έτος 2011.

<b>ΕΤΟΣ: 2011</b>			
<b>ΔΙΑΣΤΗΜΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ</b>	<b>kWh</b>	<b>ΚΟΣΤΟΣ ΜΕ ΦΟΡΟΥΣ</b>	<b>€/kWh (ΜΕ ΦΟΡΟΥΣ)*</b>
29/12 - 01/02	2.192.000	213.173,31	0,0973
01/02 - 01/03	2.008.000	191.498,82	0,0954
01/03 - 01/04	2.200.000	209.233,55	0,0951
01/04 - 01/05	2.080.000	200.701,46	0,0965
01/05 - 01/06	2.376.000	225.451,42	0,0949
01/06 - 01/07	2.520.000	252.025,98	0,1000
01/07 - 01/08	2.784.000	274.537,67	0,0986
01/08 - 01/09	2.512.000	255.812,98	0,1018
01/09 - 01/10	2.536.000	248.547,28	0,0980
01/10 - 01/11	2.120.000	201.748,15	0,0952
01/11 - 01/12	1.992.000	190.097,48	0,0954
01/12 - 01/01	1.760.000	174.306,80	0,0990

**Πίνακας 3.14:** Συνολική μηνιαία κατανάλωση ενέργειας το έτος 2011 για το εργοστάσιο ΦΑΓΕ στη Μεταμόρφωση Αττικής (αρχείο ΦΑΓΕ λογαριασμών ΔΕΗ).

\*Στον Πίνακα 3.14 έχει υπολογιστεί κάθε μήνα μια μέση τιμή/ kWh για την κατανάλωση ενέργειας καθόλη τη διάρκεια της ημέρας, (ώρες υψηλής ζήτησης, χαμηλής ζήτησης) που συμπεριλαμβάνει και το φόρο 23% και τις επιπλέον επιβαρύνσεις (δημοτικά τέλη, ειδικό τέλος ΑΠΕ, ΕΡΤ, δίκτυο μεταφοράς, δίκτυο διανομής).

Από τους υπολογισμούς που προηγήθηκαν και σύμφωνα με την εκτίμηση, που προκύπτει εμπειρικά, από τον επιβλέποντα, όσον αφορά στις ώρες λειτουργίας των ηλεκτρομηχανολογικών διατάξεων που συνιστούν την εγκατάσταση επεξεργασίας αποβλήτων της ΦΑΓΕ, προκύπτει ότι για μέση μηνιαία κατανάλωση ενέργειας για όλο το εργοστάσιο 2.200.000 kWh, το μερίδιο κατανάλωσης ενέργειας για τη λειτουργία της εγκατάστασης επεξεργασίας αποβλήτων είναι 7,5% της μέσης συνολικής κατανάλωσης ενέργειας του εργοστασίου.

### 3.6.3. Ενεργειακή κατανάλωση ανά στάδιο επεξεργασίας

Από άθροιση των δεδομένων που παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.12 και αφορούν στην εβδομαδιαία κατανάλωση ενέργειας ανά στάδιο επεξεργασίας των αποβλήτων ΦΑΓΕ και ανά ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό προκύπτουν τα συμπεράσματα που αναγράφονται στον Πίνακα 3.15 που ακολουθεί:

<b>Μέση εβδομαδιαία κατανάλωση ενέργειας στο στάδιο της προεπεξεργασίας (δεξαμενή ομογενοποίησης, δεξαμενές επίπλευσης):</b>	8.980 kWh (22,4%)
<b>Μέση εβδομαδιαία κατανάλωση ενέργειας στο στάδιο της αερόβιας βιολογικής επεξεργασίας (δεξαμενές αερισμού, δεξαμενές καθίζησης):</b>	25.536 kWh (63,6%)
<b>Μέση εβδομαδιαία κατανάλωση ενέργειας στο στάδιο της επεξεργασίας της βιολογικής λάσπης (decanter):</b>	5.640 kWh (14%)

**Πίνακας 3.15 :** Συμπεράσματα για την εβδομαδιαία κατανάλωση ενέργειας ανά στάδιο επεξεργασίας στην εγκατάσταση επεξεργασίας υγρών αποβλήτων ΦΑΓΕ.

### 3.6.4. Κόστος λειτουργίας εγκατάστασης επεξεργασίας αποβλήτων ΦΑΓΕ – κόστος κατανάλωσης ενέργειας

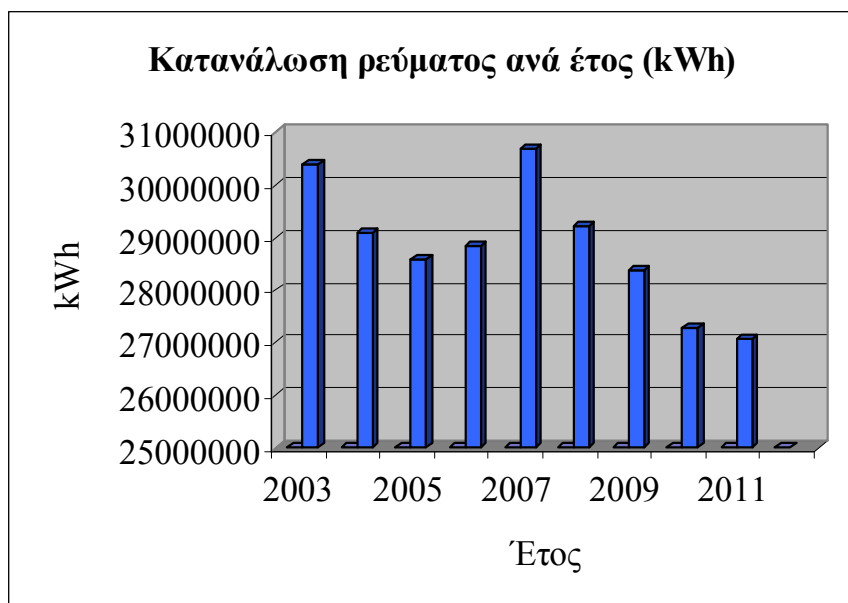
Στις μέρες μας η επιλογή του φιλικότερου προς το περιβάλλον ολοκληρωμένου συστήματος επεξεργασίας παίζει σημαντικό ρόλο για την προστασία του ήδη επιβαρυσμένου περιβάλλοντος και την εξοικονόμηση πόρων και ενέργειας. Είναι λοιπόν απαραίτητο να επιτυγχάνεται με την επιλογή της καλύτερης διαθέσιμης τεχνολογίας πλήρης επεξεργασία των αποβλήτων με ταυτόχρονα μικρότερο δυνατό περιβαλλοντικό αποτύπωμα.

Στην παρούσα παράγραφο παρουσιάζεται το συνολικό κόστος λειτουργίας της εγκατάστασης επεξεργασίας των αποβλήτων της ΦΑΓΕ, με σκοπό να καταδειχθεί το ποσοστό που αναλογεί στην κατανάλωση ενέργειας σε σχέση με το συνολικό κόστος επεξεργασίας των αποβλήτων.

Στον Πίνακα 3.16 και στο Διάγραμμα 3.1 που ακολουθούν φαίνεται η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας του εργοστασίου της ΦΑΓΕ από το έτος 2003 μέχρι το 2011. Από τη σημαντική άνοδο της τιμής χρέωσης της ενέργειας που καταγράφεται τα τελευταία χρόνια, προκύπτει ότι η αύξηση κατανάλωση ενέργειας συνεπάγεται σημαντική, πλέον της αναλογικής, αύξηση κόστους μιας διεργασίας. Προκύπτει λοιπόν πέραν των περιβαλλοντικών ωφελειών που θα έχει η εξοικονόμηση ενέργειας σε όλες τις διεργασίες, και στην εξεταζόμενη διεργασία επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, αποτελεί πλέον και σημαντικό οικονομικό κίνητρο η μείωση κατανάλωσης ενέργειας.

ΕΤΟΣ	ΔΕΗ		
	kWh	€/kWh	€/kWh (ΡΕΥΜΑ+ΦΟΡΟΣ)
2003	30.396.820	0,0550	0,0612
2004	29.078.960	0,0555	0,0602
2005	28.588.640	0,0563	0,0667
2006	28.836.000	0,0580	0,0685
2007	30.705.454	0,0613	0,0711
2008	29.238.741	0,0708	0,0815
2009	28.380.966	0,0742	0,0856
2010	27.298.839	0,0810	0,0928
2011	27.080.000	0,0853	0,0974

**Πίνακας 3.16 :** Συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας του εργοστασίου της ΦΑΓΕ στη Μεταμόρφωση Αττικής, από το έτος 2003 μέχρι το 2011 (αρχείο ΦΑΓΕ λογαριασμών ΔΕΗ).



**Διάγραμμα 3.1 :** Συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας του εργοστασίου της ΦΑΓΕ στη Μεταμόρφωση Αττικής, από το έτος 2003 μέχρι το 2011 (αρχείο ΦΑΓΕ λογαριασμών ΔΕΗ).

Το συνολικό κόστος λειτουργίας της διεργασίας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων στην εγκατάσταση της ΦΑΓΕ, συμπεριλαμβάνει:

- Το κόστος για τα χημικά που χρησιμοποιούνται στα διάφορα στάδια της διεργασίας.
- Το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται για τη λειτουργία του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού που απαρτίζει την εγκατάσταση.
- Το εργατικό κόστος των εργαζόμενων που εποπτεύουν την εγκατάσταση.
- Το κόστος συντήρησης της εγκατάστασης, τόσο κατόπιν βλαβών όσο και τη συστηματική συντήρηση που προϋποθέτει η καλή λειτουργία κάθε εξοπλισμού.

Στους Πίνακες 3.17, 3.18 που ακολουθούν φαίνεται το συνολικό κόστος λειτουργίας στα διάφορα στάδια επεξεργασίας του αποβλήτου και πώς αυτό επιμερίζεται σε κόστος χημικών πρόσθετων, κόστος ενέργειας, και κόστος εργατικό.

Όσον αφορά στο κόστος συντήρησης, υπήρξε η δυνατότητα συλλογής στοιχείων για το ετήσιο κόστος συντήρησης συνολικά της εγκατάστασης επεξεργασίας αποβλήτων αλλά δεν υπήρξε η δυνατότητα να καταδειχθεί το κόστος συντήρησης ανά στάδιο επεξεργασίας των αποβλήτων.

Στο κόστος συντήρησης που προκύπτει ως μέση τιμή από τη χρήση έτους 2010 (18.785€) και 2011 (25.873€) έχουν συμπεριληφθεί κόστος ανάλωσης ανταλλακτικών σε εντολές συντήρησης και κόστος παροχής υπηρεσιών συντήρησης μηχανημάτων, όπως αυτό προκύπτει από αρχείο της εταιρείας ΦΑΓΕ.

<b>ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΕΝΤΟΣ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟΥ:</b>				
Οι υπολογισμοί γίνονται με:				
<ul style="list-style-type: none"> <li>Μέση εβδομαδιαία παροχή αποβλήτου: 8500m<sup>3</sup>/εβδομάδα</li> <li>Τιμή ηλεκτρικής ενέργειας, όπως προκύπτει από το τιμολόγιο της ΔΕΗ το 2011: 0,098 €/kWh</li> </ul>				
<b>ΣΤΑΔΙΟ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	<b>ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ</b>	<b>ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΟ ΚΟΣΤΟΣ ΧΗΜΙΚΩΝ ΠΡΟΣΘΕΤΩΝ</b>	<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΟ ΚΟΣΤΟΣ</b>	<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΟ ΚΟΣΤΟΣ / m<sup>3</sup> ΑΠΟΒΛΗΤΟΥ</b>
Προεπεξεργασία Ομογενοποίηση DAF	880 €	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (1200 kg) 300€ PAC (4500 kg) 1.540€ Πολυηλ/της (25 kg) 73,5€	2.795 €	0,33 €/m <sup>3</sup> αποβλήτου
Αερόβια βιολογική επεξεργασία Δεξαμενές αερισμού Δεξαμενές καθίζησης	2.500 €		2.500 €	0,30 €
Επεξεργασία βιολογικής λάσπης	552€	Πολυηλ/της (120kg) 430€	982 €	0,11 €
Εργατικό κόστος	3 εργαζόμενοι 25000 €/εργαζόμενο/χρόνο 500€εργαζόμενο/εβδομάδα(προσέγγιση)		1.500 €	0,18 €
Κόστος Συντήρησης	22.330€/χρόνο 415€/εβδομάδα(προσέγγιση)		415€	0,05€

Πίνακας 3.17 : Κόστος λειτουργίας εγκατάστασης επεξεργασίας υγρών αποβλήτων εντός εργοστασίου ΦΑΓΕ.

Συνολικό εβδομαδιαίο λειτουργικό κόστος	8.192 €
Εβδομαδιαίο κόστος ενέργειας	3.932 €
Συνολικό εβδομαδιαίο κόστος / m <sup>3</sup> αποβλήτου	0,96 €/m <sup>3</sup> αποβλήτου

Πίνακας 3.18 : Κόστος λειτουργίας εγκατάστασης επεξεργασίας υγρών αποβλήτων εντός εργοστασίου ΦΑΓΕ.



Στον παρακάτω Πίνακα 3.19 φαίνεται το κόστος διαχείρισης της λάσπης εκτός του εργοστασίου ΦΑΓΕ, για συγκέντρωση, μεταφορά και διάθεσή της προς κομποστοποίηση από εξωτερικό συνεργάτη.

<b>ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΕΚΤΟΣ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟΥ:</b>			<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΟ ΚΟΣΤΟΣ</b>	<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΟ ΚΟΣΤΟΣ / m<sup>3</sup> ΑΠΟΒΛΗΤΟΥ</b>
Μεταφορά βιολογικής λάσπης με container	2,5 container/εβδομάδα	250€/container	<b>1.725 €</b>	0,20 €/m <sup>3</sup> αποβλήτου
Κομποστοποίηση βιολογικής λάσπης	27,5 tn/εβδομάδα	40€/tn		

**Πίνακας 3.19:** Κόστος επεξεργασίας βιολογικής λάσπης εκτός εργοστασίου ΦΑΓΕ.

Όσον αφορά στο συνολικό κόστος επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων ΦΑΓΕ, εντός και εκτός εργοστασίου, που συμπεριλαμβάνει και το κόστος διαχείρισης της βιολογικής λάσπης από εξωτερικό συνεργάτη, τα στοιχεία παρατίθενται στον Πίνακα 3.20 που ακολουθεί:

<b>Συνολικό εβδομαδιαίο λειτουργικό κόστος</b>	<b>9.917 €</b>
<b>Συνολικό εβδομαδιαίο κόστος / m<sup>3</sup> αποβλήτου</b>	<b>1,17 €/m<sup>3</sup> αποβλήτου</b>

**Πίνακας 3.20:** Κόστος επεξεργασίας υγρών αποβλήτων ΦΑΓΕ εντός και εκτός εργοστασίου.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ

#### 4.1. Βυτίνα – στοιχεία πόλης

Η Βυτίνα είναι ορεινή κωμόπολη που δεσπόζει στο κέντρο Πελοποννήσου, στο Νομό Αρκαδίας, απέχει 43 χιλιόμετρα από την Τρίπολη και περίπου 200 χλμ. από την Αθήνα. Βρίσκεται σε υψόμετρο 1033 μέτρων, στο όρος Μαίναλο σε μια κατάφυτη περιοχή που δεσπόζουν πεύκα έλατα και καστανιές. Αποτελεί ένα από τα αξιολογότερα ορεινά θέρετρα της Πελοποννήσου και ευρύτερα της Ελλάδας.

ΕΔΡΑ	Βυτίνα Τ.Κ. 22 010	
Επικοινωνία	τηλ.	27953 60100 27950-22329
	Fax	27950-22951
	Site	www.dimosvitinas.gr
Πληθυσμός (απογραφή 2001) :	2.012 άτομα	
Ο δήμος περιλάμβανε τα παρακάτω δημοτικά διαμερίσματα και οικισμούς	Πληθυσμός (απογραφή 2001):	
<b>Δ.δ. Βυτίνας</b>	885	
<b>Δ.δ. Ελάτης</b>	82	
<b>Δ.δ. Καμενίτσης</b>	347	
<b>Δ.δ. Λάστης</b>	62	
<b>Δ.δ. Μαγουλιάνων</b>	256	
<b>Δ.δ. Νυμφασίας</b>	251	
<b>Δ.δ. Πυργακίου</b>	15	

#### **4.2. Παραγόμενα αστικά λύματα Βυτίνας - ποσοτικά & ποιοτικά χαρακτηριστικά**

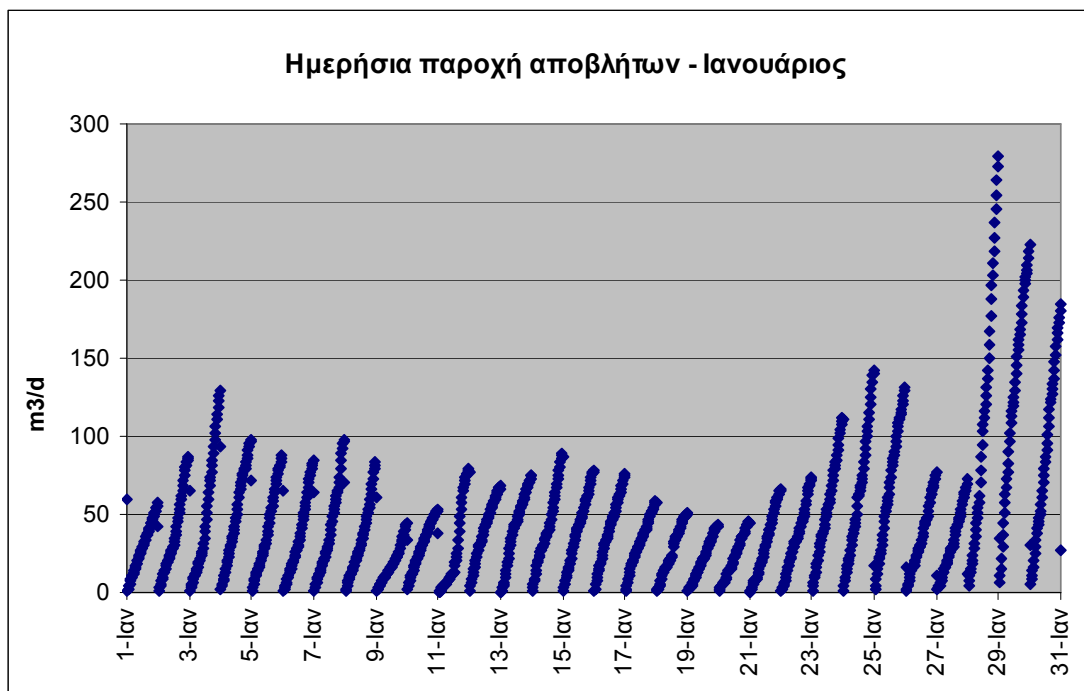
Τα προς επεξεργασία λύματα της Βυτίνας προσδιορίζονται ως αστικά λύματα, οικιακών, εμπορικών και ξενοδοχειακών δραστηριοτήτων και η ποσότητά τους για το σχεδιασμό της μονάδας επεξεργασίας αποβλήτων, εκτιμήθηκε ότι προκύπτει από οικιακή χρήση 3000 κατοίκων.

Η διακύμανση της παροχής των υπό επεξεργασία λυμάτων εντός του έτους είναι σημαντική, καθώς η περιοχή παρουσιάζει έντονη τουριστική δραστηριότητα τους χειμερινούς μήνες, κατά τη διάρκεια των διακοπών των Χριστουγέννων και κάποια αύξηση παροχής κατά τη διάρκεια των διακοπών του Πάσχα και τους θερινούς μήνες. Έτσι η παροχή υγρών αποβλήτων έχει διακύμανση από 20 m<sup>3</sup>/d μέχρι και 300 m<sup>3</sup>/d τις ημέρες αιχμής.

Στη σημαντική αυτή διακύμανση της παροχής συμβάλλει σημαντικά και η εισροή βρόχινων υδάτων στο δίκτυο αποχέτευσης κατά τους χειμερινούς μήνες. Η ποσότητα των εισερχόμενων βρόχινων υδάτων επηρεάζεται σημαντικά από τη διάρκεια και την ένταση των βροχοπτώσεων. Οι εισροές αυτές επηρεάζουν άμεσα τη σύσταση των εισερχόμενων λυμάτων και ασκούν έντονες πιέσεις στην προεπεξεργασία, στο αντλιοστάσιο εισόδου και στις δεξαμενές καθίζησης.

Στα Διαγράμματα 4.1, 4.2 και 4.3 που ακολουθούν παρουσιάζεται ενδεικτικά η διακύμανση στην τιμή της ημερήσιας ογκομετρικής παροχής των λυμάτων της Βυτίνας, τον Ιανουάριο 2011 και τον Ιούνιο 2011 καθώς και η διακύμανση της τιμής της, στη διάρκεια του δεύτερου εξαμήνου του 2011.

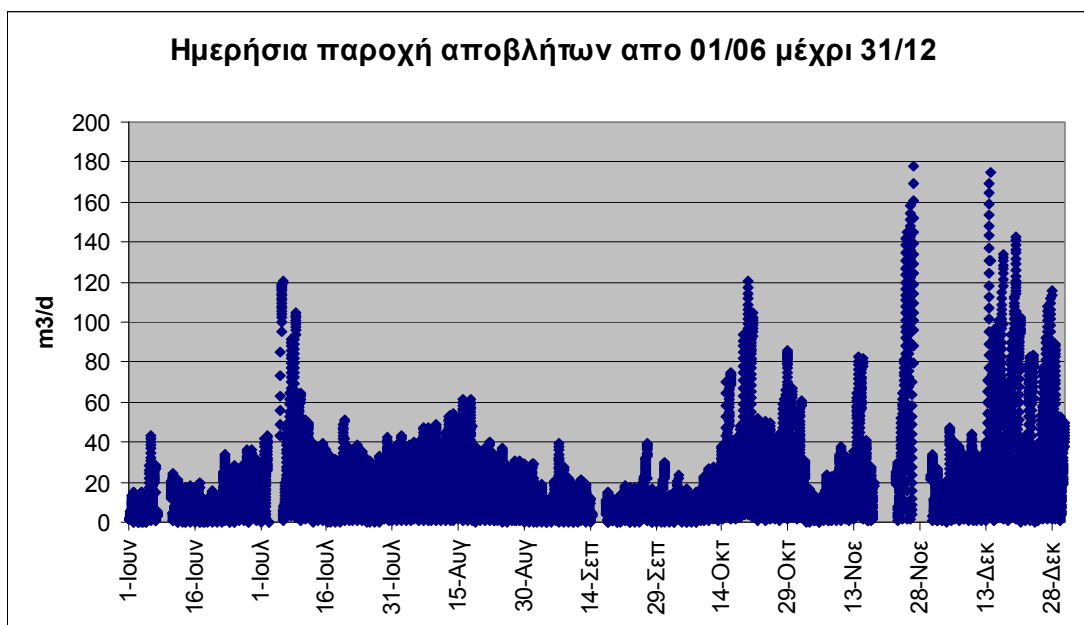
Οι τιμές για την ημερήσια ογκομετρική παροχή λυμάτων συλλέχτηκαν από το αρχείο λειτουργίας της Εγκατάστασης Επεξεργασίας Λυμάτων (ΕΕΛ) της Βυτίνας.



