



**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ**  
**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ**

***ΝΙΚΟΛΑΟΣ Σ. ΦΡΑΓΚΟΣ***

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

***ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ  
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΣΤΙΚΩΝ  
ΛΥΜΑΤΩΝ***

**ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ**

**Ευάγγελος Διαμαντόπουλος, Καθηγητής (Επιβλέπων)**

**Αναστάσιος Πουλιέζος, Καθηγητής**

**Ιωάννης Νικολός, Λέκτορας**

**ΧΑΝΙΑ**

**Μάιος 2005**

## *Περίληψη*

Βασικό αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η ανάλυση των παραμετρικών συνθηκών λειτουργίας και του σχεδιασμού 12 Μονάδων Επεξεργασίας Αστικών Λυμάτων (ΜΕΑΛ) στην Ελλάδα, με στόχο την ελαχιστοποίηση του λειτουργικού κόστους υπό την προϋπόθεση της μεγιστοποίησης του περιβαλλοντικού οφέλους από τη λειτουργία τους.

Το πρώτο κεφάλαιο είναι μια εισαγωγική ενότητα και αναφέρεται στη σημασία των έργων επεξεργασίας λυμάτων και στην ανάγκη συνεχούς μελέτης για τη βελτιστοποίησή τους. Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφεται η τυπική λειτουργική διαδικασία για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων, ενώ στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται στατιστικά στοιχεία για τις Μονάδες Επεξεργασίας Αστικών Λυμάτων στην Ελλάδα και περιγράφονται αναλυτικά οι μονάδες που εξετάζονται από την παρούσα εργασία. Το τέταρτο κεφάλαιο αναφέρεται στις επιμέρους δαπάνες που συνιστούν το λειτουργικό κόστος των μονάδων και στις παραμέτρους οι οποίες τις επηρεάζουν. Στο πέμπτο κεφάλαιο επιχειρείται η σύγκριση των στοιχείων λειτουργικού κόστους, με την παρουσίαση και την ανάλυση συγκριτικών πινάκων και διαγραμμάτων. Ιδιαίτερο βάρος δίδεται τόσο στη σύγκριση της αποτελεσματικότητας των μονάδων, όσο και στη σύγκριση των ενεργειακών και διοικητικών δαπανών. Τέλος στο έκτο κεφάλαιο παρατίθενται αναλυτικά συμπεράσματα και γενικές προτάσεις απαιτούμενων πρόσθετων διαδικασιών σε κάθε μονάδα ξεχωριστά.

## *Ευχαριστίες*

Για την διεκπεραίωση αυτής της εργασίας, είχα την ουσιαστική βοήθεια και συμπαράσταση ορισμένων προσώπων τα οποία θα ήθελα να ευχαριστήσω:

Τον Επιβλέποντα της εργασίας, Καθηγητή του Πολυτεχνείου Κρήτης κ. Ευάγγελο Διαμαντόπουλο για την καθοδήγηση, τις παρατηρήσεις και τις διορθώσεις του καθώς και για το χρόνο που διέθεσε για την αξιολόγησή της.

Τον Καθηγητή του Πολυτεχνείου Κρήτης κ. Αναστάσιο Πουλιέζο για τη συμμετοχή του στην αξιολόγηση της εργασίας αυτής.

Το Λέκτορα του Πολυτεχνείου Κρήτης κ. Ιωάννη Νικολό, όχι μόνο για τη συμμετοχή του στην αξιολόγηση της εργασίας αυτής, αλλά και για την ουσιαστική βοήθεια του σε προηγούμενες υποχρεώσεις μου.

Τους υπευθύνους όλων των μονάδων που εξετάστηκαν, για τη διάθεση των απαιτητών για την εκπόνηση της εργασίας στοιχείων και για τη βοήθεια τους στη συλλογή αυτών.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου οι οποίοι με στήριξαν υλικά και ηθικά κατά τη φοίτηση μου στο Πολυτεχνείο Κρήτης, τον αδερφό μου και όλα τα αγαπημένα μου πρόσωπα.

Χανιά, Μάιος 2005

Νικόλαος Φράγκος

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b>	<b>I</b>
<b>ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ</b>	<b>III</b>
<b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ</b>	<b>IV</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup> - ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	<b>1</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup> - ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΥΠΙΚΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ</b>	<b>3</b>
<b>2.1 ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΛΥΜΑΤΩΝ</b>	<b>3</b>
<b>2.2 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΩΝ ΜΕΑΛ</b>	<b>6</b>
<b>2.3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ</b>	<b>7</b>
2.3.1 Γραμμή Επεξεργασίας Υγρών Λυμάτων	8
2.3.1.1 Προεπεξεργασία των Λυμάτων	8
2.3.1.2 Πρωτοβάθμια Καθίζηση	10
2.3.1.3 Βιολογική Επεξεργασία	11
2.3.1.4 Τριτοβάθμια (συνήθως χημική) Επεξεργασία	12
2.3.1.5 Προωθημένη Επεξεργασία	13
2.3.2 Γραμμή Επεξεργασίας Ιλύος	13
2.3.2.1 Σταθεροποίηση της Ιλύος	13
2.3.2.2 Πάχυνση της Ιλύος	14
2.3.2.3 Αφυδάτωση της Ιλύος	14
2.3.3 Τα Συστήματα της Μεθόδου της Ενεργού Ιλύος	15
2.3.3.1 Γενικά	15
2.3.3.2 Συμβατικό σύστημα ενεργού ιλύος	15
2.3.3.3 Σύστημα παρατεταμένου αερισμού	16
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup> - ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΩΝ ΜΕΑΛ 19</b>	
<b>3.1 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ</b>	<b>19</b>
<b>3.2 ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ</b>	<b>22</b>
<b>3.3 ΣΥΛΛΟΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ</b>	<b>22</b>
<b>3.4 ΣΥΝΟΠΤΙΚΑ ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΩΝ ΜΕΑΛ</b>	<b>23</b>
3.4.1 Γενικά	23
3.4.2 Στοιχεία Εξεταζόμενων ΜΕΑΛ	24
3.4.2.1 ΜΕΑΛ Μείζονος Περιοχής Αγρινίου	24
3.4.2.2 ΜΕΑΛ Δήμου Αιγίου	27
3.4.2.3 ΜΕΑΛ Δήμων Άργους - Ναυπλίου	30
3.4.2.4 ΜΕΑΛ Δήμου Γαλαξιδίου	32
3.4.2.5 ΜΕΑΛ Δήμου Δελφών	35

3.4.2.6 ΜΕΑΛ Δήμου Δράμας	37
3.4.2.7 ΜΕΑΛ Δήμου Ζακύνθου	39
3.4.2.8 ΜΕΑΛ Δήμου Ιτέας	42
3.4.2.9 ΜΕΑΛ Δήμου Ιωαννίνων	43
3.4.2.10 ΜΕΑΛ Δήμου Ναυπάκτου	46
3.4.2.11 ΜΕΑΛ Δήμου Πατρέων	47
3.4.2.12 ΜΕΑΛ Δήμου Χανίων	49
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup> – ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ</b>	<b>51</b>
<b>4.1 ΓΕΝΙΚΑ</b>	<b>51</b>
4.1.1 Δαπάνες Ενέργειας	51
4.1.2 Δαπάνες Διοίκησης	52
4.1.3 Δαπάνες Συντήρησης	55
4.1.4 Δαπάνες Αναλωσίμων	55
<b>4.2 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΩΝ ΔΑΠΑΝΩΝ</b>	<b>56</b>
4.2.1 Σχεδιασμός του Συστήματος	57
4.2.2 Ποιότητα Κατασκευής και Εξοπλισμού	57
4.2.3 Συστήματα Αυτοματισμού και Ελέγχων	58
4.2.4 Λειτουργικές Συνθήκες της μονάδας	58
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup> – ΣΥΓΚΡΙΣΕΙΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ</b>	<b>60</b>
<b>5.1 ΓΕΝΙΚΑ - ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ</b>	<b>60</b>
<b>5.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΜΕΑΛ</b>	<b>60</b>
5.2.1 Χαρακτηριστικές Τιμές	61
5.2.2 Συγκριτικά συμπεράσματα αποδόσεων	62
<b>5.3 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΩΝ ΔΑΠΑΝΩΝ</b>	<b>65</b>
5.3.1 Δαπάνες Ενέργειας	65
5.3.1.1 Ποσοστό εκμετάλλευσης των ΜΕΑΛ	68
5.3.1.2 Δυναμικότητα των μονάδων	70
5.3.1.3 Μέθοδος επεξεργασίας	70
5.3.1.4 Σύστημα αερισμού	72
5.3.1.5 Αυτοματισμοί	74
5.3.1.6 Επίπεδο παρακολούθησης	75
5.3.1.7 Συμπερασματική αναφορά ως προς τα ενεργειακά χαρακτηριστικά	75
5.3.2 Δαπάνες Διοίκησης	80
5.3.2.1 Δυναμικότητα και ποσοστό εκμετάλλευσης των ΜΕΑΛ	83
5.3.2.2 Τρόπος λειτουργίας των ΜΕΑΛ	84
5.3.2.3 Πολιτική ως προς το προσωπικό	85
5.3.2.4 Λοιπές παράμετροι κόστους διοίκησης	85
5.3.3 Δαπάνες Συντήρησης και Αναλωσίμων	85
5.3.4 Συνολικές Δαπάνες	87
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6<sup>ο</sup> – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ</b>	<b>92</b>
<b>6.1. Η ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΜΕΑΛ ΩΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΗ</b>	<b>92</b>
6.1.1 Γενικά	92
6.1.2 Η απαίτηση της παροχής πόρων	93
6.1.3 Συνοπτική Αναφορά Παραμέτρων Βελτιστοποίησης	94

<b>6.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΦΟΡΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ</b>	<b>96</b>
6.2.1 Γενικές Διαπιστώσεις	96
6.2.2 Ειδικά Συμπεράσματα για τις εξετασθείσες ΜΕΑΛ	97
6.2.3 Η Βελτιστοποίηση ως Αντικείμενο Έρευνας	99
<b><i>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</i></b>	<b><i>101</i></b>
<b><i>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ – ΠΙΝΑΚΕΣ ΠΡΩΤΟΓΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΑΙ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ</i></b>	<b><i>103</i></b>

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup> - ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι σημαντικές εξελίξεις και αλλαγές των ανθρωπογεωγραφικών συνθηκών και οι επιπτώσεις τους στα φυσικά και ανθρωπογενή οικοσυστήματα, αποτελούν τη βασική αιτία της πολυπλοκότητας των ζητημάτων τα οποία σχετίζονται με τη διαχείριση των φυσικών πόρων και του περιβάλλοντος στη γενική του έννοια. Οι πρώτες μεταβολές των συνθηκών εμφανίζονται στην περίοδο της Βιομηχανικής Επανάστασης, με τις μεταναστεύσεις των πληθυσμών από τις αγροτικές περιοχές στα αστικά κέντρα και προσέλαβαν δραματικές διαστάσεις κατά τις τελευταίες δεκαετίες. Οι ενεργειακές απαιτήσεις αλλά και οι γενικότερες ανάγκες χρησιμοποίησης των φυσικών πόρων αυξήθηκαν σε τέτοιο βαθμό ώστε οι ανθρωπογενείς επιδράσεις επί των φυσικών συστημάτων αποδυνάμωσαν τη φυσική άμυνα και την αυτοαναπληρωτική ικανότητα των τελευταίων.

Από την άλλη πλευρά, η ραγδαία ανάπτυξη των παραγωγικών δυνάμεων είχε αποτέλεσμα την ανάπτυξη του πολιτισμικού επιπέδου ευρύτατων κοινωνικών στρωμάτων. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με την καταφανή υποβάθμιση των περιβαλλοντικών όρων ζωής, έθεσε υπό αμφισβήτηση τη λογική της ανάπτυξης χωρίς όρια. Η αντίθεση μεταξύ της οικονομικής ανάπτυξης και των επιπτώσεων τις οποίες αυτή επιφέρει στην περιβαλλοντική ισορροπία, επισημάνθηκε αρχικά από ομάδες διανοούμενων κατά την αρχή της περιόδου της Επιστημονικής Τεχνολογικής Επανάστασης, θεμελιώθηκε θεωρητικά κατά τη δεκαετία του 60, αναπτύχθηκε κατά τη δεκαετία του 70 και έλαβε μαζικές διαστάσεις κατά την τελευταία χρονική περίοδο.

Για την άρση των αντιφάσεων μεταξύ της οικονομικής ανάπτυξης και της προστασίας του περιβάλλοντος, εξελίχτηκαν τελευταία διάφορες επιστημονικές και τεχνολογικές μέθοδοι οι οποίες έχουν στόχο τη βελτιστοποίηση της χρήσεως των φυσικών πόρων κατά την αναπτυξιακή διαδικασία. Οι μέθοδοι αυτοί καλύπτουν όλο το εύρος της διαχειρίσεως ενός φυσικού συστήματος, από τον ολοκληρωμένο σχεδιασμό και την οικονομική αξιολόγηση των παρεμβάσεων ως το επίπεδο της ορθολογικής χρήσεως των πόρων του, με στόχο το βελτιστοποιημένο συσχετισμό της αναπτυξιακής διαδικασίας και της ευσταθούς ισορροπίας του συστήματος.

Τα υδατικά συστήματα υπέστησαν πρώτα και εντονότερα τις συνέπειες των ραγδαίων ανθρωπογεωγραφικών εξελίξεων. Από την περίοδο της Βιομηχανικής

Επανάστασως, η αναπτυξιακή διαδικασία εκδηλώθηκε σε πλούσιες υδατικά περιοχές, με αποτέλεσμα την ποσοτική και ποιοτική υποβάθμιση των επιφανειακών και υπογείων νερών. Η γενική αντίθεση ανάπτυξης και περιβάλλοντος εκφράστηκε σε ακραία μορφή στο υδατικό περιβάλλον.

Η ανάγκη για αναστροφή της διαδικασίας υποβάθμισης των υδατικών συστημάτων σε συνδυασμό με την απαίτηση για χρησιμοποίηση συνεχώς αυξανόμενων υδατικών ποσοτήτων στην αναπτυξιακή δυναμική, αποτέλεσε το υπόβαθρο επί του οποίου βασίστηκε η ανάπτυξη επιστημονικών εργαλείων βελτιστοποιήσεως της χρήσεως του υφιστάμενου και του δυνητικού υδατικού δυναμικού. Παράλληλα, η προσπάθεια ανάδειξης και αξιοποίησης νέων υδατικών πόρων υπήρξε η βάση για ολοκληρωμένη και πολυδιάστατη έρευνα με σημαντικό εύρος παραμέτρων οι οποίες αφορούν ολόκληρο το υδατικό φάσμα. Το αντικείμενο των υδατικών έργων έγινε πιο σύνθετο, καθώς η διαδικασία σχεδιασμού τους καλείται να αντιμετωπίσει την πολλαπλότητα και την συνήθη αντιπαλότητα στη χρήση, στους χρήστες, στους στόχους, στο διαχειριστικό αντικείμενο.

Οι Μονάδες Επεξεργασίας Αστικών Λυμάτων (ΜΕΑΛ) είναι αναμφίβολα σημαντικά υδατικά έργα, καθώς επεξεργάζονται και καθαρίζουν τα αστικά λύματα. Η ύπαρξη τους κρίνεται επιτακτική και σε συνδυασμό με τον ορθό σχεδιασμό και την εύρυθμη λειτουργία τους, αποτελεί βασικό παράγοντα για την προστασία του περιβάλλοντος. Καθώς όμως τα δεδομένα για το σχεδιασμό των έργων αυτών περιέχουν υποθέσεις πολλές φορές αντιπαρατιθέμενες και σε μεγάλο βαθμό αβέβαιες, δεν αρκεί απλά και μόνο η κατασκευή τους αν δε συνδυάζεται με συντονισμένη και ολοκληρωμένη επιστημονική μελέτη. Αντίθετα είναι αναγκαίος τόσο ο ορθολογικός σχεδιασμός τους σύμφωνα με τις δεδομένες -σε κάθε συγκεκριμένη περίπτωση- συνθήκες, όσο και η συνεχής επιστημονική μελέτη με στόχο την ελαχιστοποίηση του λειτουργικού κόστους υπό την προϋπόθεση της μεγιστοποίησης του περιβαλλοντικού οφέλους.

Έτσι ο στόχος της παρούσας εργασίας είναι η ανάλυση των παραμετρικών συνθηκών λειτουργίας αντιπροσωπευτικού δείγματος υφισταμένων Μονάδων Επεξεργασίας Αστικών Λυμάτων με στόχο την βελτιστοποίηση των άμεσων και των έμμεσων ωφελειών, τόσο στο φυσικό όσο στο ανθρώπινο και ανθρωπογενές περιβάλλον.



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup> - ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΥΠΙΚΗΣ**

### **ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ**

### **ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ**

#### **2.1 ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΛΥΜΑΤΩΝ**

Τα απόβλητα τα οποία παράγονται από τις ανθρώπινες και τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες διακρίνονται ανάλογα με τα είδοποιά και κυριαρχικά φυσικά χαρακτηριστικά τους σε στερεά και σε υγρά, παρά το γεγονός ότι σε ορισμένες εξαιρετικές περιπτώσεις ο χαρακτηρισμός τους είναι δυσδιάκριτος.

Τα υγρά απόβλητα έχουν ως βάση το νερό και συντίθενται από οργανικά ή ανόργανα, διαλυμένα ή λεπτομερή αιωρούμενα στερεά, τα οποία αποτελούν τους φορείς των κυρίως ρυπαντικών φορτίων, καθώς και από αδρομερή ή ευμεγέθη παρασυρόμενα στερεά. Στο νερό υπάρχουν και αναπτύσσονται μικροοργανισμοί, οι οποίοι διαιρούνται σε τρεις κατηγορίες, στα πρώτιστα, τα φυτά και τα ζώα. Τα πρώτιστα παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στη ρύπανση των υδάτων και ευθύνονται για την ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών και ιών που αποτελούν κίνδυνο για την υγεία του ανθρώπου.

Υγρά απόβλητα παράγονται από όλες σχεδόν τις ανθρώπινες και ανθρωπογενείς δραστηριότητες που αφορούν είτε στην οικιακή χρήση του νερού είτε στην παραγωγική του χρήση στη βιοτεχνία, στη βιομηχανία, στη γεωργία αλλά και σε ειδικές χρήσεις του τριτογενούς τομέα.

Τα αστικά λύματα, που αποτελούν αντικείμενο της παρούσας εργασίας, αποτελούνται από τα οικιακά λύματα καθώς και από τα λοιπά υγρά απόβλητα του αστικού χώρου, στο βαθμό που η παροχή των τελευταίων σε συνδυασμό με τα ρυπαντικά τους φορτία τα καθιστά επεξεργάσιμα από κοινού με τα οικιακά λύματα. Αμιγώς βιομηχανικά λύματα μπορούν να θεωρηθούν αστικά εφόσον τα ρυπαντικά τους φορτία υποβιβαστούν με κατάλληλη επεξεργασία σε επίπεδα που επιτρέπουν την κοινή επεξεργασία τους με τα αστικά λύματα.

Στον πίνακα 2.1 παρουσιάζονται γενικά ποιοτικά χαρακτηριστικά των αστικών λυμάτων:

**Πίνακας 2.1: Τυπική σύσταση αστικών λυμάτων σε mg/l**

ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ		ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ		
		Ισχυρά	Μέσα	Αδύνατα
<b>Στερεά</b>	Ολικά	1200	720	350
	Διαλυμένα	850	500	250
	Αιωρούμενα	350	220	100
<b>BOD</b>		400	220	100
<b>COD</b>		1000	500	250
<b>TOC</b>		290	160	80
<b>Άζωτο</b>	Ολικό	85	40	20
	Οργανικό	35	15	8
	Αμμωνιακό	80	25	12
<b>Φωσφόρος</b>	Ολικός	15	8	4
	Οργανικός	5	3	1
	Ανόργανος	10	5	3
<b>Λίπη - Έλαια</b>		150	100	50

Για την αποχέτευση των υγρών αποβλήτων έχουν αναπτυχθεί δύο συστήματα, τα συνδυασμένα ή παντοροϊκά και τα χωριστικά. Στα συνδυασμένα συστήματα, τα αστικά λύματα και τα όμβρια νερά αποχετεύονται μαζί, ενώ στα χωριστικά η αποχέτευση γίνεται σε δύο ανεξάρτητα αποχετευτικά δίκτυα για τα λύματα και τα όμβρια.

Τα παντοροϊκά συστήματα απαντώνται κυρίως σε παλαιότερες οικιστικές συγκεντρώσεις, στις οποίες τα έργα απορροής των ομβρίων και αντιπλημμυρικής προστασίας συχνά χρησιμοποιήθηκαν στη συνέχεια και για την αποχέτευση των αστικών λυμάτων. Όμως η ανάγκη επεξεργασίας των λυμάτων οδήγησε στη σταδιακή εγκατάλειψη των συστημάτων αυτών υπέρ των χωριστικών, λόγω των τεράστιων συγκριτικών πλεονεκτημάτων των τελευταίων, η ανάπτυξη των οποίων ξεφεύγει από το αντικείμενο της παρούσας εργασίας.

Η επεξεργασία και ο καθαρισμός των υγρών αστικών αποβλήτων (αστικών λυμάτων) μέσω ομαδικών αποχετευτικών συστημάτων μπορεί να επιτυγχάνεται, με διάφορα κατά περίπτωση αποτελέσματα:

- με μηχανικές μεθόδους (γενικώς χαμηλό επίπεδο επεξεργασίας υγρών και ιλύος)
- με φυσικοχημικές μεθόδους (γενικώς υψηλό επίπεδο επεξεργασίας υγρών και χαμηλό επίπεδο επεξεργασίας ιλύος)
- με βιολογικές μεθόδους (γενικώς υψηλό επίπεδο επεξεργασίας λυμάτων και ιλύος)

Τα σημαντικά περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα των συστημάτων επεξεργασίας με βιολογικές μεθόδους οδήγησαν διαχρονικά στη μονοσήμαντη επιλογή τους, κυρίως μετά την πέμπτη δεκαετία του 20<sup>ου</sup> αιώνα και μετά την επικράτηση της τεχνολογικής-επιστημονικής επανάστασης και της υψηλής τεχνολογίας στη διαχείριση των συνθηκών της παραγωγικής διαδικασίας.

Οι βιολογικές μέθοδοι επεξεργασίας των αστικών λυμάτων μπορεί να διακριθούν στις διάφορες μεθόδους ανάπτυξης ενεργού βιομάζας, δηλαδή ενεργού ιλύος (activated sludge), στις μεθόδους των φυσικών βιολογικών συστημάτων μέσω φυσικών ή εξαναγκασμένων (τεχνητών) υδατικών συγκεντρώσεων (lagooning), και στις μεθόδους προσκολλούμενης βιομάζας σε φυσικό ή τεχνητό μέσο διύλισης (filtration).

Μεταξύ των παραπάνω βιολογικών μεθόδων επεξεργασίας των αστικών λυμάτων, η μέθοδος της ενεργού ιλύος εμφανίζει συντριπτικά πλεονεκτήματα στην εφαρμογή της σε αστικούς χώρους υπό την ευρεία έννοια, δηλαδή σε πόλεις και σε ενδιαφέροντες σχετικώς πυκνοδομημένους οικισμούς που αποτελούν το ειδοποιό χαρακτηριστικό των αναπτυγμένων κοινωνιών. Τα πλεονεκτήματα τα οποία κατά την τελευταία τουλάχιστον 25ετία κατέστησαν τη μέθοδο της ενεργού ιλύος σχεδόν μονοσήμαντη επιλογή είναι η ελαχιστοποίηση των απαιτήσεων σε εκτάσεις, η εφαρμογή υψηλής τεχνολογίας, η ικανότητα ανταπόκρισης και ευελιξίας προσαρμογής σε νέα τεχνολογικά δεδομένα και η ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών οχλήσεων.

Σύμφωνα με την Ελληνική εμπειρία, το σύνολο ουσιαστικά των Μονάδων Επεξεργασίας Αστικών Λυμάτων (ΜΕΑΛ) οι οποίες μπορούν να αντέξουν στην κρίση πραγματικών περιβαλλοντικών και τεχνικών κριτηρίων, στηρίζονται στη μέθοδο της ενεργού ιλύος.

Αν και τούτο μπορεί να θεωρηθεί παράδοξο, η πραγματικότητα είναι ότι η σημαντική χρονική υστέρηση της Ελληνικής κοινωνίας στην αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών προβλημάτων και ειδικότερα στην επεξεργασία των αστικών λυμάτων σε σχέση με τις πιο αναπτυγμένες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, οδήγησε την Ελλάδα όχι μόνο στην επιλογή της εφαρμογής της μονοσήμαντης τεχνολογικά

λύσης της ενεργού ιλύος, αλλά και στην κατασκευή ΜΕΑΛ υψηλής και προωθημένης επεξεργασίας. Έτσι ορισμένες από τις πιο σύγχρονες ΜΕΑΛ της χώρας αποτελούν υπόδειγμα τεχνολογικής εφαρμογής, όπως θα υποστηριχτεί και θα αποδειχτεί στη συνέχεια της παρούσας εργασίας.

Συνεπώς και λόγω του αντικειμένου της, η παρούσα εργασία αναφέρεται στην τεχνική, οικονομική και περιβαλλοντική σύγκριση αντιπροσωπευτικών Ελληνικών μονάδων επεξεργασίας αστικών λυμάτων οι οποίες βασίζονται στο σύνολό τους στη βιολογική διαδικασία και ειδικότερα στα δύο γενικώς διακριτά και μονοσήμαντα εφαρμοζόμενα συστήματα της ενεργού ιλύος, δηλαδή είτε στο σύστημα του κανονικού αερισμού που απαιτεί πρόσθετη σταθεροποίηση της ιλύος μέσω αερόβιας ή αναερόβιας επεξεργασίας είτε στο σύστημα του παρατεταμένου αερισμού (extended aeration) που εξασφαλίζει πλήρη σταθεροποίηση της ιλύος.

## **2.2 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΩΝ ΜΕΑΛ**

Οι Μονάδες Επεξεργασίας Αστικών Λυμάτων σχεδιάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε τα χαρακτηριστικά εκροής των λυμάτων να ικανοποιούν την πρόταση-οδηγία της ΕΟΚ 91/271 παράρτημα ΙΙ, πίνακες Ι και ΙΙ. Οι παράμετροι των οποίων γενικώς τα χαρακτηριστικά εξετάζονται και οφείλουν να ικανοποιούν τις προδιαγραφές που ορίζονται από την παραπάνω οδηγία σε σχέση με την κατάσταση του τελικού αποδέκτη και σε συνδυασμό με την επιθυμητή χρήση των επεξεργασμένων λυμάτων, είναι οι εξής:

- Βιοχημικώς Απαιτούμενο Οξυγόνο (BOD)
- Χημικώς Απαιτούμενο Οξυγόνο (COD)
- Οξυγόνο
- Αιωρούμενα Στερεά (SS)
- Συνολικό Άζωτο
- Αμμωνιακό Άζωτο
- Φωσφόρος
- Κάποιοι άλλοι παράμετροι, όπως τα λίπη, τα επιπλέοντα στερεά και τα καθιζάνοντα στερεά

Δύο σημαντικά στοιχεία στο σχεδιασμό και τη λειτουργία των ΜΕΑΛ είναι ο καθορισμός του οργανικού φορτίου και της συγκέντρωσης των μικροοργανισμών. Το οργανικό φορτίο μετριέται συνήθως ως Βιοχημικός Απαιτούμενο Οξυγόνο ή ως Χημικός Απαιτούμενο Οξυγόνο και η μονάδα μέτρησης του είναι τα mg/l.

Ο υπολογισμός της συγκέντρωσης εμφανίζει δυσκολίες καθώς κατά τη βιολογική επεξεργασία αναπτύσσονται πολλά διαφορετικά είδη μικροοργανισμών, γεγονός που καθιστά τη μέτρηση τους με μικροσκόπιο χρονοβόρα και χωρίς πρακτική εφαρμογή. Μία μέθοδος που εφαρμόζεται προς την κατεύθυνση του ποσοτικού προσδιορισμού, θεωρεί τους μικροοργανισμούς ως αιωρούμενα στερεά τα οποία μπορούν να απομακρυνθούν από το νερό με διήθηση. Η συγκέντρωση που υπολογίζεται από τη διήθηση συγκεκριμένης ποσότητας λυμάτων και ζύγιση των στερεών που επικάθονται στο φίλτρο συμβολίζεται με MLSS (Mixed Liquor Suspended Solids), δηλαδή, Αιωρούμενα Στερεά Αντιδρώντος Μίγματος.

### **2.3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ**

Οι Μονάδες Επεξεργασίας Αστικών Λυμάτων είναι η τεχνολογική και επιστημονική απάντηση του ανθρώπου στο πρόβλημα της ρύπανσης του περιβάλλοντος από τα λύματα που το ίδιο το ανθρωπογενές περιβάλλον προκάλεσε. Αναμφίβολα, τα έργα Επεξεργασίας και Διάθεσης Λυμάτων είναι στρατηγικής σημασίας για την περιβαλλοντική προστασία και την αναβάθμιση της ευρείας περιοχής στην οποία λειτουργούν καθώς έχουν άμεση και σημαντική συμβολή στην ποιοτική προστασία του υδροσυστήματος αλλά και του γενικότερου φυσικού και ανθρωπογενούς περιβάλλοντος.

Η μέθοδος της ενεργού ιλύος στη γενική της διάσταση αποτελείται από τις παρακάτω ποιοτικά αλληλένδετες αλλά λειτουργικά διακεκριμένες διαδικασίες:

#### α. Γραμμή Επεξεργασίας Υγρών Λυμάτων

- Προεπεξεργασία ή μηχανική επεξεργασία (υποχρεωτική)
- Πρωτοβάθμια επεξεργασία ή αρχική καθίζηση (κατά περίπτωση)
- Δευτεροβάθμια ή βιολογική επεξεργασία (υποχρεωτική)
- Τριτοβάθμια ή χημική επεξεργασία (υποχρεωτική)
- Προωθημένη επεξεργασία για ειδική χρήση του νερού (προαιρετική)

### β. Γραμμή Επεξεργασίας Ιλύος

- Σταθεροποίηση ή αδρανοποίηση της ιλύος (κατά περίπτωση)
- Πάχυνση της ιλύος
- Αφυδάτωση της ιλύος

## **2.3.1 Γραμμή Επεξεργασίας Υγρών Λυμάτων**

### 2.3.1.1 Προεπεξεργασία των Λυμάτων

Η προεπεξεργασία των λυμάτων που ουσιαστικά προστατεύει τις επόμενες κύριες διαδικασίες επεξεργασίας από φθορές και καταστροφές, είναι μηχανική επεξεργασία και κατά κύριο λόγο στοχεύει στην απομάκρυνση κυρίως ανόργανων και αδρανών υλικών, ξένων προς τα λύματα. Η προεπεξεργασία των λυμάτων κατά βάση αποτελείται από τις διαδικασίες της *εσχάρωσης* και της *εξάμμωσης*, η οποία συνήθως συνδυάζεται και με εντατική λιποσυλλογή.

#### (i) Εσχάρωση

Στη διαδικασία της εσχάρωσης, εσχάρες κατακρατούν κυρίως ξύλα, κουρέλια, πλαστικά υλικά, κουτιά και άλλα. ευμεγέθη στερεά υλικά τα οποία όχι μόνο αποτελούν άχρηστα παραπροϊόντα για την κυρίως επεξεργασία των επομένων διαδικασιών αλλά μπορούν να προκαλέσουν σημαντικές φθορές και καταστροφές στον υποβρύχιο εξοπλισμό της μονάδας με τον οποίον θα έρχονταν σε επαφή ή και να προκαλέσουν εμφράξεις στις σωληνώσεις. Η απομάκρυνση των στερεών γίνεται με τη συγκράτησή τους σε εσχάρες κατά τη διέλευση των λυμάτων από τα διάκενα αυτών.

Από λειτουργική άποψη οι εσχάρες διακρίνονται σε απλές και μηχανικές. Οι απλές εσχάρες οι οποίες συνήθως αποτελούνται από απλό μεταλλικό πλαίσιο παραλλήλων ράβδων με διάκενα, τείνουν να αποτελέσουν παρελθόν επειδή απαιτούν χειρονακτικό καθαρισμό, ο οποίος συνιστά χρονοβόρα, δυσάρεστη και δύσκολα ελέγξιμη εργασία. Σήμερα χρησιμοποιούνται μόνο σε μικρές μονάδες και μάλιστα ως χονδροεσχάρες για προκαταρκτική εσχάρωση ιδιαίτερα ευμεγέθων στερεών μέγιστης διάστασης συνήθως έως 100 mm, πριν την κανονική εσχάρωση.

Αντίθετα οι μηχανικές εσχάρες διαθέτουν μηχανικό σύστημα καθαρισμού το οποίο λειτουργεί περιοδικά με εντολές που λαμβάνονται από αυτόματο σύστημα ελέγχου (συνήθως μέτρησης της διαφορικής στάθμης ανάντη και κατόντη της εσχάρας). Σήμερα αποτελούν τη μόνιμη επιλογή όλων των ορθολογικά σχεδιασμένων ΜΕΑΛ, ως βασικό σύστημα εσχαρισμού, ενώ στις πλέον προωθημένες περιπτώσεις συστημάτων

χρησιμοποιούνται και για τη διεργασία της προεσχάρωσης εφόσον αυτή απαιτείται από το σχεδιασμό του συστήματος. Οι απλούστερες μορφές μηχανικής εσχάρας είναι οι επίπεδες ή οι τοξωτές παραλλήλων ράβδων με περιοδικά κινούμενο, αλυσιδωτό για τις πρώτες και αξονικό για τις δεύτερες, παλινδρομικό ξέστρο καθαρισμού και επιτυγχάνουν απομάκρυνση στερεών μέγιστης διάστασης έως 10 mm. Όμως σήμερα τυγχάνουν σημαντικής εφαρμογής εσχάρες υψηλότερου τεχνολογικού επιπέδου όπως αυτές της κλιμακωτά κινούμενης για αυτοκαθαρισμό επιφάνειας και αυτές της ημικυλινδρικής διατομής τύπου κοσκίνου οι οποίες αντιμετωπίζουν ευχερώς και απομακρύνουν πιο λεπτομερή στερεά, μέγιστης διάστασης έως 5 mm.

Η παραγωγή των εσχαρισμάτων στατιστικά είναι κατά μέσο όρο  $5 \text{ l}/(\text{person} \cdot \text{year})$  για εσχάρα ανοίγματος 10 mm. Είναι αυτονόητο ότι η ποσότητα αυτή αυξομειώνεται ανάλογα με το σχεδιασμό της εσχάρωσης (κυρίως ελεύθερο άνοιγμα εσχαρισμού) ενώ στις περιπτώσεις των παντοροϊκών συστημάτων και κυρίως κατά τις περιόδους των βροχών αιχμής η ποσότητα των εσχαρισμάτων υπερπενταπλασιάζεται.

#### (ii) Εξάμμωση - Απολίπανση

Με τη διαδικασία της εξάμμωσης απομακρύνονται κόκκοι άμμου, αργιλικά ή άλλης γεωλογικής υφής μη οργανικά σωματίδια με διάμετρο συνήθως μεγαλύτερη των 0,15 mm και των οποίων οι ταχύτητες καθίζησης είναι αρκετά μεγαλύτερες από αυτές των οργανικών στερεών. Όπως συμβαίνει με τα παραπροϊόντα της εσχάρωσης έτσι και η απομάκρυνση των σωματιδίων αυτών (παντελώς άχρηστα για την κυρίως επεξεργασία) είναι απαραίτητη γιατί εγκυμονούν σημαντικά προβλήματα, όπως αποθέσεις υλικών στους αγωγούς, εμφράξεις, μείωση του όγκου των δεξαμενών και φθορές στον υποβρύχιο εξοπλισμό με τον οποίον θα έρχονταν σε επαφή. Παράλληλα με τη διαδικασία της εξάμμωσης, στα σύγχρονα συστήματα εκτελείται και η διαδικασία της απολίπανσης, δηλαδή της απομάκρυνσης ελαίων και λιπών τα οποία είναι μη βιοδιασπάσιμα (ουσιαστικά μη επεξεργάσιμα) και των οποίων η συνεχής ανακύκλωση θα δημιουργούσε ανεπιθύμητες συσσωρεύσεις στις διαδικασίες της ΜΕΑΛ.

Η διαδικασία της εξάμμωσης μπορεί να γίνει και σε απλούς διαύλους ελεγχόμενης ταχύτητας ροής, όμως σε όλα τα σύγχρονα συστήματα η διαδικασία είναι «εξαναγκασμένη» και εκτελείται σε αεριζόμενες πρισματικές (τραπεζοειδούς διατομής) αεριζόμενες δεξαμενές. Στις δεξαμενές αυτές, η αμμοκράτηση γίνεται με υποβρύχια διάχυση αέρα που κρατά σε εναιώρηση τα οργανικά φορτία ενώ επιτρέπει την ευχερή καθίζηση της άμμου και των λοιπών λεπτομερών αδρανών. Παράλληλα, σε πλευρικό

διάυλο επιτυγάνεται η συγκέντρωση των λιπών και των ελαίων που όπως αναφέρθηκε είναι εξίσου ανεπιθύμητα στην εξέλιξη της λοιπής διαδικασίας επεξεργασίας.

Η παραγωγή των προϊόντων της εξάμμωσης εμφανίζει ισχυρές διακυμάνσεις, ανάλογα με τα δεδομένα του αποχετευόμενου χώρου. Όμως στατιστικά μπορεί να θεωρηθεί ένας μέσος όρος αντίστοιχος με αυτόν της εσχάρωσης (περίπου  $5 \text{ l}/(\text{person} \cdot \text{year})$ ) που προφανώς αυξάνεται σημαντικά σε περίπτωση παντοροϊκών συστημάτων με αιχμή παραγωγής κατά τις έντονες βροχοπτώσεις και μάλιστα μετά από παρατεταμένη ανομβρία.

#### (iii) Γενικές επισημάνσεις για τη διαδικασία της προεπεξεργασίας

Η διαδικασία της προεπεξεργασίας είναι η πλέον οχληρή και δυσάρεστη εργασία σε κάθε ΜΕΑΛ, κυρίως διότι αναπτύσσονται δυσάρεστες οσμές από τα απολύτως ανεπεξέργαστα λύματα. Για το λόγο αυτόν στα σύγχρονα έργα κυρίως η εσχάρωση αλλά και η εξάμμωση τοποθετούνται εντός κτιρίων με συστήματα απόσμησης του αέρα.

Τα παραπροϊόντα της προεπεξεργασίας συνήθως εκπλένονται για την απομάκρυνση των προσκολλημένων στα απομακρυνόμενα στερεά οργανικών, τα οποία επαναφέρονται στη ΜΕΑΛ για την βιολογική επεξεργασία τους. Μετά την έκπλυση τα παραπροϊόντα συλλέγονται μέσω μηχανικών συστημάτων (ταινιών ή κοχλιών) σε κάδους και απομακρύνονται προς τους χώρους υγειονομικής ταφής των αστικών απορριμμάτων.

#### 2.3.1.2 Πρωτοβάθμια Καθίζηση

Με τη λειτουργική διαδικασία της πρωτοβάθμιας καθίζησης απομακρύνονται οργανικά και ανόργανα στερεά μεγέθους συνήθως 0,001-0,1 mm με βασικό στόχο τη μείωση του βασικού ρυπαντικού φορτίου (ως προς SS και BOD) και κατά συνέπεια τη διευκόλυνση της βιολογικής επεξεργασίας που ακολουθεί, ή τη βελτίωση των συνθηκών διάθεσης στον αποδέκτη, στην περίπτωση όπου αυτή η φάση είναι η τελική. Η τελευταία αυτή περίπτωση συμβαίνει σε συστήματα χαμηλού σχεδιασμού (συστήματα αποκλειστικά πρωτοβάθμιας επεξεργασίας), όπως έως πρότινος στη μονάδα της Ψυττάλειας ή παλαιότερα στη μονάδα Σίνδου της Θεσσαλονίκης.

Διευκρινίζεται ότι η διαδικασία της πρωτοβάθμιας καθίζησης εφαρμόζεται στη συμβατική (κλασική) μέθοδο της ενεργού ιλύος που χαρακτηρίζει κυρίως μεγάλες ΜΕΑΛ ενώ σε μικρότερες μονάδες παραλείπεται εφόσον το σύστημα της ενεργού ιλύος σχεδιάζεται με τη μέθοδο του παρατεταμένου αερισμού.



Κύριο λειτουργικό χαρακτηριστικό της πρωτοβάθμιας καθίζησης, η οποία συντελείται σε δεξαμενές ορθογωνικής ή κυλινδρικής διατομής, είναι το γεγονός ότι τα αιωρούμενα σωματίδια, σε συνθήκες σχεδόν ήρεμης ροής, καθώς καθιζάνουν συσσωματώνονται με αποτέλεσμα τη διαρκή αύξηση της ταχύτητας καθίζησής τους.

Η καθιζάνουσα στον πυθμένα ιλύς, δηλαδή τα συσσωματωμένα στερεά, απομακρύνονται με μηχανικά συστήματα ξέστρων τα οποία ποικίλουν ανάλογα προς την τεχνολογία σχεδιασμού και τη γεωμετρία της δεξαμενής. Η απομακρυνόμενη από την πρωτοβάθμια καθίζηση ιλύς είναι ασταθής εφόσον δεν έχει υποστεί βιολογική επεξεργασία και οδηγείται προς τη διαδικασία της σταθεροποίησης μέσω αναερόβιας ή (σπανίως) αερόβιας χώνευσης.

Με την πρωτοβάθμια επεξεργασία μπορεί να απομακρυνθούν κατά μέσο όρο το 35% του οργανικού φορτίου (BOD) και το 55% των αιωρούμενων στερεών (SS). Πρέπει όμως να τονιστεί ότι τα ποσοστά αυτά διευκολύνουν σχεδόν μόνο τη βιολογική επεξεργασία που έπεται χωρίς να σημαίνει ότι οι ρυπαντές αυτοί δεν απαιτούν τη δική τους πρόσθετη επεξεργασία μέσω των προαναφερθεισών διαδικασιών επεξεργασίας της καλούμενης πρωτοβάθμιας ιλύος.

#### 2.3.1.3 Βιολογική Επεξεργασία

Κατά βάση στη βιολογική επεξεργασία, οι οργανικές ουσίες που περιέχονται στα λύματα χρησιμοποιούνται από τους μικροοργανισμούς της ενεργού ιλύος που παρέχεται με ανακυκλοφορία της καθιζάνουσας στην τελική καθίζηση ιλύος και οξειδώνονται από το οξυγόνο του παρεχόμενου συνήθως εξαναγκασμένα ατμοσφαιρικού αέρα με αποτέλεσμα τη δημιουργία νέων ευκόλως βιοαποικοδομήσιμων μικροοργανισμών καθώς και επιθυμητών τελικών προϊόντων όπως  $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $NO_2^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $SO_4^{=}$  κλπ.

Η τυπική διαδικασία της ενεργού ιλύος περιλαμβάνει τη διάταξη νιτροποίησης-απονιτροποίησης και τη διάταξη τελικής (δευτεροβάθμιας) καθίζησης.

##### (i) Νιτροποίηση-Απονιτροποίηση

Η διαδικασία νιτροποίησης-απονιτροποίησης συντελείται είτε εντός δεξαμενών με διακεκριμένους δομικά αεριζόμενους και ανοξικούς θαλάμους συνήθως ορθογωνικής κάτοψης, είτε σε ενιαίες δεξαμενές συνήθως μορφής οξειδωτικής τάφρου με λειτουργικά διακρινόμενες αεριζόμενες και ανοξικές ζώνες. Στις ανοξικές περιοχές και υπό συνθήκες πολύ μικρής συγκέντρωσης οξυγόνου, τα ανεπιθύμητα νιτρικά μετατρέπονται σε άζωτο το οποίο ελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα. Στις αεριζόμενες

περιοχές παρέχεται αέρας είτε υποβρυχίως από φουσητήρες (blowers) μέσω διαχυτών, είτε από επιφανειακούς αεριστήρες κατακορύφου ή οριζοντίου άξονα. Στις περιοχές αυτές οι συνθήκες μεταβάλλονται σε έντονα αερόβιες και προκαλείται η διαδικασία της νιτροποίησης που μετατρέπει την αμμωνία που υπάρχει στα λύματα σε νιτρικά ιόντα. Ταυτόχρονα, καταναλώνεται το μεγαλύτερο μέρος του οργανικού φορτίου και απελευθερώνεται στον αέρα ως διοξείδιο του άνθρακα

Ανάντη της διαδικασίας μπορεί να προηγείται δεξαμενή βιολογικής αποφωσφόρωσης όπου υπό αναερόβιες συνθήκες απομακρύνεται ο φωσφόρος.

Το ανάμεικτο υγρό της διαδικασίας νιτροποίησης-απονιτροποίησης παρέχεται με υπερχειλίση στη διαδικασία της τελικής (δευτεροβάθμιας) καθίζησης.

Μια γενική παρατήρηση για το βιολογικό αντιδραστήρα είναι η επισήμανση ότι αποτελεί το πλέον ενεργοβόρο τμήμα μιας ΜΕΑΛ και υπό την έννοια αυτή οι παράμετροι που τον συνθέτουν από τεχνολογική άποψη αποτελούν βασικό άξονα αναφοράς της παρούσας εργασίας και θα αναλυθούν στο αντίστοιχο κεφάλαιο.

#### (ii) Τελική Καθίζηση

Η τελική καθίζηση του ανάμεικτου υγρού συντελείται σε δεξαμενές ορθογωνικής ή κυλινδρικής διατομής. Όπως και στη διαδικασία της πρωτοβάθμιας καθίζησης τα αιωρούμενα σωματίδια, σε συνθήκες σχεδόν ήρεμης ροής, καθώς καθιζάνουν συσσωματώνονται με αποτέλεσμα τη διαρκή αύξηση της ταχύτητας καθίζησής τους.

Η καθιζάνουσα στον πυθμένα ιλύς απομακρύνεται με μηχανικά συστήματα ξέστρων τα οποία ποικίλουν ανάλογα με την τεχνολογία σχεδιασμού και τη γεωμετρία της δεξαμενής. Το μέγιστο μέρος της καθιζάνουσας ιλύος ανακυκλοφορείται διαρκώς, με άντληση προς την αρχή της βιολογικής διαδικασίας (σε ποσοστό περίπου 80% των παρεχόμενων λυμάτων) για τη δημιουργία συνθηκών αποδόμησης και οξείδωσης των εισερχόμενων λυμάτων παρουσία οξυγόνου, ενώ η περίσσεια αντλείται προς την τελική της επεξεργασία. Ειδικότερα στην περίπτωση του παρατεταμένου αερισμού, η απομακρυνόμενη περίσσεια από τη δευτεροβάθμια καθίζηση ιλύος είναι σταθεροποιημένη, εφόσον έχει υποστεί βιολογική επεξεργασία και οδηγείται απευθείας προς τη διαδικασία πάχυνσης και αφυδάτωσης.