**Διάγραμμα 4.1 :** Ημερήσια ογκομετρική παροχή λυμάτων στην εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων Βυτίνας, το μήνα Ιανουάριο 2012.



**Διάγραμμα 4.2 :** Ημερήσια ογκομετρική παροχή λυμάτων στην εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων Βυτίνας, το μήνα Ιούνιο 2011.



**Διάγραμμα 4.3 :** Ημερήσια ογκομετρική παροχή λυμάτων στην εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων Βυτίνας, κατά τη διάρκεια του δεύτερου εξαμήνου του 2011.

Με βάση συστηματικές μετρήσεις που πραγματοποιούνται από εταιρεία που συμβάλλεται με το Δήμο Βυτίνας για τη λειτουργία της ΕΕΛ, για μέγιστη ογκομετρική παροχή λυμάτων, προκύπτουν αντίστοιχα οι ελάχιστες τιμές που αφορούν στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των λυμάτων της Βυτίνας (Μηνιαία έκθεση λειτουργίας Ε.Ε.Λ. Τ.Κ. Βυτίνας – GAIA Τεχνικών Μελετών).

Οι σχετικά χαμηλές τιμές των ρυπαντικών φορτίων στην είσοδο της μονάδας του μήνες έντονης βροχόπτωσης που συμπίπτει με τους μήνες τουριστικής αιχμής, δηλαδή τους χειμερινούς μήνες που υπάρχει μέγιστη ογκομετρική παροχή και θα αναμενόταν να υπάρχει αύξηση στις τιμές που προσδιορίζουν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των λυμάτων, είναι αποτέλεσμα της σημαντικής αραιώσης που υφίστανται τα λύματα από την εισροή βρόχινου νερού εξαιτίας της κακής στεγανοποίησης του αποχετευτικού δικτύου.

Οι τιμές αυτές για μέγιστη ημερήσια παροχή, δηλαδή για τους υγρούς χειμερινούς μήνες, παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.1 που ακολουθεί:

<b>Ολική ημερήσια απορροή</b>	300 m <sup>3</sup> /d
<b>BOD<sub>5</sub></b>	70 mg/L
<b>Ολικό άζωτο</b>	23 mg/L
<b>Ολικός φώσφορος</b>	5,5 mg/L
<b>Ολικά αιωρούμενα στερεά SS</b>	80 mg/L
<b>Ολικά κολοβακτηρίδια</b>	10 <sup>6</sup> /100ml

**Πίνακας 4.1 :** Ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά των λυμάτων που εισέρχονται στην εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων του Δήμου Βυτίνας τους μήνες με υψηλής βροχόπτωσης.

Όπως προαναφέρθηκε, οι περίοδοι έντονων βροχοπτώσεων μικρής διάρκειας και αντίστοιχα οι περίοδοι μεγάλων ογκομετρικών παροχών, δεν είναι ενδεικτικές για την ετήσια λειτουργία της μονάδας. Συγκεκριμένα, σε περιόδους που χαρακτηρίζονται από ήπιες βροχοπτώσεις είτε κατά τις ξηρές περιόδους λειτουργίας οι μέσες τιμές των ποιοτικών και ποσοτικών χαρακτηριστικών των λυμάτων στην είσοδο της μονάδας συνοψίζονται στον Πίνακα 4.2 που ακολουθεί:

<b>Ολική ημερήσια απορροή</b>	60 m <sup>3</sup> /d
<b>BOD<sub>5</sub></b>	300 mg/L
<b>Ολικό άζωτο</b>	60 mg/L
<b>Ολικός φώσφορος</b>	20 mg/L
<b>Ολικά αιωρούμενα στερεά SS</b>	400 mg/L
<b>Ολικά κολοβακτηρίδια</b>	10 <sup>8</sup> /100ml

**Πίνακας 4.2 :** Ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά των λυμάτων που εισέρχονται στην εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων του Δήμου Βυτίνας τους μήνες με χαμηλή βροχόπτωση.

#### 4.2.1. Απαιτούμενη ποιότητα απορροής – αποδέκτης

Σύμφωνα με την 3055/2002 απόφαση του Νομάρχη Αρκαδίας έγκρισης περιβαλλοντικών όρων εγκατάστασης και λειτουργίας της μονάδας, στην έξοδο της ΕΕΛ Βυτίνας πρέπει να τηρούνται τα εξής όρια που παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.3 που ακολουθεί:

<b>BOD<sub>5</sub></b>	< 25 mg/L
<b>COD</b>	< 125 mg/L
<b>SS</b>	< 35 mg/L
<b>Ολικό N</b>	< 15 mg/L
<b>N-NH<sub>3</sub></b>	≤ 2 mg/L
<b>Ολικός P</b>	< 2 mg/L
<b>Λίπη έλαια</b>	≤ 0,1 mg/L
<b>Επιπλέοντα στερεά</b>	0
<b>Ολικά Κολοβακτηριοειδή</b>	500/100ml

**Πίνακας 4.3 :** Ανώτερα όρια στην έξοδο της ΕΕΛ Βυτίνας σύμφωνα με την έγκριση περιβαλλοντικών όρων.

Τα όρια προσδιορίζονται σε σχέση με το φυσικό αποδέκτη των επεξεργασμένων λυμάτων στην απορροή της εγκατάστασης επεξεργασίας, που στην περίπτωση της ΕΕΛ του δήμου Βυτίνας, είναι το υδατόρεμα Τρούλα που γειτνιάζει αυτής. Το ρέμα Τρούλα είναι περιοδικής ροής κατά τη διάρκεια του χρόνου.

#### **4.2.2. Περιγραφή εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων**

Η ΕΕΛ Βυτίνας σχεδιάστηκε για την κάλυψη των αναγκών της 20ετίας (2004 -2024, Α Φάση) και της 40ετίας (2004 - 2044, Β Φάση) και επί πλέον έτσι ώστε να μπορεί να δέχεται και να επεξεργάζεται πρόσθετα και βοθρολύματα. Σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε από την εταιρεία Envitec Α.Ε. και ξεκίνησε να λειτουργεί στις αρχές του 2008.

Η θέση κατασκευής του έργου βρίσκεται στη θέση «Τρούλα», 700m βορειοδυτικά του Δημοτικού Διαμερίσματος της Βυτίνας, πλησίον του ομώνυμου υδατορέματος. Η έκταση αποτελεί ιδιοκτησία του Δήμου Βυτίνας και έχει επιφάνεια 4.108m<sup>2</sup>.

Η ευθύνη λειτουργίας της εγκατάστασης ανατίθεται από το Δήμο Βυτίνας, σε Τεχνική Εταιρεία με διαγωνισμό κάθε χρόνο.

Η εγκατάσταση αποτελείται από τις παρακάτω μονάδες:

- Φρεάτιο εισόδου, όπου εισέρχονται τα λύματα μέσω του αγωγού προσαγωγής και τα βοθρολύματα που εκκενώνουν τα βυτιοφόρα οχήματα.

- Μονάδα προεπεξεργασίας, που αποτελείται από ένα πλήρως αυτόματο και κλειστό compact σύστημα προεπεξεργασίας, στο οποίο συντελούνται η εσχάρωση, η εξάμμωση και η απομάκρυνση των λιπών.
- Δεξαμενή εξισορρόπησης 200m<sup>3</sup>, όπου μέσω αντλιών τροφοδοσίας καταθλίβονται τα λύματα στην κατάντη βιολογική βαθμίδα. Για την ανάμιξη των λυμάτων και την αποφυγή επικαθίσεων στην δεξαμενή εξισορρόπησης, έχει τοποθετηθεί ένας εγχυτήρας αέρα (flow jet - venturi jet) και ένας αναδευτήρας.
- Μονάδα BioBlock, που αποτελείται από δύο παράλληλες δεξαμενές, στις οποίες συντελούνται οι βιολογικές διεργασίες της οξείδωσης του οργανικού φορτίου, της νιτροποίησης, της σταθεροποίησης της βιολογικής ιλύος και της απονιτροποίησης.
- Σύστημα αερισμού που εφαρμόζεται στο BioBlock είναι το σύστημα της υποβρύχιας διάχυσης με τρεις φυσητήρες (δύο σε λειτουργία και ένας εφεδρικός) και σύστημα διάχυσης λεπτής φυσαλίδας για κάθε μονάδα..
- Δεξαμενή απολύμανσης, όπου εισέρχονται τα προς απολύμανση λύματα από την έξοδο του BioBlock. Μετά την επαφή τους με το απολυμαντικό μέσο που είναι το χλώριο (διάλυμα NaOCl), στη συνέχεια οδηγούνται με βαρύτητα στον αποδέκτη.
- Δεξαμενή προσωρινής αποθήκευσης περίσσειας ιλύος, όπου μεταφέρεται από τις δύο μονάδες BioBlock η περίσσεια της λάσπης και στη συνέχεια μέσω αντλιοστασίου στο κτίριο αφυδάτωσης.
- Μηχανική πάχυνση – αφυδάτωση, που περιλαμβάνει σύστημα πάχυνσης ιλύος μικρού χρόνου παραμονής (τράπεζα πάχυνσης), σύστημα αφυδάτωσης με ταινιοφιλτρόπρεσσα πολλαπλών βαθμίδων συμπίεσης και σύστημα παρασκευής και δοσομέτρησης πολυμερούς.

Στο χώρο της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων έχουν κατασκευαστεί τρία ανεξάρτητα κτίρια:

- ✓ Το κτίριο προσωπικού όπου βρίσκεται το γραφείο ελέγχου.
- ✓ Το κτίριο εξυπηρέτησης των εγκαταστάσεων.



- ✓ Το κτίριο επεξεργασίας της ιλύος.

Το κτίριο εξυπηρέτησης των εγκαταστάσεων περιλαμβάνει το χώρο προεπεξεργασίας, το χώρο του ηλεκτρικού πίνακα και του ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους (H/Z), για την κάλυψη των αναγκών της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων σε περίπτωση διακοπής της ηλεκτροδότησης, καθώς και το χώρο των φυσητήρων.

Το κτίριο της επεξεργασίας ιλύος περιλαμβάνει το σύνολο του εξοπλισμού μηχανικής αφυδάτωσης της ιλύος (συγκρότημα τράπεζας πάχυνσης και ταινιοφιλτρόπρεσσας, αντλίες ιλύος και πολυηλεκτρολύτη, δοχείο παρασκευής πολυηλεκτρολύτη κλπ).

Κεντρική μονάδα απόσπησης, παραπλεύρως του κτιρίου εξυπηρέτησης, υπεράνω της δεξαμενής εξισορρόπησης.

Τέλος, η εγκατάσταση ολοκληρώνεται με όλα τα απαιτούμενα έργα υποδομής που είναι το εσωτερικό των εγκαταστάσεων δίκτυο οδοποιίας, η περίφραξη, η δενδροφύτευση, το δίκτυο ηλεκτροφωτισμού, το σύστημα αυτοματισμού και τα βοηθητικά δίκτυα υποδομής (στραγγίδια, όμβρια κλπ.).

- Το Bioblock είναι compact σύστημα βιολογικής επεξεργασίας ικανό να καλύψει τις απαιτήσεις επεξεργασίας λυμάτων από μικρούς οικισμούς ως μεγάλους Δήμους και βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Η σχεδίαση και η εξέλιξη του στηρίχτηκε στη μακρόχρονη εμπειρία της Envitec A.E. στον τομέα της επεξεργασίας λυμάτων. Στόχος του νέου συστήματος είναι η αντιμετώπιση των προβλημάτων που εμφανίζονται στις συμβατικές μονάδες επεξεργασίας λυμάτων και κατά κύριο λόγο η σημαντική μείωση του λειτουργικού κόστους επεξεργασίας καθώς και η παραγωγή νερού άρδευσης υψηλής ποιότητας για επαναχρησιμοποίηση σε αγροτικές περιοχές ([www.envitec.gr](http://www.envitec.gr)).

Η τεχνολογία που ενσωματώνεται στο Bioblock προσφέρει:

- Ελαχιστοποίηση του χώρου εγκατάστασης.
- Φιλικότητα προς το περιβάλλον με την κατασκευή κλειστών μονάδων που εμποδίζουν τη διάδοση οσμών και σταγονιδίων
- Μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας καθώς και της παραγόμενης ιλύος, σε σχέση με τις συμβατικές μονάδες.

- Απλότητα στη λειτουργία με ελάχιστες απαιτήσεις στην εποπτεία και συντήρηση.
- Εκροή υψηλών ποιοτικών προδιαγραφών
- Σύντομο χρόνο εγκατάστασης
- Συνδυάζει τις αρχές λειτουργίας συστημάτων ενεργού ιλύος και ρευστοποιημένης κλίνης. Η απομάκρυνση του οργανικού φορτίου γίνεται ταυτόχρονα με την απομάκρυνση του αζώτου και φωσφόρου, με αποτέλεσμα την εξάλειψη του φαινομένου του ευτροφισμού στον αποδέκτη των επεξεργασμένων λυμάτων, γεγονός που το καθιστά ιδανική λύση για περιπτώσεις που ο αποδέκτης χαρακτηρίζεται ευαίσθητος (λίμνες, ποτάμια ή ρέματα με περιοδική ροή κατά τη διάρκεια του χρόνου). Η απομάκρυνση του φωσφόρου γίνεται με χημικό τρόπο, μέσω της καταβύθισής του με χρήση αλάτων σιδήρου.

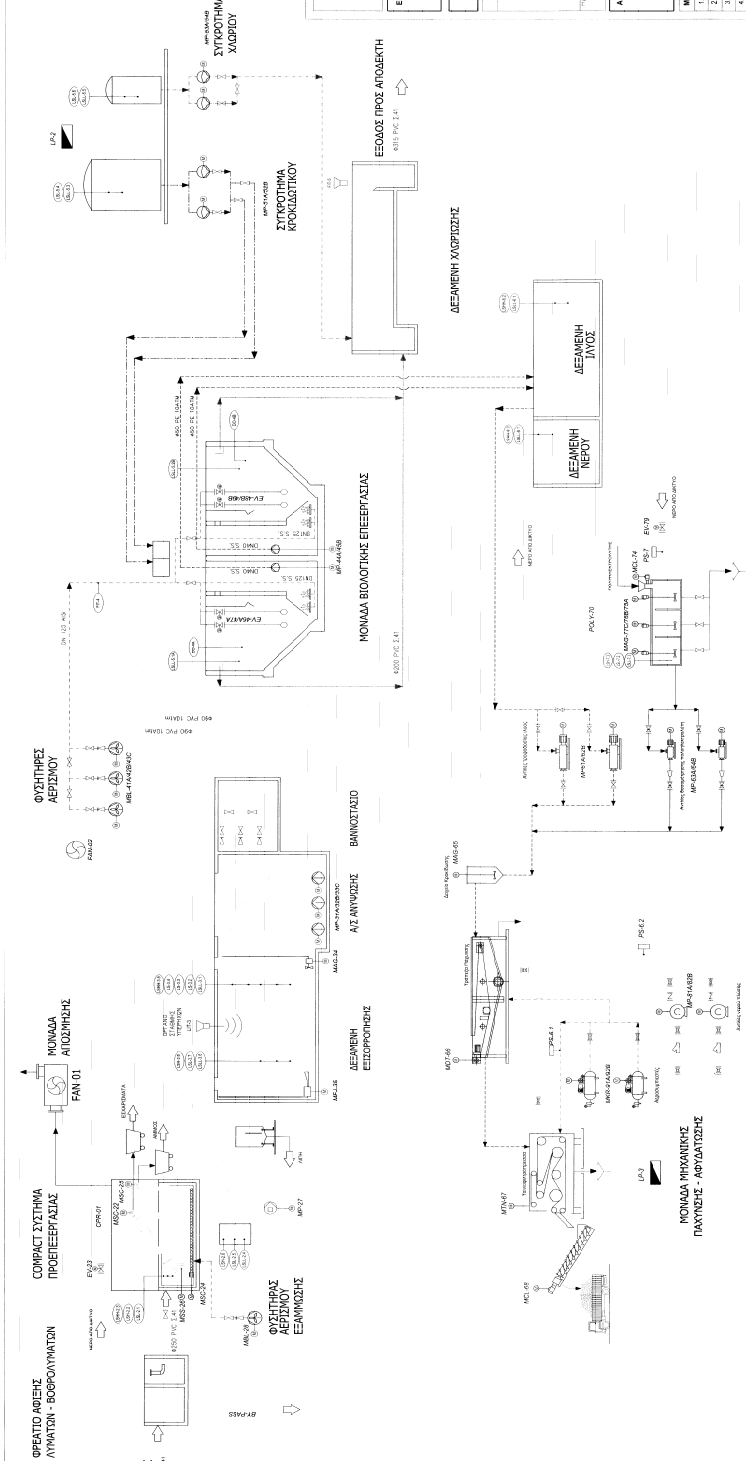
Κάθε ανεξάρτητη γραμμή Bioblock έχει σχεδιαστεί:

→ Για μέση υδραυλική φόρτιση 12,5 m<sup>3</sup>/h και μέγιστη 18,5 m<sup>3</sup>/h.

→ Συνολικά μπορεί να εξυπηρετήσει πληθυσμό έως 3.000 ισοδύναμους κατοίκους.

Η λειτουργία της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων Βυτίνας είναι σε μεγάλο βαθμό αυτοματοποιημένη και υποστηρίζεται από SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) για τον έλεγχο και την παρακολούθηση της λειτουργίας των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων.

Ακολουθεί, στο Σχήμα. 4.1, σχέδιο της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων της Βυτίνας, που συμπεριλαμβάνει απεικόνιση του εξοπλισμού σε όλα τα στάδια της διεργασίας.



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ  
ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΣ  
ΔΕΚΕ

ΕΡΓΟ: "ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ  
ΔΗΜΟΥ ΒΥΤΙΝΑΣ ΑΡΚΑΔΙΑΣ"

**ΜΕΛΕΤΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ**

ΤΙΤΛΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ  
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΔΕΡΓΑΣΙΩΝ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΩΣΗ  
ΓΡΑΜΜΗΣ ΛΥΜΑΤΩΝ - ΛΥΣΕ

ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ: Γ.Δ. - 05

ΑΝΑΘΕΣΗ: ΚΩΣΤΑΣ ΤΕΧΝΙΚΗ Α.Ε. - ΠΡΕΣΒΑΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ  
ΛΕΝΙΑ - ΜΙΚΟΛΟΥΔΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ  
ΕΡΜΑ, ΑΥ. ΛΑΜΙΑΣ, 12-18, ΚΑΙΣΑΡΙΑ ΑΡΧΑΪΑΣ, 102 23 Τ.Π., 210 680570 fax 210 680804

ΜΕΛΕΤΗΤΕΣ:  
1. ΤΕΧΝΙΚΟΣ Α.Ε. - Κωνσταντίνος Παπαδόπουλος 15/10/17  
2. ΤΕΧΝΙΚΟΣ Α.Ε. - Κωνσταντίνος Παπαδόπουλος 15/10/17  
3. ΤΕΧΝΙΚΟΣ Α.Ε. - Κωνσταντίνος Παπαδόπουλος 15/10/17  
4. ΤΕΧΝΙΚΟΣ Α.Ε. - Κωνσταντίνος Παπαδόπουλος 15/10/17  
5. ΤΕΧΝΙΚΟΣ Α.Ε. - Κωνσταντίνος Παπαδόπουλος 15/10/17  
6. ΤΕΧΝΙΚΟΣ Α.Ε. - Κωνσταντίνος Παπαδόπουλος 15/10/17

Σχήμα 4.1: Κάτοψη ΕΕΛ Βυτίνας.

#### 4.2.3. Ποιοτικά & ποσοτικά χαρακτηριστικά απορροής και λάσπης

Η συνολική ποσότητα λυμάτων που εισέρχεται εντός της μονάδας προς επεξεργασία καταγράφεται από το σύστημα ελέγχου και καταγραφής (SCADA) που διαθέτει η μονάδα. Σύμφωνα με τις καταγραφές που έγιναν, παρουσιάζεται πολύ μεγάλη διαφορά στο εύρος των παροχών εισόδου οι οποίες κυμαίνονται από 30 έως 300 m<sup>3</sup>/d. Η ποσότητα αυτή των λυμάτων είναι μεγαλύτερη από τις εκτιμήσεις με βάση τον Ισοδύναμο Πληθυσμό, όπως αυτός υπολογίζεται συμπεριλαμβάνοντας και την αυξημένη τουριστική κίνηση. Η αυξημένη παροχή οφείλεται στη μη καλή στεγανοποίηση των αγωγών αποχέτευσης του δικτύου της Βυτίνας, με αποτέλεσμα τη σοβαρή είσοδο βρόχινων υδάτων εντός του δικτύου. Αυτό αποδεικνύεται και από τις σχετικά χαμηλές τιμές των ρυπαντικών φορτίων στην είσοδο της μονάδας ως αποτέλεσμα της αραιώσης που υφίστανται, ειδικά τους χειμωνιάτικους μήνες, μήνες ισχυρών βροχοπτώσεων, που είναι και οι μήνες αιχμής.

Παρακάτω παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.4 οι μέσες τιμές για ποιοτικά χαρακτηριστικά των λυμάτων σε μήνες αιχμής λειτουργίας, στο τρίμηνο 12/2011-03/2012 και στο αντίστοιχο τρίμηνο της προηγούμενης χρονιάς, σύμφωνα με αναλύσεις που έγιναν τόσο στην είσοδο όσο και στην έξοδο της μονάδας, σύμφωνα με τις υποχρεώσεις που προκύπτουν από τις τεχνικές προδιαγραφές της σύμβασης, από την Τεχνική Εταιρεία που έχει αναλάβει την επίβλεψη και λειτουργία της εγκατάστασης.

Οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν με βάση το Standard Methods for the Analysis of Water and Wastewater, 20<sup>th</sup> Edition, καθώς και με φασματοφωτομετρία απορρόφησης με χρήση έτοιμων αντιδραστηρίων της Hach<sup>®</sup>.

<b>Μέση ολική ημερήσια απορροή</b>	100 m <sup>3</sup> /d
<b>Ολικός φώσφορος</b> , στην είσοδο	11,5 mg/L
<b>COD</b> , στην είσοδο	180 mg/L
<b>BOD<sub>5</sub></b> , στην είσοδο	88 mg/L
<b>N-NH<sub>3</sub></b> , στην είσοδο	18 mg/L
<b>Ολικό άζωτο</b> , στην είσοδο	25 mg/L
<b>Ολικός φώσφορος</b> , στην έξοδο	1,5 mg/L
<b>COD</b> , στην έξοδο	22 mg/L
<b>BOD<sub>5</sub></b> , στην έξοδο	10 mg/L
<b>N-NO<sub>3</sub></b> , στην έξοδο	7 mg/L
<b>Ολικό άζωτο</b> , στην έξοδο	11 mg/L
<b>Ολικά αιωρούμενα στερεά SS</b> , η μέτρηση γίνεται στη δεξαμενή αερισμού	300mg/L
<b>Ολικά κολοβακτηρίδια</b> , στην έξοδο	100 cfu/100 ml

**Πίνακας 4.4 :** Μέσες τιμές για ποιοτικά χαρακτηριστικά των λυμάτων στην ΕΕΛ Βυτίνας, στο τρίμηνο 12/2011-03/2012 και στο αντίστοιχο τρίμηνο της προηγούμενης χρονιάς.

Οι ογκομετρικές παροχές εισόδου παρουσίασαν και κατά τους μήνες που παρουσιάζονται οι μέσες τιμές των αναλύσεων (12/2010-03/2011, 12/2011-02/2012), πολύ μεγάλο εύρος διακυμάνσεων, με ημερήσιες παροχές που ξεκινούν από 7 και καταλήγουν σε 300 m<sup>3</sup>/d. Σημαντικό εύρος διακύμανσης παρουσίασαν και οι ωριαίες παροχές με τιμές που ξεκινούν από 1 και καταλήγουν σε 40 m<sup>3</sup>/h.

Παρά το μεγάλο εύρος διακύμανσης των ογκομετρικών παροχών εισόδου, το συνολικό οργανικό φορτίο που έφθανε ημερήσια στη μονάδα ήταν περίπου ίδιο, παρουσιάζοντας φυσικά μικρές τιμές συγκέντρωσης. Για το λόγο αυτό εξάλλου η ζήτηση οξυγόνου ήταν πρακτικά σταθερή (Μηνιαία έκθεση λειτουργίας Ε.Ε.Λ. Τ.Κ. Βυτίνας – GAIA Τεχνικών Μελετών).

Η αφυδατωμένη λάσπη, που προκύπτει από τη μονάδα μηχανικής πάχυνσης και αφυδάτωσης της βιολογικής λάσπης της εγκατάστασης, συλλέγεται 2 φορές το χρόνο και οδηγείται για εναπόθεση στο ΧΑΔΑ Βυτίνας. Η ποσότητα που απομακρύνθηκε εντός του έτους 2011 ήταν, σύμφωνα με πληροφορίες του εποπτεύοντα Μηχανικού της εγκατάστασης, περίπου 15m<sup>3</sup> με κατά προσέγγιση 15% στερεά.

### 4.3. Ενεργειακή κατανάλωση Εγκατάστασης Επεξεργασίας Λυμάτων Βυτίνας

Η ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται στην ΕΕΛ Βυτίνας υπολογίζεται με βάση την ισχύ του απαιτούμενου ηλεκτρολογικού εξοπλισμού και τη μέση συνήθη λειτουργία αυτού. Οι ώρες λειτουργίας των επιμέρους διατάξεων είναι μέσες εβδομαδιαίες και η εκτίμηση βασίζεται σε πληροφόρηση από τους έχοντες την εποπτεία λειτουργίας της εγκατάστασης επεξεργασίας, όπως προκύπτει εμπειρικά.

#### 4.3.1. Εγκατεστημένη ισχύς – εξοπλισμός

Στον Πίνακα 4.5 που ακολουθεί καταγράφεται η ισχύς του εξοπλισμού που απαρτίζει την εγκατάσταση στη Βυτίνα, ανά στάδιο επεξεργασίας των λυμάτων. Στην τελευταία στήλη καταγράφεται η εβδομαδιαία κατανάλωση ενέργειας κάθε ηλεκτρομηχανολογικής διάταξης.

<b>ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ</b>	<b>ΙΣΧΥΣ (kW)</b>	<b>ΜΕΣΗ ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (kWh /week)</b>
<b>Προεπεξεργασία</b>		
Κοχλίας Εσχαρισμάτων	1,1	46,2
Οριζόντιος Κοχλίας Άμμου	0,55	27,72
Κεκλιμένος κοχλίας άμμου	0,55	23,1
Φυσητήρας Εξάμμωσης	2	336
Αντλία λιπών	0,25	14,7
Λιποσυλλέκτης	0,55	27,72
Απόσμηση	0,5	84
Αντλία νερών έκπλυσης	0,25	42
<b>Εξισορρόπηση</b>		
Αντλία Ανύψωσης (*3)	6,6	369,6
Εγχυτήρας αέρα (Venturi Jet)	11,3	632 (λειτουργεί περιστασιακά) (1.898,4 για 24ωρη λειτουργία)

Αναδευτήρας	4,1	688,8
<b>Βιολογική Βαθμίδα</b>		
Αντλία περίσσειας ιλύος (*2)	2,5	4,2
Φυσητήρας αερισμού (*3)	27,6	1.236,5
<b>Χημικά</b>		
Δοσομετρική αντλία FeClSO <sub>4</sub> (*2)	0,2	33,6
Δοσομετρική αντί NaOCl (*2)	0,2	33,6
<b>Επεξεργασία Ιλύος</b>		
Αντλία ιλύος (*2)	6	Όσον αφορά στην επεξεργασία ιλύος, αφυδάτωση γίνεται μια φορά το εξάμηνο, οπότε η εβδομαδιαία κατανάλωση υπολογίζεται σε συνάρτηση με την ετήσια λειτουργία των διατάξεων της διεργασίας:  25 kWh / εβδομάδα
Συγκρότημα πολυηλεκτρολύτη	1,24	
Δοσομετρική αντλία πολυηλεκτρολύτη (*2)	0,5	
Δοχείο κροκίδωσης	0,55	
Τράπεζα πάχυνσης	0,55	
Πρέσα	0,75	
Αντλία πλύσης ταινιών (*2)	8	
Κοχλίας απόρριψης ιλύος	1,5	
Αεροσυμπιεστής (*2)	6	
<b>Συνολική Εγκατεστημένη Ισχύς:</b>	<b>83,34</b>	
<b>Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας (προσέγγιση):</b>		<b>14,5MWh</b>

**Πίνακας 4.5 :** Ισχύς και εκτιμώμενη εβδομαδιαία ενεργειακή κατανάλωση εγκατεστημένου εξοπλισμού στην ΕΕΛ Βυτίνας.

- Κατά τη διάρκεια του πρώτου μήνα ουσιαστικής λειτουργίας (2008), έγινε συστηματική επίβλεψη των λειτουργικών παραμέτρων της μονάδας με σκοπό την βελτιστοποίηση της απόδοσης των διαφόρων τμημάτων της. Στα πλαίσια αυτά έγινε περαιτέρω ρύθμιση του σεναρίου λειτουργίας των φυσητήρων της μονάδας, με στόχο την βελτιστοποίηση της τιμής του διαλυμένου οξυγόνου στις δεξαμενές αερισμού και την μείωση της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης. Διαπιστώθηκε ότι η ανάγκη αερισμού της δεξαμενής αερισμού

καλύπτεται με χρήση ενός φουσητήρα. Οπότε οι τρεις φουσητήρες χρησιμοποιούνται εναλλάξ ένας κάθε φορά και περίπου στο 80% της ισχύος τους.

- ο Η αντλία venturi jet στη δεξαμενή εξισορρόπησης λειτουργεί περιστασιακά. Ο σχεδιασμός είναι να δουλεύει συνέχεια αλλά επειδή ο συνεχής αερισμός της δεξαμενής εξισορρόπησης ενέχει κίνδυνο δημιουργίας βιομάζας εκεί, όταν το ημερήσιο οργανικό φορτίο είναι μικρό τότε λειτουργεί περιστασιακά.

#### 4.3.2. Συνολική ενεργειακή κατανάλωση

Στον Πίνακα 4.6 που ακολουθεί παρουσιάζονται αποτελέσματα υπολογισμών που αφορούν στην ενεργειακή κατανάλωση στην ΕΕΛ Βυτίνας, σε συσχέτιση με την ποσότητα του προς επεξεργασία λύματος.

<b>Πληθυσμιακό ισοδύναμο (για μέγιστη ημερήσια ολική απορροή)*</b>	300 mg/L* 300 m <sup>3</sup> /ημέρα / 60g/άτομο ημέρα=1.666
<b>Μέση εβδομαδιαία κατανάλωση ενέργειας</b> (θεωρητικά υπολογισμένη σε μήνες αιχμής)	3.625 kWh
<b>Μέγιστη ημερήσια παροχή λύματος</b>	300 m <sup>3</sup> /day
<b>Μέση ημερήσια παροχή λύματος</b> (υπολογισμένη σε μήνες αιχμής)	100 m <sup>3</sup> /day
<b>Μέση μηνιαία παροχή λύματος</b> (υπολογισμένη σε μήνες αιχμής)	3200 m <sup>3</sup>
<b>Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας</b> (προσέγγιση μέση τιμές για τους μήνες αιχμής, όπως προκύπτει από τον Πίνακα 4.5)	14.500 kWh
<b>Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας</b> (προσέγγιση μέση τιμές για τους μήνες αιχμής, όπως προκύπτει από το τιμολόγιο της ΔΕΗ)	12.173 kWh
<b>Μέση κατανάλωση ενέργειας / προς επεξεργασία λύματος</b> (υπολογισμένη από τιμολόγιο ΔΕΗ σε μήνες αιχμής)	3,8 kWh/m <sup>3</sup>
<b>Μέση κατανάλωση ενέργεια ανά καθαρισμό λύματος - BOD<sub>5</sub> που απομακρύνθηκε.</b>	48,7Wh / 1 g BOD <sub>5</sub>

**Πίνακας 4.6 :** Υπολογισμοί για την ενεργειακή κατανάλωση στην ΕΕΛ Βυτίνας.



- ❖ Μήνες αιχμής για την ανάλυση και όπως προκύπτει και από τα δεδομένα για ημερήσια παροχή λύματος στην εγκατάσταση επεξεργασίας, θεωρούνται οι Δεκέμβριος, Ιανουάριος, Φεβρουάριος.
- ❖ Στην είσοδο της εγκατάστασης τα υγρά απόβλητα έχουν μέση τιμή BOD<sub>5</sub> 88mg/L, στην έξοδο και μετά το σύνολο της επεξεργασίας η μέση τιμή του BOD<sub>5</sub> της εκροής είναι 10 mg/L.  
Κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας επιτυγχάνεται μέση μείωση BOD<sub>5</sub> 78 mg/L. Προκύπτει υπολογιστικά ότι χρειάζεται κατανάλωση 48,7 Wh για μείωση ρυπαντικού φορτίου αποβλήτων κατά 1 g BOD<sub>5</sub>
- ❖ Στον Πίνακα 4.7 που ακολουθεί φαίνεται η μηνιαία κατανάλωση ενέργειας στην ΕΕΛ της Βυτίνας εντός του 2010. Οι τιμές συλλέχθηκαν από το αρχείο λογαριασμών ΔΕΗ της εγκατάστασης.

<b>ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ</b>	<b>kWh</b>
8/12/09-11/2/10	26.600
11/2/10-10-3-10	9.920
13/4/10-11/5/10	8.080
11/5/10-9/6/10	9.840
9/6/10-8/7/10	9.640
8/7/10-10/8/10	11.400
10/8/10-7/9/10	10.520
7/9/10-8/10/10	9.640
8/10/10-9-11-10	11.080
9/11/10-9/12/10	10.720

**Πίνακας 4.7:** Στοιχεία κατανάλωσης ενέργειας ΕΕΛ Βυτίνας (περίοδος κατανάλωσης 2010).

- ❖ Η μέση τιμή στην καταγεγραμμένη μηνιαία κατανάλωση ενέργειας το έτος 2010 αποκλίνει περίπου 20% από την υπολογισμένη κατά προσέγγιση, βάσει εμπειρικής γνώσης για τις ώρες λειτουργίας του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού της εγκατάστασης. Για τον υπολογισμό της μέσης κατανάλωσης ενέργειας ανά υδραυλικό και ρυπαντικό φορτίο χρησιμοποιήθηκε η μέση τιμή της καταναλισκόμενης ενέργειας όπως προκύπτει από τα τιμολόγια της ΔΕΗ.

- ❖ Προκύπτει το συμπέρασμα ότι η επιλογή της ισχύος για κάποιες από τις διατάξεις, κατά το σχεδιασμό, αποδείχτηκε μεγαλύτερη από τις ανάγκες κατά τη λειτουργία της εγκατάστασης τα πρώτα τέσσερα χρόνια λειτουργίας της.

#### 4.3.3. Ενεργειακή κατανάλωση ανά στάδιο επεξεργασίας

Σύμφωνα με την ισχύ των ηλεκτρομηχανολογικών διατάξεων που συμμετέχουν σε κάθε στάδιο επεξεργασίας των λυμάτων της πόλης της Βυτίνας, προκύπτει, σύμφωνα και με την πληροφόρηση για τις ώρες λειτουργίας της κάθε διάταξης, η εβδομαδιαία κατανάλωση ενέργειας ανά στάδιο επεξεργασίας του λύματος όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.8 που ακολουθεί:

<b>Μέση εβδομαδιαία κατανάλωση ενέργειας στο στάδιο της προεπεξεργασίας (προεπεξεργασία, εξισορρόπηση)</b>	2.291,4 kWh (63%)
<b>Μέση εβδομαδιαία κατανάλωση ενέργειας στο στάδιο της αερόβιας βιολογικής επεξεργασίας (βιολογική βαθμίδα)</b>	1.307,9 kWh (36,08%)
<b>Μέση εβδομαδιαία κατανάλωση ενέργειας στο στάδιο της επεξεργασίας της βιολογικής λάσπης (επεξεργασία ιλύος)</b>	25 kWh (0,92%)
<b>Συνολική εβδομαδιαία κατανάλωση ενέργειας στην ΕΕΛ Βυτίνας</b>	3.624,3 kWh

Πίνακας 4.8: Συμπεράσματα για την εβδομαδιαία κατανάλωση ενέργειας ανά στάδιο επεξεργασίας στην ΕΕΛ Βυτίνας.

#### 4.3.4. Κόστος λειτουργίας ΕΕΛ Βυτίνας – κόστος κατανάλωσης ενέργειας

Ο υπολογισμός για το κόστος λειτουργίας της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων Βυτίνας, μπόρεσε να γίνει μόνο κατά προσέγγιση, στη βάση της εμπειρικής γνώσης του μηχανικού που έχει την εποπτεία της εγκατάστασης, καθώς η επικοινωνία με το Δήμο Βυτίνας που συγκεντρώνει τα τιμολόγια για τα χημικά πρόσθετα που χρησιμοποιούνται στην εγκατάσταση, για την ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται και για την πληρωμή των εργαζομένων που απασχολούνται στην εγκατάσταση, δεν ήταν εφικτή.

Ο υπολογισμός του κόστους ενέργειας ανά στάδιο επεξεργασίας του αποβλήτου υπολογίστηκε με δεδομένο ότι το μηνιαίο τιμολόγιο της ΔΕΗ είναι κατά προσέγγιση 1500€, και στη βάση του καταμερισμού της κατανάλωσης ενέργειας ανά στάδιο επεξεργασίας, όπως υπολογίστηκε παραπάνω.

Στους Πίνακες 4.9 και 4.10 που ακολουθούν φαίνεται το συνολικό κόστος λειτουργίας στα διάφορα στάδια επεξεργασίας των λυμάτων και πώς αυτό επιμερίζεται σε κόστος χημικών πρόσθετων, κόστος ενέργειας, και κόστος εργατικό.

<b>ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΛΥΜΑΤΩΝ ΒΥΤΙΝΑΣ:</b>				
Οι υπολογισμοί γίνονται με:				
<ul style="list-style-type: none"> <li>Μέση ετήσια παροχή αποβλήτου: 20.000m<sup>3</sup></li> <li>Τιμή ηλεκτρικής ενέργειας, όπως προκύπτει από το τιμολόγιο της ΔΕΗ το 2011: 0,11529 €/kWh</li> </ul>				
<b>ΣΤΑΔΙΟ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	<b>ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ</b>	<b>ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ ΧΗΜΙΚΩΝ ΠΡΟΣΘΕΤΩΝ</b>	<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ</b>	<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ / m<sup>3</sup> ΑΠΟΒΛΗΤΟΥ</b>
<b>Προεπεξεργασία</b>	<b>11.340 €</b>		<b>11.340 €</b>	<b>0,57 €/m<sup>3</sup> αποβλήτου</b>
<b>Αερόβια βιολογική επεξεργασία</b>	<b>6.500 €</b>	1500€ κροκιδωτικό 1000€ διάλυμα NaOCl	<b>9000 €</b>	<b>0,45 €/m<sup>3</sup> αποβλήτου</b>
<b>Επεξεργασία βιολογικής λάσπης</b>	<b>160€</b>	Πολυηλεκτρολύτης <b>100€</b>	<b>260 €</b>	<b>0,013 €/m<sup>3</sup> αποβλήτου</b>
<b>Εργατικό κόστος</b>	2 εργαζόμενοι 28.000 €/μηχανικό/χρόνο 15.400€ εργαζόμενο/χρόνο		<b>43.400 €</b>	<b>2,17 €/m<sup>3</sup> αποβλήτου</b>

Πίνακας 4.9 : Κόστος λειτουργίας ΕΕΛ δήμου Βυτίνας.

<b>Κόστος λειτουργίας εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων δήμου Βυτίνας:</b>	
<b>Συνολικό ετήσιο κόστος λειτουργίας:</b>	<b>64.000€</b>
<b>Ετήσιο κόστος ενέργειας</b>	<b>18.000 €</b>
<b>Συνολικό ετήσιο κόστος λειτουργίας / m<sup>3</sup> αποβλήτου</b>	<b>3,2 €/m<sup>3</sup> αποβλήτου</b>

Πίνακας 4.10 : Κόστος λειτουργίας ΕΕΛ δήμου Βυτίνας.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΓΑΛΑΚΤΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ – ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ

#### 5.1. Σύγκριση ενεργειακής κατανάλωσης εγκατάστασης επεξεργασίας αποβλήτων ΦΑΓΕ – ΕΕΛ Βυτίνας

Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα σύγκρισης των δεδομένων που προέκυψαν για την ενεργειακή κατανάλωση στην εγκατάσταση επεξεργασίας αποβλήτων της ΦΑΓΕ και στην ΕΕΛ της Βυτίνας, με σκοπό να προκύψουν συμπεράσματα για τις διαφορές στην κατανάλωση ενέργειας σε μια εγκατάσταση επεξεργασίας βιομηχανικών αποβλήτων σε σχέση με μια μονάδα επεξεργασίας αστικών λυμάτων.

##### 5.1.1. Σύγκριση δεικτών ενεργειακής κατανάλωσης εγκατάστασης επεξεργασίας αποβλήτων ΦΑΓΕ – ΕΕΛ Βυτίνας

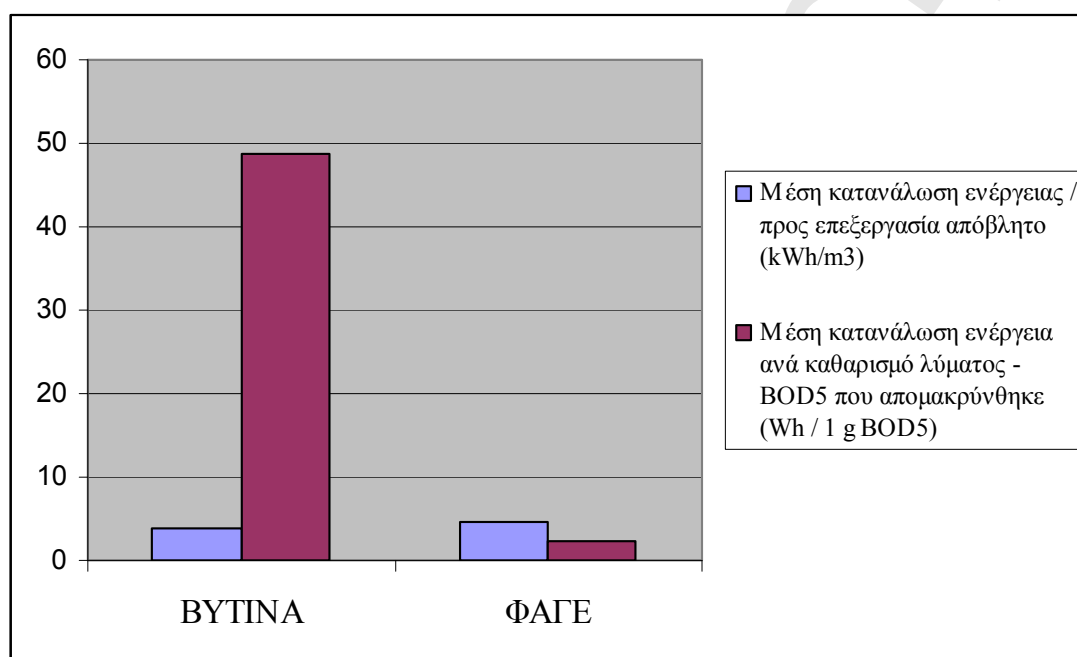
Στον Πίνακα 5.1 που ακολουθεί συνοψίζονται τα δεδομένα που προσδιορίζουν τις δύο εγκαταστάσεις ως προς την ενεργειακή κατανάλωση και έχουν παρουσιαστεί εκτενέστερα σε προηγούμενα κεφάλαια.