#### 2.3.1.4 Τριτοβάθμια (συνήθως χημική) Επεξεργασία

Ως τριτοβάθμια επεξεργασία στην παρούσα εργασία νοείται η απολύμανση των επεξεργασμένων λυμάτων παρά το γεγονός ότι βιβλιογραφικά υπάρχει μία σύγχυση ως

προς τον όρο εφόσον σε παλαιότερες αναφορές ως τριτοβάθμια επεξεργασία (tertiary treatment) αναφερόταν η διαδικασία απονιτροποίησης η οποία σήμερα πλέον θεωρείται ως βασικότερη διαδικασία της βιολογικής επεξεργασίας.

Στόχος της απολύμανσης είναι η καταστροφή των παθογόνων οργανισμών ώστε να αποφεύγεται η μετάδοση ασθενειών από τη χρήση του νερού του αποδέκτη των επεξεργασμένων λυμάτων.

Η διαδικασία της απολύμανσης συνήθως είναι χημική με τη χρήση κυρίως χλωρίου ή ενώσεών του, ενώ σπανιότερα χρησιμοποιείται το όζον (O<sub>3</sub>). Σε ορισμένες περιπτώσεις (υπό τη μονοσήμαντη συνθήκη να προηγείται προωθημένη επεξεργασία με διύλιση), χρησιμοποιείται και η υπεριώδης ακτινοβολία UV (Ultra Violet).

#### 2.3.1.5 Προωθημένη Επεξεργασία

Ως προωθημένη επεξεργασία θεωρείται η τελική διύλιση του νερού μετά τη βιολογική του επεξεργασία και επιλέγεται μόνον εφόσον η τελική διάθεση των επεξεργασμένων λυμάτων θα γίνεται υποχρεωτικά για ειδικές χρήσεις όπως για άρδευση ειδικών καλλιεργειών ή σε αποδέκτες με άμεση χρήση του νερού.

Για την προωθημένη επεξεργασία χρησιμοποιούνται συνήθως κλίνες διύλισης μέσω ή φίλτρου άμμου ή συνδυασμένου φίλτρου άμμου-ανθρακίτη καθώς και μηχανικά φίλτρα μεμβρανών.

### **2.3.2 Γραμμή Επεξεργασίας Ιλύος**

#### 2.3.2.1 Σταθεροποίηση της Ιλύος

Η διαδικασία αυτή ακολουθείται στην περίπτωση εφαρμογής της συμβατικής ενεργού ιλύος με τη χρήση πρωτοβάθμιας καθίζησης ή (σε ελάχιστες περιπτώσεις παρατεταμένου αερισμού) εφόσον η διαστασιολόγηση του βιολογικού αντιδραστήρα δεν επιτρέπει την πλήρη αδρανοποίηση της ιλύος. Με τη διαδικασία αυτή αντιμετωπίζονται και αποδομούνται τα ρυπαντικά φορτία των λυμάτων τα οποία δεν είναι δυνατόν να αποδομηθούν κατά τη βιολογική επεξεργασία και βρίσκονται στο απομακρυνόμενο μίγμα των καθιζήσεων.

Αρχικά γίνεται η ομογενοποίηση των διαφόρων ειδών της (πρωτοβάθμιας, δευτεροβάθμιας κλπ) ιλύος σε σχετική δεξαμενή. Στη συνέχεια εκτελείται η διαδικασία πάχυνσης της ιλύος η οποία μπορεί να ενσωματωθεί στην προηγούμενη διαδικασία.

Μετά την πάχυνση η ιλύς πυκνώνει και η περιεκτικότητά της σε στερεά από 1% γίνεται 3%.

Η διαδικασία σταθεροποίησης της ιλύος που αποτελεί την «καρδιά» της γραμμής (όπως ο βιολογικός αντιδραστήρας στη γραμμή λυμάτων) γίνεται με αναερόβια ή και αερόβια επεξεργασία.

Η αναερόβια επεξεργασία της ιλύος γίνεται σε συστήματα αναερόβιων χωνευτών και αποτελείται από σειρά πολύπλοκων διεργασιών μέσω των οποίων αντιμετωπίζονται βιολογικά τα ρυπαντικά φορτία της μη σταθεροποιημένης ιλύος.

Το ίδιο αποτέλεσμα επιτυγχάνεται και με την αερόβια επεξεργασία, μόνο που η τελευταία χρησιμοποιείται σπανίως και σε ειδικές περιπτώσεις επειδή είναι συγκριτικά πιο ενεργοβόρα.

#### 2.3.2.2 Πάχυνση της Ιλύος

Η διαδικασία πάχυνσης γίνεται υποχρεωτικά τόσο μετά τη διαδικασία σταθεροποίησης της ιλύος (στην περίπτωση του συμβατικού συστήματος) όσο και μετά τη βιολογική διαδικασία (στην περίπτωση εφαρμογής του παρατεταμένου αερισμού)

Η πάχυνση της ιλύος σήμερα γίνεται σε μηχανικούς παχυντές οι οποίοι έχουν αντικαταστήσει πλήρως τους παχυντές βαρύτητας (απλές δεξαμενές με ξέστρο) που επικρατούσαν ως την τελευταία 10ετία.

Οι μηχανικοί παχυντές ποικίλουν ανάλογα με την τεχνολογία και μπορεί να είναι τράπεζες πάχυνσης, τύμπανα ή φυγοκεντρικοί παχυντές.

Με τους μηχανικούς παχυντές επιτυγχάνεται υγρό μίγμα έως και 5% περιεκτικότητας σε στερεά (έναντι 1% περίπου της περιεκτικότητας της περίσσειας ιλύος), δηλαδή μείωση του όγκου στο 20% περίπου.

#### 2.3.2.3 Αφυδάτωση της Ιλύος

Η αφυδάτωση της ιλύος αποτελεί υποχρεωτική διαδικασία για κάθε σύστημα επεξεργασίας και στοχεύει στην αποτελεσματική μείωση του όγκου των στερεών που απαιτείται να απομακρυνθούν από το σύστημα της ΜΕΑΛ. Ειδικότερα για το σύστημα του παρατεταμένου αερισμού αποτελεί την κύρια διαδικασία της γραμμής ιλύος, εφόσον η διαδικασία πάχυνσης είναι βοηθητική και μπορεί να ενσωματωθεί στην κύρια διαδικασία αφυδάτωσης.

Η αφυδάτωση της ιλύος σήμερα γίνεται αποκλειστικά σε μηχανικά συστήματα και ειδικότερα σε ταινιοφιλτρόπρεσες (μαζική εφαρμογή), επίπεδες πρέσες ισχυρής πίεσης ή φυγοκεντρικά συστήματα.

Με την ταινιοφιλτρόπρεσσα επιτυγχάνεται απόδοση προϊόντος έως 23% σε στερεά, αλλά με χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση και ασήμαντη απαίτηση προσωπικής εργασίας.

Με την επίπεδη πρέσσα υψηλής πίεσης επιτυγχάνεται απόδοση προϊόντος έως 28% σε στερεά, με χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση αλλά με σημαντική απαίτηση προσωπικής εργασίας.

Με το φυγοκεντρικό σύστημα επιτυγχάνεται απόδοση προϊόντος έως 35% σε στερεά, αλλά με υψηλή ενεργειακή κατανάλωση και με χαμηλή απαίτηση προσωπικής εργασίας.

Με βάση τα παραπάνω συν το γεγονός ότι το επενδυτικό κόστος της ταινιοφιλτρόπρεσσας είναι σημαντικά χαμηλότερο από των άλλων συστημάτων, εξηγείται η ευρύτατη χρήση της.

### **2.3.3 Τα Συστήματα της Μεθόδου της Ενεργού Ιλύος**

#### 2.3.3.1 Γενικά

Όπως ήδη αναφέρθηκε, στην Ελλάδα, στην οποία σημειωτέον εφαρμόζονται οι πλέον σύγχρονες τεχνολογίες του τομέα, σε όλες τις βασικές ΜΕΑΛ με εξαίρεση πολύ μικρές ή λειτουργικά αποτυχημένες μονάδες, εφαρμόζεται η μέθοδος της ενεργού ιλύος είτε στη συμβατική εκδοχή της ως μέθοδος κανονικού αερισμού είτε στην εκδοχή του παρατεταμένου αερισμού.

Η διαφορά ως προς το πεδίο εφαρμογής γενικώς, είναι ότι η συμβατική ενεργός ιλύς υλοποιείται σε μεγαλύτερες ΜΕΑΛ, με εξυπηρετούμενο ισοδύναμο πληθυσμό συνήθως άνω των 120.000 κατοίκων ενώ η μέθοδος του παρατεταμένου αερισμού εφαρμόζεται σε συστήματα που εξυπηρετούν μικρότερο από τον παραπάνω ισοδύναμο πληθυσμό. Το κριτήριο αυτό δεν μπορεί να είναι δογματικό εφόσον κάθε περίπτωση πρέπει να εξετάζεται ειδικά και να προκύπτουν τα αντίστοιχα συμπεράσματα.

#### 2.3.3.2 Συμβατικό σύστημα ενεργού ιλύος

Το συμβατικό σύστημα της ενεργού ιλύος περιλαμβάνει γενικώς το σύνολο των διαδικασιών που περιγράφηκαν στο εδάφιο 2.3.2.

Ειδικότερα και όσον αφορά τη γραμμή λυμάτων μετά τη μηχανική προεπεξεργασία τους τα υγρά απόβλητα οδηγούνται στην πρωτοβάθμια καθίζηση και στη συνέχεια στη βιολογική επεξεργασία όπου εκτελείται η «εσωτερική» -εφόσον απαιτείται- ανακυκλοφορία του νιτροποιημένου υγρού και η «εξωτερική» ανακυκλοφορία της καθιζάνουσας ενεργού ιλύος, ενώ τα επεξεργασμένα λύματα οδηγούνται στον αποδέκτη αφού πρώτα υποστούν τη διαδικασία της απολύμανσης.

Όσον αφορά τη γραμμή ιλύος, το καθιζάνον μίγμα στην πρωτοβάθμια καθίζηση (ανεπεξέργαστο υγρό) ομογενοποιείται με το μίγμα της περίσσειας ιλύος της δευτεροβάθμιας (τελικής) καθίζησης και στη συνέχεια υφίσταται συνήθως αναερόβια επεξεργασία σε συστήματα χωνευτών. Στη συνέχεια η σταθεροποιημένη ιλύς οδηγείται για τελική πάχυνση και αφυδάτωση.

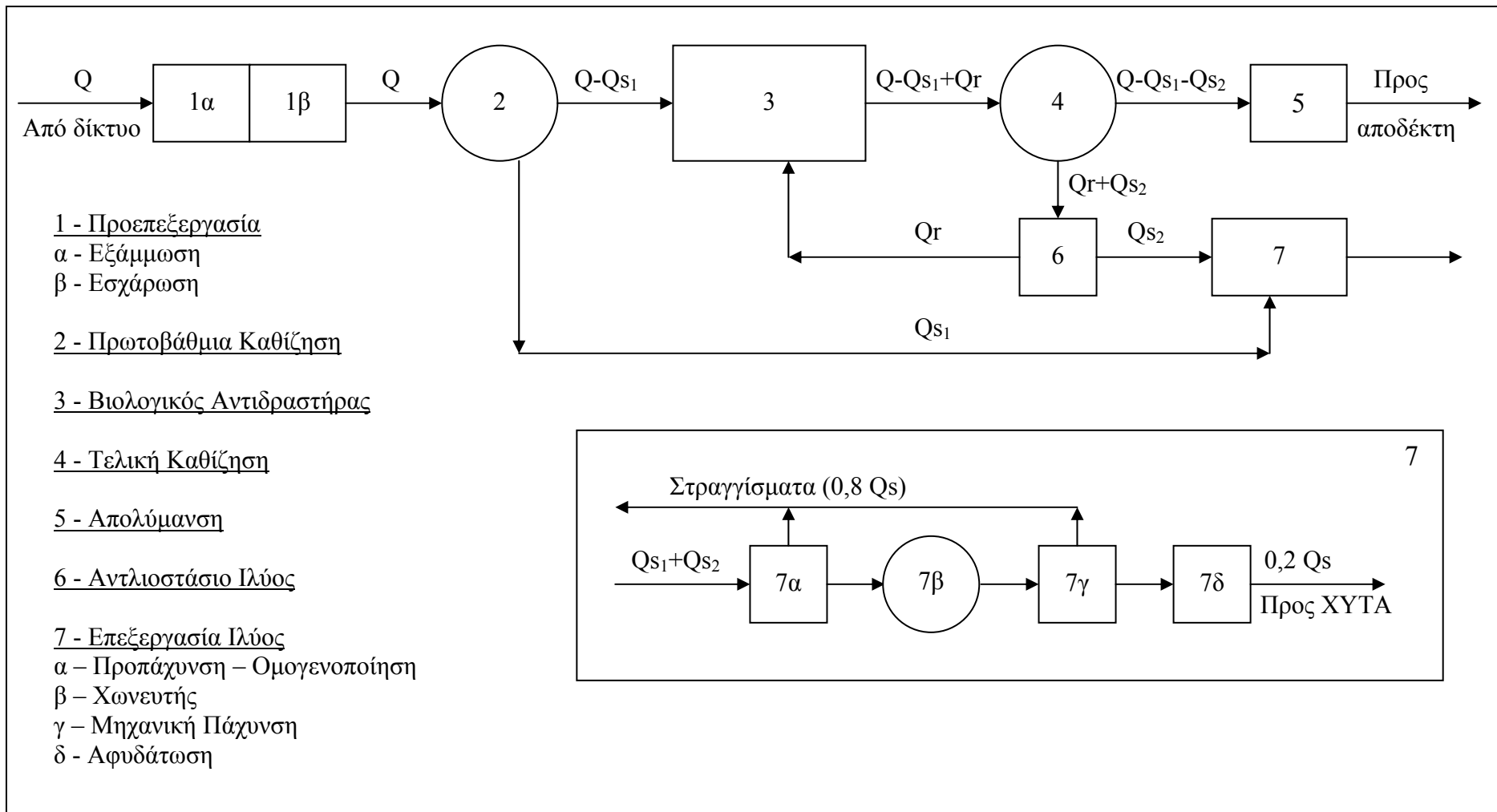
#### 2.3.3.3 Σύστημα παρατεταμένου αερισμού

Η ειδοποιός διαφορά του συστήματος παρατεταμένου αερισμού είναι η ανάληψη της πλήρους σταθεροποίησης της ιλύος από τη βιολογική διαδικασία. Επομένως το σύστημα αυτό δεν απαιτεί μονάδα πρωτοβάθμιας καθίζησης ούτε και διαδικασία σταθεροποίησης της ήδη σταθεροποιημένης ιλύος.

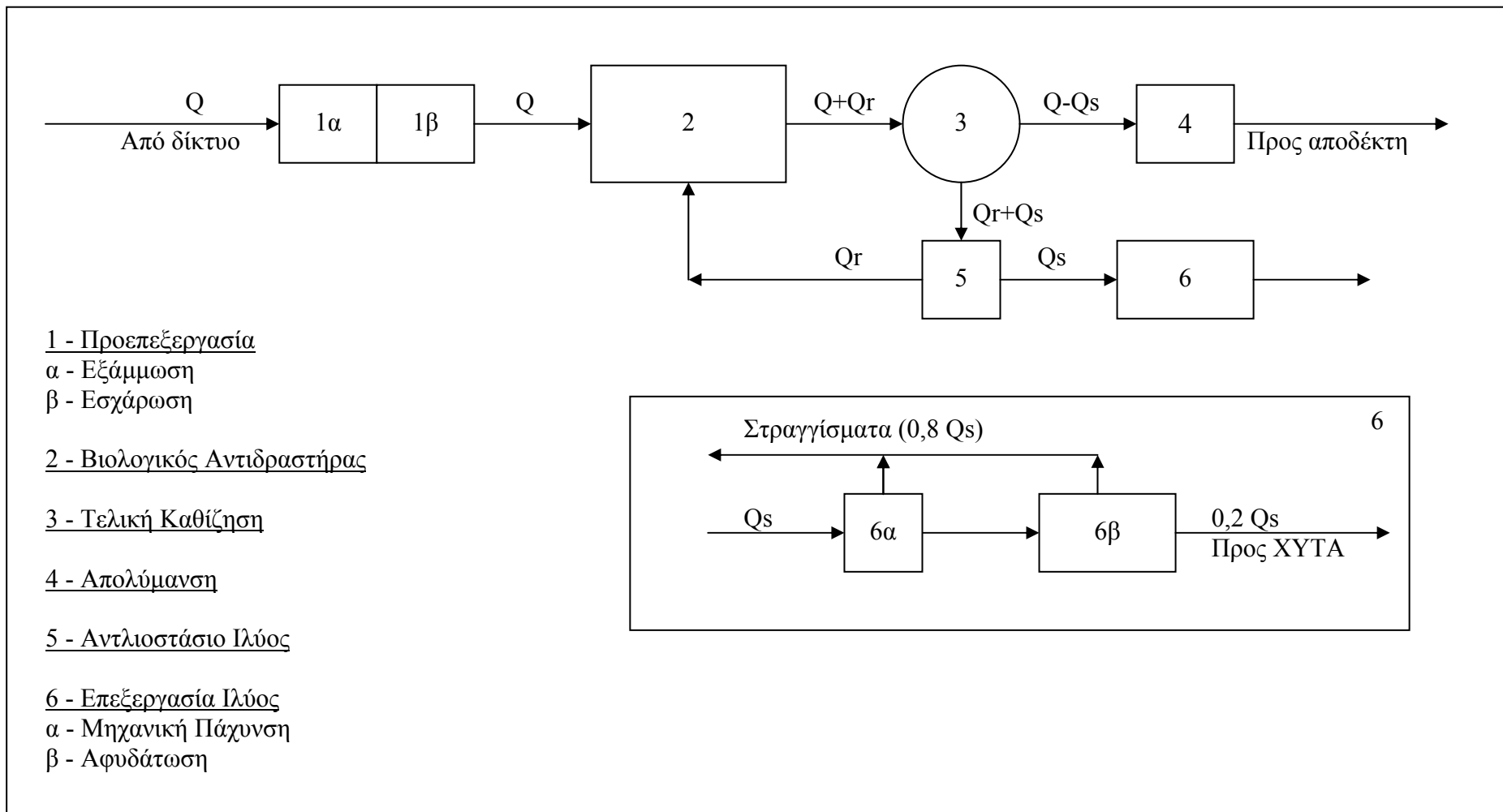
Όσον αφορά τη γραμμή λυμάτων μετά τη μηχανική προεπεξεργασία τους τα υγρά απόβλητα οδηγούνται απευθείας στη βιολογική επεξεργασία όπου εκτελείται η «εσωτερική» –εφόσον απαιτείται- ανακυκλοφορία του νιτροποιημένου υγρού και η «εξωτερική» ανακυκλοφορία της καθιζάνουσας ενεργού ιλύος, ενώ τα επεξεργασμένα λύματα οδηγούνται στον αποδέκτη αφού πρώτα υποστούν τη διαδικασία της απολύμανσης

Τέλος, στη γραμμή ιλύος, η περίσσεια αυτής από την καθίζηση είναι πλήρως σταθεροποιημένη και οδηγείται απευθείας στη μονάδα πάχυνσης και αφυδάτωσης.

Στα σχήματα 2.1 και 2.2, που ακολουθούν, απεικονίζονται το συμβατικό σύστημα ενεργού ιλύος και το σύστημα παρατεταμένου αερισμού αντίστοιχα.



Σχήμα 2.1: Σύστημα Ενεργού Ιλύος – Κλασσική Μέθοδος



Σχήμα 2.2: Σύστημα Ενεργού Ιλύος – Μέθοδος Παρατεταμένου Αερισμού



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup> - ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ** **ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΩΝ ΜΕΑΛ**

### **3.1 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ**

Ο αριθμός των Μονάδων Επεξεργασίας Αστικών Λυμάτων, που έχουν κατασκευασθεί και λειτουργούν στην Ελλάδα, έχει αυξηθεί σημαντικά τις τελευταίες δύο δεκαετίες. Μέχρι το τέλος του 1997 καταγράφηκαν 241 ΜΕΑΛ, οι οποίες σύμφωνα με το βαθμό επεξεργασίας που παρέχουν, μπορούν να καταταγούν σε πρωτοβάθμιας, δευτεροβάθμιας και τριτοβάθμιας επεξεργασίας. Ο βαθμός της επεξεργασίας των αστικών λυμάτων κατά αριθμό μονάδων, ισοδύναμους κατοίκους (ι.κ.) και σημερινούς ισοδύναμους κατοίκους (σ.ι.κ.) συνοψίζονται στον Πίνακα 3.1 (Αγγελάκης, Διαμαντόπουλος, 1999).

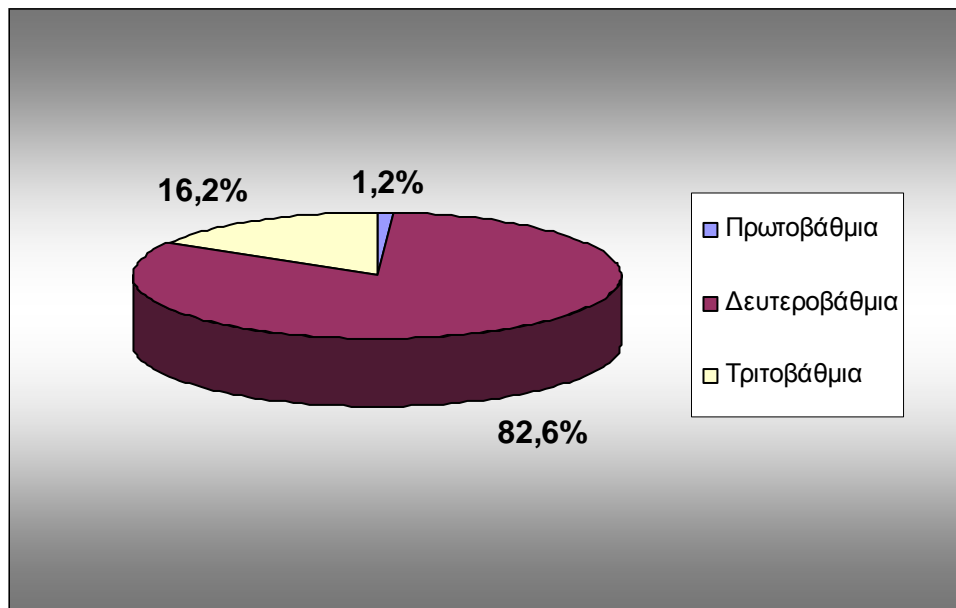
**Πίνακας 3.1: Βαθμός επεξεργασίας αστικών λυμάτων κατά αριθμό μονάδων, ι.κ. και σ.ι.κ.**

Βαθμός Επεξεργασίας	Μονάδες		ι.κ.		σ.ι.κ.	
	αριθμός	%	αριθμός	%	αριθμός	%
Πρωτοβάθμια	3	1,2	3.505.000	42,8	3.504.000	62
Δευτεροβάθμια	199	82,6	3.586.763	43,8	1.862.990	32,9
Τριτοβάθμια	39	16,2	1.103.150	13,5	288.300	5,1
Σύνολο	241	100	8.194.913	100	5.655.290	100

Στον παραπάνω πίνακα υπάρχει ένα αξιοσημείωτο στοιχείο. Ενώ οι μονάδες πρωτοβάθμιας επεξεργασίας αποτελούν μόλις το 3% των συνολικών, το ποσοστό που εξυπηρετείται από αυτές φτάνει το 42,8% για τους ισοδύναμους κατοίκους και το 62% για τους σημερινούς ισοδύναμους κατοίκους. Αυτό οφείλεται στο ότι η μεγαλύτερη μονάδα της Ελλάδας που βρίσκεται στην Ψυττάλεια και εξυπηρετεί την Αθήνα, τον Πειραιά και γειτονικούς δήμους και κοινότητες παρήγαγε μέχρι πρόσφατα πρωτοβάθμια εκροή. (Αγγελάκης, Διαμαντόπουλος, 1999).