	ΒΥΤΙΝΑ	ΦΑΓΕ
Πληθυσμιακό ισοδύναμο	1.666	52.500
Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας (kWh)	12.173	162.000
Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας/πληθυσμιακό ισοδύναμο (kWh / ισοδύναμο ατόμου)	7,3	3,1
Μέση μηνιαία παροχή λύματος (m <sup>3</sup> )	3.200	34.000
Μέση τιμή BOD εισόδου (mg/L)	88	2.100
Μέση κατανάλωση ενέργειας / προς επεξεργασία απόβλητο (kWh/m <sup>3</sup> )	3,8	4,72
Μέση κατανάλωση ενέργεια ανά καθαρισμό λύματος – BOD <sub>5</sub> που απομακρύνθηκε (Wh / 1 g BOD <sub>5</sub> )	48,7	2,37

Πίνακας 5.1: Ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά εγκατάστασης επεξεργασίας αποβλήτων ΦΑΓΕ και ΕΕΛ Βυτίνας.

Στο Διάγραμμα 5.1 που ακολουθεί απεικονίζονται δύο δείκτες κατανάλωσης ενέργειας για τις δυο εγκαταστάσεις επεξεργασίας αποβλήτων:

- Η μέση κατανάλωση ενέργειας ανά μονάδα όγκου παροχής του προς επεξεργασία αποβλήτου – λύματος.
- Η μέση κατανάλωση ενέργειας ανά μονάδα μειούμενου ρυπαντικού φορτίου – όπως προσδιορίζεται ποιοτικά με το BOD<sub>5</sub> - του προς επεξεργασία αποβλήτου - λύματος.



**Διάγραμμα 5.1:** Κατανάλωση ενέργειας ανά υδραυλικό και μειούμενο ρυπαντικό φορτίο αποβλήτου για ΕΕΛ Βυτίνας και μονάδα επεξεργασίας αποβλήτων ΦΑΓΕ.

Προκύπτει σημαντικά αυξημένη η κατανάλωση ενέργειας για την μείωση του BOD<sub>5</sub> του λύματος που επιτυγχάνεται στην ΕΕΛ Βυτίνας, πολύ μεγαλύτερη από την τιμή του αντίστοιχου δείκτη για τη ΦΑΓΕ. Κάτι τέτοιο δεν αναμένεται λογικά σε μια εγκατάσταση επεξεργασίας αστικών λυμάτων σε σχέση με μια εγκατάσταση επεξεργασίας βιομηχανικών αποβλήτων, που η προέλευση και οι ποιοτικές ιδιαιτερότητες του ρυπαντικού φορτίου το καθιστά πιο δύσκολα επεξεργάσιμο. Το συμπέρασμα λοιπόν από αυτή τη σύγκριση δεν μπορεί λογικά να γενικευτεί για τη σύγκριση μονάδων επεξεργασίας αστικών λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων, αλλά μπορεί να αποτελέσει μια ένδειξη ότι στην ΕΕΛ Βυτίνας υπάρχουν σημαντικά

περιθώρια βελτίωσης των διεργασιών σε όρους ενεργειακής κατανάλωσης. Η ένδειξη αυτή αναμένεται να ισχυροποιηθεί από τη σύγκριση της ΕΕΛ Βυτίνας με άλλες μονάδες επεξεργασίας αστικών λυμάτων και δεδομένα αυτών όπως προκύπτουν από τη βιβλιογραφία. Η σύγκριση αυτή ακολουθεί σε επόμενη παράγραφο.

Το δεδομένο που έχει προκύψει από την ανάλυση της ΕΕΛ Βυτίνας στο Κεφάλαιο 4, ότι εξαιτίας των διαρροών βρόχινου νερού που προκύπτουν από την κακή στεγανοποίηση του δικτύου αποχέτευσης της Βυτίνας, διαπιστώνεται μεγάλη παροχή λύματος προς επεξεργασία, σημαντικά αραιωμένου, άρα με χαμηλό BOD<sub>5</sub>, δικαιολογεί εν μέρει τη μεγάλη κατανάλωση ενέργειας για την επεξεργασία του μεγάλου όγκου λυμάτων που όμως έχουν χαμηλή τιμή BOD<sub>5</sub>, οπότε η ενέργεια αυτή που καταναλώνεται είναι πολύ μεγάλη για τη μείωση του BOD<sub>5</sub>, που επιτυγχάνεται.

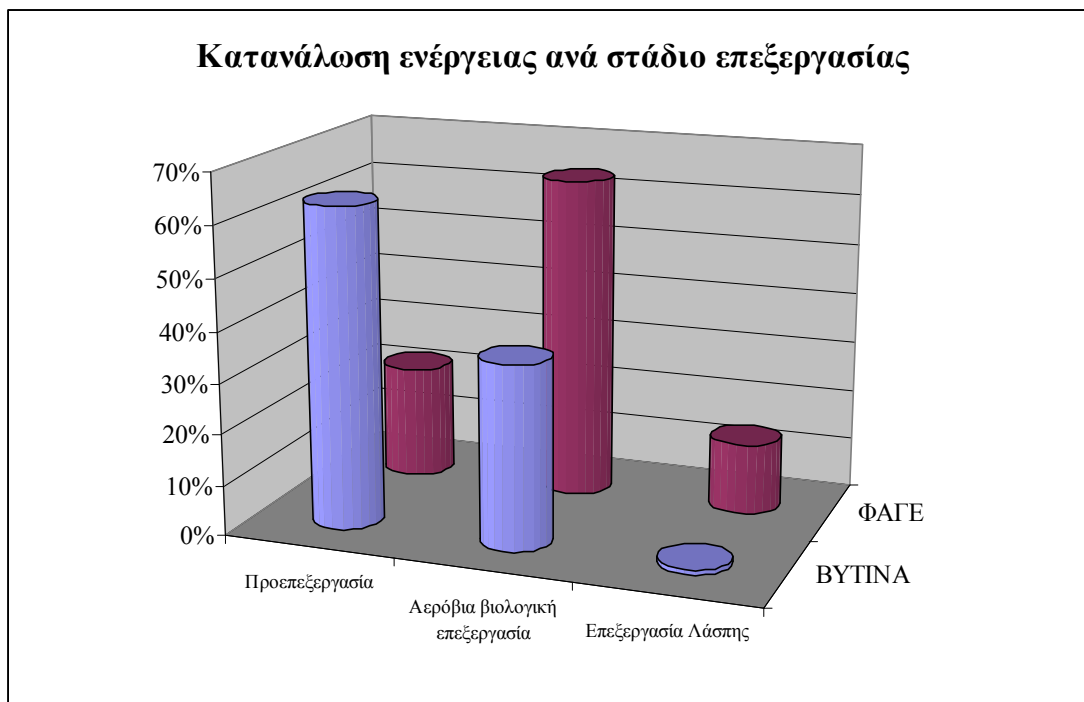
#### **5.1.2. Σύγκριση ενεργειακής κατανάλωσης εγκατάστασης επεξεργασίας αποβλήτων ΦΑΓΕ – ΕΕΛ Βυτίνας ανά στάδιο επεξεργασίας**

Στον Πίνακα 5.2 που ακολουθεί και στο Διάγραμμα 5.2 που απεικονίζει τα δεδομένα σε αυτόν, φαίνεται η κατανομή της κατανάλωσης ενέργειας στα διάφορα στάδια επεξεργασίας των αποβλήτων – λυμάτων στις δύο εγκαταστάσεις.

Στο στάδιο της προεπεξεργασίας συμπεριλαμβάνονται οι διεργασίες στη δεξαμενή ομογενοποίησης, δεξαμενές επίπλευσης, δεξαμενή εξισορρόπησης όπως έχει αναλυθεί σε προηγούμενα κεφάλαια, στο στάδιο της αέριας βιολογικής επεξεργασίας οι διεργασίες που συντελούνται στις δεξαμενές αερισμού, δεξαμενές καθίζησης, στην compact μονάδα BioBlock και στο στάδιο επεξεργασίας της λάσπης οι διεργασίες που πραγματοποιούνται στο decanter, στην τράπεζα πάχυνσης, στο σύστημα αφυδάτωσης με ταινιοφιλτρόπρεσσα πολλαπλών βαθμίδων συμπίεσης.

	<b>ΒΥΤΙΝΑ</b>	<b>ΦΑΓΕ</b>
Προεπεξεργασία	63%	22,40%
Αερόβια βιολογική επεξεργασία	36,08%	63,60%
Επεξεργασία Λάσπης	0,92%	14%

**Πίνακας 5.2:** Κατανάλωση ενέργειας ανά στάδιο επεξεργασίας αποβλήτου για την εγκατάσταση επεξεργασίας αποβλήτων ΦΑΓΕ και για την ΕΕΛ Βυτίνας.



**Διάγραμμα 5.2:** Κατανάλωση ενέργειας ανά στάδιο επεξεργασίας για ΕΕΛ Βυτίνας και μονάδα επεξεργασίας αποβλήτων ΦΑΓΕ.

Από την απεικόνιση προκύπτει ότι στην ΕΕΛ Βυτίνας το πιο ενεργοβόρο στάδιο επεξεργασίας του αποβλήτου είναι το στάδιο της προεπεξεργασίας, ενώ για την εγκατάσταση επεξεργασίας των αποβλήτων της ΦΑΓΕ, το πιο ενεργοβόρο στάδιο είναι το στάδιο της αερόβιας βιολογικής επεξεργασίας.

Στην ΕΕΛ Βυτίνας οι αντλίες ανύψωσης στο στάδιο προεπεξεργασίας σπάνια λειτουργούν οι δύο (από τις συνολικά τρεις) μαζί. Κατά το 99% του ετήσιου χρόνου λειτουργίας λειτουργεί μόνο η μία στο 76% της ονομαστικής της ισχύος. Το δεδομένο αυτό έχει συνυπολογιστεί στην εκτίμηση της μηνιαίας καταναλωόμενης ενέργειας στο στάδιο της προεπεξεργασίας της ΕΕΛ Βυτίνας και αποτελεί ένδειξη ότι κατά τον αρχικό σχεδιασμό της εγκατάστασης υπήρχε απόκλιση μεταξύ της πρόβλεψης λειτουργίας και της κανονικής λειτουργίας της εγκατάστασης.

Σύμφωνα με πληροφορίες από τον επιβλέποντα μηχανικό της ΕΕΛ Βυτίνας, ο εγχυτήρας αέρα (Venturi Jet) που λειτουργούσε ήδη περιστασιακά στη δεξαμενή εξισορρόπησης, πρόκειται άμεσα να τεθεί μόνιμα εκτός λειτουργίας και πρόκειται να γίνει εσωτερική ανακυκλοφορία από τη δεξαμενή αερισμού στη δεξαμενή εξισορρόπησης ανάμικτου υγρού. Οπότε με αυτή την παρέμβαση επιδιώκεται και αναμένεται μείωση της ενέργειας που καταναλώνεται στο στάδιο της

προεπεξεργασίας στην ΕΕΛ Βυτίνας. Συγκεκριμένα, από τον Πίνακα 4.5 στο Κεφάλαιο 4 που έχει προηγηθεί, προκύπτει ότι με κατάργηση του εγχυτήρα αέρα στη δεξαμενή εξισορρόπησης της ΕΕΛ Βυτίνας, η συνολική κατανάλωση ενέργειας στο στάδιο προεπεξεργασίας της εγκατάστασης μειώνεται από 63% της συνολικής καταναλωμένης ενέργειας σε 55% της συνολικής καταναλωμένης ενέργειας. Επιπλέον προκύπτει από τον Πίνακα 5.2 ότι η κατανάλωση στο στάδιο επεξεργασίας της λάσπης για την ΕΕΛ Βυτίνας είναι πάρα πολύ μικρή σε σχέση με την αντίστοιχη στην εγκατάσταση της ΦΑΓΕ, κάτι που συνδέεται με το δεδομένο που έχει προαναφερθεί ότι η επεξεργασία της λάσπης στην ΕΕΛ Βυτίνας γίνεται δύο φορές το χρόνο καθώς η ποσότητα της λάσπης είναι πολύ μικρή.

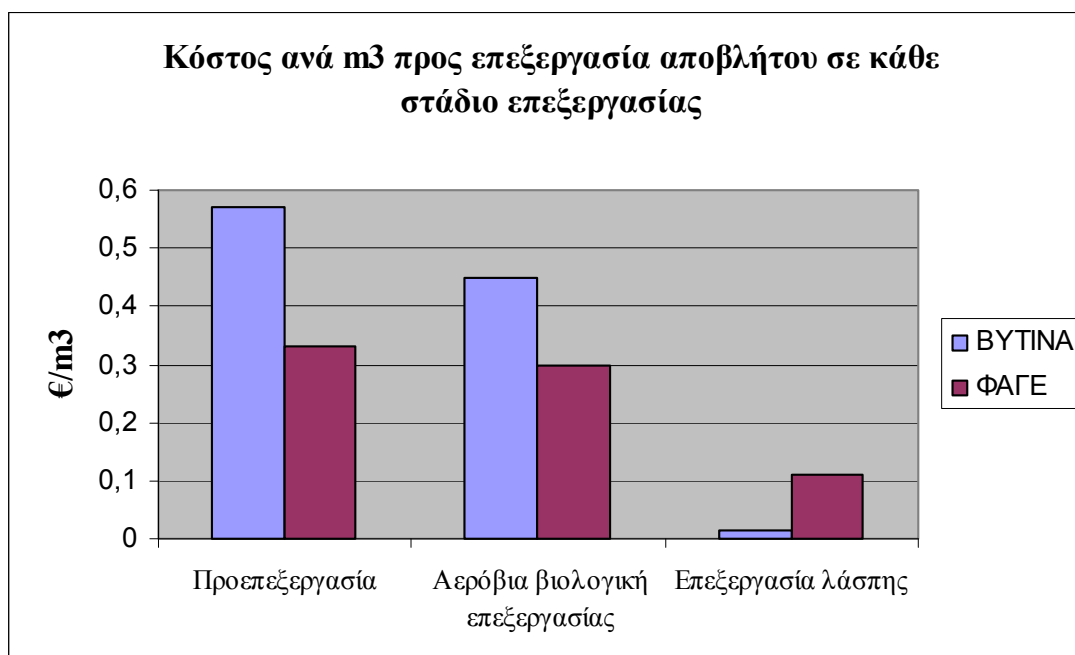
### 5.1.3. Σύγκριση κόστους κατανάλωσης ενέργειας εγκατάστασης επεξεργασίας αποβλήτων ΦΑΓΕ – ΕΕΛ Βυτίνας

Στον Πίνακα 5.3 και στο Διάγραμμα 5.3 που ακολουθεί παρουσιάζεται το κόστος ενέργειας ανά μονάδα όγκου αποβλήτου – λύματος προς επεξεργασία, στα διάφορα στάδια επεξεργασίας των υπό μελέτη εγκαταστάσεων επεξεργασίας. Και από αυτή τη σύγκριση επιβεβαιώνεται το συμπέρασμα που έχει προηγηθεί για τα πιο ενεργοβόρα στάδια επεξεργασίας ανά εγκατάσταση. Στη χαμηλότερη τιμή ηλεκτρικού ρεύματος που προκύπτει από το τιμολόγιο της ΔΕΗ για τη ΦΑΓΕ σε σχέση με την ΕΕΛ Βυτίνας, μπορεί να αποδοθεί η άμβλυνση στις διαφορές που είχαν φανεί στο προηγούμενο διάγραμμα για την κατανάλωση ενέργειας ανά στάδιο επεξεργασίας.

Κόστος ανά υδραυλικό φορτίο προς επεξεργασία αποβλήτου (€/m <sup>3</sup> αποβλήτου) σε κάθε στάδιο επεξεργασίας αποβλήτου	ΒΥΤΙΝΑ	ΦΑΓΕ
Προεπεξεργασία	0,57	0,33
Αερόβια βιολογική επεξεργασία	0,45	0,3
Επεξεργασία λάσπης	0,013	0,11

**Πίνακας 5.3:** Κατανάλωση ενέργειας ανά μονάδα παροχής αποβλήτου σε κάθε στάδιο επεξεργασίας για την εγκατάσταση επεξεργασίας αποβλήτων ΦΑΓΕ και για την ΕΕΛ Βυτίνας



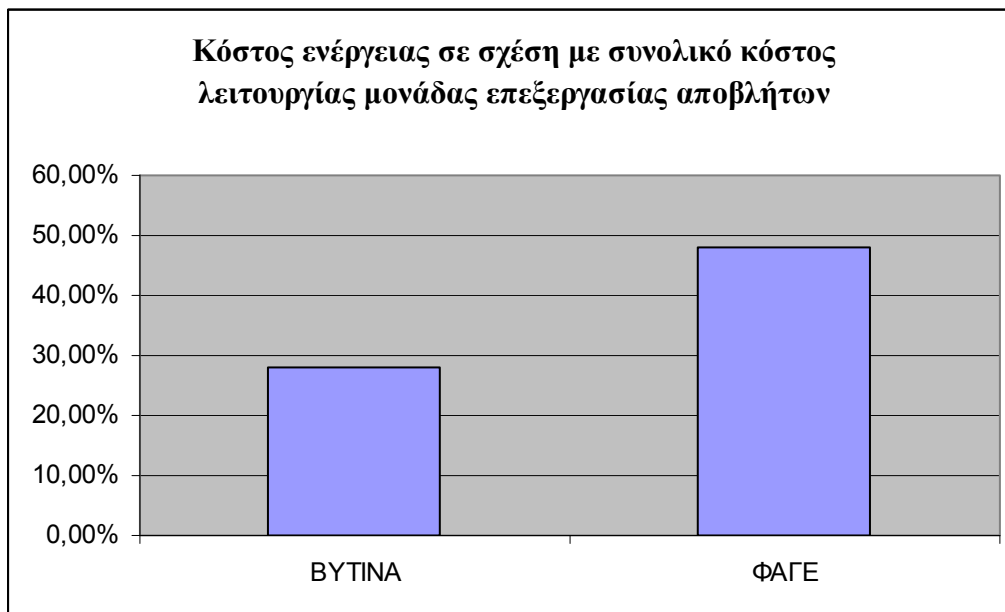


**Διάγραμμα 5.3:** Κόστος ενέργειας ανά υδραυλικό φορτίο προς επεξεργασία αποβλήτου σε κάθε στάδιο επεξεργασίας για ΕΕΛ Βυτίνας και μονάδα επεξεργασίας αποβλήτων ΦΑΓΕ

Στον Πίνακα 5.4 και στο Διάγραμμα 5.4 που ακολουθεί παρουσιάζεται το ποσοστό του κόστους κατανάλωσης ενέργειας σε σχέση με το συνολικό κόστος λειτουργίας της εγκατάστασης επεξεργασίας αποβλήτου – λύματος, για την ΕΕΛ Βυτίνας και για τη ΦΑΓΕ. Προκύπτει το συμπέρασμα ότι για την ΕΕΛ Βυτίνας η κατανάλωση ενέργειας έχει μικρότερη συνεισφορά στο συνολικό κόστος λειτουργίας της εγκατάστασης σε σύγκριση με τη ΦΑΓΕ. Η διαφορά αυτή μπορεί να αποδοθεί στη διαφορετική κλίμακα των δύο εγκαταστάσεων, καθώς για τη ΦΑΓΕ που ως εγκατάσταση είναι πολύ μεγαλύτερης κλίμακας από την ΕΕΛ Βυτίνας, λειτουργικά έξοδα, όπως το εργατικό κόστος επιμερίζονται περισσότερο και καταλαμβάνουν τελικά μικρότερο ποσοστό στο συνολικό κόστος λειτουργίας.

	<b>BYTINA</b>	<b>ΦΑΓΕ</b>
Ποσοστό κόστους ενέργειας σε σχέση με συνολικό κόστος λειτουργίας μονάδας επεξεργασίας αποβλήτων	28,13%	47,99%

**Πίνακας 5.4:** Ποσοστό κόστους κατανάλωσης ενέργειας σε σχέση με το συνολικό κόστος λειτουργίας για την εγκατάσταση επεξεργασίας αποβλήτων ΦΑΓΕ και για την ΕΕΛ Βυτίνας



**Διάγραμμα 5.4:** Αναλογία κόστους κατανάλωσης ενέργειας σε σχέση με συνολικό κόστος λειτουργίας ΕΕΛ Βυτίνας και μονάδα επεξεργασίας αποβλήτων ΦΑΓΕ

## 5.2. Σύγκριση ενεργειακής κατανάλωσης ΕΕΛ Βυτίνας με εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών λυμάτων από τη βιβλιογραφία.

Στη συγκεκριμένη παράγραφο γίνεται σύγκριση της ΕΕΛ Βυτίνας ως προς την κατανάλωση ενέργειας και το κόστος της με άλλες μονάδες επεξεργασίας αστικών λυμάτων.

### 5.2.1. Σύγκριση ενεργειακής κατανάλωσης ΕΕΛ Βυτίνας με άλλες ελληνικές ΕΕΛ

Στον Πίνακα 5.5 που ακολουθεί παρουσιάζεται σύγκριση της κατανάλωσης ενέργειας ανά μονάδα όγκου παροχής λύματος στην ΕΕΛ Βυτίνας με 11 άλλες Ελληνικές ΕΕΛ, τα δεδομένα για τις οποίες ληφθήκαν από την μεταπτυχιακή εργασία της Δημοπούλου Αργυρής, 2011.

	ΕΝΕΡΓΕΙΑ (kWh/m <sup>3</sup> )	ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΠΑΡΟΧΗ (m <sup>3</sup> /d)
ΕΕΛ ΒΥΤΙΝΑΣ	3,8	100
ΕΕΛ ΑΜΑΛΙΑΔΑΣ	0,76	2.595
ΕΕΛ ΛΑΜΙΑΣ	0,95	15.053
ΕΕΛ ΑΡΓΟΥΣ-ΝΑΥΠΛΙΟΥ	1,01	10.674
ΕΕΛ ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ	0,15	24.608
ΕΕΛ ΒΟΛΟΣ	0,42	31.507
ΕΕΛ ΧΑΝΙΩΝ	0,525	18.605
ΕΕΛ ΛΑΡΙΣΣΗΣ	0,525	26.833
ΕΕΛ ΠΑΤΡΑΣ	0,405	33.850
ΕΕΛ ΨΥΤΤΑΛΕΙΑΣ	0,395	726.801
ΕΕΛ ΣΕΡΡΩΝ	0,36	19.207
ΕΕΛ ΑΛΜΥΡΟΥ	2,18	1.007

**Πίνακας 5.5:** Κατανάλωση ενέργειας ανά κυβικό μέτρο παροχής προς επεξεργασία λύματος στην ΕΕΛ Βυτίνας και σε 11 άλλες Ελληνικές ΕΕΛ.



**Διάγραμμα 5.5:** Γραφική απεικόνιση της κατανάλωσης ενέργειας ανά κυβικό μέτρο παροχής προς επεξεργασία λύματος στην ΕΕΛ Βυτίνας και σε 11 άλλες ΕΕΛ στην Ελλάδα.

Όπως παρατηρούμε στο Διάγραμμα 5.5 η κατανάλωση ενέργειας της ΕΕΛ Βυτίνας είναι αρκετά αυξημένη σε σχέση με τις υπόλοιπες εγκαταστάσεις. Με αυξημένη κατανάλωση ενέργειας εμφανίζεται και η ΕΕΛ Αλμυρού. Η απόκλιση των μονάδων ως προς την ενεργειακή κατανάλωση δε φαίνεται να επηρεάζεται από τον όγκο των προς επεξεργασία λυμάτων ούτε και από την τιμή BOD<sub>5</sub> αυτών και το ποσοστό ρυπαντικού φορτίου που απομακρύνεται στην κάθε εγκατάσταση, παρά μόνο από την τεχνολογία που χρησιμοποιείται για την επεξεργασία του λύματος. Ενδεικτικά παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.6 οι εγκαταστάσεις της Βυτίνας - Αλμυρού και Καρδίτσας, οι δύο πρώτες εγκαταστάσεις με σημαντική ενεργειακή κατανάλωση ανά υδραυλικό φορτίο λύματος και η εγκατάσταση της Καρδίτσας με τη μικρότερη αντίστοιχα κατανάλωση ενέργειας ανά υδραυλικό φορτίο λύματος (ΕΕΛ Καρδίτσα).

ΜΟΝΑΔΕΣ	ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΠΑΡΟΧΗ (m <sup>3</sup> /d)	BOD <sub>5</sub> (mg/L)
ΒΥΤΙΝΑ	100	88
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	24.608	210
ΑΛΜΥΡΟΣ	1.007	353

**Πίνακας 5.6:** Σύγκριση μέσης ημερήσιας παροχής αποβλήτου και BOD<sub>5</sub> στις μονάδες επεξεργασίας ΕΕΛ Βυτίνας-ΕΕΛ Καρδίτσας και ΕΕΛ Αλμυρού.

Με βάση τις πληροφορίες που αντλήθηκαν από την μεταπτυχιακή εργασία της Δημοπούλου Αργυρής, 2011 για την τεχνολογία των μονάδων ΕΕΛ Αλμυρού-Καρδίτσας στο στάδιο της προεπεξεργασίας, παρατηρείται ότι τα λύματα στην ΕΕΛ Καρδίτσας κινούνται με βάση την βαρύτητα και στηρίζονται λιγότερο στη χρήση αντλιών σε σχέση με την ΕΕΛ Αλμυρού και την ΕΕΛ Βυτίνας όπου στο στάδιο της προεπεξεργασίας γίνεται χρήση πολλών αντλιών για την μεταφορά των λυμάτων στην βιολογική βαθμίδα.

Όσον αφορά στην ΕΕΛ Βυτίνας, η κατανάλωση ενέργειας για το σύνολο της διεργασίας ξεπερνάει περίπου 5,5 φορές το μέσο όρο της ενεργειακής κατανάλωσης στις υπό εξέταση 11 ελληνικές ΕΕΛ. Σε προηγούμενο κεφάλαιο έχει επισημανθεί ότι η ΕΕΛ Βυτίνας αποτελεί εξαιρετικά ενεργοβόρα εγκατάσταση κάτι που επιβεβαιώνεται και στο παρόν κεφάλαιο κατόπιν της σύγκρισης με αντίστοιχες ελληνικές ΕΕΛ.

Από την ανάλυση της εγκατάστασης τόσο στο κεφάλαιο 4 όσο και στην παράγραφο 5.1 προκύπτει το συμπέρασμα ότι:

1. Κατά το σχεδιασμό της ΕΕΛ Βυτίνας έγινε υπερεκτίμηση για την ποιότητα και την ποσότητα των υπό επεξεργασία λυμάτων με αποτέλεσμα από τους πρώτους μήνες λειτουργίας της εγκατάστασης να προκύπτει ότι η ισχύς του εγκατεστημένου ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού υπερβαίνει την απαιτούμενη για την ομαλή λειτουργία της εγκατάστασης.
2. Η παροχή του λύματος που εισρέει στην ΕΕΛ Βυτίνας είναι μεγάλη αναλογικά με τη μικρή τιμή BOD<sub>5</sub> (mg/L) του λύματος που διαπιστώνεται στην είσοδο της εγκατάστασης. Η δυσαναλογία έχει αποδοθεί στις διαρροές βρόχινου νερού στο δίκτυο, και έχει ως αποτέλεσμα την ενεργειακή

κατανάλωση για μετακίνηση και διαχείριση σημαντικής ποσότητας αραιωμένου λύματος.

### 5.2.2. Ενεργειακή κατανάλωση ΕΕΛ Βυτίνας και άλλων ΕΕΛ συναρτήσει διαφόρων ποιοτικών χαρακτηριστικών της εγκατάστασης

Στον Πίνακα 5.7 που ακολουθεί παρουσιάζεται σύγκριση των τιμών που προκύπτουν από την εργασία F. Hernández-Sancho *et al.*, 2011 για τη μέση ενεργειακή κατανάλωση ισπανικών ΕΕΛ παρατεταμένου αερισμού, σε συσχέτιση με το μέγεθός τους, την παλαιότητα της εγκατάστασης και την ποσότητα ρυπαντικού φορτίου που απομακρύνεται, με τις τιμές που προκύπτουν για τις αντίστοιχες ελληνικές ΕΕΛ που κατηγοριοποιούνται σε σχέση με το μέγεθος, την παλαιότητα και το ρυπαντικό φορτίο που απομακρύνεται.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΟΝΑΔΩΝ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ kWh/m <sup>3</sup> Ισπανικές ΕΕΛ	ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΕΕΛ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ kWh/m <sup>3</sup>
<b>Μέγεθος (10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>/έτος)</b>			
<100	0,963	ΕΕΛ Βυτίνας (38,4*10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /έτος)	3,8
100-250	0,708		
>250	0,486	11 Ελληνικές ΕΕΛ (μ.ο.: 30.220*10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /έτος)	0,698
<b>Ποσότητα COD (g/m<sup>3</sup>) απομάκρυνσης</b>			
<400	0,612	ΕΕΛ Βυτίνας (COD που απομακρύνεται 156g/m <sup>3</sup> ) ΕΕΛ Καρδίτσας (COD που απομακρύνεται 220,6g/m <sup>3</sup> )	3,8 0,15
400-800	0,685	10 Ελληνικές ΕΕΛ (μ.ο.: COD που απομακρύνεται 675g/m <sup>3</sup> )	0,7
>800	1,119		
<b>Ηλικία (έτη)</b>			
<8	1,015	4 Ελληνικές ΕΕΛ & Βυτίνα	0,9 3,8
8-18	0,783	4 Ελληνικές ΕΕΛ	0,584
>18	0,751	2 Ελληνικές ΕΕΛ	0,455

**Πίνακας 5.7:** Σύγκριση κατανάλωσης ενέργειας ΕΕΛ Βυτίνας και 11 Ελληνικών ΕΕΛ με 177 Ισπανικές ΕΕΛ (F. Hernández-Sancho, *et al.*, 2011) ανά μέγεθος, ποσότητα COD και ηλικία ΕΕΛ.

Στον παραπάνω Πίνακα 5.7 παρουσιάζεται κατά πόσο επιδρά το μέγεθος της εγκατάστασης, η μείωση ρυπαντικού φορτίου που επιτυγχάνεται σε αυτήν και η παλαιότητα της στην κατανάλωση ενέργειας. Όπως φαίνεται, όσο πιο μεγάλη σε μέγεθος είναι η μονάδα ΕΕΛ τόσο πιο λίγη ενέργεια ανά μονάδα παροχής λύματος καταναλώνει για την επεξεργασία του, συμπέρασμα που μας προκαλεί να περιμένουμε ότι για την ΕΕΛ Βυτίνας με τον μικρό όγκο αποβλήτων που επεξεργάζεται καθημερινά, η τιμή του δείκτη κατανάλωσης ενέργειας ανά μονάδα όγκου παροχής λύματος θα είναι μεγαλύτερη από τις αντίστοιχες των ΕΕΛ με μεγαλύτερη παροχή λύματος στην είσοδο της εγκατάστασης.

Συγκρίνοντας όμως εγκαταστάσεις με αντίστοιχη ετήσια παροχή αποβλήτου, δηλαδή μικρότερη των  $10.000\text{m}^3$ , προκύπτει ότι η κατανάλωση ενέργειας ανά μονάδα όγκου παροχής λύματος της ΕΕΛ Βυτίνας έχει σημαντικά μεγάλη τιμή, συγκριτικά με άλλες μονάδες αντίστοιχου μέγεθους..

Στον Πίνακα 5.8 που ακολουθεί παρουσιάζεται η τιμή για τη μείωση του ρυπαντικού φορτίου που επιτυγχάνεται στις 11 Ελληνικές εγκαταστάσεις και στην ΕΕΛ Βυτίνας. Από τον Πίνακα 5.8 έχουν συμπληρωθεί τα δεδομένα στον Πίνακα 5.7 για την ενεργειακή κατανάλωση σε συσχέτιση με τη μείωση του ρυπαντικού φορτίου που επιτυγχάνεται στις ΕΕΛ. Η μείωση του ρυπαντικού φορτίου προσδιορίζεται από τη μείωση της τιμής του COD των λυμάτων που επιτυγχάνεται στις ΕΕΛ, και προκύπτει από τα δεδομένα που συλλέγουμε από την εργασία της Δημοπούλου Αργυρής για τη μείωση του  $\text{BOD}_5$  που επιτυγχάνεται με την παραδοχή ότι το COD έχει διπλάσια τιμή από το  $\text{BOD}_5$ , καθότι τα δεδομένα που έχουμε για τις 11 ελληνικές ΕΕΛ από την εργασία της Δημοπούλου Αργυρής και για την ΕΕΛ Βυτίνας είναι για τις τιμές  $\text{BOD}_5$  στα διάφορα στάδια επεξεργασίας των λυμάτων.

	<b>ΜΕΙΩΣΗ COD (mg/L)</b>	<b>ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ kWh/m<sup>3</sup></b>
ΕΕΛ ΒΥΤΙΝΑΣ	156	3,8
ΕΕΛ ΑΜΑΛΙΑΔΑΣ	602,2	0,76
ΕΕΛ ΛΑΜΙΑΣ	1035,2	0,475
ΕΕΛ ΑΡΓΟΥΣ-ΝΑΥΠΛΙΟΥ	1033,24	1,01
ΕΕΛ ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ	220,6	0,15
ΕΕΛ ΒΟΛΟΣ	664,34	0,42
ΕΕΛ ΧΑΝΙΩΝ	670,02	0,52
ΕΕΛ ΛΑΡΙΣΑΣ	469,86	0,52
ΕΕΛ ΠΑΤΡΑΣ	528,8	0,39
ΕΕΛ ΨΥΤΤΑΛΕΙΑΣ	555,4	0,4
ΕΕΛ ΣΕΡΡΩΝ	458,96	0,36
ΕΕΛ ΑΛΜΥΡΟΥ	726,7	2,18

**Πίνακας 5.8:** Κατανάλωση ενέργειας ανά μονάδα όγκου παροχής λύματος προς επεξεργασία στην ΕΕΛ Βυτίνας και στις 11 ελληνικές ΕΕΛ σε σχέση με τη μείωση στο ρυπαντικό φορτίο που επιτυγχάνεται.

Για την ΕΕΛ Βυτίνας που έχει αναλυθεί εκτενέστερα, προκύπτει και παρουσιάζεται στον Πίνακα 5.7, ότι η μείωση COD που επιτυγχάνεται στα λύματα «κοστίζει» σημαντικά ποσά ενέργειας σε σχέση με τις αντίστοιχες ισπανικές ΕΕΛ, παραπάνω από έξι φορές περισσότερη ενέργεια από το μέσο όρο που καταναλώνεται σε αυτές (F. Hernández-Sancho *et al.*, 2011). Αντίθετα οι υπόλοιπες ελληνικές ΕΕΛ παρουσιάζουν κατά μέσο όρο αντίστοιχες τιμές στην κατανάλωση ενέργειας για το ρυπαντικό φορτίο που απομακρύνεται, με τις ισπανικές ΕΕΛ.

Όσον αφορά στην ηλικία της εγκατάστασης προκύπτει από τη μελέτη των ισπανικών ΕΕΛ, ότι όσο πιο νέα είναι μία εγκατάσταση τόσο πιο ενεργοβόρα είναι, γεγονός που συνδέεται με καινούργιες τεχνολογίες που εφαρμόζονται στις νέες ΕΕΛ, και αποσκοπούν σε καλύτερη επεξεργασία των λυμάτων και στην καθαρότερη απορροή, που πλέον επιβάλλουν νέες αυστηρότερες νομοθετικές διατάξεις. Οι νέες ελληνικές ΕΕΛ που έχουν λειτουργήσει την τελευταία οκταετία, κατά μέσο όρο έχουν μικρότερη ενεργειακή κατανάλωση από τις αντίστοιχες ισπανικές, η ΕΕΛ Βυτίνας



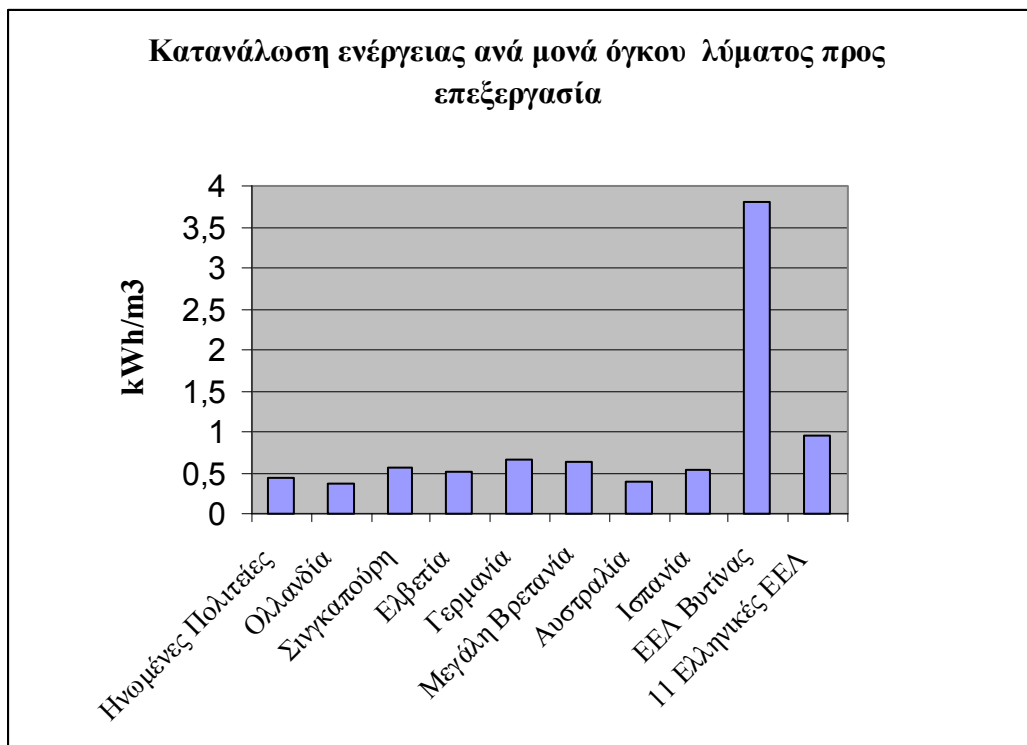
όμως και από αυτή τη σύγκριση, προκύπτει ότι καταναλώνει σχεδόν τριπλάσια ποσά ενέργειας σε σχέση με αντίστοιχης παλαιότητας ελληνικές και ισπανικές ΕΕΛ.

### 5.2.3. Σύγκριση ενεργειακής κατανάλωσης ΕΕΛ Βυτίνας με δεδομένα για ΕΕΛ διεθνώς

Στον Πίνακα 5.9 και στο Διάγραμμα 5.6 που ακολουθεί παρουσιάζονται η ενεργειακή κατανάλωση ανά μονάδα όγκου παροχής του προς επεξεργασία λύματος στην ΕΕΛ Βυτίνας σε σύγκριση με το μέσο όρο που έχει καταγραφεί για την ενεργειακή κατανάλωση σε ΕΕΛ σε άλλες χώρες σε όλο τον κόσμο.

<b>ΧΩΡΑ</b>	<b>kWh/m<sup>3</sup></b>
Ηνωμένες Πολιτείες	0,45
Ολλανδία	0,36
Σιγκαπούρη	0,56
Ελβετία	0,52
Γερμανία	0,67
Μεγάλη Βρετανία	0,64
Αυστραλία	0,39
Ισπανία	0,53
ΕΕΛ Βυτίνας	3,8
11 Ελληνικές ΕΕΛ	0,96

Πίνακας 5.9: Σύγκριση κατανάλωσης ενέργειας ΕΕΛ Βυτίνας με άλλες ΕΕΛ του εξωτερικού . (WERF, 2010)



**Διάγραμμα 5.6:** Γραφική απεικόνιση της κατανάλωσης ενέργειας ανά κυβικό μέτρο λύματος.

Από το παραπάνω Διάγραμμα 5.6 προκύπτει ότι η ΕΕΛ Βυτίνας καταναλώνει πολύ περισσότερη ενέργεια από ΕΕΛ των άλλων χωρών. Οι ελληνικές ΕΕΛ που δεδομένα για την ενεργειακή κατανάλωση των οποίων έχουμε παρουσιάσει παραπάνω, έχουν την πιο υψηλή ενεργειακή κατανάλωση σε σχέση με αυτή των άλλων χωρών. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε πιθανούς πλείστους παράγοντες όπως την διαφορετική τεχνολογία επεξεργασίας που μπορεί να χρησιμοποιείται από χώρα σε χώρα, την πιθανή έλλειψη εμπειρίας μηχανικών στο σχεδιασμό των ΕΕΛ, στο γεγονός ότι τα βιομηχανικά τους απόβλητα μπορεί να διοχετεύονται σε ξεχωριστό δίκτυο προς επεξεργασία και να μην διοχετεύονται σε κοινό αστικό αποχετευτικό δίκτυο κ.λ.π.

#### **5.2.4. Σύγκριση ενεργειακής κατανάλωσης ΕΕΛ Βυτίνας με άλλες ελληνικές ΕΕΛ, ανά στάδιο επεξεργασίας**

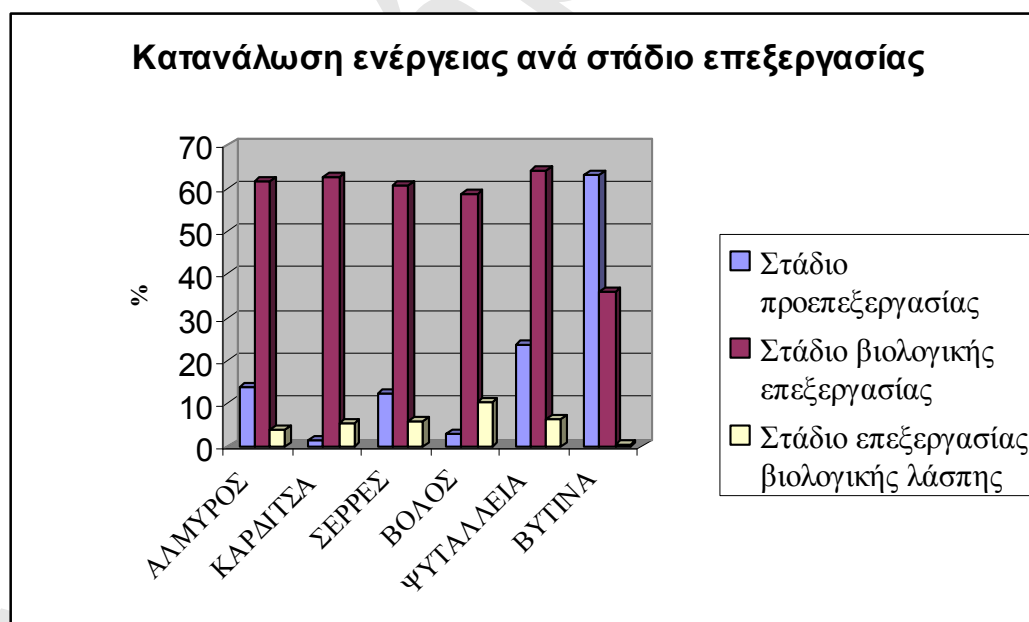
Στον Πίνακα 5.10 που ακολουθεί παρουσιάζεται η κατανάλωση ενέργειας στην ΕΕΛ Βυτίνας ανά στάδιο επεξεργασίας, εκφρασμένο σε ποσοστό επί του συνολικού ποσού ενέργειας που καταναλώνεται για την λειτουργία της εγκατάστασης με την κατανάλωση ενέργειας ανά στάδιο επεξεργασίας 5 Ελληνικών ΕΕΛ διαφορετικού μεγέθους η κάθε μια, που εξυπηρετεί διαφορετικό πληθυσμό κατοίκων.

- ⇒ ΕΕΛ Αλμυρού για πληθυσμό κατοίκων <10.000.
- ⇒ ΕΕΛ Καρδίτσας για πληθυσμό κατοίκων 10.000-50.000.
- ⇒ ΕΕΛ Σερρών για πληθυσμό κατοίκων 50.000-150.000.
- ⇒ ΕΕΛ Βόλου για πληθυσμό κατοίκων 150.000-300.000.
- ⇒ ΕΕΛ Ψυττάλειας για πληθυσμό κατοίκων 300.000-4.000.000.

ΣΤΑΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (%)		
	Στάδιο προεπεξεργασίας	Στάδιο βιολογικής επεξεργασίας	Στάδιο επεξεργασίας βιολογικής λάσπης
ΑΛΜΥΡΟΣ	13,8	61,67	4,08
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	1,62	62,65	5,29
ΣΕΡΡΕΣ	12,52	60,72	5,96
ΒΟΛΟΣ	3,14	58,79	10,58
ΨΥΤΤΑΛΕΙΑ	23,73	64,11	6,31
ΒΥΤΙΝΑ	63,2	36,1	0,7

Πίνακας 5.10: Κατανάλωση ενέργειας ανά στάδιο επεξεργασίας 5 Ελληνικών ΕΕΛ και ΕΕΛ Βυτίνας.