Τα δεδομένα πρόκειται να αλλάξουν σημαντικά στο εγγύς μέλλον, καθώς ήδη έχουν κατασκευασθεί εγκαταστάσεις δευτεροβάθμιας επεξεργασίας στην Ψυττάλεια, οι οποίες λειτουργούν από τις 15 Δεκεμβρίου του 2004.

Επίσης, οι μονάδες δευτεροβάθμιας επεξεργασίας αποτελούν τη συντριπτική πλειοψηφία των μονάδων, γεγονός που παριστάνεται γραφικά στο Σχήμα 3.1.



**Σχήμα 3.1: Βαθμός επεξεργασίας αστικών λυμάτων κατά αριθμό μονάδων.**

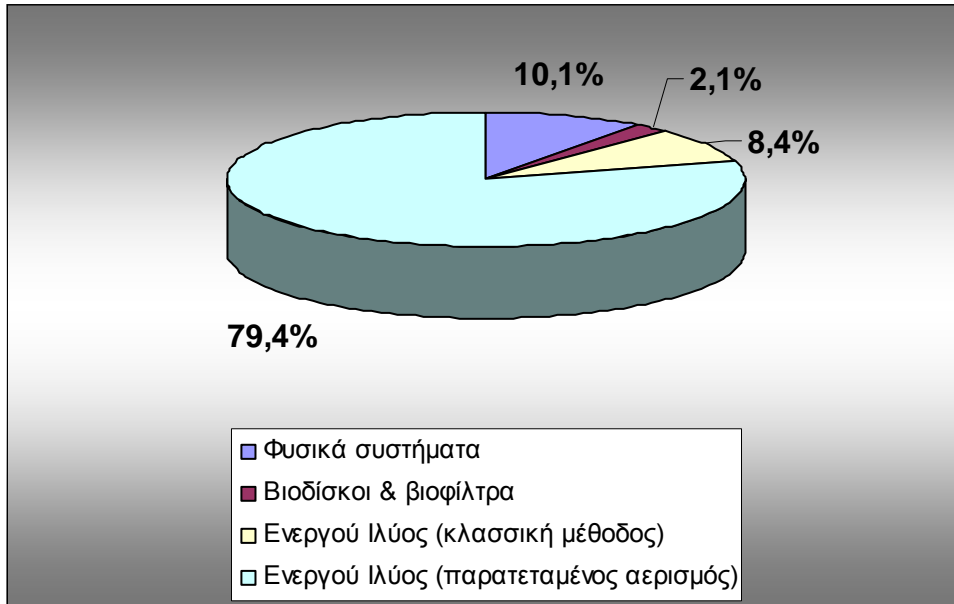
Σύμφωνα με το βαθμό βιολογικής επεξεργασίας που λαμβάνει χώρα, οι μονάδες μπορούν να καταταγούν σε φυσικά συστήματα, σε συστήματα ενεργού ιλύος και σε αυτά των βιοδίσκων και βιοφίλτρων. Ο τρόπος βιολογικής επεξεργασίας κατά αριθμό μονάδων, ι.κ. και σ.ι.κ. φαίνεται στον Πίνακα 3.2 (Τσαγκαράκης, Αγγελάκης, 1999).

**Πίνακας 3.2: Βιολογική επεξεργασία κατά αριθμό μονάδων, ι.κ. και σ.ι.κ.**

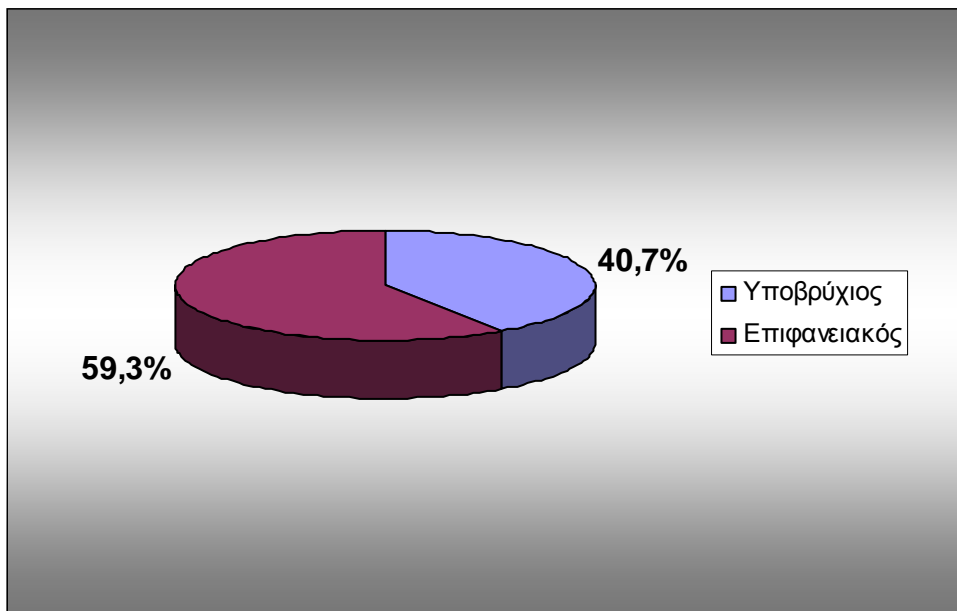
Επεξεργασία	Μονάδες		ι.κ.		σ.ι.κ.	
	αριθμός	%	αριθμός	%	αριθμός	%
Ενεργού Ιλύος	209	87,8	4.621.423	98,5	2.121.600	98,6
Φυσικά συστήματα	24	10,1	31.500	0,7	13.090	0,6
Βιοδίσκοι, βιοφίλτρα	5	2,1	36.990	0,8	16.600	0,8
Σύνολο	241	100	4.689.913	100	2.151.290	100

Είναι λοιπόν φανερό ότι τα συστήματα ενεργού ιλύος είναι τα πιο διαδεδομένα, συνήθως όμως δε συναντώνται στην κλασική τους μορφή, καθώς από τα 209, τα 189 είναι συστήματα που λειτουργούν με τη μέθοδο του παρατεταμένου αερισμού (Σχήμα 3.2). Το γεγονός αυτό είναι απόλυτα λογικό καθώς στην Ελλάδα υπάρχουν λίγες πόλεις που ο πληθυσμός της ευρύτερης περιοχής τους ξεπερνάει τους 120.000 κατοίκους.

Επίσης σημειώνεται ότι από τα 209 συστήματα ενεργού ιλύος, στα 85 εφαρμόζεται υποβρύχιος αερισμός, ενώ στα υπόλοιπα 124 εφαρμόζεται επιφανειακός αερισμός. Αυτό φαίνεται στο Σχήμα 3.3 (Τσαγκαράκης, Αγγελάκης, 1999).



Σχήμα 3.2: Βαθμός βιολογικής επεξεργασίας κατά αριθμό μονάδων



Σχήμα 3.3: Είδος αερισμού στα συστήματα ενεργού ιλύος

### **3.2 ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ**

Τα βασικά κριτήρια για την επιλογή του δείγματος ήταν δύο, ο αριθμός των εξεταζόμενων μονάδων και η διαφορετικότητά τους. Έτσι συλλέχθηκαν στοιχεία από 12 Μονάδες Επεξεργασίας Αστικών Λυμάτων. Όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο εδάφιο, στον ελλαδικό χώρο, μέχρι το τέλος του 1997 είχαν καταγραφεί 241 μονάδες. Σήμερα υπολογίζεται ότι ο αριθμός τους φτάνει τις 350, από τις οποίες μόνο οι 210 έχουν σχεδιαστεί για την επεξεργασία λυμάτων ισοδύναμου πληθυσμού μεγαλύτερου των 5.000 κατοίκων. Στην εργασία εξετάζονται ΜΕΑΛ ισοδύναμου πληθυσμού μεγαλύτερου των 5.000, άρα ο αριθμός των εξεταζόμενων ξεπερνά το 5% επί του συνολικού, γεγονός που καθιστά το δείγμα ικανοποιητικό.

Όσον αφορά το δεύτερο κριτήριο, εξετάστηκαν τόσο μονάδες με μικρό ισοδύναμο πληθυσμό, όπως του Γαλαξιδίου, των Δελφών, της Ιτέας και της Ναυπάκτου, όσο και μονάδες μεγάλου ισοδύναμου πληθυσμού, όπως των Ιωαννίνων, της Πάτρας και των Χανίων. Επίσης στο δείγμα υπάρχουν μονάδες που λειτουργούν με την κλασική μέθοδο και άλλες που επεξεργάζονται τα λύματα με τη μέθοδο του παρατεταμένου αερισμού. Σημαντικό στοιχείο για την επιλογή αποτέλεσε η χρησιμοποίηση επιφανειακού ή υποβρύχιου αερισμού. Τέλος για την ύπαρξη διαφορετικότητας, λήφθηκαν υπόψη και παράγοντες όπως, το επίπεδο αυτοματισμού, η ενεργειακή κατανάλωση και ο τρόπος λειτουργίας (δήμος, ΔΕΥΑ, ιδιώτης).

### **3.3 ΣΥΛΛΟΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ**

Μετά την επιλογή του δείγματος συλλέχθηκαν τα αναγκαία στοιχεία για την πραγματοποίηση της εργασίας. Αυτό έγινε ξεχωριστά σε κάθε μονάδα, όπου ο εκάστοτε υπεύθυνος περιέγραψε το έργο και βοήθησε στη συμπλήρωση των πινάκων. Από τις συνεντεύξεις με τους υπευθύνους προσκομίστηκαν στοιχεία που αφορούν τη θέση και το κόστος του έργου, τα ειδοποιά χαρακτηριστικά της μεθόδου επεξεργασίας, τη μεταφορά και τη διάθεση λυμάτων και ιλύος, το επίπεδο αυτοματισμού, τα χαρακτηριστικά που επιδρούν στην ενεργειακή κατανάλωση και τα λειτουργικά στοιχεία.

Με στόχο τη συλλογή των καθοριστικών για την ανάλυση στοιχείων καταστρώθηκαν τέσσερις πίνακες προς συμπλήρωση. Ο πρώτος περιέχει τα δεδομένα σχεδιασμού και τα πραγματικά δεδομένα λειτουργίας, τα στοιχεία ποιότητας εκβολής

τόσο σύμφωνα με το σχεδιασμό όσο και με τους περιβαλλοντικούς όρους, τον τρόπο αερισμού, τα στοιχεία κατανάλωσης ενέργειας και αναλωσίμων και τέλος πληροφορίες για το προσωπικό. Ο δεύτερος, ο τρίτος και ο τέταρτος πίνακας περιέχουν αντίστοιχα τα ενεργειακά χαρακτηριστικά του εξοπλισμού, τα χαρακτηριστικά της συντήρησης και τα χαρακτηριστικά του αυτοματισμού.

Οι πίνακες αυτοί παρουσιάζονται στο Παράρτημα.

### **3.4 ΣΥΝΟΠΤΙΚΑ ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΩΝ ΜΕΑΛ**

#### **3.4.1 Γενικά**

Οι Μονάδες Επεξεργασίας Αστικών Λυμάτων που εξετάστηκαν είναι κατά αλφαβητική σειρά οι εξής:

- ΜΕΑΛ Μείζονος Περιοχής Αγρινίου
- ΜΕΑΛ Δήμου Αιγίου
- ΜΕΑΛ Δήμων Άργους–Ναυπλίου
- ΜΕΑΛ Δήμου Γαλαξιδίου
- ΜΕΑΛ Δήμου Δελφών
- ΜΕΑΛ Δήμου Δράμας
- ΜΕΑΛ Δήμων Ζακύνθου-Λαγανά
- ΜΕΑΛ Δήμου Ιτέας
- ΜΕΑΛ Δήμου Ιωαννίνων
- ΜΕΑΛ Δήμου Ναυπάκτου
- ΜΕΑΛ Δήμου Πατρέων
- ΜΕΑΛ Δήμου Χανίων

Στον πίνακα 3.3 που ακολουθεί παρουσιάζονται ο ισοδύναμος πληθυσμός σχεδιασμού και λειτουργίας, η μέθοδος βιολογικής επεξεργασίας, το είδος αερισμού (επιφανειακός ή υποβρύχιος) κάθε μονάδας, καθώς και η ύπαρξη ή μη, απονιτροποίησης (DN), αποφωσφόρωσης (DP) και διύλισης. Όσον αφορά τη μέθοδο βιολογικής επεξεργασίας με ΕΙ συμβολίζεται το συμβατικό σύστημα ενεργού ιλύος, ενώ με ΠΑ το σύστημα παρατεταμένου αερισμού.

**Πίνακας 3.3: Ισοδύναμος πληθυσμός, μέθοδος βιολογικής επεξεργασίας και είδος αερισμού των εξεταζόμενων ΜΕΑΛ**

ΜΕΑΛ	ισοδύναμος πληθυσμός σχεδιασμού	ισοδύναμος πληθυσμός λειτουργίας	μέθοδος	σύστημα αερισμού	DN	DP	διύλιση
Αγρινίου	60.000	50.000	ΠΑ	επιφ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ
Αιγίου	40.000	25.000	ΠΑ	επιφ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ
Άργους-Ναυπλίου	120.000	55.000	ΠΑ	επιφ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ
Γαλαξιδίου	8.000	1.500	ΠΑ	υποβρ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ
Δελφών	12.000	5.000	ΠΑ	υποβρ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ
Δράμας	60.000	40.000	ΠΑ	υποβρ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ
Ζακύνθου	50.000	15.500	ΠΑ	επιφ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ
Ιτέας	12.000	4.100	ΠΑ	υποβρ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ
Ιωαννίνων	135.000	75.000	ΕΙ	επιφ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ
Ναυπάκτου	25.000	12.500	ΠΑ	επιφ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ
Πατρέων	180.000	60.000	ΕΙ	επιφ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ
Χανίων	117.750	97.000	ΕΙ	υποβρ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ

### 3.4.2 Στοιχεία Εξεταζόμενων ΜΕΑΛ

#### 3.4.2.1 ΜΕΑΛ Μείζονος Περιοχής Αγρινίου

##### Γενικά Στοιχεία

Η μονάδα έχει κατασκευαστεί δυτικά της πόλης του Αγρινίου, σε γήπεδο συνολικού εμβαδού 50 στρεμμάτων εκ των οποίων καταλαμβάνονται, από τα υφιστάμενα έργα, 20 στρέμματα περίπου. Το γήπεδο βρίσκεται σε ανατολική παρόχθια έκταση του ποταμού Αχελώου. Σήμερα εκτός από το μητροπολιτικό για την περιοχή Δήμο Αγρινίου εξυπηρετεί και τους Δήμους Νεάπολης και Αγγελοκάστρου ενώ σύμφωνα με το σχεδιασμό προβλέπεται στο άμεσο μέλλον να εξυπηρετεί άλλους πέντε παραλίμνιους και παραποτάμιους Δήμους, δηλαδή τους Δήμους Θεστιέων, Παραβόλας, Μακρυνείας, Αρακύνθου, Στράτου καθώς και τους παραλίμνιους οικισμούς του Δήμου Θέρμου.

Η μονάδα έχει σχεδιαστεί ώστε να κατασκευαστεί σε δύο φάσεις συνολικής δυναμικότητας ισοδυνάμου πληθυσμού (ι.π.) 120.000 κατοίκων. Ήδη έχει κατασκευαστεί και λειτουργεί η Α Φάση των έργων του βιολογικού αντιδραστήρα (νιτροποίηση-απονιτροποίηση, τελική καθίζηση, Α/Σ ιλύος) για εξυπηρέτηση 60.000 κατοίκων, ενώ τα λοιπά έργα (συλλογή και εκβολή λυμάτων, Α/Σ εισόδου, εσχάρωση, εξάμμωση, επεξεργασία ιλύος, κτιριακή υποδομή, διύλιση, απολύμανση κλπ) έχουν

κατασκευαστεί για τις ανάγκες της τελικής φάσης, δηλαδή για ισοδύναμο πληθυσμό 120.000 κατοίκων. Η μονάδα η οποία λειτουργεί παραγωγικά από το έτος 2000, σήμερα επεξεργάζεται λύματα ι.π. άνω των 50.000 κατοίκων ενώ σύντομα αναμένεται να απαιτηθεί η επέκταση της βιολογικής επεξεργασίας της μονάδας.

#### Σύστημα Επεξεργασίας

Η ΜΕΑΛ Μείζονος Περιοχής Αγρινίου λειτουργεί με το σύστημα του παρατεταμένου αερισμού. Διαθέτει δίδυμες δεξαμενές επιλογής μικροοργανισμών (selector tanks), δίδυμες δεξαμενές αποφωσφόρωσης και πλήρη βιολογικό αντιδραστήρα δύο παραλλήλων γραμμών νιτροποίησης-απονιτροποίησης σε ενιαίες δεξαμενές μορφής οξειδωτικής τάφρου όπου η διαδικασία συντελείται σε λειτουργικά διακρινόμενες αλλά μεταβαλλόμενες αεριζόμενες και ανοξικές ζώνες.

Ο αερισμός των λυμάτων γίνεται επιφανειακά με αεριστήρες οριζοντίου άξονα και με τη συνδρομή βραδύστροφων αναμικτήρων μέσω των οποίων αντιμετωπίζεται η καθίζηση των στερεών του βιολογικού αντιδραστήρα κατά τις χρονικές περιόδους χαμηλής ζήτησης οξυγόνου όπου δεν απαιτείται η πλήρης λειτουργία των ενεργοβόρων αεριστήρων.

Η επεξεργασία της ιλύος γίνεται με σύστημα μηχανικής πάχυνσης και αφυδάτωσης που αποτελείται από τράπεζα πάχυνσης και ταινιοφιλτρόπρεσσα.

Η μονάδα διαθέτει προωθημένη επεξεργασία με δύλιση σε κλίνες διστρωματικού φίλτρου άμμου-ανθρακίτη.

#### Διάθεση Λυμάτων και Παραπροϊόντων

Η διάθεση των επεξεργασμένων λυμάτων γίνεται σήμερα στον ποταμό Αχελώο ενώ υπάρχουν όλες οι προϋποθέσεις για τη χρησιμοποίησή τους προς άρδευση όλων των ειδών των καλλιεργειών.

Η ιλύς είναι πλήρως σταθεροποιημένη και διατίθεται σε παράπλευρο γήπεδο της ΜΕΑΛ ως βελτιωτικό του εδάφους.

Τα παραπροϊόντα, δηλαδή τα εσχαρίσματα και τα στερεά της εξάμμωσης (περίπου 300 m<sup>3</sup> ετησίως) απάγονται προς διάθεση μαζί με τα οικιακά απορρίμματα των οποίων αποτελούν αμελητέο ποσοστό.

#### Κατασκευαστικό Κόστος

Το κόστος του έργου συμπεριλαμβανομένης και της αμοιβής του συμβούλου επίβλεψης εκτιμάται σε 6.750.000 €, με αναγωγή των τιμών στο έτος 2004. Το ποσόν αυτό αντιστοιχεί σε 112,5 € ανά εξυπηρετούμενο κάτοικο και μειώνεται κατά 15% περίπου, δηλαδή σε 95 € ανά κάτοικο εφόσον συνεκτιμηθούν και τα ήδη εκτελεσθέντα

έργα υποδομής τα οποία θα εξυπηρετήσουν και τις μελλοντικές επεκτάσεις ως το διπλασιασμό του έργου.

#### Χαρακτηριστικά του ενσωματωμένου Εξοπλισμού

Το σύνολο του κύριου και του περιφερειακού εξοπλισμού αποτελείται από προϊόντα υψηλής βιομηχανικής στάθμης. Το γεγονός αυτό, σύμφωνα και με τις απόψεις των υπευθύνων του έργου, αντανακλά άμεσα στις διαδικασίες και τα κόστη συντήρησης εφόσον κατά την τετραετή λειτουργία του έργου ουδέποτε έχουν προκύψει σοβαρά προβλήματα συντήρησης βλαβών.

#### Χαρακτηριστικά των Αυτοματισμών

Η μονάδα διαθέτει πλήρες σύστημα αυτομάτου ελέγχου της λειτουργίας της. Αρνητικό χαρακτηριστικό είναι η διαπιστωμένη ακαμψία του συστήματος λόγω της κλειστής αρχιτεκτονικής του συστήματος SCADA, μέσω του οποίου ελέγχεται το έργο. Επίσης ειδικό πρόβλημα εντοπίζεται στους Τοπικούς Ελεγκτές (PLC) καθώς και στο κεντρικό σύστημα ελέγχου λόγω λειτουργικής ακαμψίας και αδυναμίας ανταπόκρισης στις διαρκώς εξελισσόμενες τεχνολογίες των υποδομών ηλεκτρονικής καθοδήγησης, δηλαδή των συστημάτων Η/Υ.

#### Ενεργειακά Χαρακτηριστικά του Βιολογικού Αντιδραστήρα

Το σύστημα του βιολογικού αντιδραστήρα λειτουργεί με 8 εναλλασσόμενης λειτουργίας χαμηλόστροφους αεριστήρες μεταβαλλόμενης βύθισης από αυτόματα κινούμενους υπερχειλιστές που καθοδηγούνται από μετρητές οξυγόνου. Επίσης διατίθεται επαρκής αριθμός βραδύστροφων αναδευτήρων που διατηρεί την εναιώρηση του μίγματος λυμάτων-ιλύος άνευ της λειτουργίας των ενεργοβόρων αεριστήρων.

Ο συντελεστής απόδοσης των επιφανειακών αεριστήρων είναι πολύ υψηλός για την κατηγορία αυτού του αερισμού, καθώς σταθερά υπερβαίνει τα 1,95 kg O<sub>2</sub>/kWh, παρά το γεγονός ότι ο συντελεστής αυτός υπολείπεται αισθητά των σύγχρονων συστημάτων υποβρύχιου αερισμού.

#### Διοίκηση του Έργου - Λειτουργικά Χαρακτηριστικά

Σήμερα η διαχείριση της λειτουργίας του έργου γίνεται υπό συνθήκες μικτής οικονομίας, δηλαδή τη λειτουργική ευθύνη την έχει η ΔΕΥΑ Αγρινίου από κοινού με ιδιωτικό μελετητικό γραφείο (SIGMA engineering AE), με το οποίο έχει συνάψει σχετική σύμβαση. Το ιδιωτικό γραφείο έχει την ευθύνη της καλής και αποτελεσματικής λειτουργίας του έργου συμπεριλαμβανομένης της τακτικής συντήρησής του ενώ η ΔΕΥΑ έχει την ευθύνη της οικονομικής διαχείρισης, των ποιοτικών ελέγχων, του καθαρισμού και της φύλαξης του χώρου.



Το σύνολο του προσωπικού που απασχολείται στη μονάδα αποτελείται από 4 τεχνίτες πλήρους απασχόλησης και από 2 διπλωματούχους και τεχνολόγους μηχανικούς μερικής απασχόλησης στο συγκεκριμένο έργο. Παράλληλα απασχολούνται άλλα 2 άτομα από την εταιρεία security στην οποία η ΔΕΥΑ έχει αναθέσει τη φύλαξη του έργου.

Σύμφωνα με την αξιολόγηση της ΔΕΥΑ Αγρινίου, το πρωτότυπο αυτό σχήμα διοίκησης του έργου είναι απολύτως επιτυχημένο όπως προκύπτει από τα οικονομικά, τα τεχνολογικά και τα λειτουργικά αποτελέσματα του έργου.

#### 3.4.2.2 ΜΕΑΛ Δήμου Αιγίου

##### Γενικά Στοιχεία

Η μονάδα βρίσκεται δυτικά της πόλης του Αιγίου, σε ανατολική παρόχθια έκταση της εκβολής του ποταμού Μεγανίτη στον Κορινθιακό Κόλπο. Το γήπεδο έχει συνολικό εμβαδόν περίπου 20 στρεμμάτων. Σήμερα εξυπηρετεί το σύνολο σχεδόν της οικιστικής περιοχής της πόλης του Αιγίου ενώ σύμφωνα με το σχεδιασμό προβλέπεται στο άμεσο μέλλον να εξυπηρετεί τα λοιπά παραλιακά Δημοτικά Διαμερίσματα του Δήμου Αιγίου καθώς και της παραλιακές περιοχές των ομώνων Δήμων Διακοπτού, Συμπολιτείας και Ερινεού.

Η μονάδα έχει σχεδιαστεί ώστε να κατασκευαστεί σε δύο φάσεις συνολικής δυναμικότητας ισοδύναμου πληθυσμού (ι.π.) 80.000 κατοίκων. Σήμερα έχει κατασκευαστεί και λειτουργεί η Α Φάση των έργων του βιολογικού αντιδραστήρα (νιτροποίηση-απονιτροποίηση, τελική καθίζηση, Α/Σ ιλύος) για εξυπηρέτηση 40.000 κατοίκων, ενώ τα λοιπά έργα (συλλογή και εκβολή λυμάτων, Α/Σ εισόδου, εσχάρωση, εξάμμωση, επεξεργασία ιλύος, κτιριακή υποδομή, απολύμανση κλπ) έχουν κατασκευαστεί για τις ανάγκες της τελικής φάσης, δηλαδή για ισοδύναμο πληθυσμό 80.000 κατοίκων. Η μονάδα η οποία λειτουργεί παραγωγικά από το έτος 2000, σήμερα επεξεργάζεται λύματα ι.π. άνω των 25.000 κατοίκων.

##### Σύστημα Επεξεργασίας

Η ΜΕΑΛ Αιγίου λειτουργεί με το σύστημα του παρατεταμένου αερισμού. Διαθέτει δεξαμενή επιλογής μικροοργανισμών (selector tanks), και πλήρη βιολογικό αντιδραστήρα δύο παραλλήλων γραμμών νιτροποίησης-απονιτροποίησης σε ενιαίες δεξαμενές μορφής οξειδωτικής τάφρου όπου η διαδικασία συντελείται σε λειτουργικά διακρινόμενες αλλά μεταβαλλόμενες αεριζόμενες και ανοξικές ζώνες.

Ο αερισμός των λυμάτων γίνεται επιφανειακά με αεριστήρες κατακορύφου άξονα και με τη συνδρομή βραδύστροφων αναμικτήρων μέσω των οποίων αντιμετωπίζεται η καθίζηση των στερεών του βιολογικού αντιδραστήρα κατά τις χρονικές περιόδους χαμηλής ζήτησης οξυγόνου όπου δεν απαιτείται η πλήρης λειτουργία των ενεργοβόρων αεριστήρων.

Η επεξεργασία της ιλύος γίνεται με σύστημα μηχανικής πάχυνσης και αφυδάτωσης που αποτελείται από τύμπανο πάχυνσης και ταινιοφιλτρόπρεσσα και προσθήκη υδατικού διαλύματος πολυηλεκτρολύτου.

#### Διάθεση Λυμάτων και Παραπροϊόντων

Η διάθεση των επεξεργασμένων λυμάτων γίνεται στον Κορινθιακό κόλπο μέσω υποθαλάσσιου αγωγού και με πλήρη ασφάλεια για το περιβάλλον, λόγω της απολύτως ικανοποιητικής επεξεργασίας.

Η ιλύς είναι πλήρως σταθεροποιημένη και διατίθεται προσωρινά στις χωματερές του Δήμου.

Τα παραπροϊόντα, δηλαδή τα εσχαρίσματα και τα στερεά της εξάμμωσης (περίπου 200 m<sup>3</sup> ετησίως) απάγονται προς διάθεση μαζί με τα οικιακά απορρίμματα των οποίων αποτελούν αμελητέο ποσοστό.

#### Κατασκευαστικό Κόστος

Το κόστος του έργου συμπεριλαμβανομένης και της αμοιβής του συμβούλου επίβλεψης εκτιμάται σε 5.500.000 €, με αναγωγή των τιμών στο έτος 2004. Το ποσόν αυτό αντιστοιχεί σε 137,5 € ανά εξυπηρετούμενο κάτοικο και μειώνεται κατά 10% περίπου, δηλαδή σε 124 € ανά κάτοικο εφόσον συνεκτιμηθούν και τα ήδη εκτελεσθέντα έργα υποδομής τα οποία θα εξυπηρετήσουν και τις μελλοντικές επεκτάσεις ως το διπλασιασμό του έργου.

#### Χαρακτηριστικά του ενσωματωμένου Εξοπλισμού

Το σύνολο του κύριου εξοπλισμού και του μεγίστου μέρους του περιφερειακού εξοπλισμού αποτελείται από προϊόντα υψηλής βιομηχανικής στάθμης. Μικρό μέρος του περιφερειακού εξοπλισμού είναι προϊόν ιδιοκατασκευών και απαιτεί συνεχή προσοχή και συντήρηση. Όμως σε γενικές γραμμές το έργο μπορεί να κριθεί από την άποψη του εξοπλισμού ως πολύ ικανοποιητικό.

#### Χαρακτηριστικά των Αυτοματισμών

Η μονάδα διαθέτει πλήρες σύστημα αυτομάτου ελέγχου της λειτουργίας της. Αρνητικό χαρακτηριστικό και εδώ (όπως και στην προηγούμενη μονάδα) είναι η διαπιστωμένη ακαμψία του συστήματος λόγω της κλειστής αρχιτεκτονικής του

συστήματος SCADA, μέσω του οποίου ελέγχεται το έργο. Επίσης ειδικό πρόβλημα εντοπίζεται στους Τοπικούς Ελεγκτές (PLC) καθώς και στο κεντρικό σύστημα ελέγχου λόγω λειτουργικής ακαμψίας και αδυναμίας ανταπόκρισης στις διαρκώς εξελισσόμενες τεχνολογίες των υποδομών ηλεκτρονικής καθοδήγησης.

#### Ενεργειακά Χαρακτηριστικά του Βιολογικού Αντιδραστήρα

Το σύστημα του βιολογικού αντιδραστήρα λειτουργεί με 4 εναλλασσόμενης λειτουργίας χαμηλόστροφους αεριστήρες μεταβαλλόμενης βύθισης από αυτόματα κινούμενους υπερχειλιστές που καθοδηγούνται από μετρητές οξυγόνου.

Επίσης διατίθεται επαρκής αριθμός (4) βραδύστροφων αναδευτήρων που διατηρεί την εναιώρηση του μίγματος λυμάτων-ιλύος άνευ της λειτουργίας των ενεργοβόρων αεριστήρων.

Ο συντελεστής απόδοσης των επιφανειακών αεριστήρων είναι πολύ υψηλός για την κατηγορία αυτού του αερισμού, καθώς σταθερά υπερβαίνει τα 2,00 kg O<sub>2</sub>/kWh, παρά το γεγονός ότι ο συντελεστής αυτός υπολείπεται αισθητά των συγχρόνων συστημάτων υποβρύχιου αερισμού.

#### Διοίκηση του Έργου - Λειτουργικά Χαρακτηριστικά

Σήμερα η λειτουργία του έργου γίνεται από τον Ανάδοχο της κατασκευής του έργου (ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ ΤΕΧΝΙΚΗ ΑΕ) υπό την επίβλεψη ιδιωτικού μελετητικού γραφείου (SIGMA engineering AE) ενώ η ΔΕΥΑ έχει την ευθύνη της φύλαξης του χώρου.

Το σύνολο του προσωπικού που απασχολείται στη μονάδα αποτελείται από 5 τεχνίτες πλήρους απασχόλησης και από 2 διπλωματούχους και τεχνολόγους μηχανικούς μερικής απασχόλησης στο συγκεκριμένο έργο. Παράλληλα απασχολούνται άλλα 3 άτομα από της ΔΕΥΑ για τη φύλαξη του έργου.

Σύμφωνα με την αξιολόγηση της ΔΕΥΑ Αιγίου αλλά και από συνεντεύξεις με τους εμπλεκόμενους στη λειτουργία φορείς, ουσιαστικό ζήτημα ανακύπτει από τα γενικότερα οικονομικά προβλήματα της επιχείρησης.

Τα προβλήματα αυτά αντανακλούν στις λειτουργικές συνθήκες του έργου εφόσον προβληματικά εκτελούνται οι έκτακτες συντηρήσεις και επισκευές (υποχρέωση ΔΕΥΑ), η πληρωμή της δαπάνης ηλεκτρικής ενέργειας καθώς ακόμη και η αποκομιδή της επεξεργασμένης ιλύος με συνέπεια την επανακυκλοφορία της στο σύστημα και τη συχνή αύξηση εκτός ορίων του MLSS.

### 3.4.2.3 ΜΕΑΛ Δήμων Αργους - Ναυπλίου

#### Γενικά Στοιχεία

Η μονάδα έχει κατασκευαστεί πλησίον του παραλιακού δρόμου που ενώνει το Ναύπλιο με τη Νέα Κίο και σε απόσταση περίπου 6 km από το Ναύπλιο σε γήπεδο έκτασης 50 στεμμάτων. Επεξεργάζεται τα λύματα των πόλεων Αργους και Ναυπλίου, της παραλιακής περιοχής της Νέας Κίου καθώς και τα αγροβιομηχανικά υγρά απόβλητα των μονάδων της περιοχής τα οποία οφείλουν να υφίστανται προεπεξεργασία στην πηγή παραγωγής τους.

Η μονάδα έχει σχεδιαστεί ώστε να κατασκευαστεί σε δύο φάσεις συνολικής δυναμικότητας ισοδύναμου πληθυσμού (ι.π.) 120.000 κατοίκων. Σήμερα έχει κατασκευαστεί και λειτουργεί η Α Φάση των έργων του βιολογικού αντιδραστήρα (αποφωσφόρωση, νιτροποίηση-απονιτροποίηση, τελική καθίζηση, Α/Σ ιλύος) για εξυπηρέτηση 90.000 κατοίκων, ενώ τα λοιπά έργα (συλλογή και εκβολή λυμάτων, Α/Σ εισόδου, εσχάρωση, εξάμωση, επεξεργασία ιλύος, κτιριακή υποδομή, δύλιση, απολύμανση κλπ) έχουν κατασκευαστεί για τις ανάγκες της τελικής φάσης, δηλαδή για ισοδύναμο πληθυσμό 120.000 κατοίκων. Η μονάδα η οποία λειτουργεί παραγωγικά από το έτος 1998, σήμερα επεξεργάζεται λύματα ι.π. άνω των 55.000 κατοίκων εκ των οποίων τα 2/3 αντιστοιχούν σε αστικά λύματα και το 1/3 σε προεπεξεργασμένα θεωρητικά βιομηχανικά απόβλητα.

#### Σύστημα Επεξεργασίας

Η ΜΕΑΛ Άργους-Ναυπλίου λειτουργεί με το σύστημα του παρατεταμένου αερισμού. Διαθέτει δεξαμενή αποφωσφόρωσης και πλήρη βιολογικό αντιδραστήρα τριών γραμμών νιτροποίησης-απονιτροποίησης σε δεξαμενές ορθογωνικής κάτοψης όπου η διαδικασία συντελείται σε πλήρως διακριτές και σταθερού όγκου αεριζόμενες και ανοξικές δεξαμενές.

Ο αερισμός των λυμάτων γίνεται επιφανειακά με αεριστήρες κατακορύφου άξονα και με τη συνδρομή βραδύστροφων αναμικτήρων μέσω των οποίων αντιμετωπίζεται η καθίζηση των στερεών του βιολογικού αντιδραστήρα κατά τις χρονικές περιόδους χαμηλής ζήτησης οξυγόνου όπου δεν απαιτείται η πλήρης λειτουργία των ενεργοβόρων αεριστήρων.

Η επεξεργασία της ιλύος γίνεται με σύστημα μηχανικής πάχυνσης και αφυδάτωσης που αποτελείται από τύμπανο πάχυνσης και ταινιοφιλτρόπρεσσα και με προσθήκη υδατικού διαλύματος πολυηλεκτρολύτου.

Το σύστημα διαθέτει μονάδα προεπεξεργασίας βοθρολυμάτων καθώς και μονάδα τριτοβάθμιας επεξεργασίας με διύλιση μέσω τυμπάνου μεμβράνης.

#### Διάθεση Λυμάτων και Παραπροϊόντων

Η διάθεση των επεξεργασμένων λυμάτων γίνεται στον Αργολικό κόλπο μέσω υποθαλάσσιου αγωγού και με πλήρη ασφάλεια για το περιβάλλον, λόγω της ικανοποιητικής και σύμφωνης προς τους περιβαλλοντικούς όρους επεξεργασίας.

Η ιλύς είναι πλήρως σταθεροποιημένη και διατίθεται στο ΧΥΤΑ του Δήμου Άργους.

Τα παραπροϊόντα, δηλαδή τα εσχαρίσματα και τα στερεά της εξάμμωσης (περίπου 420 m<sup>3</sup> ετησίως) απάγονται προς διάθεση μαζί με τα οικιακά απορρίμματα των οποίων αποτελούν αμελητέο ποσοστό.

#### Κατασκευαστικό Κόστος

Το κόστος του έργου συμπεριλαμβανομένης και της αμοιβής του συμβούλου επίβλεψης εκτιμάται σε 9.800.000 €, με αναγωγή των τιμών στο έτος 2004. Το ποσόν αυτό αντιστοιχεί σε 122,5 € ανά εξυπηρετούμενο κάτοικο και μειώνεται κατά 5% περίπου, δηλαδή σε 116 € ανά κάτοικο εφόσον συνεκτιμηθούν και τα ήδη εκτελεσθέντα έργα υποδομής τα οποία θα εξυπηρετήσουν και τις μελλοντικές επεκτάσεις ως το διπλασιασμό του έργου.

#### Χαρακτηριστικά του ενσωματωμένου Εξοπλισμού

Το σύνολο σχεδόν του κύριου εξοπλισμού (με εξαίρεση τις αντλίες και τους αναδευτήρες) και του περιφερειακού εξοπλισμού αποτελείται γενικώς από προϊόντα ιδιοκατασκευών ή έστω οργανωμένων μηχανουργείων χωρίς στοιχεία πλούσιας εφαρμογής. Η διαπίστωση αυτή αντανακλά στα σημαντικά προβλήματα συντήρησης και αντικατάστασης βασικών στοιχείων του εξοπλισμού, όπως των μειωτήρων των αεριστήρων καθώς και στα σημαντικά οικονομικά προβλήματα που εμφανίζει το έργο. Συμπερασματικά το έργο από την άποψη του εξοπλισμού δεν μπορεί να θεωρηθεί ικανοποιητικό.

#### Χαρακτηριστικά των Αυτοματισμών

Η μονάδα διαθέτει αρκετά δομημένο πλήρες σύστημα αυτομάτου ελέγχου της λειτουργίας της. Αρνητικό χαρακτηριστικό και εδώ (όπως και στις προηγούμενες μονάδες) είναι η διαπιστωμένη ακαμψία του συστήματος λόγω της κλειστής αρχιτεκτονικής του συστήματος SCADA, μέσω του οποίου ελέγχεται το έργο. Επίσης ειδικό πρόβλημα εντοπίζεται στους Τοπικούς Ελεγκτές (PLC) καθώς και στο κεντρικό σύστημα ελέγχου λόγω λειτουργικής ακαμψίας και αδυναμίας ανταπόκρισης στις

διαρκώς εξελισσόμενες τεχνολογίες των υποδομών ηλεκτρονικής καθοδήγησης. Πέραν τούτων οι έλεγχοι αφορούν μόνο βασικές μονάδες και όχι τη συνολική αρχιτεκτονική του συστήματος.

#### Ενεργειακά Χαρακτηριστικά του Βιολογικού Αντιδραστήρα

Το σύστημα του βιολογικού αντιδραστήρα λειτουργεί με 9 διπλής ταχύτητας (μοναδική ρύθμιση) και εναλλασσόμενης λειτουργίας χαμηλόστροφους αεριστήρες άνευ μεταβαλλόμενης βύθισης ισχύος 36 kW εκάστου.

Επίσης διατίθενται 6 βραδύστροφοι αναδευτήρες, αριθμός σχετικά ανεπαρκής, για την πλήρη διατήρηση της εναιώρησης του μίγματος λυμάτων-ιλύος άνευ της λειτουργίας των ενεργοβόρων αεριστήρων.

Ο συντελεστής απόδοσης των επιφανειακών αεριστήρων είναι σχετικά υψηλός για την κατηγορία αυτού του αερισμού, καθώς σταθερά υπερβαίνει τα 1,80 kg O<sub>2</sub>/kWh, παρά το γεγονός ότι ο συντελεστής αυτός υπολείπεται αισθητά των συγχρόνων συστημάτων υποβρύχιου αερισμού αλλά και των υψηλής στάθμης επιφανειακών αεριστήρων. Όμως το πρόβλημα της έλλειψης ρύθμισης της βύθισης ή των στροφών μειώνει αισθητά την απόδοση του συστήματος με συνέπεια την υψηλή κατανάλωση ενέργειας παρά τη λειτουργία του με διπλή ταχύτητα.

#### Διοίκηση του Έργου - Λειτουργικά Χαρακτηριστικά

Η μονάδα σήμερα λειτουργεί με ευθύνη της ΔΕΥΑ Άργους και απασχολεί προσωπικό 14 ατόμων.

#### 3.4.2.4 ΜΕΑΛ Δήμου Γαλαξιδίου

##### Γενικά Στοιχεία

Η μονάδα έχει κατασκευαστεί σε βραχώδη και άγονη παραθαλάσσια περιοχή (θέση Πούντα), με έκταση περίπου 7,5 στρεμμάτων και μέσο υψόμετρο 22 m περίπου, η οποία εμφανίζει σημαντικές εγκάρσιες κλίσεις (άνω του 25%). Το γήπεδο βρίσκεται νοτιοδυτικά του Γαλαξιδίου σε ευθεία απόσταση περίπου 1,2 km από τα όρια του οικιστικού ιστού της πόλης

Η μονάδα έχει σχεδιαστεί και κατασκευαστεί σε μία φάση, δηλαδή για την εξυπηρέτηση του πληθυσμού της τελικής φάσης που εκτιμάται σε 8.000 ισοδύναμους κατοίκους. Σημαντικό ρόλο για την επιλογή της κατασκευής του συνολικού έργου στην τελική του φάση έπαιξε η εκτίμηση της τεράστιας δυσχέρειας, έως αδυναμίας, μελλοντικών σημαντικών κατασκευαστικών παρεμβάσεων λόγω της τοπογραφικής

μορφής του γηπέδου σε συνδυασμό με την εκτίμηση του πληθυσμιακού κορεσμού της οικιστικής περιοχής του Δήμου.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η δοκιμαστική λειτουργία του έργου άρχισε πρόσφατα.

#### Σύστημα Επεξεργασίας

Η ΜΕΑΛ Γαλαξιδίου λειτουργεί με το σύστημα του παρατεταμένου αερισμού. Διαθέτει ζεύγος δεξαμενών επιλογής μικροοργανισμών και αποφωσφόρωσης καθώς και πλήρη βιολογικό αντιδραστήρα με δύο παράλληλες γραμμές νιτροποίησης-απονιτροποίησης σε δεξαμενές ορθογωνικής κάτοψης, όπου η διαδικασία συντελείται σε πλήρως διακριτές και σταθερού όγκου αεριζόμενες και ανοξικές δεξαμενές. Μάλιστα μεταξύ της ανοξικής και αεριζόμενης δεξαμενής κάθε γραμμής παρεμβάλλεται επαμφοτερίζουσα δεξαμενή η οποία λειτουργεί ως ανοξική ή αεριζόμενη ανάλογα με τις θερμοκρασιακές συνθήκες και άρα ανάλογα με τη ζήτηση των αντίστοιχων όγκων.

Ο αερισμός των λυμάτων γίνεται υποβρυχίως μέσω διαχυτών προς τους οποίους παρέχεται αέρας από λοβοειδείς φυσητήρες. Η λειτουργία των φυσητήρων γίνεται με ρύθμιση στροφών και με τη συνδρομή βραδύστροφων αναδευτήρων μέσω των οποίων αντιμετωπίζεται η καθίζηση των στερεών του βιολογικού αντιδραστήρα κατά τις χρονικές περιόδους χαμηλής ζήτησης οξυγόνου όπου δεν απαιτείται η πλήρης λειτουργία του ενεργοβόρου συστήματος αερισμού.

Η επεξεργασία της ιλύος γίνεται με μηχανική πάχυνση-αφυδάτωση, η οποία πραγματοποιείται με τράπεζα πάχυνσης, ταινιοφιλτρόπρεσσα και προσθήκη υδατικού διαλύματος πολυηλεκτρολύτου.

Η μονάδα διαθέτει προωθημένη επεξεργασία με διύλιση.

#### Διάθεση Λυμάτων και Παραπροϊόντων

Τα επεξεργασμένα λύματα θα διατίθενται το θέρος για άρδευση του γηπέδου της παρακείμενης Σχολής Τουριστικών Επαγγελματιών, ενώ κατά τη μη αρδευτική περίοδο διατίθενται στον Κορινθιακό Κόλπο σε βάθος 50 m μέσω υποθαλάσσιου αγωγού μήκους 200 m.

Στην παρούσα φάση με μέσο εξυπηρετούμενο αριθμό περίπου 1.500 ατόμων, η ημερήσια ποσότητα παραγόμενης ιλύος αναμένεται να ανέρχεται περίπου σε 0,7 m<sup>3</sup> και η διάθεσή της θα γίνεται στους χώρους υγειονομικής ταφής.

Τα παραπροϊόντα, δηλαδή τα εσχαρίσματα και τα στερεά της εξάμμωσης (περίπου 20 m<sup>3</sup> ετησίως) θα απάγονται προς διάθεση μαζί με τα οικιακά απορρίμματα των οποίων αποτελούν αμελητέο ποσοστό.

### Κατασκευαστικό Κόστος

Το συνολικό κατασκευαστικό κόστος του έργου, ανοιγμένο σε τιμές του 2004 ανήλθε σε 2.030.000 €. Με δεδομένο ότι η μονάδα επεξεργασίας έχει σχεδιαστεί για την εξυπηρέτηση 8.000 ατόμων η αναγωγή της επένδυσης δίδει κόστος ανά εξυπηρετούμενο άτομο 254 €, το οποίο λαμβανομένου υπόψη του δυσχερούς και απόκρημνου οικοπέδου και της υψηλής στάθμης αυτοματισμών και ποιότητας εξοπλισμού κρίνεται ικανοποιητικό.

### Χαρακτηριστικά του ενσωματωμένου Εξοπλισμού

Το σύνολο του κύριου εξοπλισμού και μέρους του περιφερειακού εξοπλισμού αποτελείται από προϊόντα υψηλής βιομηχανικής στάθμης. Το μέρος του περιφερειακού εξοπλισμού που είναι προϊόν ιδιοκατασκευών απαιτεί συνεχή προσοχή και συντήρηση. Σε γενικές γραμμές το έργο αυτό μπορεί να κριθεί από την άποψη του εξοπλισμού ως πολύ ικανοποιητικό.

### Χαρακτηριστικά των Αυτοματισμών

Εκτός από την αποκομιδή των παραπροϊόντων (εσχαρίσματα, άμμος, λίπη, πίττα ιλύος) η λειτουργία της μονάδας είναι αυτοματοποιημένη. Ο αυτοματισμός βασίζεται σε τέσσερις τοπικούς λογικούς ελεγκτές διασυνδεδεμένους σε δίκτυο. Η παρακολούθηση γίνεται από προωθημένης γενιάς SCADA.