Τα δεδομένα στον Πίνακα 5.10 απεικονίζονται στο Διάγραμμα 5.7 που ακολουθεί:



Διάγραμμα 5.7: Γραφική απεικόνιση της κατανάλωσης ενέργειας ανά στάδιο επεξεργασίας των 5 ΕΕΛ με ΕΕΛ Βυτίνας.

Παρατηρούμε στο παραπάνω Διάγραμμα 5.7 ότι ανάμεσα στις 5 ΕΕΛ δεν υπάρχουν μεγάλες διακυμάνσεις στο ποσοστό της ενέργειας που καταναλώνεται στο στάδιο της αερόβιας βιολογικής βαθμίδας, που αποτελεί και το πιο ενεργοβόρο στάδιο τους. Για την ΕΕΛ Βυτίνας το ποσοστό ενέργειας που καταναλώνεται στο στάδιο αερόβιας βιολογικής επεξεργασίας είναι σημαντικά χαμηλότερο. Στο στάδιο της προεπεξεργασίας παρατηρούμε διακυμάνσεις στο ποσοστό της συνολικής ενέργειας που καταναλώνεται σε κάθε μονάδα ΕΕΛ.

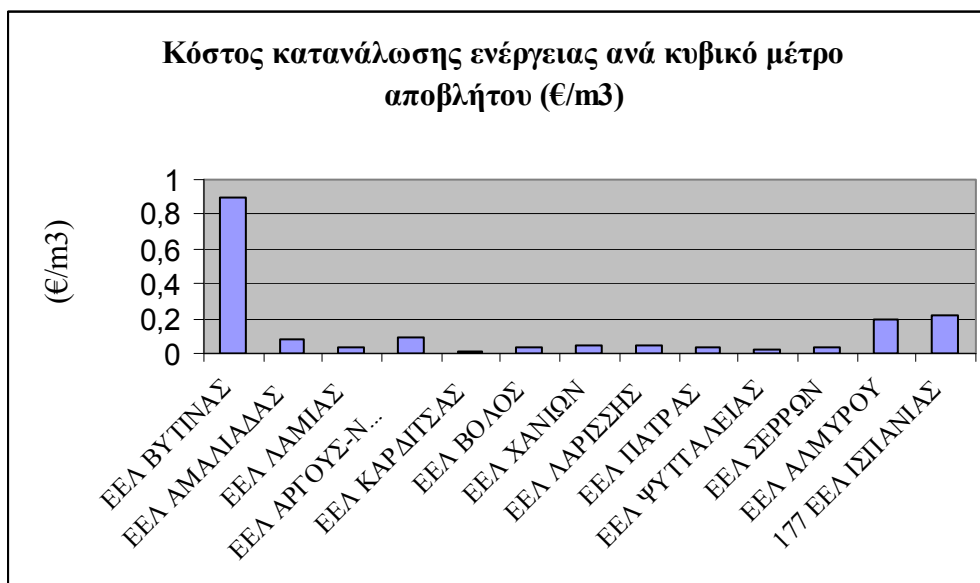
### 5.2.5. Σύγκριση κόστους ενεργειακής κατανάλωσης ΕΕΛ Βυτίνας με άλλες ΕΕΛ

Στον Πίνακα 5.11 που ακολουθεί παρουσιάζεται το κόστος κατανάλωσης ενέργειας στην ΕΕΛ Βυτίνας και στις 11 ελληνικές ΕΕΛ (Δημοπούλου Αργυρή, 2011) και στις 177 ισπανικές ΕΕΛ (F. Hernández-Sancho *et al.*, 2011) ανά μονάδα όγκου παροχής του προς επεξεργασίας λύματος.

	<b>ΚΟΣΤΟΣ ΑΝΑ ΜΟΝΑΔΑ ΟΓΚΟΥ ΠΑΡΟΧΗΣ ΛΥΜΑΤΟΣ (€/m<sup>3</sup>)</b>
ΕΕΛ ΒΥΤΙΝΑΣ	0,9
ΕΕΛ ΑΜΑΛΙΑΔΑΣ	0,0825
ΕΕΛ ΛΑΜΙΑΣ	0,0395
ΕΕΛ ΑΡΓΟΥΣ-ΝΑΥΠΛΙΟΥ	0,0895
ΕΕΛ ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ	0,016
ΕΕΛ ΒΟΛΟΣ	0,0385
ΕΕΛ ΧΑΝΙΩΝ	0,047
ΕΕΛ ΛΑΡΙΣΑΣ	0,0455
ΕΕΛ ΠΑΤΡΑΣ	0,036
ΕΕΛ ΨΥΤΤΑΛΕΙΑΣ	0,023
ΕΕΛ ΣΕΡΡΩΝ	0,0305
ΕΕΛ ΑΛΜΥΡΟΥ	0,194
177 ΕΕΛ ΙΣΠΑΝΙΑΣ	0,223

**Πίνακας 5.11:** Κόστος κατανάλωσης ενέργειας ανά μονάδα όγκου παροχής λύματος ΕΕΛ Βυτίνας, 11 Ελληνικές ΕΕΛ και 177 ισπανικές ΕΕΛ.

Από τον παραπάνω Πίνακα 5.10 προκύπτει το Διάγραμμα 5.8 που ακολουθεί:

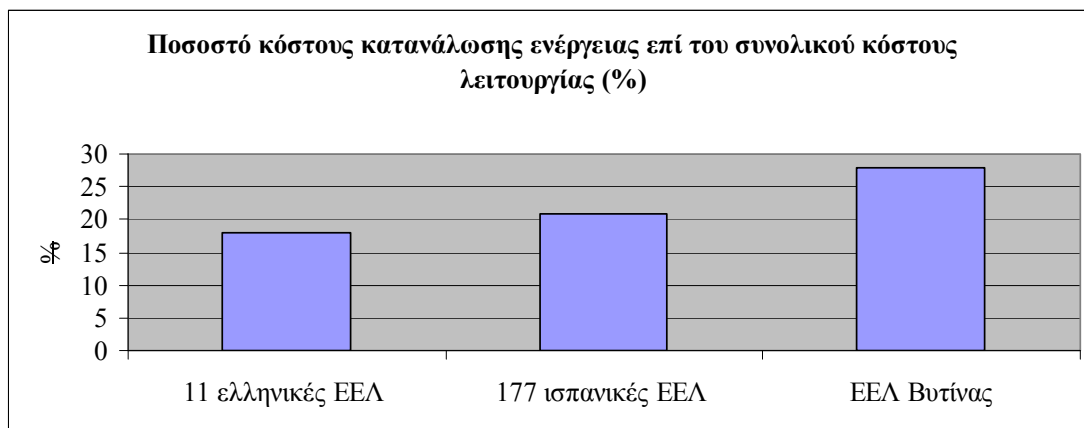


**Διάγραμμα 5.8:** Γραφική απεικόνιση του κόστους κατανάλωσης ενέργειας ανά μονάδα όγκου αποβλήτου προς επεξεργασία των 11 ελληνικών ΕΕΑ, ΕΕΑ Βυτίνας, Ισπανικών ΕΕΑ.

Και από την παραπάνω σύγκριση προκύπτει ότι η ΕΕΑ Βυτίνας αποτελεί ενεργοβόρα εγκατάσταση, με αποτέλεσμα να είναι και πιο κοστοβόρα, σε σχέση με τις ΕΕΑ για τις οποίες έχουμε δεδομένα τόσο εντός Ελλάδας όσο και στην Ισπανία. Στον Πίνακα 5.12 και στο Διάγραμμα 5.9 παρουσιάζονται το ποσοστό του συνολικού κόστους λειτουργίας που αναλογεί στο κόστος κατανάλωσης ενέργειας για τις 177 ΕΕΑ Ισπανίας, τις 11 ΕΕΑ Ελλάδας και για την ΕΕΑ Βυτίνας.

<b>ΚΟΣΤΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (%)</b>	
11 ελληνικές ΕΕΑ	18
177 ισπανικές ΕΕΑ	21
ΕΕΑ Βυτίνας	28

**Πίνακας 5.12:** Ποσοστό κόστους κατανάλωσης ενέργειας επί του συνολικού κόστους για 177 ΕΕΑ Ισπανίας, 11 ΕΕΑ Ελλάδας και ΕΕΑ Βυτίνας.



**Διάγραμμα 5.9:** Απεικόνιση του ποσοστού του κόστους κατανάλωσης ενέργειας επί του συνολικού κόστους των 177 ΕΕΛ Ισπανίας, 11 ΕΕΛ Ελλάδας και ΕΕΛ Βυτίνας.

Από το Διάγραμμα 5.9 προκύπτει ότι το κόστος της ενέργειας για την εγκατάσταση της Βυτίνας συνεισφέρει περισσότερο από το μέσο όρο των άλλων ισπανικών και ελληνικών ΕΕΛ, στο συνολικό κόστος λειτουργίας. Μια βελτίωση λοιπόν της ΕΕΛ Βυτίνας σε όρους ενεργειακής κατανάλωσης θα συνεισέφερε σημαντικά στη μείωση συνολικά του κόστους επεξεργασίας των λυμάτων.

### **5.3. Σύγκριση ενεργειακής κατανάλωσης εγκατάστασης επεξεργασίας αποβλήτων ΦΑΓΕ με εγκατάσταση επεξεργασίας αποβλήτων γαλακτοβιομηχανίας από τη βιβλιογραφία.**

Για να προκύψουν συμπεράσματα για την ενεργειακή κατανάλωση στην εγκατάσταση επεξεργασίας αποβλήτων της ΦΑΓΕ αναζητήθηκαν δεδομένα στη βιβλιογραφία για την ενεργειακή κατανάλωση μονάδων επεξεργασίας αποβλήτων γαλακτοβιομηχανίας ή κάποιας βιομηχανίας με απόβλητα με παρόμοια ποιοτικά χαρακτηριστικά. Προέκυψε αδυναμία να βρεθούν πραγματικά δεδομένα στη βιβλιογραφία, οπότε επιλέχθηκε να γίνει σύγκριση των αποτελεσμάτων που έχουν αναλυθεί στο Κεφάλαιο 3 και αφορούν στην εγκατάσταση επεξεργασίας αποβλήτων της ΦΑΓΕ με ένα θεωρητικό μοντέλο εγκατάστασης επεξεργασίας αποβλήτων γαλακτοβιομηχανίας το οποίο προκύπτει από τη διδακτορική διατριβή της Γεωργιοπούλου Γ. Μάρθας, 2007.

### 5.3.1. Θεωρητικό μοντέλο εγκατάστασης επεξεργασίας αποβλήτων γαλακτοβιομηχανίας

Στη διδακτορική διατριβή της Γεωργιοπούλου Γ. Μάρθας, 2007 αναλύονται τέσσερα μοντέλα εγκατάστασης επεξεργασίας αποβλήτων γαλακτοβιομηχανίας, που διαφοροποιούνται σε σχέση με τις διεργασίες που πραγματοποιούνται στην κάθε εγκατάσταση. Για τη σύγκριση με την εγκατάσταση επεξεργασίας αποβλήτων της ΦΑΓΕ, επιλέχθηκε το μοντέλο “Σενάριο 3”, που η διάταξη της εγκατάστασης ταιριάζει περισσότερο με την εγκατάσταση της ΦΑΓΕ.

Συγκεκριμένα το θεωρητικό μοντέλο που επιλέχθηκε για να συγκριθεί με την εγκατάσταση επεξεργασίας αποβλήτων της ΦΑΓΕ συμπεριλαμβάνει:

- Στάδιο προεπεξεργασίας (εσχάρωση, εξισορρόπιση, κροκίδωση και επίπλευση).
- Στάδιο βιολογικής επεξεργασίας, παρατεταμένου αερισμού.
- Στάδιο επεξεργασίας της παραγόμενης ιλύος.

Η περιγραφή του παραπάνω θεωρητικού μοντέλου εγκατάστασης επεξεργασίας αποβλήτων γαλακτοβιομηχανίας ταυτίζεται με την εγκατάσταση επεξεργασίας αποβλήτων της ΦΑΓΕ όπως έχει αναλυτικά παρουσιαστεί στο Σχήμα 3.2.

Η γαλακτοβιομηχανία που περιγράφεται στη διδακτορική διατριβή της Γεωργιοπούλου Γ. Μάρθας, 2007, είναι τυπική βιομηχανία γάλακτος, που λειτουργεί 6 μέρες την εβδομάδα, 16 ώρες την ημέρα, με ημερήσια παροχή αποβλήτου  $525\text{m}^3/\text{d}$  και μέγιστη ωριαία παροχή  $32,81\text{ m}^3/\text{h}$ .

Στον Πίνακα 5.13 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά για τα υγρά απόβλητα τις ΦΑΓΕ και για τα απόβλητα που επεξεργάζονται στο θεωρητικό μοντέλο εγκατάστασης επεξεργασίας αποβλήτων γαλακτοβιομηχανίας (Γεωργιοπούλου Γ. Μάρθα, 2007).

	<b>ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ (ΕΙΣΟΔΟΣ)</b>	<b>ΦΑΓΕ (ΕΙΣΟΔΟΣ)</b>	<b>ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ (ΕΞΟΔΟΣ)</b>	<b>ΦΑΓΕ (ΕΞΟΔΟΣ)</b>
Μέση ημερήσια παροχή (m <sup>3</sup> /d)	525	1500	-	-
BOD <sub>5</sub> (mg/L)	1800	2100	30	110
COD (mg/L)	3200	5500	120	200
Ολικά αιωρούμενα στερεά SS (mg/L)	600	1050	20	5
Λίπη και Έλαια εισόδου (mg/L)	400	350	10	-

**Πίνακας 5.13:** Ποιοτικά χαρακτηριστικά των αποβλήτων που εισέρχονται στην εγκατάσταση επεξεργασίας του θεωρητικού μοντέλου και της ΦΑΓΕ και χαρακτηριστικά αποβλήτων στην έξοδο των εγκαταστάσεων, μετά την επεξεργασία.

Συγκρίνοντας τα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά των αποβλήτων που εισέρχονται στις εξεταζόμενες εγκαταστάσεις προκύπτει ότι η ημερήσια παροχή αποβλήτου στην εγκατάσταση της ΦΑΓΕ είναι σχεδόν τριπλάσια της αντίστοιχης στο θεωρητικό μοντέλο.

Οι τιμές του BOD<sub>5</sub>, COD, των συνολικά αιωρούμενων στερεών SS των αποβλήτων που εισέρχονται στην εγκατάσταση επεξεργασίας της ΦΑΓΕ είναι κατά 20%, 40%, 40% πιο επιβαρυνμένη από τις αντίστοιχες τιμές των αποβλήτων που εισέρχονται στην εγκατάσταση που περιγράφεται στο θεωρητικό μοντέλο. Τα λίπη και τα έλαια των αποβλήτων που εισέρχονται στις δύο εγκαταστάσεις παρουσιάζουν παρόμοια τιμή.

### **5.3.2. Σύγκριση δεικτών ενεργειακής κατανάλωσης εγκατάστασης επεξεργασίας αποβλήτων ΦΑΓΕ με θεωρητικό μοντέλο εγκατάστασης επεξεργασίας γαλακτοβιομηχανίας**

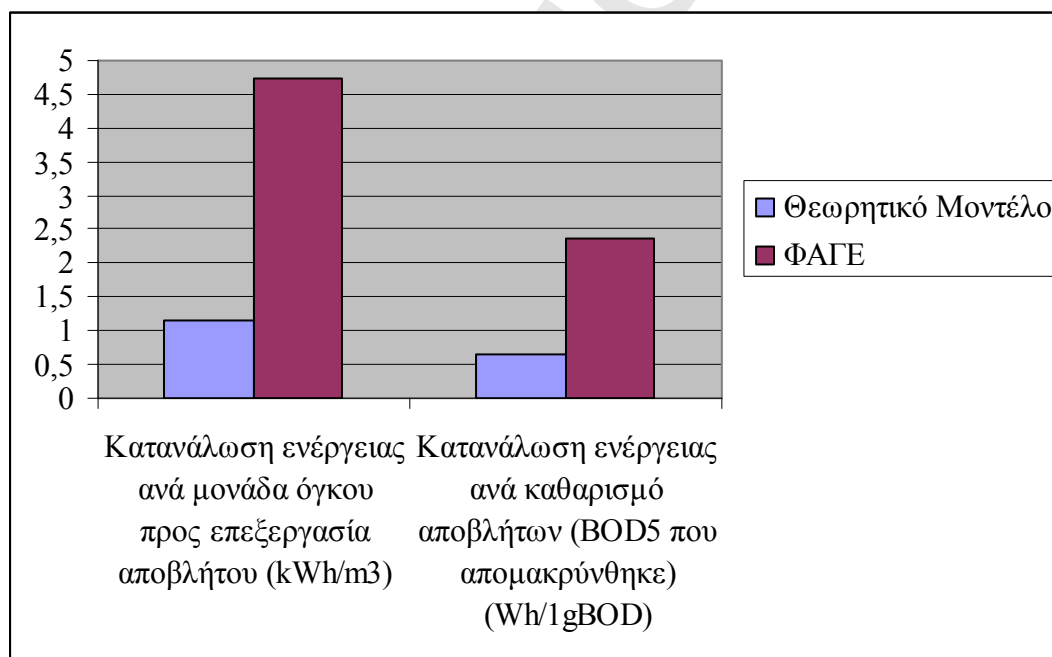
Με βάση την υπολογιζόμενη θεωρητικά ισχύ του εφαρμοζόμενου ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού υπολογίζεται η συνολική κατανάλωση ενέργειας για το θεωρητικό μοντέλο από τη Γεωργιοπούλου Γ. Μάρθα στη διατριβή της.



Στον Πίνακα 5.14 και στο Διάγραμμα 5.10 που ακολουθούν παρουσιάζεται η κατανάλωση ενέργειας ανά κυβικό μέτρο παροχής του προς επεξεργασία αποβλήτου και η κατανάλωση ενέργειας ανά απομάκρυνση ρυπαντικού φορτίου που επιτυγχάνεται, για τις υπό εξέταση εγκαταστάσεις επεξεργασίας.

	<b>ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ</b>	<b>ΦΑΓΕ</b>
Κατανάλωση ενέργειας ανά μονάδα όγκου προς επεξεργασία αποβλήτου (kWh/m <sup>3</sup> )	1,14	4,72
Κατανάλωση ενέργειας ανά καθαρισμό αποβλήτων (BOD <sub>5</sub> που απομακρύνθηκε)	0,65 Wh / 1 g BOD <sub>5</sub>	2,37 Wh / 1 g BOD <sub>5</sub>

**Πίνακας 5.14:** Ενεργειακή κατανάλωση ανά κυβικό μέτρο παροχής αποβλήτου και ανά γραμμάριο απομακρυσμένου ρυπαντικού φορτίου για τη μονάδα επεξεργασίας ΦΑΓΕ και για μονάδα επεξεργασίας αποβλήτων γαλακτοβιομηχανίας παρατεταμένου αερισμού (Σενάριο 3 - Γεωργιοπούλου Γ. Μάρθα, 2007).



**Διάγραμμα 5.10 :** Ενεργειακή κατανάλωση ανά κυβικό μέτρο παροχής αποβλήτου και ανά γραμμάριο απομακρυσμένου ρυπαντικού φορτίου για τη μονάδα επεξεργασίας ΦΑΓΕ και για μονάδα επεξεργασίας αποβλήτων γαλακτοβιομηχανίας παρατεταμένου αερισμού (Σενάριο 3 - Γεωργιοπούλου Γ. Μάρθα, 2007).

Από τη σύγκριση προκύπτει ότι η εγκατάσταση επεξεργασίας αποβλήτων της ΦΑΓΕ έχει σε σχέση με το θεωρητικό μοντέλο εγκατάστασης επεξεργασίας αποβλήτων

γαλακτοβιομηχανίας, τετραπλάσια τιμή για την ενεργειακή κατανάλωση ανά μονάδα όγκου παροχής αποβλήτου προς επεξεργασία, και λίγο παραπάνω από τριπλάσια τιμή για την ενεργειακή κατανάλωση ανά μειούμενο ρυπαντικό φορτίο που επιτυγχάνεται. Από τη σύγκριση αυτή, παρόλο που στηρίζεται σε δεδομένα που προκύπτουν από θεωρητικό μοντέλο και αναμενόταν έτσι και αλλιώς μια μικρή απόκλιση, προκύπτουν σημαντικές αποκλίσεις που αξιολογούνται και αποτελούν ένδειξη ότι η εγκατάσταση της ΦΑΓΕ παρουσιάζεται σημαντικά ενεργοβόρα.

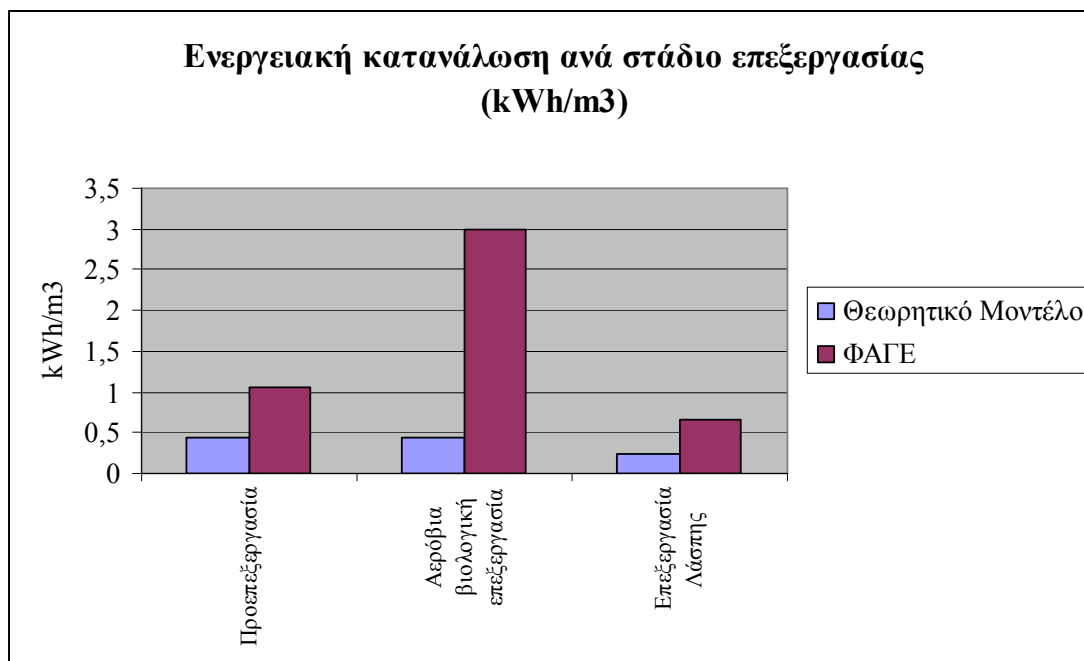
Η εγκατάσταση επεξεργασίας αποβλήτων της ΦΑΓΕ είναι χωροθετημένη σε όλη την έκταση της εγκατάστασης του εργοστασίου της ΦΑΓΕ. Λόγω έλλειψης χώρου οι διατάξεις και οι δεξαμενές που απαρτίζουν την εγκατάσταση δε μπορούσαν να τοποθετηθούν σε σειρά, σε κοντινή απόσταση μεταξύ τους, και αυτό συντελεί στη μεγάλη κατανάλωση ενέργειας για μετακίνηση του αποβλήτου σε μεγάλες διαδρομές.