### Ενεργειακά Χαρακτηριστικά του Βιολογικού Αντιδραστήρα

Το σύστημα του αερισμού λειτουργεί με 3 φυσητήρες των οποίων οι στροφές ρυθμίζονται με inverters και 3.940 διαχυτήρες τοποθετημένους ανά 1,05 m<sup>2</sup>. Επίσης διατίθεται επαρκής αριθμός βραδύστροφων αναδευτήρων που διατηρεί την εναιώρηση του μίγματος λυμάτων-ιλύος άνευ της λειτουργίας των ενεργοβόρων φυσητήρων.

Η ονομαστική ενεργειακή απόδοση του συστήματος αερισμού είναι 3,80 kgO<sub>2</sub>/KWh και ο τελικός συντελεστής ενεργειακής απόδοσης σε πειραματικές συνθήκες πεδίου έχει μετρηθεί σε 4,50 kgO<sub>2</sub>/KWh. Ο ιδιαίτερα αυτός υψηλός συντελεστής οφείλεται στο μεγάλο ωφέλιμο βάθος της δεξαμενής αερισμού και στην υψηλή πυκνότητα τοποθέτησης των διαχυτήρων.

### Διοίκηση του Έργου - Λειτουργικά Χαρακτηριστικά

Την ευθύνη της λειτουργίας την έχει σήμερα ο Ανάδοχος κατασκευαστής (ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ ΤΕΧΝΙΚΗ ΑΕ), εφόσον στα πλαίσια της σύμβασης έχει την ευθύνη της δοκιμαστικής λειτουργίας. Στο έργο απασχολούνται 2 τεχνίτες και ένας μηχανικός μερικής απασχόλησης. Λόγω της πρόσφατης έναρξης των λειτουργικών δοκιμών δεν



υπάρχουν ακόμη ποιοτικά συμπεράσματα από το έργο, όμως λόγω του σχεδιαστικού και κατασκευαστικού επιπέδου του αυτά αναμένονται ικανοποιητικά.

#### 3.4.2.5 ΜΕΑΛ Δήμου Δελφών

##### Γενικά Στοιχεία

Οι εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού των λυμάτων των οικισμών Δελφών και Χρισσού έχουν κατασκευαστεί πλησίον της Εθνικής Οδού Άμφισσας-Δελφών κατάντι του οικισμού της Κοινότητας Χρισσού. Η θέση του γηπέδου βρίσκεται σε απόσταση περίπου 300 μέτρων από τα πλησιέστερα σπίτια του οικισμού και αρκετά μακριά από τον αρχαιολογικό χώρο.

Η μονάδα έχει σχεδιαστεί και κατασκευαστεί σε μία φάση, δηλαδή για την εξυπηρέτηση πληθυσμού που εκτιμάται σε 12.000 ισοδύναμους κατοίκους. Σημαντικό ρόλο για την επιλογή αυτή έπαιξε η εκτίμηση της τεράστιας δυσχέρειας έως αδυναμίας μελλοντικών σημαντικών κατασκευαστικών παρεμβάσεων λόγω της τοπογραφικής μορφής του γηπέδου σε συνδυασμό με την εκτίμηση του πληθυσμιακού κορεσμού της οικιστικής περιοχής του Δήμου.

##### Σύστημα Επεξεργασίας

Η ΜΕΑΛ Δελφών λειτουργεί με το σύστημα του παρατεταμένου αερισμού. Διαθέτει ζεύγος δεξαμενών επιλογής μικροοργανισμών και αποφωσφόρωσης καθώς και πλήρη βιολογικό αντιδραστήρα με δύο παράλληλες γραμμές νιτροποίησης-απονιτροποίησης σε δεξαμενές ορθογωνικής κάτοψης όπου η διαδικασία συντελείται σε πλήρως διακριτές και σταθερού όγκου αεριζόμενες και ανοξικές δεξαμενές. Μάλιστα μεταξύ της ανοξικής και αεριζόμενης δεξαμενής κάθε γραμμής παρεμβάλλεται επαμφοτερίζουσα δεξαμενή η οποία λειτουργεί ως ανοξική ή αεριζόμενη ανάλογα με τις θερμοκρασιακές συνθήκες και άρα ανάλογα και με τη ζήτηση των αντίστοιχων όγκων.

Ο αερισμός των λυμάτων γίνεται υποβρυχίως μέσω διαχυτών προς τους οποίους παροχετεύεται αέρας από λοβοειδείς φυσητήρες. Η λειτουργία των φυσητήρων γίνεται με ρύθμιση στροφών και με τη συνδρομή βραδύστροφων αναδευτήρων μέσω των οποίων αντιμετωπίζεται η καθίζηση των στερεών του βιολογικού αντιδραστήρα κατά τις χρονικές περιόδους χαμηλής ζήτησης οξυγόνου όπου δεν απαιτείται η πλήρης λειτουργία του ενεργοβόρου συστήματος αερισμού.

Η επεξεργασία της ιλύος γίνεται με μηχανική πάχυνση-αφυδάτωση, η οποία πραγματοποιείται με τράπεζα πάχυνσης, ταινιοφιλτρόπρεσσα και προσθήκη υδατικού διαλύματος πολυηλεκτρολύτου.

Η μονάδα διαθέτει προωθημένη επεξεργασία με διύλιση.

#### Διάθεση Λυμάτων και Παραπροϊόντων

Τα επεξεργασμένα λύματα διατίθενται για άρδευση εκτάσεων του κατάντη ελαιώνα, ενώ κατά τη μη αρδευτική περίοδο διατίθενται σε ένα μικρό υδατόρευμα το οποίο διασχίζει την περιοχή ακριβώς κατάντη του έργου.

Στην παρούσα φάση με εξυπηρετούμενο αριθμό περίπου 5.000 ατόμων η ημερήσια ποσότητα παραγόμενης ιλύος ανέρχεται σε  $1,8 \text{ m}^3$  και η διάθεσή της γίνεται στους χώρους υγειονομικής ταφής.

Τα παραπροϊόντα, δηλαδή τα εσχαρίσματα και τα στερεά της εξάμμωσης (περίπου  $40 \text{ m}^3$  ετησίως) απάγονται προς διάθεση μαζί με τα οικιακά απορρίμματα των οποίων αποτελούν αμελητέο ποσοστό.

#### Κατασκευαστικό Κόστος

Το συνολικό κατασκευαστικό κόστος του έργου, ανοιγμένο σε τιμές του 2004 ανήλθε σε 2.321.588€ πλέον Φ.Π.Α. Με δεδομένο ότι η μονάδα επεξεργασίας έχει σχεδιαστεί για την εξυπηρέτηση 12.000 ατόμων η αναγωγή της επένδυσης δίδει κόστος ανά εξυπηρετούμενο άτομο 193,47 €, το οποίο λαμβανομένου υπόψη του δυσχερούς και απόκρημνου οικοπέδου και της υψηλής στάθμης αυτοματισμού και ποιότητας εξοπλισμού κρίνεται ικανοποιητικό.

#### Χαρακτηριστικά του ενσωματωμένου Εξοπλισμού

Το σύνολο του κύριου εξοπλισμού και μέρους του περιφερειακού εξοπλισμού αποτελείται από προϊόντα υψηλής βιομηχανικής στάθμης. Το μέρος του περιφερειακού εξοπλισμού που είναι προϊόν ιδιοκατασκευών, απαιτεί συνεχή προσοχή και συντήρηση. Σε γενικές γραμμές το έργο αυτό μπορεί να κριθεί από την άποψη του εξοπλισμού ως πολύ ικανοποιητικό.

#### Χαρακτηριστικά των Αυτοματισμών

Εκτός από την αποκομιδή των παραπροϊόντων (εσχαρίσματα, άμμος, λίπη, πίττα ιλύος) η λειτουργία της μονάδας είναι αυτοματοποιημένη. Ο αυτοματισμός βασίζεται σε τέσσερις τοπικούς λογικούς ελεγκτές διασυνδεδεμένους σε δίκτυο. Η παρακολούθηση γίνεται από προωθημένης γενιάς SCADA.

### Ενεργειακά Χαρακτηριστικά του Βιολογικού Αντιδραστήρα

Το σύστημα του αερισμού λειτουργεί με 3 φυσητήρες των οποίων οι στροφές ρυθμίζονται με inverters και 420 διαχυτήρες τοποθετημένους ανά 1,15 m<sup>2</sup>. Επίσης διατίθεται επαρκής αριθμός βραδύστροφων αναδευτήρων που διατηρεί την εναιώρηση του μίγματος λυμάτων-ιλύος άνευ της λειτουργίας των ενεργοβόρων φυσητήρων.

Η ονομαστική ενεργειακή απόδοση του συστήματος αερισμού είναι 3,61 kgO<sub>2</sub>/KWh και ο τελικός συντελεστής ενεργειακής απόδοσης σε συνθήκες πεδίου έχει μετρηθεί σε 4,10 kgO<sub>2</sub>/KWh. Ο ιδιαίτερα αυτός υψηλός συντελεστής οφείλεται στο μεγάλο ωφέλιμο βάθος της δεξαμενής αερισμού και στην υψηλή πυκνότητα τοποθέτησης των διαχυτήρων.

### Διοίκηση του Έργου - Λειτουργικά Χαρακτηριστικά

Την ευθύνη της λειτουργίας την έχει ο Δήμος Δελφών. Στο έργο απασχολούνται 3 τεχνίτες και ένας μηχανικός μερικής απασχόλησης.

### 3.4.2.6 ΜΕΑΔ Δήμου Δράμας

#### Γενικά Στοιχεία

Η μονάδα έχει κατασκευαστεί σε αγροτική περιοχή, με έκταση περίπου 30 στρεμμάτων και μέσο υψόμετρο της ευρύτερης περιοχής του γηπέδου 70,5 m. Το γήπεδο βρίσκεται νοτιοδυτικά της Δράμας σε απόσταση περίπου 3 km από τα όρια του οικιστικού ιστού της πόλης, 200 m από τον άξονα της Εθνικής οδού Δράμας-Θεσσαλονίκης και 150 m από τη σιδηροδρομική γραμμή, παρά τη βόρεια όχθη της τάφρου Αγ. Βαρβάρας η οποία θα αποτελέσει τον αποδέκτη των επεξεργασμένων λυμάτων και τελικά εκβάλλει στον ποταμό Αγγίτη.

Η μονάδα έχει σχεδιαστεί ώστε να κατασκευαστεί σε δύο φάσεις συνολικής δυναμικότητας ισοδυνάμου πληθυσμού (ι.π.) 90.000 κατοίκων. Σήμερα έχει κατασκευαστεί και λειτουργεί η Α Φάση των έργων του βιολογικού αντιδραστήρα (αποφωσφόρωση, νιτροποίηση-απονιτροποίηση, τελική καθίζηση, Α/Σ ιλύος) για εξυπηρέτηση 40.000 κατοίκων, ενώ τα λοιπά έργα (συλλογή και εκβολή λυμάτων, Α/Σ εισόδου, εσχάρωση, εξάμμωση, επεξεργασία ιλύος, κτιριακή υποδομή, απολύμανση κλπ) έχουν κατασκευαστεί για τις ανάγκες της τελικής φάσης, δηλαδή για ισοδύναμο πληθυσμό 90.000 κατοίκων.

Η μονάδα η οποία λειτουργεί παραγωγικά από το έτος 2002, σήμερα επεξεργάζεται λύματα ι.π. άνω των 40.000 κατοίκων.

### Σύστημα Επεξεργασίας

Η ΜΕΑΛ Δράμας λειτουργεί με το σύστημα του παρατεταμένου αερισμού. Διαθέτει δίδυμες δεξαμενές επιλογής-αποφωσφόρωσης και πλήρη βιολογικό αντιδραστήρα δύο γραμμών νιτροποίησης-απονιτροποίησης σε δεξαμενές ορθογωνικής κάτοψης όπου η διαδικασία συντελείται σε πλήρως διακριτές και σταθερού όγκου αεριζόμενες και ανοξικές δεξαμενές.

Ο αερισμός των λυμάτων γίνεται υποβρυχίως μέσω διαχυτών προς τους οποίους παροχετεύεται αέρας από λοβοειδείς φυσητήρες. Η λειτουργία των φυσητήρων γίνεται με ρύθμιση στροφών και με τη συνδρομή βραδύστροφων αναδευτήρων μέσω των οποίων αντιμετωπίζεται η καθίζηση των στερεών του βιολογικού αντιδραστήρα κατά τις χρονικές περιόδους χαμηλής ζήτησης οξυγόνου όπου δεν απαιτείται η πλήρης λειτουργία του ενεργοβόρου συστήματος αερισμού.

Η επεξεργασία της ιλύος γίνεται με μηχανική πάχυνση-αφυδάτωση, η οποία πραγματοποιείται με τράπεζα πάχυνσης, ταινιοφιλτράπρεσσα και προσθήκη υδατικού διαλύματος πολυηλεκτρολύτου.

### Διάθεση Λυμάτων και Παραπροϊόντων

Η διάθεση των επεξεργασμένων λυμάτων γίνεται σήμερα στην τάφρο της Αγ. Βαρβάρας που εκβάλλει στον ποταμό Αγγίτη.

Η ιλύς είναι πλήρως σταθεροποιημένη και διατίθεται σε παράπλευρο γήπεδο της ΜΕΑΛ ως βελτιωτικό του εδάφους.

Τα παραπροϊόντα, δηλαδή τα εσχαρίσματα και τα στερεά της εξάμμωσης (περίπου 260 m<sup>2</sup> ετησίως) απάγονται προς διάθεση μαζί με τα οικιακά απορρίμματα των οποίων αποτελούν αμελητέο ποσοστό.

### Κατασκευαστικό Κόστος

Το κόστος του έργου συμπεριλαμβανομένης και της αμοιβής του συμβούλου επίβλεψης εκτιμάται σε 6.360.000 €, με αναγωγή των τιμών στο έτος 2004. Το ποσόν αυτό αντιστοιχεί σε 106 € ανά εξυπηρετούμενο κάτοικο και μειώνεται κατά 10%, δηλαδή περίπου σε 95 € ανά κάτοικο εφόσον συνεκτιμηθούν και τα ήδη εκτελεσθέντα έργα υποδομής τα οποία θα εξυπηρετήσουν και τις μελλοντικές επεκτάσεις ως το διπλασιασμό του έργου.

### Χαρακτηριστικά του ενσωματωμένου Εξοπλισμού

Το σύνολο του κύριου εξοπλισμού και μέρους του περιφερειακού εξοπλισμού αποτελείται από προϊόντα υψηλής βιομηχανικής στάθμης. Το λοιπό (και μεγαλύτερο) μέρος του περιφερειακού εξοπλισμού είναι προϊόν ιδιοκατασκευών και απαιτεί συνεχή

προσοχή και συντήρηση. Όμως σε γενικές γραμμές το έργο μπορεί να κριθεί από την άποψη του εξοπλισμού, ως ικανοποιητικό.

#### Χαρακτηριστικά των Αυτοματισμών

Οι διαδικασίες προεπεξεργασίας βοθρολυμάτων, εσχάρωσης, εξάμμωσης και απολύμανσης είναι αυτοματοποιημένες μέσω 5 τοπικών λογικών ελεγκτών (PLC), ενώ επιπροσθέτως η βιολογική επεξεργασία ελέγχεται από μετρητή MLSS και οξυγονόμετρο.

#### Ενεργειακά Χαρακτηριστικά του Βιολογικού Αντιδραστήρα

Το σύστημα του αερισμού λειτουργεί με 3 φυσητήρες των οποίων οι στροφές ρυθμίζονται με inverters και 2.150 διαχυτήρες τοποθετημένους ανά 1,25 m<sup>2</sup>. Επίσης διατίθεται επαρκής αριθμός βραδύστροφων αναδευτήρων που διατηρεί την εναιώριση του μίγματος λυμάτων-ιλύος άνευ της λειτουργίας των ενεργοβόρων φυσητήρων.

Η ονομαστική ενεργειακή απόδοση του συστήματος αερισμού είναι 2,45 kgO<sub>2</sub>/KWh και ο τελικός συντελεστής ενεργειακής απόδοσης σε συνθήκες πεδίου έχει μετρηθεί σε 2,95 kgO<sub>2</sub>/KWh. Η δυσμενής διαφορά του συντελεστή αυτού σε σχέση με τα παραπάνω έργα, Δελφών και Γαλαξιδίου, οφείλεται σαφώς τόσο στο αισθητά μικρότερο βάθος των δεξαμενών αερισμού ( 4,3 m αντί περίπου 6 m στα παραπάνω έργα), όσο και στη μικρότερη πυκνότητα τοποθέτησης των διαχυτών.

Η διαπίστωση αυτή αποτελεί ένα κρίσιμο συμπέρασμα της παρούσας εργασίας.

#### Διοίκηση του Έργου - Λειτουργικά Χαρακτηριστικά

Σήμερα η λειτουργία του έργου γίνεται από τον Ανάδοχο της κατασκευής του (ETE ΔΡΑΜΑΣ ΑΕ) υπό την επίβλεψη ιδιωτικού μελετητικού γραφείου (SIGMA engineering ΑΕ) ενώ η ΔΕΥΑ έχει την ευθύνη της φύλαξης του χώρου. Το σύνολο του προσωπικού που απασχολείται στη μονάδα αποτελείται από 4 τεχνίτες πλήρους απασχόλησης και από 2 διπλωματούχους και τεχνολόγους μηχανικούς μερικής απασχόλησης. Παράλληλα απασχολούνται άλλα 4 άτομα από της ΔΕΥΑ για τη φύλαξη και τον καθαρισμό του έργου. Σύμφωνα με τις απόψεις των τεχνικών στελεχών της ΔΕΥΑ, στη λειτουργία του έργου αντανακλούν παρόμοια οικονομικά προβλήματα με αυτά της ΔΕΥΑ Αιγίου αν και σε αισθητά μικρότερο βαθμό.

#### 3.4.2.7 ΜΕΑΔ Δήμου Ζακύνθου

##### Γενικά Στοιχεία

Η μονάδα έχει κατασκευαστεί σε γήπεδο το οποίο βρίσκεται σε περιοχή η οποία πριν τη λειτουργία του έργου ήταν απολύτως υποβαθμισμένη, εφόσον αποτελούσε

ανεξέλεγκτη χωματερή για τα απορρίμματα αλλά και για τα βοθρολύματα της πόλης της Ζακύνθου. Το γήπεδο με έκταση περίπου 13 στρεμμάτων και μέσο υψόμετρο της ευρύτερης περιοχής 5,5 m βρίσκεται ανατολικά του αεροδιαδρόμου του Αεροδρομίου Ζακύνθου σε κεντροβαρική σχετικά θέση των πυκνοδομημένων και τουριστικών οικισμών τους οποίους εξυπηρετεί και οι οποίοι διοικητικά ανήκουν στους Δήμους Ζακυνθίων, Λαγανά και Αρκαδίων.

Η μονάδα έχει σχεδιαστεί ώστε να κατασκευαστεί σε δύο φάσεις συνολικής δυναμικότητας ισοδυνάμου πληθυσμού (ι.π.) 60.000 κατοίκων. Σήμερα έχει κατασκευαστεί και λειτουργεί η Α Φάση των έργων του βιολογικού αντιδραστήρα (νιτροποίηση-απονιτροποίηση, τελική καθίζηση, Α/Σ ιλύος) για εξυπηρέτηση 40.000 κατοίκων, ενώ τα λοιπά έργα (συλλογή και εκβολή λυμάτων, Α/Σ εισόδου, εσχάρωση, εξάμμωση, επεξεργασία ιλύος, κτιριακή υποδομή, διύλιση, απολύμανση κλπ) έχουν κατασκευαστεί για τις ανάγκες της τελικής φάσης, δηλαδή για ισοδύναμο πληθυσμό 60.000 κατοίκων.

Η μονάδα, η οποία λειτουργεί παραγωγικά από το έτος 1998, σήμερα επεξεργάζεται λύματα ι.π. άνω των 20.000 κατοίκων κατά τη θερινή περίοδο αιχμής, συμπεριλαμβανομένων των βοθρολυμάτων.

#### Σύστημα Επεξεργασίας

Η ΜΕΑΛ Ζακύνθου λειτουργεί με το σύστημα του παρατεταμένου αερισμού. Διαθέτει δεξαμενή επιλογής μικροοργανισμών (selector tank), και πλήρη βιολογικό αντιδραστήρα δύο παραλλήλων γραμμών νιτροποίησης-απονιτροποίησης σε ενιαίες δεξαμενές μορφής οξειδωτικής τάφρου όπου η διαδικασία συντελείται σε λειτουργικά διακρινόμενες αλλά μεταβαλλόμενες αεριζόμενες και ανοξικές ζώνες.

Ο αερισμός των λυμάτων γίνεται επιφανειακά με 2 αεριστήρες (έναν ανά γραμμή) κατακορύφου άξονα και με τη συνδρομή 2 βραδύστροφων αναμικτήρων μέσω των οποίων αντιμετωπίζεται σχετικά η καθίζηση των στερεών του βιολογικού αντιδραστήρα.

Η επεξεργασία της ιλύος γίνεται με σύστημα μηχανικής πάχυνσης και αφυδάτωσης που αποτελείται από τράπεζα πάχυνσης και ταινιοφιλτρόπρεσσα και προσθήκη υδατικού διαλύματος πολυηλεκτρολύτου.

Η μονάδα διαθέτει σύστημα προωθημένης επεξεργασίας με διύλιση μέσω μηχανικού φίλτρου μεμβράνης.

### Διάθεση Λυμάτων και Παραπροϊόντων

Η διάθεση των επεξεργασμένων λυμάτων γίνεται σήμερα στον πλησίον χείμαρρο του Αγ. Χαράλαμπου που εκβάλλει παρά το λιμένα της Ζακύνθου.

Η ιλύς είναι πλήρως σταθεροποιημένη και διατίθεται στο ΧΥΤΑ ενώ με ασφάλεια θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και ως βελτιωτικό του εδάφους.

Τα παραπροϊόντα, δηλαδή τα εσχαρίσματα και τα στερεά της εξάμμωσης (περίπου 150 m<sup>2</sup> ετησίως) απάγονται προς διάθεση στο ΧΥΤΑ μαζί με τα οικιακά απορρίμματα των οποίων αποτελούν αμελητέο ποσοστό.

### Κατασκευαστικό Κόστος

Το κόστος του έργου συμπεριλαμβανομένης και της αμοιβής του συμβούλου επίβλεψης εκτιμάται σε 6.120.000 €, με αναγωγή των τιμών στο έτος 2004. Το ποσόν αυτό αντιστοιχεί σε 153 € ανά εξυπηρετούμενο κάτοικο και μειώνεται κατά 10% περίπου, δηλαδή σε 138 € ανά κάτοικο εφόσον συνεκτιμηθούν και τα ήδη εκτελεσθέντα έργα υποδομής τα οποία θα εξυπηρετήσουν και τις μελλοντικές επεκτάσεις.

### Χαρακτηριστικά του ενσωματωμένου Εξοπλισμού

Το σύνολο του κύριου εξοπλισμού από προϊόντα υψηλής βιομηχανικής στάθμης. Το μεγαλύτερο μέρος όμως του περιφερειακού εξοπλισμού είναι προϊόν ιδιοκατασκευών και απαιτεί συνεχή προσοχή και συντήρηση. Σε γενικές γραμμές το έργο αυτό μπορεί να κριθεί από την άποψη του εξοπλισμού ως σχετικά ικανοποιητικό.