### 5.3.3. Σύγκριση ενεργειακής κατανάλωσης εγκατάστασης επεξεργασίας αποβλήτων ΦΑΓΕ με θεωρητικό μοντέλο εγκατάστασης επεξεργασίας γαλακτοβιομηχανίας ανά στάδιο επεξεργασίας

Στον Πίνακα 5.15 και στο Διάγραμμα 5.11 που ακολουθεί παρουσιάζεται η κατανάλωση ενέργειας ανά μονάδα όγκου παροχής αποβλήτου στο στάδιο της προεπεξεργασίας, της αερόβιας βιολογικής επεξεργασίας και της επεξεργασίας της βιολογικής λάσπης, στην εγκατάσταση επεξεργασίας αποβλήτων της ΦΑΓΕ και στην αντίστοιχη εγκατάσταση του θεωρητικού μοντέλου .

<b>ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΑΝΑ ΜΟΝΑΔΑ ΟΓΚΟΥ ΠΑΡΟΧΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΟΥ ΑΝΑ ΣΤΑΔΙΟ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΠΟΒΛΗΤΟΥ (kWh/m<sup>3</sup>)</b>		
	<b>ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ</b>	<b>ΦΑΓΕ</b>
Προεπεξεργασία	0,45	1,06
Αερόβια βιολογική επεξεργασία	0,45	3,00
Επεξεργασία Λάσπης	0,24	0,66

**Πίνακας 5.15:** Κατανάλωση ενέργειας ανά μονάδα όγκου παροχής αποβλήτου στο στάδιο της προεπεξεργασίας και της αερόβιας βιολογικής επεξεργασίας για την εγκατάσταση επεξεργασίας αποβλήτων ΦΑΓΕ και θεωρητικού μοντέλου (Σενάριο 3 - Γεωργιοπούλου Γ. Μάρθα, 2007).



**Διάγραμμα 5.11:** Γραφική απεικόνιση του ποσού κατανάλωσης ενέργειας ανά υδραυλικό φορτίο στο στάδιο της προεπεξεργασίας για τις ΕΕΛ Φάγε και ΕΕΛ Σενάριο 3.

Από το διάγραμμα 5.11 προκύπτει ότι η μεγαλύτερη απόκλιση από το θεωρητικό μοντέλο εμφανίζεται στην καταναλωμένη ενέργεια στο στάδιο της αερόβιας βιολογικής επεξεργασίας, που αποτελεί και διακριτά το στάδιο που καταναλώνονται τα σημαντικότερα ποσά ενέργειας στην εγκατάσταση επεξεργασίας αποβλήτων της ΦΑΓΕ. Στο θεωρητικό μοντέλο στο στάδιο της προεπεξεργασίας εμφανίζεται ισόποση κατανάλωση ενέργειας με το στάδιο της βιολογικής επεξεργασίας.

Στην εγκατάσταση επεξεργασίας αποβλήτων της ΦΑΓΕ, η μετακίνηση του αποβλήτου και της βιολογικής λάσπης μεταξύ των δεξαμενών αερισμού και των δεξαμενών καθίζησης, γίνεται όπως αναφέρεται αναλυτικά στο Κεφάλαιο 3, με χρήση συστήματος airlifts, μετακίνηση δηλαδή με ρεύμα αέρα που παράγεται από τους φυσητήρες, τους ίδιους που πραγματοποιούν και τον αερισμό στις δεξαμενές αερισμού. Ενδέχεται και θα μπορούσε να μελετηθεί περαιτέρω αν υπήρχε μείωση στην κατανάλωση ενέργειας εφόσον η μετακίνηση των αποβλήτων γινόταν με χρήση αντλιών και όχι με ρεύμα αέρα. Η μετατροπή αυτή βέβαια θα είχε ως συνακόλουθο σημαντικό κόστος επένδυσης, καθώς και κόστος συντήρησης που θα συνυπολογίζονταν σε μια τέτοια αλλαγή.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

#### 6.1. Συμπεράσματα

Όσον αφορά στην εγκατάσταση επεξεργασίας υγρών βιομηχανικών αποβλήτων της γαλακτοβιομηχανίας ΦΑΓΕ προέκυψαν τα παρακάτω συμπεράσματα:

- ✓ Το μερίδιο κατανάλωσης ενέργειας για τη λειτουργία της εγκατάστασης επεξεργασίας αποβλήτων κάθε μήνα είναι 7,5% της μέσης συνολικής μηνιαίας κατανάλωσης ενέργειας του εργοστασίου (2.200.000 kWh). Δε βρέθηκε αντίστοιχο δεδομένο από πηγή στη βιβλιογραφία για να συγκριθεί.
- ✓ Από τη σύγκριση της εγκατάστασης επεξεργασίας αποβλήτων της ΦΑΓΕ με την εγκατάσταση επεξεργασίας αποβλήτων γαλακτοβιομηχανίας που περιγράφεται σε θεωρητικό μοντέλο της διδακτορικής διατριβής της Γεωργιοπούλου Μάρθας προκύπτει ότι:
  - Η εγκατάσταση επεξεργασίας των αποβλήτων της ΦΑΓΕ παρουσιάζεται σημαντικά πιο ενεργοβόρα.  
Συγκεκριμένα:
  - Η ενεργειακή κατανάλωση ανά μονάδα όγκου παροχής αποβλήτου προς επεξεργασία στη ΦΑΓΕ (4,72 kWh/m<sup>3</sup>) έχει περίπου τετραπλάσια τιμή από την αντίστοιχη που υπολογίστηκε για το θεωρητικό μοντέλο (1,14 kWh/m<sup>3</sup>).
  - Η ενεργειακή κατανάλωση ανά μειούμενο ρυπαντικό φορτίο που επιτυγχάνεται στην εγκατάσταση της ΦΑΓΕ (2,37 Wh / 1 g BOD<sub>5</sub>) έχει παραπάνω από τριπλάσια τιμή από την αντίστοιχη που υπολογίστηκε για το θεωρητικό μοντέλο (0,65 Wh / 1 g BOD<sub>5</sub>).
  - Η κατανάλωση ενέργειας στο στάδιο της αερόβιας βιολογικής επεξεργασίας της ΦΑΓΕ είναι το 63% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας για την επεξεργασία των αποβλήτων. Στην εγκατάσταση επεξεργασίας αποβλήτων γαλακτοβιομηχανίας του θεωρητικού μοντέλου που συγκρίθηκε η εγκατάσταση επεξεργασίας αποβλήτων της ΦΑΓΕ, στο

στάδιο της προεπεξεργασίας (40%) εμφανίζεται ισόποση κατανάλωση ενέργειας με το στάδιο της βιολογικής επεξεργασίας (40%).

- ✓ Στην εγκατάσταση της ΦΑΓΕ στα πλαίσια εξοικονόμησης ενέργειας είναι εγκατεστημένα και λειτουργούν:
  - Συστήματα inverter στους ηλεκτροκινητήρες των φυσητήρων που λειτουργούν με μεταβαλλόμενη ταχύτητα, προσαρμόζοντας τη λειτουργία τους στην ανάγκη του συστήματος σε οξυγόνο. Η λειτουργία ελέγχεται και αυτοματοποιείται μέσω μετρητών διαλυμένου οξυγόνου στις δεξαμενές αερισμού.
  - Σύστημα Ελέγχου (Supervisory Control and Data Acquisition) για τον έλεγχο και την παρακολούθηση της λειτουργίας των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων του βιολογικού καθαρισμού.
- ✓ Η αυξημένη κατανάλωση ενέργειας στην εγκατάσταση επεξεργασίας της ΦΑΓΕ αποδίδεται στο ότι:
  - Η εγκατάσταση επεξεργασίας αποβλήτων της ΦΑΓΕ είναι χωροθετημένη σε όλη την έκταση της εγκατάστασης του εργοστασίου της ΦΑΓΕ. Λόγω έλλειψης χώρου, οι διατάξεις και οι δεξαμενές που απαρτίζουν την εγκατάσταση δε μπορούσαν να τοποθετηθούν σε σειρά με αποτέλεσμα να καταναλώνονται σημαντικά ποσά ενέργειας για μετακίνηση του αποβλήτου σε μεγάλες αποστάσεις, με υψομετρικές διαφορές μεταξύ τους.
- ✓ Χρειάζεται περαιτέρω έρευνα να διαπιστωθεί αν στην εγκατάσταση επεξεργασίας αποβλήτων της ΦΑΓΕ:
  - Η διάχυση αέρα στις δεξαμενές αερισμού που γίνεται μέσω 160 συνολικά στατικών διαχυτών, που ο κάθε στατικός διαχύτης έχει δυνατότητα έγχυσης και διασποράς 30 m<sup>3</sup>/h αέρα, είναι στα βέλτιστα επίπεδα. Αν όχι, να διερευνηθεί αν με εργασίες συντήρησης και καθαρισμού των διαχυτών ή ακόμα και αντικατάστασή των με άλλης τεχνολογίας διαχύτες, που θα

καταφέρνουν καλύτερη διάλυση αέρα στο υγρό απόβλητο, θα υπάρχει βελτίωση της απόδοσης.

- Αν υπήρχε μείωση στην κατανάλωση ενέργειας εφόσον η μετακίνηση των αποβλήτων μεταξύ των δεξαμενών αερισμού και των δεξαμενών καθίζησης γινόταν με χρήση αντλιών και όχι όπως τώρα, με ρεύμα αέρα που παράγεται από τους φυσητήρες τους ίδιους που πραγματοποιούν και τον αερισμό στις δεξαμενές αερισμού.

Όσον αφορά στην εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων της Βυτίνας, παρουσιάζει σημαντική διακύμανση στην παροχή λύματος. Έτσι η παροχή υγρών αποβλήτων έχει διακύμανση από 20 m<sup>3</sup>/d μέχρι και 300 m<sup>3</sup>/d. Επιλέξαμε να μελετήσουμε τη λειτουργία της εγκατάστασης τους μήνες Δεκέμβριο, Ιανουάριο, Φεβρουάριο, μήνες αιχμής όπως προκύπτει και από τα δεδομένα για ημερήσια παροχή λύματος στην εγκατάσταση, τόσο εξαιτίας του αυξημένου τουρισμού, όσο και εξαιτίας των αυξημένων βροχοπτώσεων, που επηρεάζουν την εισροή στην εγκατάσταση, καθώς το δίκτυο αποχετεύσεων εμφανίζει διαρροές.

- ✓ Από τη σύγκριση της ΕΕΛ Βυτίνας με άλλες εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών λυμάτων στην Ελλάδα και στον κόσμο, σύμφωνα με δεδομένα που συγκεντρώθηκαν από τη βιβλιογραφία προκύπτει ότι:
  - Η κατανάλωση ενέργειας στην ΕΕΛ Βυτίνας είναι αρκετά αυξημένη σε σχέση με τις υπόλοιπες εγκαταστάσεις εντός και εκτός των ορίων της Ελλάδας.  
Συγκεκριμένα:
    - Η ενεργειακή κατανάλωση ανά μονάδα όγκου παροχής λύματος προς επεξεργασία:
      - Στη Βυτίνα είναι 3,8 kWh/m<sup>3</sup>.
      - Στις ελληνικές ΕΕΛ που παρουσιάστηκαν παραπάνω έχει μέσο όρο τιμής μικρότερη από 1,0 kWh/m<sup>3</sup>.
      - Σε ΕΕΛ σε άλλες χώρες διεθνώς έχει μέσο όρο τιμής μικρότερο και από 0,6 kWh/m<sup>3</sup>.
    - Το πιο ενεργοβόρο στάδιο επεξεργασίας για την ΕΕΛ Βυτίνας είναι το στάδιο της προεπεξεργασίας (63%). Από τις καταγραφές στη

βιβλιογραφία προκύπτει πως σε αντίστοιχες ΕΕΛ στην Ελλάδα και διεθνώς, το μεγαλύτερο ποσοστό κατανάλωσης ενέργειας εμφανίζεται στο στάδιο της αερόβιας βιολογικής επεξεργασίας.

- ✓ Στην ΕΕΛ Βυτίνας στα πλαίσια εξοικονόμησης ενέργειας έχουν εγκατασταθεί, λειτουργούν, και έχουν εφαρμοστεί πρακτικές:
  - Σύστημα Ελέγχου (Supervisory Control and Data Acquisition) για τον έλεγχο και την παρακολούθηση της λειτουργίας των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων του βιολογικού καθαρισμού.
  - Η τεχνολογία Bioblock που προσφέρει μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας καθώς και της παραγόμενης ιλύος, σε σχέση με τις συμβατικές μονάδες.
  - Κατόπιν παρατήρησης στους πρώτους μήνες λειτουργίας της εγκατάστασης διαπιστώθηκε ότι η ανάγκη αερισμού της δεξαμενής αερισμού καλύπτεται με χρήση ενός φυσητήρα. Οπότε οι τρεις φυσητήρες χρησιμοποιούνται εναλλάξ ένας κάθε φορά και περίπου στο 80% της ισχύος τους.
  - Οι αντλίες ανύψωσης στο στάδιο προεπεξεργασίας σπάνια λειτουργούν οι δύο (από τις συνολικά τρεις) μαζί. Κατά το 99% του ετήσιου χρόνου λειτουργίας λειτουργεί μόνο η μία στο 76% της ονομαστικής της ισχύος.
- ✓ Από την ανάλυση και την επικοινωνία με το μηχανικό επιβλέποντα την εγκατάσταση, προκύπτουν τα συμπεράσματα που ακολουθούν και δικαιολογούν την αυξημένη κατανάλωση ενέργειας στην ΕΕΛ Βυτίνας:
  - Κατά το σχεδιασμό της ΕΕΛ Βυτίνας έγινε υπερεκτίμηση για την ποιότητα και την ποσότητα των υπό επεξεργασία λυμάτων με αποτέλεσμα από τους πρώτους μήνες λειτουργίας της εγκατάστασης να προκύπτει ότι η ισχύς του εγκατεστημένου ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού υπερβαίνει την απαιτούμενη για την ομαλή λειτουργία της εγκατάστασης

- Οι εισροές βρόχινου νερού που προκύπτουν εξαιτίας της κακής στεγανοποίησης του αποχετευτικού δικτύου ασκούν έντονες πιέσεις στην προεπεξεργασία, στο αντλιοστάσιο εισόδου και στις δεξαμενές καθίζησης. Επιπλέον το προς επεξεργασία υγρό απόβλητο εισέρχεται στην εγκατάσταση σημαντικά αραιωμένου, άρα με χαμηλό BOD<sub>5</sub>, κάτι που δικαιολογεί εν μέρει τη μεγάλη κατανάλωση ενέργειας για την επεξεργασία του μεγάλου όγκου λυμάτων που όμως έχουν χαμηλή τιμή BOD<sub>5</sub>, οπότε η ενέργεια αυτή που καταναλώνεται εμφανίζεται πολύ μεγάλη για τη μείωση του BOD<sub>5</sub>, που επιτυγχάνεται.
- ✓ Χρειάζεται περαιτέρω έρευνα να διαπιστωθούν και να εφαρμοσθούν πρακτικές που θα συμβάλλουν στη μείωση της καταναλώμενης ενέργειας στην ΕΕΛ Βυτίνας.
- Έχει δρομολογηθεί παύση λειτουργίας του εγχυτήρα αέρα (Venturi Jet) που λειτουργούσε ήδη περιστασιακά στη δεξαμενή εξισορρόπησης. Η ανάδευση στη δεξαμενή θα επιτευχθεί με εσωτερική ανακυκλοφορία από τη δεξαμενή αερισμού στη δεξαμενή εξισορρόπησης ανάμικτου υγρού. Με αυτήν την παρέμβαση επιδιώκεται και αναμένεται μείωση της ενέργειας που καταναλώνεται στο στάδιο της προεπεξεργασίας στην ΕΕΛ Βυτίνας, από 63% της συνολικής καταναλώμενης ενέργειας σε 55% της συνολικής καταναλώμενης ενέργειας
- Θα πρέπει να διερευνηθεί η δυνατότητα αποκατάστασης της στεγανότητας στο δίκτυο αποχέτευσης της Βυτίνας.



## 6.2. Μελλοντική εργασία

Όσον αφορά στην ενεργειακή κατανάλωση σε μονάδες επεξεργασίας αστικών λυμάτων, προκύπτει από αναζήτηση στη βιβλιογραφία ότι έχει γίνει σημαντική καταγραφή δεδομένων σε διάφορες εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών λυμάτων στον κόσμο, οπότε προκύπτουν συμπεράσματα για το μέσο όρο κατανάλωσης ενέργειας και το κόστος αυτής, και πώς αυτός συνδέεται με το μέγεθος και τις εφαρμοσμένες τεχνολογίες στην εγκατάσταση, τα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά των υπό επεξεργασία λυμάτων, αλλά και τα επιθυμητά ποιοτικά χαρακτηριστικά στην έξοδο της εγκατάστασης, σε σχέση με την ευαισθησία του αποδέκτη.

Όσον αφορά στις μονάδες επεξεργασίας βιομηχανικών αποβλήτων προέκυψε από την αναζήτηση στη βιβλιογραφία ότι υπάρχει περιορισμένη πληροφόρηση σε σχέση με την ενεργειακή κατανάλωση εγκαταστάσεων επεξεργασίας βιομηχανικών αποβλήτων. Σε μελλοντική εργασία είναι σημαντικό να συγκεντρωθούν δεδομένα που αφορούν στην ενεργειακή κατανάλωση διαφόρων εγκαταστάσεων επεξεργασίας βιομηχανικών αποβλήτων, ώστε να μπορέσουν να προκύψουν συμπεράσματα για την ενεργειακή κατανάλωση των εγκαταστάσεων σε συνάρτηση με το μέγεθος και τις εφαρμοζόμενες τεχνολογίες σε αυτές, καθώς και τα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά των προς επεξεργασία αποβλήτων και την επιθυμητή μείωση του ρυπαντικού φορτίου που επιτυγχάνεται.

Από την ανάλυση των εγκαταστάσεων θα προκύψουν δεδομένα για τα ενεργοβόρα στάδια μιας μονάδας επεξεργασίας. Επόμενος στόχος τόσο για τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών λυμάτων, όσο και για τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας βιομηχανικών αποβλήτων, θα ήταν να αναλυθεί ποιες παρεμβάσεις – τεχνικές βελτιώσεις μπορούν να εφαρμοστούν για να συμβάλουν στη μείωση της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας και τη οικονομική απόσβεση θα έχει καθεμία από αυτές τις παρεμβάσεις.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Αρχείο ΦΑΓΕ.
2. Απόφαση 188/24-06-05 ΕΥΔΑΠ.
3. Α. Αγγελάκης, Ν. Κάρτσωνας, Κ. Βουρβάχη, Η. Διαβάτης, Α. Ευμορφοπούλου, Δ. Μαμάης, Α. Μποσδογιάννη, Α. Στάμου (2005), «Εναλλακτικοί τρόποι διαχείρισης των παραπροϊόντων από εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων», Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος.
4. Α. Βλυσίδης, Σημειώσεις μαθήματος «Τεχνικές επεξεργασίας υγρών αποβλήτων», Σχολή Χημικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2006.
5. Γεωργιοπούλου Μάρθα (2007), «Ανάπτυξη μεθόδων για την επιλογή της καλύτερης διαθέσιμης τεχνολογίας για την επεξεργασία υγρών βιομηχανικών αποβλήτων», Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Χημικών Μηχανικών.
6. Δημοπούλου Αργυρή, «Συγκριτική αξιολόγηση ενεργειακής κατανάλωσης και εκπομπών αερίων θερμοκηπίου σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων (Ε.Ε.Λ.)», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (ΕΜΠ), 2011.
7. Επικοινωνία ΕΕΛ Βυτίνας: Επιβλέπων Μηχανικός: Κωτσιονόπουλος Νίκος
8. Επικοινωνία εταιρείας ΦΑΓΕ: Περδίκης Δημήτρης (Υπεύθυνος λειτουργίας εγκατάστασης επεξεργασίας αποβλήτων ΦΑΓΕ), Θεοδώρου Σπύρος, (Τεχνικός Διευθυντής ΦΑΓΕ), Βόκας Βασίλης (Προϊστάμενος βοηθητικών εγκαταστάσεων ΦΑΓΕ).
9. Καπρέλη Ανναμπέλα (2011), «Παρουσίαση μεθόδων εξοικονόμησης και ανάκτησης ενέργειας στις μονάδες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων και σύγκριση της κατανάλωσης ενέργειας δύο μονάδων επεξεργασίας λυμάτων», Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
10. Μηνιαία έκθεση λειτουργίας Ε.Ε.Λ Τ.Κ. Βυτίνας – GAIA Τεχνικών Μελετών (Δεκέμβριος 2011 – Ιανουάριος 2012).
11. Ευθύμιος Νταράκας (2006), «Επεξεργασία Βιομηχανικών Αποβλήτων», Σημειώσεις μαθήματος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών.