### Χαρακτηριστικά των Αυτοματισμών

Παρά το γεγονός ότι το έργο διαθέτει 4 τοπικούς λογικούς ελεγκτές (PLC) εν τούτοις το συνολικό σύστημα αυτοματισμού είναι χαμηλού επιπέδου λόγω έλλειψης βασικών οργάνων ελέγχου και συνεπώς το μέγιστο μέρος των λειτουργιών γίνεται χειροκίνητα ή με χρονοπρόγραμμα.

Σύμφωνα με την έποψη των τεχνικών στελεχών της ΔΕΥΑ Ζακύνθου, απαιτείται άμεση ριζική αναβάθμιση των συστημάτων ελέγχου και πλήρης αντικατάσταση του λογισμικού.

### Ενεργειακά Χαρακτηριστικά του Βιολογικού Αντιδραστήρα

Το σύστημα του βιολογικού αντιδραστήρα λειτουργεί με 2 χαμηλόστροφους αεριστήρες (έναν ανά δεξαμενή) μεταβαλλόμενης βύθισης (θεωρητικά) από αυτόματα κινούμενους υπερχειλιστές που καθοδηγούνται από μετρητές οξυγόνου.

Επίσης διατίθενται 2 βραδύστροφοι αναδευτήρες που διατηρούν την εναιώρηση του μίγματος λυμάτων-ιλύος άνευ της λειτουργίας των ενεργοβόρων αεριστήρων.

Ο συντελεστής απόδοσης των επιφανειακών αεριστήρων είναι πολύ υψηλός για την κατηγορία αυτού του αερισμού, καθώς σταθερά υπερβαίνει τα 2,00 kg O<sub>2</sub>/kWh.

Όμως η ακαμψία του συστήματος λόγω του ενός μεγάλου αεριστήρα ανά δεξαμενή σε συνδυασμό με τον ανεπαρκή αριθμό αναδευτήρων και πρακτικά την έλλειψη ελέγχου της ρύθμισης του οξυγόνου στις δεξαμενές, ουσιαστικά αναιρεί το πλεονέκτημα της υψηλής απόδοσης των αεριστήρων και καθιστά το σύστημα αρκετά ενεργοβόρο. Η παρατήρηση αυτή είναι σημαντική για τα συμπεράσματα της παρούσας.

#### Διοίκηση του Έργου - Λειτουργικά Χαρακτηριστικά

Η μονάδα σήμερα λειτουργεί με ευθύνη της ΔΕΥΑ Ζακύνθου και απασχολεί προσωπικό 11 ατόμων.

#### 3.4.2.8 ΜΕΑΛ Δήμου Ιτέας

##### Γενικά Στοιχεία

Η μονάδα είναι τοποθετημένη σε γήπεδο 8 στρεμμάτων ανάντη του Εθνικού Δρόμου Ιτέας-Ναυπάκτου με μέσο υψόμετρο 38 m, σε απόσταση 1500 m από το κέντρο της Ιτέας.

Σύμφωνα με την κατασκευαστική μελέτη, το έργο είχε σχεδιαστεί για να καλύψει τις ανάγκες ισοδύναμου πληθυσμού 15.000 κατοίκων για την πρώτη φάση, δηλαδή μέχρι το έτος 2000, με τελική προοπτική τους 30.000 κατοίκους για το έτος 2020. Όμως σύμφωνα με τους ελέγχους της πρόσφατα εγκριθείσας μελέτης αναβάθμισης του συστήματος σε συνδυασμό με τις διαστάσεις των σχεδίων της μελέτης και τους όγκους κυρίως των δεξαμενών αερισμού και καθίζησης, η πραγματική δυναμικότητα του έργου δεν ξεπερνά τους 8.000-8.500 κατοίκους.

Εξαρχής διευκρινίζεται ότι η μονάδα αυτή χαρακτηρίζεται από χαμηλό σχεδιαστικό, κατασκευαστικό και λειτουργικό επίπεδο. Συνεπώς η παράθεση των χαρακτηριστικών της γίνεται για συγκριτικούς λόγους. Σήμερα έχει συνταχτεί αναλυτική μελέτη για τη ριζική αναβάθμιση της μονάδας από την οποία έχουν ληφθεί τα βασικά στοιχεία που αναλύονται στην παρούσα εργασία.

##### Σύστημα Επεξεργασίας

Η ΜΕΑΛ Ιτέας λειτουργεί με το σύστημα του παρατεταμένου αερισμού. Ο αερισμός των λυμάτων γίνεται υποβρυχίως με απλούς φουσητήρες και με τη συνδρομή μικρού αριθμού διαχυτήρων τοποθετημένων αποκλειστικά πλευρικά των δεξαμενών, δηλαδή άνευ κάλυψης πυθμένα και με εξαιρετικά χαμηλή πυκνότητα τοποθέτησης (ένας ανά 7,5 m<sup>2</sup>).



Για την επεξεργασία της ιλύος χρησιμοποιούνται πρωτόλεια συστήματα που αποτελούνται από μία δεξαμενή πάχυνσης και συστοιχία κλινών ξήρανσης.

#### Διάθεση Λυμάτων και Παραπροϊόντων

Η διάθεση των λυμάτων γίνεται στον κόλπο της Ιτέας μέσω υποθαλάσσιου αγωγού μήκους περίπου 1500 m.

#### Κατασκευαστικό Κόστος

Το κατασκευαστικό κόστος του έργου με τιμές 2004 ανέρχεται περίπου σε 2.700.000 € που αντιστοιχεί σε 337 € ανά εξυπηρετούμενο κάτοικο.

#### Χαρακτηριστικά του ενσωματωμένου Εξοπλισμού

Τόσο ο κύριος όσο και ο περιφερειακός εξοπλισμός χαρακτηρίζονται από ιδιοκατασκευές με αποτέλεσμα τη συχνή θέση εκτός λειτουργίας σημαντικών στοιχείων του έργου.

#### Χαρακτηριστικά των Αυτοματισμών

Το επίπεδο αυτοματισμών της μονάδας είναι εξαιρετικά χαμηλό. Αξίζει να σημειωθεί ότι η χαρακτηριστική απουσία συστημάτων ελέγχου οδήγησε στη μελέτη ριζικής αναβάθμισης του έργου.

#### Ενεργειακά Χαρακτηριστικά του Βιολογικού Αντιδραστήρα

Το χαμηλό βάθος των δεξαμενών, η εξαιρετικά χαμηλή πυκνότητα των διαχυτών και το χαμηλό επίπεδο ελέγχων καθορίζουν τα ενεργειακά δεδομένα του βιολογικού αντιδραστήρα ο οποίος είναι ιδιαίτερα ενεργοβόρος, χωρίς αποδεκτά ποιοτικά αποτελέσματα.

#### Διοίκηση του Έργου - Λειτουργικά Χαρακτηριστικά

Το έργο διοικείται από το Δήμο Ιτέας και για τη λειτουργία του χρησιμοποιούνται 3 τεχνίτες και λειτουργεί από το έτος 1992.

Βασικό λειτουργικό χαρακτηριστικό του έργου είναι το γεγονός ότι παρά το ενεργειακό του κόστος, τα ποιοτικά αποτελέσματα είναι εντελώς αναντίστοιχα προς αυτό. Η διαπίστωση αυτή συνιστά σημαντικό συμπέρασμα στην παρούσα εργασία.

### 3.4.2.9 ΜΕΑΛ Δήμου Ιωαννίνων

#### Γενικά Στοιχεία

Ο χώρος της εγκατάστασης της επεξεργασίας λυμάτων του δήμου Ιωαννίνων είναι εμβαδού περίπου 52 στρεμμάτων και βρίσκεται μεταξύ των περιοχών Κρύα, Μικρό Μπισδούνη και Πέραμα.

Η μονάδα έχει σχεδιαστεί για την επεξεργασία αστικών λυμάτων ισοδύναμου πληθυσμού 135.000 κατοίκων και σήμερα λειτουργεί με το ήμισυ αυτού του φορτίου.

Αξιοσημείωτο γεγονός είναι ότι η μονάδα μέχρι το έτος 2002 λειτουργούσε με ένα απολύτως απαρχαιωμένο σύστημα που θα μπορούσε να συγκριθεί με την παραπάνω περιγραφείσα μονάδα της Ιτέας. Για την αντιμετώπιση των τεράστιων ενεργειακών, λειτουργικών και ποιοτικών προβλημάτων της μονάδας εκτελέστηκε έργο πλήρους αναβάθμισης τα στοιχεία του οποίου αναφέρονται στην παρούσα εργασία.

#### Σύστημα Επεξεργασίας

Το έργο αυτό βασίζεται στη συμβατική μέθοδο της ενεργού ιλύος, δηλαδή σε αντίθεση με τα προηγούμενα αναφερθέντα έργα διαθέτει σύστημα δεξαμενών πρωτοβάθμιας καθίζησης και σύστημα αναερόβιας επεξεργασίας της ιλύος.

Τα έργα της πλήρους μονάδας αφορούν τη γραμμή επεξεργασίας των λυμάτων (δηλαδή προεπεξεργασία, βιολογική και τριτοβάθμια επεξεργασία), τα έργα εισόδου και εκβολής, την προεπεξεργασία των βοθρολυμάτων καθώς και σταθεροποίηση και αφυδάτωση της παραγόμενης ιλύος.

Η εγκατάσταση είναι ένα σύστημα βιολογικής επεξεργασίας με τη μέθοδο ενεργού ιλύος που έχει σχεδιαστεί για νιτροποίηση και αναερόβια επεξεργασία και για αφυδάτωση της ιλύος.

Ειδικότερα, η γραμμή των λυμάτων αποτελείται από τα έργα μηχανικής επεξεργασίας (εσχάρωση-εξάμμωση), το ενδιάμεσο αντλιοστάσιο ανύψωσης με κοχλιωτές αντλίες, το ζεύγος των δεξαμενών πρωτοβάθμιας καθίζησης, τη δίδυμη γραμμή βιολογικής επεξεργασίας με επιλογή μικροοργανισμών, αποφωσφόρωση, απονιτροποίηση και αερισμό, και τέλος τη διαδικασία τελικής καθίζησης που γίνεται σε τέσσερις κυλινδρικές δεξαμενές.

Αντίστοιχα, η γραμμή ιλύος αποτελείται από δεξαμενή προπάχυνσης και ομογενοποίησης τόσο της πρωτοβάθμιας ασταθεροποίητης όσο και της μερικώς σταθεροποιημένης δευτεροβάθμιας ιλύος, τη διαδικασία αναερόβιας σταθεροποίησης που συντελείται σε σύστημα δίδυμου χωνευτή ενώ στη συνέχεια ακολουθεί η διαδικασία πάχυνσης-αφυδάτωσης μέσω τράπεζας και ταινιοφιλτρόπρεσσας.

Η μονάδα διαθέτει σύστημα προωθημένης επεξεργασίας με διύλιση μέσω μηχανικού φίλτρου μεμβράνης.

#### Διάθεση Λυμάτων και Παραπροϊόντων

Τα επεξεργασμένα λύματα οδηγούνται με ανοιχτή τάφρο από την έξοδο της εγκατάστασης στον αποδέκτη, την τάφρο Λαψίστας.

Η ποσότητα της αφυδατωμένης ιλύος ανά ημέρα είναι  $43 \text{ m}^3$  και η διαθεσή της γίνεται σε ΧΥΤΑ. Επίσης η ημερήσια παραγωγή στραγγιδίων τα οποία ανακυκλοφορούνται στα έργα εισόδου, είναι  $1,032 \text{ m}^3$ .

#### Κατασκευαστικό Κόστος

Το κατασκευαστικό κόστος του έργου σε τιμές 2004 ανέρχεται σε 15.000.000 € περίπου, δηλαδή αντιστοιχεί σε 111 € ανά εξυπηρετούμενο κάτοικο.

#### Χαρακτηριστικά του ενσωματωμένου Εξοπλισμού

Ο κύριος, ο περιφερειακός και ακόμη μεγάλο τμήμα του δευτερεύοντος εξοπλισμού αποτελεί βιομηχανικό προϊόν. Παρά το γεγονός ότι το έργο έχει μικρή χρονική περίοδο λειτουργίας, η υψηλή στάθμη του ενσωματωμένου εξοπλισμού αναμένεται να μη δημιουργήσει αισθητά ζητήματα συντήρησης του έργου.

#### Χαρακτηριστικά των Αυτοματισμών

Εξαιρουμένων των διαδικασιών εξάμμιωσης και πάχυνσης ιλύος, η λειτουργία της μονάδας είναι πλήρως αυτοματοποιημένη. Το σημερινό έργο αποτελεί ένα από τα πλήρως αυτοματοποιημένα έργα.

#### Ενεργειακά Χαρακτηριστικά του Βιολογικού Αντιδραστήρα

Το σύστημα του βιολογικού αντιδραστήρα λειτουργεί με 12 επιφανειακούς αεριστήρες οριζοντίου άξονα και μονής ταχύτητας, εγκατεστημένης ισχύος εκάστου 45 kW και με τη συνδρομή 4 αναδευτήρων συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 52 kW. Επίσης στη δεξαμενή αποφωσφόρωσης υπάρχουν 5 αναδευτήρες συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 16 kW.

Η ρύθμιση γίνεται με κινητό υπερχειλιστή που μεταβάλλει το εύρος βύθισης των αεριστήρων ανάλογα προς τη ζήτηση οξυγόνου.

Οι αεριστήρες έχουν απόδοση μεγαλύτερη από  $2,10 \text{ kg O}_2/ \text{ kW}$ , απόδοση ιδιαίτερα μεγάλη για επιφανειακό αερισμό.

#### Διοίκηση του Έργου - Λειτουργικά Χαρακτηριστικά

Το έργο διοικείται από τη ΔΕΥΑ Ιωαννίνων και απασχολεί προσωπικό 29 ατόμων, αριθμό που κρίνεται ιδιαίτερα μεγάλος για το έργο αυτό.

Ο υψηλός αυτός αριθμός του προσωπικού εξηγείται λόγω της κατάστασης του έργου πριν την αναβάθμισή του και η διαπίστωση αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική στα συμπεράσματα της παρούσας εργασίας.

#### 3.4.2.10 ΜΕΑΛ Δήμου Ναυπάκτου

##### Γενικά Στοιχεία

Η μονάδα βρίσκεται σε παραθαλάσσια έκταση 10 περίπου στρεμμάτων στην περιοχή κατάντη των υφιστάμενων σφαγείων ανατολικά της πόλης της Ναυπάκτου και σε απόσταση 5 km περίπου από το κέντρο της πόλης σε θέση μη ορατή από τον πόλη ή την Εθνική οδό. Η θέση αυτή βρίσκεται σε απόσταση 500 m περίπου από τα πλησιέστερα σπίτια της πόλης και 800 m κατάντη της Εθνικής Οδού.

Ο σχεδιασμός της μονάδας είναι για εξυπηρέτηση 25.000 κατοίκων ενώ σήμερα εξυπηρετεί σταθερά 12.500 κατοίκους σε εποχή αιχμής.

##### Σύστημα Επεξεργασίας

Η εγκατάσταση είναι ένα σύστημα βιολογικής επεξεργασίας με τη μέθοδο του παρατεταμένου αερισμού, όπου ο αερισμός των λυμάτων γίνεται επιφανειακά. Αποτελείται από 2 γραμμές επεξεργασίας σε ορθογωνικές δεξαμενές απονιτροποίησης και νιτροποίησης.

Η επεξεργασία της ιλύος γίνεται με μηχανική πάχυνση-αφυδάτωση, η οποία πραγματοποιείται με τύμπανο, ταινιοφιλτρώπρεσσα και προσθήκη υδατικού διαλύματος πολυηλεκτρολύτου.

##### Διάθεση Λυμάτων και Παραπροϊόντων

Η διάθεση των επεξεργασμένων λυμάτων γίνεται στον Κορινθιακό Κόλπο μέσω υποθαλάσσιου αγωγού μήκους περίπου 200 m που εκβάλλει σε βάθος περίπου 16 m.

Η διάθεση της ιλύος και των παραπροϊόντων γίνεται μαζί με τα αστικά απορρίμματα.

##### Κατασκευαστικό Κόστος

Το κατασκευαστικό κόστος του έργου σε τιμές 2004 ανέρχεται σε 4.300.000 € που αντιστοιχεί σε 173 € ανά κάτοικο σχεδιασμού.

##### Χαρακτηριστικά του ενσωματωμένου Εξοπλισμού

Το σύνολο του κύριου και περιφερειακού εξοπλισμού με εξαίρεση τις αντλίες, τους αναμκτήρες και τον εξοπλισμό ιλύος αποτελείται από ιδιοκατασκευές, γεγονός που αντανακλάται στα κόστη συντήρησης.

##### Χαρακτηριστικά των Αυτοματισμών

Παρά το αρκετά καλό λογισμικό (SCADA), η έλλειψη βασικών συστημάτων ελέγχου υποβαθμίζει το σύστημα και το καθιστά μερικώς χειροκίνητο και μερικώς λειτουργούν με χρονοπρόγραμμα. Οι διαδικασίες εσχάρωσης, εξάμμωσης, βιολογικής

επεξεργασίας και απολύμανσης είναι αυτοματοποιημένες μέσω PLC, ενώ για το αρχικό αντλιοστάσιο λυμάτων και το έργο διάθεσης χρησιμοποιείται σταθμήμετρο υπερήχων.

#### Ενεργειακά Χαρακτηριστικά του Βιολογικού Αντιδραστήρα

Το χαμηλό επίπεδο εξοπλισμού του βιολογικού αντιδραστήρα σε συνδυασμό με τη λειτουργική του ακαμψία και την έλλειψη αυτοματισμών στις ρυθμίσεις καθορίζει τις ενεργειακές δαπάνες του συστήματος

#### Διοίκηση του Έργου - Λειτουργικά Χαρακτηριστικά

Το έργο διοικείται από τη ΔΕΥΑ Ναυπάκτου και απασχολεί προσωπικό 3 ατόμων.

### 3.4.2.11 ΜΕΑΛ Δήμου Πατρέων

#### Γενικά Στοιχεία

Η μονάδα είναι εγκατεστημένη δυτικά του πολεοδομικού συγκροτήματος Πατρών, στα όρια του Δήμου με τον οικισμό Παραλίας του ομώνυμου Δήμου. Η συνολική έκταση του γηπέδου της μονάδας ανέρχεται σε 110 στρέμματα, εκ των οποίων έχουν καταληφθεί από τα υφιστάμενα έργα Α φάσης τα 70 στρέμματα περίπου.

Ο σχεδιασμός της μονάδας για την τελική φάση των έργων είναι για να εξυπηρετήσει ισοδύναμο πληθυσμό 360.000 κατοίκων. Για τη δυναμικότητα αυτήν έχουν εκτελεστεί τα έργα προσαγωγής και διάθεσης των λυμάτων. Αντίστοιχα η υφιστάμενη σήμερα μονάδα έχει κατασκευαστεί για τις ανάγκες της Α Φάσης των έργων, δηλαδή για ισοδύναμο πληθυσμό 180.000 κατοίκων.

Το έργο λειτουργεί από το έτος 2002.

#### Σύστημα Επεξεργασίας

Η μονάδα της Πάτρας λειτουργεί με την κλασική μέθοδο ενεργού ιλύος, δηλαδή όπως και στην περίπτωση της μονάδας των Ιωαννίνων, διαθέτει δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης, ενώ η τελική σταθεροποίηση της ιλύος γίνεται με αναερόβια επεξεργασία.

Ο αερισμός των λυμάτων πραγματοποιείται με 12 επιφανειακούς αεριστήρες σε δεξαμενές μορφής οξειδωτικής τάφρου στις οποίες γίνεται η απονιτροποίηση και η νιτροποίηση των λυμάτων.

Ειδικότερα, η γραμμή των λυμάτων αποτελείται από το ενδιάμεσο αντλιοστάσιο με κοχλιωτές αντλίες, τα έργα μηχανικής επεξεργασίας (εσχάρωση-εξάμμωση), τις τρίδυμες δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης, την τρίδυμη γραμμή βιολογικής

επεξεργασίας με επιλογέα μικροοργανισμών, απονιτροποίηση και αερισμό, και τέλος τη διαδικασία τελικής καθίζησης που γίνεται σε τρίδυμες κυλινδρικές δεξαμενές.

Αντίστοιχα, η γραμμή ιλύος αποτελείται από δεξαμενή προπάχυνσης και ομογενοποίησης, τόσο της πρωτοβάθμιας ασταθεροποίητης όσο και της μερικώς σταθεροποιημένης δευτεροβάθμιας ιλύος, τη διαδικασία αναερόβιας σταθεροποίησης που συντελείται σε σύστημα δίδυμου χωνευτή ενώ στη συνέχεια ακολουθεί η διαδικασία πάχυνσης-αφυδάτωσης μέσω τράπεζας και ταινιοφιλτρόπρεσσας.

#### Διάθεση Λυμάτων και Παραπροϊόντων

Η διάθεση των επεξεργασμένων λυμάτων γίνεται στον Πατραϊκό Κόλπο μέσω υποθαλάσσιου αγωγού μήκους 2000 m και σε βάθος 20 m.

Η σταθεροποιημένη και σχετικώς αφυδατωμένη ιλύς διατίθεται στο ΧΥΤΑ μαζί με τα παραπροϊόντα της εσχάρωσης και της εξάμωσης.

#### Κατασκευαστικό Κόστος

Το κατασκευαστικό κόστος του έργου σε τιμές 2004 ανέρχεται σε 18.000.000 € περίπου, δηλαδή αντιστοιχεί σε 100 € ανά εξυπηρετούμενο κάτοικο.

#### Χαρακτηριστικά του ενσωματωμένου Εξοπλισμού

Ο κύριος, ο περιφερειακός και ακόμη μεγάλο τμήμα του δευτερεύοντος εξοπλισμού αποτελεί βιομηχανικό προϊόν. Παρά το γεγονός ότι το έργο έχει μικρή χρονική περίοδο λειτουργίας, η υψηλή στάθμη του ενσωματωμένου εξοπλισμού αναμένεται να μη δημιουργήσει αισθητά ζητήματα συντήρησης του έργου.

#### Χαρακτηριστικά των Αυτοματισμών

Το αρχικό αντλιοστάσιο λυμάτων και οι διαδικασίες ομογενοποίησης ιλύος ελέγχονται με σταθμήμετρα υπερήχων. Η εξάμωση, η βιολογική επεξεργασία λειτουργούν με χρονοπρόγραμμα μέσω PLC, ενώ για τη δεξαμενή πάχυνσης ιλύος και για τη χώνευσή της έχει προβλεφθεί ρύθμιση στροφών μέσω PLC. Τέλος για τη λειτουργία της εσχάρωσης υπάρχει όργανο μέτρησης της ένδειξης της διαφορικής στάθμης στη διώρυγα.

Γενικώς το έργο μπορεί να χαρακτηριστεί ως πολύ καλό από την άποψη των συστημάτων αυτοματισμού.

#### Ενεργειακά Χαρακτηριστικά του Βιολογικού Αντιδραστήρα

Το σύστημα του βιολογικού αντιδραστήρα λειτουργεί με 12 επιφανειακούς αεριστήρες οριζοντίου άξονα και μονής ταχύτητας, εγκατεστημένης ισχύος εκάστου 45 kW και με τη συνδρομή αναδευτήρων που λειτουργούν στις περιπτώσεις χαμηλής απαίτησης οξυγόνου.

Η ρύθμιση γίνεται με κινητό υπερχειλιστή που μεταβάλλει το εύρος βύθισης των αεριστήρων ανάλογα προς τη ζήτηση οξυγόνου.

Οι αεριστήρες έχουν απόδοση μεγαλύτερη από 2,10 kg O<sub>2</sub>/ kW, δηλαδή ιδιαίτερα μεγάλη για επιφανειακό αερισμό.