12. Ευθύμιος Νταρακάς (2011), «Διαχείριση ιλύος» & «Απομάκρυνση αζώτου και φωσφόρου», Σημειώσεις μαθήματος - <http://users.auth.gr/darakas/>.
13. Τεχνική Έκθεση Εγκατάστασης και Βιολογικής Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων ΦΑΓΕ (Μαρίνος Δ.).
14. Φίλιππος Αγγελος (2009), «Διαχείριση ιλύων από εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων στην Ευρώπη με έμφαση στην Ελλάδα», Μεταπτυχιακή εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο «Περιβάλλον και Ανάπτυξη».
15. Υπουργική απόφαση ΥΓ 179182/656/1979 (ΦΕΚ 582 Β΄) ΚΥΑ 5673/400/
16. Electric Power Research Institute (EPRI). Water and sustainability: U.S. electricity consumption for water supply & treatment — the next half century. EPRI report 1006787, 4. Water & sustainability; 2002.
17. EPA, Evaluation of Energy Conservation Measures for wastewater treatment facilities, September 2010, EPA 832-R-10-005.
18. Degremont - Water Treatment Handbook- 1991 sixth edition, ISBN: 2950398413 two volumes, 26 chapters.
19. Gill ZM, Tierney MJ, Pegs IM, Allan N. Measured energy and water performance of an aspiring low energy/carbon affordable housing site in the UK. Energy and Building 2011;43(1):117–25.
20. Guimet V, Kelly R, Doung F, Rosina M, Audic JM, Terry JM. Green energy resource: research and learning experiences from wastewater treatment plants. Proceedings of IWA World Water Congress, Montreal (Canada); 2010.
21. Hernandez-Sancho F., Molinos-Senante M., Sala-Garrido R., Energy efficiency in Spanish wastewater treatment plants: A non-radial DEA approach, Science of the total environment, 409, (2011) 2693-2699.
22. Institute for Diversification and Energy Saving of Spain (IDEA) Water and Energy: The complex interplay of two scarce resources. The energy footprint of the water. A first estimate of energy consumption of desalination and urban wastewater treatment. (In Spanish). IDAE e-newsletter 2010; number 50, July.
23. Jorgensen, E. S., and Johnsen, I. (1989) Principles of Environmental Science and Technology. Elsevier, Amsterdam.
24. Ko JY, Day JW, Lane R, Day JN. A comparative evaluation of money-based and energy based cost benefit analyses of tertiary municipal wastewater

- treatment using forest wetland vs. sand filtration in Louisiana. *Ecol Econ* 2004;49:331–47.
25. Metcalf & Eddy (1991) 3<sup>d</sup> edn, McGraw Hill , Inc., New York.
  26. Molinos-Senante M, Hernández-Sancho F, Sala-Garrido R. Economic feasibility study for wastewater treatment: a cost benefit analysis. *Sci Total Environ* 2010;408(20):4396–402.
  27. Nakagawa N, Otaki M, Miura S, Hamasuna H, Ishizaki K. Field survey of a sustainable sanitation system in a residential house. *J Environ Sci* 2006;18(6):1088–93.
  28. Noyes, R. (1991) *Handbook of Pollution Control Processes*, Noyes Publications, New Jersey.
  29. Victoria Pitas, Bence Fazekas, Zsuzsanna Banyai, Arpad Karpati, Energy efficiency of the municipal wastewater treatment, Special abstracts/ *Journal of Biotechnology* 150S (2010) S1-S576.
  30. U. S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA), 1997. Estimates of Global Greenhouse Gas Emissions from Industrial and Domestic Wastewater Treatment. Office of Policy, Planning and Evaluation, U. S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, Report No, EPA-600/R-97-091.
  31. WERF (Water Environment Research Foundation). Overview of state energy reduction programs and guidelines for the wastewater sector; 2010. OW06R07a/OW06R07b.
  32. WPCF Manual of Practice No 8 (1977) *Wastewater Treatment Plant Design*, 2<sup>d</sup> edn., Lancaster Press, Inc, Lancaster.
  33. [www.fage.gr](http://www.fage.gr)
  34. [www.envitec.gr](http://www.envitec.gr)
  35. [www.ypeka.gr](http://www.ypeka.gr)

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΙ ΠΙΝΑΚΕΣ

**Πίνακας 1.1:** Τυπική χημική σύσταση μη επεξεργασμένων αστικών λυμάτων.(Metcalf&Eddy, 2003, σελίδα 186).

**Πίνακας 1.2:** Τυπική Ιοντική σύσταση μη επεξεργασμένων αστικών λυμάτων. (Metcalf&Eddy,2003,σελίδα 187).

**Πίνακας 1.3:** Μέθοδοι επεξεργασίας της ιλύος.( Ανναμπέλα Καπρέλη, 2011).

**Πίνακας 2.1:** Μέση κατανάλωση ενέργειας ανά χώρα για την επεξεργασία 1 m<sup>3</sup> υγρού αποβλήτου. (WERF, 2010).

**Πίνακας 2.2:** Πραγματική κατανάλωση ενέργειας ανά υδραυλικό φορτίο (από τα τιμολόγια της ΔΕΗ) για το χρονικό διάστημα 2009- 2010, τους χειμερινούς και θερινούς μήνες.

**Πίνακας 2.3:** Η επιρροή του μεγέθους, των ποιοτικών χαρακτηριστικών και της ηλικίας των μονάδων επεξεργασίας στο συνολικό ποσό κατανάλωσης ενέργειας. (Hernandez-Sancho F., Molinos-Senante Sala-Garrido R., 2011).

**Πίνακας 2.4:** Οι έμμεσες εκπομπές CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα από τις έμμεσες εκπομπές (κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και ορυκτών καυσίμων για την κίνηση των οχημάτων ) χωρίς τις άμμεσες εκπομπές από την οξείδωση της βιομάζας. (Δημοπούλου Αργυρή ,2011).

**Πίνακας 2.5:** Κόστος (€) ποσότητας καταναλωμένης ενέργειας για κάποιες Ελληνικές μονάδες επεξεργασίας.

**Πίνακας 2.6:** Μέσες τιμές για κόστος λειτουργίας 22 μονάδων επεξεργασίας λυμάτων εκφρασμένο σε €/m<sup>3</sup> (Maria-Molinos Senante, Francesca Hernandez-Sancho, Ramon Sala-Garrido, 2010).

**Πίνακας 3.1:** Ποσοτικά και Ποιοτικά Χαρακτηριστικά Υγρών Αποβλήτων Γαλακτοκομικής Βιομηχανίας (Λέκκας Θ., 2001).

**Πίνακας 4.1:** Ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά των λυμάτων που εισέρχονται στην εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων του Δήμου Βυτίνας τους μήνες με υψηλής βροχόπτωσης.

**Πίνακας 4.2:** Ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά των λυμάτων που εισέρχονται στην εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων του Δήμου Βυτίνας τους μήνες με χαμηλή βροχόπτωση.

**Πίνακας 4.3:** Ανώτερα όρια στην έξοδο της ΕΕΑ Βυτίνας σύμφωνα με την έγκριση περιβαλλοντικών όρων.

- Πίνακας 3.2:** Τυπική σύσταση μερικών γαλακτοκομικών προϊόντων (ΕΡΑ, 1971).
- Πίνακας 3.3:** Τυπικά Χαρακτηριστικά Γαλακτοκομικών Αποβλήτων (ΕΡΑ 1971, Kearney 1973).
- Πίνακας 3.4:** Τυπικά Χαρακτηριστικά Γαλακτοκομικών Αποβλήτων βιομηχανίας ΦΑΓΕ.
- Πίνακας 3.5:** Τυπικά Χαρακτηριστικά Γαλακτοκομικών Αποβλήτων βιομηχανίας ΦΑΓΕ .
- Πίνακας 3.6:** Απαιτούμενα από τη νομοθεσία ποιοτικά χαρακτηριστικά απορροής εγκατάστασης επεξεργασίας αποβλήτων βιομηχανίας ΦΑΓΕ.
- Πίνακας 3.7:** Απαιτούμενα από την Τεχνική Έκθεση ποιοτικά χαρακτηριστικά απορροής εγκατάστασης επεξεργασίας αποβλήτων βιομηχανίας ΦΑΓΕ.
- Πίνακας 3.8:** Ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά αποβλήτων βιομηχανίας ΦΑΓΕ.
- Πίνακας 3.9:** Ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά αποβλήτων βιομηχανίας ΦΑΓΕ μετά τις δεξαμενές επίπλευσης.
- Πίνακας 3.10:** Ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά αποβλήτων βιομηχανίας ΦΑΓΕ στην εκροή.
- Πίνακας 3.11:** Ποιοτικά χαρακτηριστικά λάσπης μετά από decanter.
- Πίνακας 3.12:** Ισχύς και εβδομαδιαία ενεργειακή κατανάλωση εγκατεστημένου εξοπλισμού.
- Πίνακας 3.13:** Ενεργειακή κατανάλωση εγκατάστασης επεξεργασίας αποβλήτων ΦΑΓΕ.
- Πίνακας 3.14:** Συνολική μηνιαία κατανάλωση ενέργειας το έτος 2011 για το εργοστάσιο ΦΑΓΕ στη Μεταμόρφωση Αττικής (αρχείο ΦΑΓΕ λογαριασμών ΔΕΗ).
- Πίνακας 3.15:** Συμπεράσματα για την εβδομαδιαία κατανάλωση ενέργειας ανά στάδιο επεξεργασίας στην εγκατάσταση επεξεργασίας υγρών αποβλήτων ΦΑΓΕ.
- Πίνακας 3.16:** Συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας του εργοστασίου της ΦΑΓΕ στη Μεταμόρφωση Αττικής, από το έτος 2003 μέχρι το 2011 (αρχείο ΦΑΓΕ λογαριασμών ΔΕΗ).
- Πίνακας 3.17:** Κόστος λειτουργίας εγκατάστασης επεξεργασίας υγρών αποβλήτων εντός εργοστασίου ΦΑΓΕ.
- Πίνακας 3.18:** Κόστος λειτουργίας εγκατάστασης επεξεργασίας υγρών αποβλήτων εντός εργοστασίου ΦΑΓΕ.
- Πίνακας 3.19:** Κόστος επεξεργασίας βιολογικής λάσπης εκτός εργοστασίου ΦΑΓΕ.

**Πίνακας 3.20:** Κόστος επεξεργασίας υγρών αποβλήτων ΦΑΓΕ εντός και εκτός εργοστασίου.

**Πίνακας 4.4:** Μέσες τιμές για ποιοτικά χαρακτηριστικά των λυμάτων στην ΕΕΛ Βυτίνας, στο τρίμηνο 12/2011- 03/2012 και στο αντίστοιχο τρίμηνο της προηγούμενης χρονιάς.

**Πίνακας 4.5:** Ισχύς και εκτιμώμενη εβδομαδιαία ενεργειακή κατανάλωση εγκατεστημένου εξοπλισμού στην ΕΕΛ Βυτίνας.

**Πίνακας 4.6:** Υπολογισμοί για την ενεργειακή κατανάλωση στην ΕΕΛ Βυτίνας.

**Πίνακας 4.7:** Στοιχεία κατανάλωσης ενέργειας ΕΕΛ Βυτίνας (περίοδος κατανάλωσης 2010).

**Πίνακας 4.8:** Συμπεράσματα για την εβδομαδιαία κατανάλωση ενέργειας ανά στάδιο επεξεργασίας στην ΕΕΛ Βυτίνας.

**Πίνακας 4.9:** Κόστος λειτουργίας ΕΕΛ δήμου Βυτίνας.

**Πίνακας 4.10:** Κόστος λειτουργίας ΕΕΛ δήμου Βυτίνας.

**Πίνακας 5.1:** Ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά εγκατάστασης επεξεργασίας αποβλήτων ΦΑΓΕ και ΕΕΛ Βυτίνας.

**Πίνακας 5.2:** Κατανάλωση ενέργειας ανά στάδιο επεξεργασίας αποβλήτου για την εγκατάσταση επεξεργασίας αποβλήτων ΦΑΓΕ και για την ΕΕΛ Βυτίνας.

**Πίνακας 5.3:** Κατανάλωση ενέργειας ανά μονάδα παροχής αποβλήτου σε κάθε στάδιο επεξεργασίας για την εγκατάσταση επεξεργασίας αποβλήτων ΦΑΓΕ και για την ΕΕΛ Βυτίνας.

**Πίνακας 5.4:** Ποσοστό κόστους κατανάλωσης ενέργειας σε σχέση με το συνολικό κόστος λειτουργίας για την εγκατάσταση επεξεργασίας αποβλήτων ΦΑΓΕ και για την ΕΕΛ Βυτίνας.

**Πίνακας 5.5:** Κατανάλωση ενέργειας ανά κυβικό μέτρο παροχής προς επεξεργασία λύματος στην ΕΕΛ Βυτίνας και σε 11 άλλες Ελληνικές ΕΕΛ.

**Πίνακας 5.6:** Σύγκριση μέσης ημερήσιας παροχής αποβλήτου και BOD<sub>5</sub> στις μονάδες επεξεργασίας ΕΕΛ Βυτίνας-ΕΕΛ Καρδίτσας και ΕΕΛ Αλμυρού.

**Πίνακας 5.7:** Σύγκριση κατανάλωσης ενέργειας ΕΕΛ Βυτίνας και 11 Ελληνικών ΕΕΛ με 177 Ισπανικές ΕΕΛ (F. Hernández-Sancho, M. Molinos-Senante, R. Sala-Garrido, 2011) ανά μέγεθος, ποσότητα COD και ηλικία ΕΕΛ.

**Πίνακας 5.8:** Κατανάλωση ενέργειας ανά μονάδα όγκου παροχής λύματος προς επεξεργασία στην ΕΕΛ Βυτίνας και στις 11 ελληνικές ΕΕΛ σε σχέση με τη μείωση στο ρυπαντικό φορτίο που επιτυγχάνεται.

**Πίνακας 5.9:** Σύγκριση κατανάλωσης ενέργειας ΕΕΛ Βυτίνας με άλλες ΕΕΛ του εξωτερικού . (WERF, 2010)

**Πίνακας 5.10:** Κατανάλωση ενέργειας ανά στάδιο επεξεργασίας 5 Ελληνικών ΕΕΛ και ΕΕΛ Βυτίνας.

**Πίνακας 5.11:** Κόστος κατανάλωσης ενέργειας ανά μονάδα όγκου παροχής λύματος ΕΕΛ Βυτίνας, 11 Ελληνικές ΕΕΛ και 177 ισπανικές ΕΕΛ.

**Πίνακας 5.12:** Ποσοστό κόστους κατανάλωσης ενέργειας επί του συνολικού κόστους για 177 ΕΕΛ Ισπανίας, 11 ΕΕΛ Ελλάδας και ΕΕΛ Βυτίνας.

**Πίνακας 5.13:** Ποιοτικά χαρακτηριστικά των αποβλήτων που εισέρχονται στην εγκατάσταση επεξεργασίας του θεωρητικού μοντέλου και της ΦΑΓΕ και χαρακτηριστικά αποβλήτων στην έξοδο των εγκαταστάσεων, μετά την επεξεργασία.

**Πίνακας 5.14:** Ενεργειακή κατανάλωση ανά κυβικό μέτρο παροχής αποβλήτου και ανά γραμμάριο απομακρυσμένου ρυπαντικού φορτίου για τη μονάδα επεξεργασίας ΦΑΓΕ και για μονάδα επεξεργασίας αποβλήτων γαλακτοβιομηχανίας παρατεταμένου αερισμού (Σενάριο 3 - Γεωργιοπούλου Γ. Μάρθα, 2007).

**Πίνακας 5.15:** Κατανάλωση ενέργειας ανά μονάδα όγκου παροχής αποβλήτου στο στάδιο της προεπεξεργασίας και της αερόβιας βιολογικής επεξεργασίας για την εγκατάσταση επεξεργασίας αποβλήτων ΦΑΓΕ και θεωρητικού μοντέλου (Σενάριο 3 - Γεωργιοπούλου Γ. Μάρθα, 2007).

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΣΧΗΜΑΤΑ

**Σχήμα 1.1:** Διεργασίες προεπεξεργασίας (Α. Βλυσίδης,2006).

**Σχήμα 1.2:** Διεργασίες πρωτογενούς επεξεργασίας (Α. Βλυσίδης, 2006).

**Σχήμα 1.3:** Χημική και βιολογική οξείδωση υγρών αποβλήτων (Α. Βλυσίδης, 2006).

**Σχήμα 1.4:** Βιολογική οξείδωση υγρών αποβλήτων (Α. Βλυσίδης, 2006).

**Σχήμα 1.5:** Ισοζύγια μάζας και ενέργειας αερόβιας και αναερόβιας αποδόμησης (Α. Βλυσίδης, 2006).

**Σχήμα 1.6:** Τριτογενής επεξεργασία υγρών αποβλήτων (Α. Βλυσίδης, 2006).

**Σχήμα 3.1:** Διάγραμμα ροής επεξεργασίας αποβλήτων γαλακτοβιομηχανίας ( Ευθύμιος Νταράκας, 2006).

**Σχήμα 3.2:** Διάγραμμα ροής επεξεργασίας αποβλήτων ΦΑΓΕ.



**Σχήμα 3.3:** Μέρος Α της εγκατάστασης επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων της ΦΑΓΕ.

**Σχήμα 3.4:** Μέρος Β της εγκατάστασης επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων της ΦΑΓΕ.

**Σχήμα 3.5:** Σχέδιο εγκατάστασης βιολογικού καθαρισμού ΦΑΓΕ.

**Σχήμα 4.1:** Κάτοψη ΕΕΛ Βυτίνας.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

**Διάγραμμα 2.1:** Κατανάλωση ενέργειας ανά υδραυλικό φορτίο kWh/m<sup>3</sup>-day σε διάφορες εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων χειμώνα και καλοκαίρι.

**Διάγραμμα 2.2:** Ποσότητα ενέργειας που καταναλώνεται στα διάφορα μέρη λειτουργίας των μονάδων.

**Διάγραμμα 2.3:** Ενεργειακό προφίλ μιας μέσης μονάδος επεξεργασίας υγρών αποβλήτων (δευτεροβάθμιας επεξεργασίας).

**Διάγραμμα 2.4:** Κόστος καταναλωμένης ενέργειας ανά υδραυλικό φορτίο €/m<sup>3</sup>-day σε διάφορες μονάδες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων χειμώνα και καλοκαίρι για το χρονικό διάστημα 2009-2010.

**Διάγραμμα 2.5:** Κόστος λειτουργίας ανά υδραυλικό φορτίο €/m<sup>3</sup> σε διάφορες μονάδες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων.

**Διάγραμμα 3.1:** Συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας του εργοστασίου της ΦΑΓΕ στη Μεταμόρφωση Αττικής, από το έτος 2003 μέχρι το 2011 (αρχείο ΦΑΓΕ λογαριασμών ΔΕΗ).

**Διάγραμμα 4.1:** Ημερήσια ογκομετρική παροχή λυμάτων στην εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων Βυτίνας, το μήνα Ιανουάριο 2012.

**Διάγραμμα 4.2:** Ημερήσια ογκομετρική παροχή λυμάτων στην εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων Βυτίνας, το μήνα Ιούνιο 2011.

**Διάγραμμα 4.3:** Ημερήσια ογκομετρική παροχή λυμάτων στην εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων Βυτίνας, κατά τη διάρκεια του δεύτερου εξαμήνου του 2011.

**Διάγραμμα 5.1:** Κατανάλωση ενέργειας ανά υδραυλικό και μειούμενο ρυπαντικό φορτίο αποβλήτου για ΕΕΛ Βυτίνας και μονάδα επεξεργασίας αποβλήτων ΦΑΓΕ.

**Διάγραμμα 5.2:** Κατανάλωση ενέργειας ανά στάδιο επεξεργασίας για ΕΕΛ Βυτίνας και μονάδα επεξεργασίας αποβλήτων ΦΑΓΕ.

**Διάγραμμα 5.3:** Κόστος ενέργειας ανά υδραυλικό φορτίο προς επεξεργασία αποβλήτου σε κάθε στάδιο επεξεργασίας για ΕΕΛ Βυτίνας και μονάδα επεξεργασίας αποβλήτων ΦΑΓΕ.

**Διάγραμμα 5.4:** Αναλογία κόστους κατανάλωσης ενέργειας σε σχέση με συνολικό κόστος λειτουργίας ΕΕΛ Βυτίνας και μονάδα επεξεργασίας αποβλήτων ΦΑΓΕ.

**Διάγραμμα 5.5:** Γραφική απεικόνιση της κατανάλωσης ενέργειας ανά κυβικό μέτρο παροχής προς επεξεργασία λύματος στην ΕΕΛ Βυτίνας και σε 11 άλλες ΕΕΛ στην Ελλάδα.

**Διάγραμμα 5.6:** Γραφική απεικόνιση της κατανάλωσης ενέργειας ανά κυβικό μέτρο λύματος.

**Διάγραμμα 5.7:** Γραφική απεικόνιση της κατανάλωσης ενέργειας ανά στάδιο επεξεργασίας των 5 ΕΕΛ με ΕΕΛ Βυτίνας.

**Διάγραμμα 5.8:** Γραφική απεικόνιση του κόστους κατανάλωσης ενέργειας ανά μονάδα όγκου αποβλήτου προς επεξεργασία των 11 ελληνικών ΕΕΛ, ΕΕΛ Βυτίνας, ισπανικών ΕΕΛ.

**Διάγραμμα 5.9:** Απεικόνιση του ποσοστού του κόστους κατανάλωσης ενέργειας επί του συνολικού κόστους των 177 ΕΕΛ Ισπανίας, 11 ΕΕΛ Ελλάδας και ΕΕΛ Βυτίνας.

**Διάγραμμα 5.10:** Ενεργειακή κατανάλωση ανά κυβικό μέτρο παροχής αποβλήτου και ανά γραμμάριο απομακρυσμένου ρυπαντικού φορτίου για τη μονάδα επεξεργασίας ΦΑΓΕ και για μονάδα επεξεργασίας αποβλήτων γαλακτοβιομηχανίας παρατεταμένου αερισμού (Σενάριο 3 - Γεωργιοπούλου Γ. Μάρθα, 2007).

**Διάγραμμα 5.11:** Γραφική απεικόνιση του ποσού κατανάλωσης ενέργειας ανά υδραυλικό φορτίο στο στάδιο της προεπεξεργασίας για τις ΕΕΛ Φάγε και ΕΕΛ Σενάριο 3.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΕΣ ΕΙΚΟΝΕΣ

**Εικόνα 3.1 :** Στατικοί διαχύτες έγχυσης αέρα στις δεξαμενές αερισμού.