#### Διοίκηση του Έργου - Λειτουργικά Χαρακτηριστικά

Η διοίκηση του έργου, στο οποίο απασχολούνται συνολικά 24 άτομα, γίνεται από τη ΔΕΥΑ Πατρών.

#### 3.4.2.12 ΜΕΑΛ Δήμου Χανίων

##### Γενικά Στοιχεία

Η μονάδα είναι εγκατεστημένη σε παραθαλάσσια περιοχή στον οικισμό Σόδου, περίπου 3 km από το κέντρο των Χανίων. Σύμφωνα με το σχεδιασμό της επεξεργάζεται τα λύματα των Δήμων Χανίων, Ελ. Βενιζέλου, Σούδας και Περιβολίων.

Η εγκατάσταση που βρίσκεται σε λειτουργία από το 1995 προβλέπει την επεξεργασία αστικών λυμάτων που αντιστοιχούν σε 105.500 κατοίκους, βιομηχανικών αποβλήτων που αντιστοιχούν σε 5000 ισοδύναμους κατοίκους και βοθρολύματα που αντιστοιχούν σε 7000 ισοδύναμους κατοίκους. Σήμερα εξυπηρετεί κατά μέσο όρο 97.000 κατοίκους.

##### Σύστημα Επεξεργασίας

Η ΜΕΑΛ Χανίων λειτουργεί με την κλασική μέθοδο ενεργού ιλύος. Τα λύματα οξυγονώνονται υποβρυχίως μέσω διαχυτήρων μεμβράνης λεπτής φυσαλίδος σε 4 δεξαμενές, σε καθεμία από τις οποίες, υπάρχει ανοξική και αερόβια ζώνη. Παράλληλα με την αφαίρεση του οργανικού φορτίου γίνεται και μερική νιτροποίηση-απονιτροποίηση.

Η εγκατάσταση προβλέπει την επεξεργασία των λυμάτων με τη μέθοδο της ενεργοποιημένης ιλύος. Επίσης προβλέπει την επεξεργασία της ιλύος με τη μέθοδο της αναερόβιας χώνευσης, με παράλληλη αξιοποίηση του παραγόμενου βιοαερίου.

##### Διάθεση Λυμάτων και Παραπροϊόντων

Η διάθεση των λυμάτων γίνεται με υποθαλάσσιο αγωγό ενώ η διάθεση της ιλύος και των παραπροϊόντων εσχάρωσης και εξάμωσης γίνεται μαζί με τα αστικά απορρίμματα των οποίων αποτελούν μικρό ποσοστό.

##### Κατασκευαστικό Κόστος

Το κατασκευαστικό κόστος του έργου σε τιμές 2004 ανέρχεται σε 18.000.000 € περίπου, δηλαδή αντιστοιχεί σε 153 € ανά εξυπηρετούμενο κάτοικο.

Στο κατασκευαστικό αυτό κόστος, σημαντικό ρόλο έπαιξε το γεγονός ότι το έργο εκτελέστηκε ουσιαστικά από τρεις κύριες εργολαβίες, οι πρώτες δύο των οποίων οδήγησαν σε εκπτώσεις και άλλα σημαντικά προβλήματα των Αναδόχων, με σοβαρές οικονομικές συνέπειες στην κατασκευή του έργου.

#### Χαρακτηριστικά του ενσωματωμένου Εξοπλισμού

Το γεγονός της κατασκευής του έργου από πολλές διαφορετικές και περιπετειώδεις εργολαβίες καθορίζει και την ποιότητα του εξοπλισμού που μπορεί να χαρακτηριστεί από υψηλού επιπέδου ως προϊόντα ιδιοκατασκευών τόσο για τον κύριο όσο και για τον περιφερειακό εξοπλισμό.

#### Χαρακτηριστικά των Αυτοματισμών

Ένα Σύστημα Εποπτικού Ελέγχου και Συλλογής Πληροφοριών και επιπρόσθετα όργανα παρακολουθούν, υποστηρίζουν και βελτιώνουν τη λειτουργία της εγκατάστασης. Αναλυτικότερα η μονάδα είναι πλήρως αυτοματοποιημένη και η λειτουργία παρατηρείται μέσω SCADA.

Όμως βασικό χαρακτηριστικό είναι το γεγονός ότι το σύστημα ελέγχου είναι παλαιότερης γενιάς και απαιτεί άμεση αναβάθμιση.

#### Ενεργειακά Χαρακτηριστικά του Βιολογικού Αντιδραστήρα

Το σύστημα του βιολογικού αντιδραστήρα λειτουργεί με 5 φυσητήρες. Επίσης διατίθενται 4 αναδευτήρες συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 11 kW για την απονιτροποίηση και 4 αναδευτήρες συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 16 kW για τον αερισμό.

#### Διοίκηση του Έργου - Λειτουργικά Χαρακτηριστικά

Η διοίκηση του έργου ασκείται από τη ΔΕΥΑ Χανίων. Στο έργο απασχολούνται 20 άτομα δημοσίου τομέα, ενώ παράλληλα οι εγκαταστάσεις φυλάσσονται από ιδιωτική εταιρία.



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup> – ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ**

### **4.1 ΓΕΝΙΚΑ**

Το λειτουργικό κόστος των Μονάδων Επεξεργασίας Αστικών Λυμάτων συνίσταται γενικά από τις παρακάτω επιμέρους δαπάνες:

- (i) Δαπάνες ενέργειας
- (ii) Δαπάνες διοίκησης υπό την ευρεία έννοια
- (iii) Δαπάνες συντήρησης
- (iv) Δαπάνες αναλωσίμων

*Ενεργειακές δαπάνες* (i) θεωρούνται αυτές που αφορούν την κατανάλωση του ηλεκτρικού ρεύματος για τη λειτουργία της μονάδας.

*Δαπάνες διοίκησης* του έργου (ii) θεωρούνται οι δαπάνες που αφορούν το επιστημονικό, τεχνολογικό και εργατοτεχνικό προσωπικό καθώς και το προσωπικό φύλαξης.

*Δαπάνες συντήρησης* του έργου (iii) θεωρούνται αυτές που αφορούν τα έξοδα τακτικής ή έκτακτης συντήρησης και συμπεριλαμβάνουν την τακτική λίπανση του εξοπλισμού, σύμφωνα με τα τεχνικά φυλλάδια του κατασκευαστή του, την αντικατάσταση προβληματικών στοιχείων του εξοπλισμού, τη συντήρηση (βαφές κλπ) των δομικών έργων και γενικά τη συνολική επιτήρηση όλων των στοιχείων της ΜΕΑΛ.

*Δαπάνες αναλωσίμων* (iv) θεωρούνται αυτές που αφορούν τα χημικά και τα λοιπά προϊόντα που απαιτούνται για την ομαλή λειτουργία της μονάδας, δηλαδή κυρίως τις ενώσεις χλωρίου για την απολύμανση των επεξεργασμένων λυμάτων και τους πολυηλεκτρολύτες για την επεξεργασία της ιλύος.

Από τις παραπάνω κατηγορίες, όπως προκύπτει και από τα πραγματικά στοιχεία των ΜΕΑΛ που εξετάζονται στην παρούσα εργασία, οι δύο πρώτες συνιστούν το μέγιστο μέρος των λειτουργικών δαπανών.

Στα επόμενα τέσσερα εδάφια γίνεται αναλυτικότερη περιγραφή των κατηγοριών των λειτουργικών δαπανών των ΜΕΑΛ.

#### **4.1.1 Δαπάνες Ενέργειας**

Από τις ενεργειακές δαπάνες των ΜΕΑΛ, κρίσιμες είναι αυτές που αφορούν την ενέργεια η οποία καταναλώνεται στη βιολογική διαδικασία και στη διαδικασία

επεξεργασίας ιλύος. Οι λοιπές ενεργειακές δαπάνες, είτε είναι ασήμαντες λόγω ιδιαίτερα χαμηλής κατανάλωσης του εξοπλισμού αναφοράς (π.χ. προεπεξεργασία λυμάτων), είτε είναι προαιρετικές (π.χ. ηλεκτροφωτισμός, κτίριο διοίκησης κλπ)

Συνεπώς στην εργασία αυτή εξετάζονται αποκλειστικά οι παράμετροι που αφορούν τις ενεργειακές δαπάνες για τη βιολογική επεξεργασία των λυμάτων και την επεξεργασία της ιλύος των ΜΕΑΛ, θεωρουμένων των λοιπών καταναλώσεων είτε ως σχετικά σταθερών (προεπεξεργασία, επεξεργασία ιλύος κλπ) είτε ως προαιρετικών (ηλεκτροφωτισμός, ψύξη-θέρμανση κτιριακών χώρων κλπ).

Οι παράγοντες οι οποίοι επιδρούν καθοριστικά στην κατανάλωση ενέργειας των ΜΕΑΛ σχετίζονται κυρίως με τη γενική επιλογή της μεθόδου επεξεργασίας (συμβατική ενεργός ιλύς ή παρατεταμένος αερισμός), το βαθμό εκμετάλλευσης του βιολογικού αντιδραστήρα, δηλαδή τη σχέση μεταξύ του πληθυσμού σχεδιασμού και του πραγματικά εξυπηρετούμενου πληθυσμού, την επιλογή του συστήματος αερισμού (επιφανειακός ή υποβρύχιος) σε συνδυασμό με επιμέρους επιλογές καθώς και με το επίπεδο των επιμέρους συνθηκών ρύθμισης του βιολογικού αντιδραστήρα.

Οι δαπάνες κατανάλωσης ενέργειας και ειδικότερα αυτές που αφορούν το βιολογικό αντιδραστήρα, συνιστούν μαζί με τις δαπάνες διοίκησης το μέγιστο και κρισιμότερο μέρος των λειτουργικών δαπανών των ΜΕΑΛ. Μάλιστα, επειδή οι ενεργειακές δαπάνες είναι ουσιαστικά το μέρος του λειτουργικού κόστους που καθορίζεται κυρίως από αντικειμενικούς όρους, αποτελούν το κυρίαρχο συγκριτικό αντικείμενο της παρούσας εργασίας.

#### **4.1.2 Δαπάνες Διοίκησης**

Όπως έχει ήδη αναφερθεί οι δαπάνες αυτές αφορούν τη μισθοδοσία του συνόλου του προσωπικού που ασχολείται με το έργο, είτε αυτό είναι επιστημονικό ή τεχνολογικό, είτε είναι εργατοτεχνικό ή προσωπικό φύλαξης. Επίσης αφορούν και το επιχειρηματικό κέρδος σε περίπτωση που η ευθύνη του συνόλου ή τμήματος των λειτουργικών διαδικασιών του έργου έχει ανατεθεί σε ιδιωτικό οίκο.

Οι δαπάνες διοίκησης και ειδικότερα του προσωπικού λειτουργίας του έργου συνιστούν γενικώς το μέγιστο μέρος των λειτουργικών δαπανών της ΜΕΑΛ και εξαρτώνται από μια σειρά αλληλοεμπλεκόμενων και αλληλοεξαρτώμενων παραγόντων οι οποίοι μπορεί να κατηγοριοποιηθούν ως εξής:

- α. Οι πολιτικές επιλογές του φορέα του έργου (Δήμου, ΔΕΥΑ ή άλλης Δημόσιας Αρχής) παίζουν ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στο ύψος της

κατηγορίας αυτής των δαπανών. Σε πολλές περιπτώσεις οι ΜΕΑΛ θεωρήθηκαν από το φορέα λειτουργία τους ως κατάλληλοι χώροι για την ανάπτυξη εκτάκτων θέσεων εργασίας οι οποίες σταδιακά μονιμοποιήθηκαν σε αντίθεση με τις επιλογές άλλων αντίστοιχων φορέων, οι οποίοι συνειδητοποίησαν εξ αρχής ότι αυτού του είδους η πολιτική θα είχε ως αποτέλεσμα τη μεγάλη αύξηση του κόστους του προσωπικού λειτουργίας και τη μετακύλιση του στους πολίτες-χρήστες του συστήματος.

Υπό το πρίσμα αυτό εξηγούνται οι μεγάλες διαφορές σε προσωπικό λειτουργίας και συνεπώς σε αντίστοιχες δαπάνες μεταξύ των ΜΕΑΛ που εξετάζονται. Η παρατηρούμενη σημαντική διαφορά στις δαπάνες διοίκησης μεταξύ των ΜΕΑΛ Ιωαννίνων και Αργινίου είναι χαρακτηριστική και εξηγεί τη διαπίστωση αυτή.

- β. Η επιλογή της οργανωτικής δομής λειτουργίας των ΜΕΑΛ επιδρά επίσης καθοριστικά στην κατηγορία αυτή των δαπανών. Παρά το γεγονός ότι η παράμετρος αυτή ανήκει στη σφαίρα των πολιτικών επιλογών, εν τούτοις εξετάζεται ξεχωριστά λόγω του σημαντικού ειδικού βάρους της. Ειδοποιό χαρακτηριστικό των διαφόρων επιλογών της οργανωτικής λειτουργικής δομής είναι η αναλογία του επιπέδου ευθύνης του Δημόσιου (υπό την ευρεία έννοια) και του Ιδιωτικού τομέα.

Γενικώς παρατηρείται ότι στις εξεταζόμενες ΜΕΑΛ, οι δαπάνες διοίκησης και προσωπικού στις περιπτώσεις ολοκληρωτικής λειτουργίας των έργων από τις ΔΕΥΑ είναι σημαντικά μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες στις περιπτώσεις όπου η λειτουργία γίνεται συνολικά ή μερικά μέσω συμβάσεων με ιδιωτικές επιχειρήσεις. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η διαφοράς μεταξύ αφενός των ΜΕΑΛ Πατρών, Ιωαννίνων, Αργους-Ναυπλίου, Ζακύνθου που ανήκουν στην πρώτη κατηγορία και αφετέρου των ΜΕΑΛ Αργινίου, Δράμας, Αιγίου που ανήκουν στη δεύτερη κατηγορία.

- γ. Το επίπεδο επαγγελματικής και τεχνολογικής εξειδίκευσης καθώς και της συνεχούς ενημέρωσης του προσωπικού λειτουργίας διαδραματίζει εξαιρετικό ρόλο στην κατηγορία των δαπανών διοίκησης, εφόσον από τον παράγοντα αυτόν εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό το σχετικό ανθρώπινο κόστος, τόσο ως προς τον αριθμό των απαιτούμενων ατόμων όσο και ως προς το εύρος του εξαιρέσιμου και συνεπώς δαπανηρότερου χρόνου απασχόλησης. Επίσης σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση του κόστους των

δαπανών διοίκησης έχει το επίπεδο της εργασιακής συνείδησης του προσωπικού λειτουργίας.

- δ. Η δυνατότητα ορθολογικής διαχείρισης του προσωπικού λειτουργίας από το διευθυντικό στελεχικό δυναμικό αυξάνει σημαντικά την παραγωγικότητα και συνεπώς μειώνει το σχετικό κόστος.
- ε. Η ποιότητα κατασκευής και εξοπλισμού των ΜΕΑΛ σχετίζεται με τις δαπάνες προσωπικού, εφόσον είναι προφανές ότι η υψηλότερη ποιότητα απαιτεί γενικώς αντιστρόφως ανάλογη επαγρύπνηση και συνεπώς ελαχιστοποίηση της ανάγκης προσωπικού εκτός κανονικής βάρδιας. Η παραπάνω γενική και προφανής αρχή διαπιστώθηκε από τις σχετικές συνεντεύξεις με τους υπευθύνους λειτουργίας όλων σχεδόν των ΜΕΑΛ που εξετάζονται.

Από τις συνεντεύξεις αυτές παρατηρήθηκε ότι τα περισσότερο σημαντικά προβλήματα εμφανίζονται πολύ συχνά και αφορούν κυρίως τον δευτερεύοντα ενσωματωμένο εξοπλισμό και ειδικότερα στις περιπτώσεις όπου αποτελεί προϊόν ιδιοκατασκευών. Μάλιστα διαπιστώθηκε ότι το κρισιμότερο πρόβλημα ως προς την παράμετρο αυτήν είναι το γεγονός ότι τα διευθυντικά στελέχη των ΜΕΑΛ, μην έχοντας τη δυνατότητα της αύξησης του προσωπικού λειτουργίας στις περιπτώσεις αστοχιών, συνήθως παρακάμπτουν την προβληματική μονάδα ή το τμήμα της με συνέπεια την υποβάθμιση του ποιοτικού αποτελέσματος.

Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι έχουν παρουσιαστεί σημαντικά προβλήματα που οφείλονται στην ποιότητα του κεντρικού και του περιφερειακού εξοπλισμού στις ΜΕΑΛ Άργους-Ναυπλίου, Ζακύνθου, Ναυπάκτου, Ιτέας.

- στ. Το επίπεδο του αυτοματισμού ελέγχων και λειτουργίας της ΜΕΑΛ επιδρά σημαντικά στην κατηγορία των δαπανών διοίκησης και προσωπικού εφόσον είναι αυτονόητο ότι ένα υψηλά δομημένο σύστημα απαιτεί σημαντικά χαμηλότερη επιτήρηση από ένα σύστημα που στηρίζεται σε χειροκίνητες διαδικασίες.

Επισημαίνεται ότι οι δαπάνες διοίκησης συνιστούν σημαντικό μέρος του συνολικού λειτουργικού κόστους των ΜΕΑΛ, μεγαλύτερο μάλιστα από αυτό που αφορά τις ενεργειακές δαπάνες. Όμως η άμεση εξάρτηση των δαπανών διοίκησης σε μεγάλο βαθμό από ανθρωπογενείς και υποκειμενικές παραμέτρους, δηλαδή αφενός από

τις πολιτικές-οργανωτικές επιλογές του φορέα και αφετέρου από το επίπεδο εξειδίκευσης του προσωπικού λειτουργίας μειώνει αισθητά τις δυνατότητες για αντικειμενοποίηση της μεθοδολογίας ελαχιστοποίησης του σχετικού κόστους.

#### **4.1.3 Δαπάνες Συντήρησης**

Αυτή η κατηγορία των δαπανών αφορά τόσο το κόστος των τακτικών ή εκτάκτων συντηρήσεων, όσο και το κόστος αντικατάστασης τμημάτων του εξοπλισμού τα οποία έχουν υποστεί φθορές και καταστροφές. Επίσης στην κατηγορία αυτή ανήκουν και οι δαπάνες συντήρησης των δομικών έργων των ΜΕΑΛ, οι οποίες είναι συνήθως σταθερές, σχετικά αμελητέες και συνεπώς δεν εξετάζονται. Οι παράγοντες οι οποίοι επιδρούν καθοριστικά στα κόστη συντήρησης είναι κυρίως:

- α. Το ποιοτικό επίπεδο και η βιομηχανική στάθμη του εξοπλισμού, παράγων ο οποίος επιδρά τόσο στη συχνότητα των εκτάκτων συντηρήσεων, όσο και στις φθορές και καταστροφές του εξοπλισμού.
- β. Το επίπεδο εμπειρίας και εξειδίκευσης του προσωπικού συντήρησης, παράγων ο οποίος μέσω της τακτικής και ποιοτικής συντήρησης αλλά και της δυνατότητας προβλέψεων δυσμενών καταστάσεων, επιδρά στην πρόληψη των εκτάκτων βλαβών, φθορών και καταστροφών του εξοπλισμού.
- γ. Το επίπεδο του συστήματος αυτοματισμού και ελέγχων του συνολικού έργου και ειδικότερα της λειτουργίας του εξοπλισμού, παράγων ο οποίος επιδρά επίσης προληπτικά.
- δ. Η παλαιότητα ή ο χρόνος συνολικής λειτουργίας των μηχανημάτων επιδρά στο κόστος αντικατάστασης τμηματικά ή συνολικά.

Οι δαπάνες συντήρησης αποτελούν, σε σχέση με τις δύο προηγούμενες κατηγορίες δαπανών, δευτερεύοντα παράγοντα καθορισμού του συνολικού κόστους λειτουργίας των ΜΕΑΛ. Εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό αφενός από τις γενεσιουργές συνθήκες του συστήματος που καθορίζουν το ποιοτικό του επίπεδο και αφετέρου από τις ανθρωπογενείς συνθήκες λειτουργίας οι οποίες συνδέονται ολοκληρωτικά με τις συνθήκες διοίκησης του έργου, δηλαδή με τα αναφερθέντα στη ανάλυση της προηγούμενης κατηγορίας δαπανών.

#### **4.1.4 Δαπάνες Αναλωσίμων**

Οι δαπάνες αυτές είναι σχετικά σταθερές για το κάθε έργο. Ο μόνος ουσιαστικός παράγων, από τον οποίον εξαρτάται η αυξομείωσή τους σε μια μονάδα,

είναι το επίπεδο αυτοματισμού, ώστε να αποφεύγεται η υπερκατανάλωση των αναλωσίμων είτε για την τελική απολύμανση των λυμάτων είτε για την τελική επεξεργασία της ύλης.

Πρέπει όμως διευκρινιστεί ότι η κατηγορία αυτή των δαπανών είναι αρκετά άκαμπτη σε όλες τις ΜΕΑΛ και παράλληλα συνιστά σχετικά αμελητέο ποσοστό των συνολικών δαπανών της κάθε μονάδας.

Επιπροσθέτως έχει παρατηρηθεί ότι στις περισσότερες περιπτώσεις, για τη χρήση των αναλωσίμων εφαρμόζονται υποκειμενικά κριτήρια του χειριστή, γεγονός το οποίο εκτιμάται ότι οφείλεται στο συγκριτικά χαμηλό κόστος της δαπάνης τους.

Τέλος, συχνά οι παραγγελίες και οι παραλαβές των αναλωσίμων, κυρίως των υλικών απολύμανσης και των πολυηλεκτρολυτών, γίνεται για το σύνολο των χρήσεων του φορέα και όχι μόνο για τη ΜΕΑΛ οπότε τα παρεχόμενα στοιχεία είναι αρκετά ασαφή και δυσδιάκριτα.

Για όλους τους παραπάνω λόγους, αλλά κυρίως λόγω της σχετικής σταθερότητας των απαιτήσεων και της αμελητέας διαφορικής ποσοστιαίας επίδρασης στη ΜΕΑΛ, η κατηγορία των δαπανών για αναλώσιμα δεν εξετάζεται ειδικά από την παρούσα εργασία.

## **4.2 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΩΝ ΔΑΠΑΝΩΝ**

Οι λειτουργικές δαπάνες των Μονάδων Επεξεργασίας Αστικών Λυμάτων δεν εξαρτώνται μόνον από τις λειτουργικές συνθήκες της κάθε μονάδας αλλά εκτείνονται σε σημαντικό βαθμό και στις γενεσιουργές παραμέτρους αυτών, οι οποίες αφορούν το σχεδιασμό και την κατασκευή του έργου. Ειδικότερα οι λειτουργικές δαπάνες εξαρτώνται από:

- το σχεδιασμό του συστήματος
- την ποιότητα της κατασκευής και του ενσωματωμένου εξοπλισμού
- το επίπεδο των συστημάτων αυτοματισμού και ελέγχων
- τις λειτουργικές συνθήκες της μονάδας

Στα επόμενα εδάφια εξετάζονται αναλυτικότερα οι παράμετροι των λειτουργικών δαπανών και οι επιπτώσεις τους στο μέγεθος και την κατηγορία των δαπανών αυτών.

#### 4.2.1 Σχεδιασμός του Συστήματος

Ο σχεδιασμός του συστήματος αποτελεί την πρώτη γενεσιουργό παράμετρο των λειτουργικών δαπανών μιας ΜΕΑΛ. Με το σχεδιασμό ορίζεται η διαδικασία επεξεργασίας, οι προδιαγραφές των δομικών έργων και κυρίως του εξοπλισμού και το επίπεδο του αυτοματισμού με αποτέλεσμα την ουσιώδη επίδραση στις λειτουργικές συνθήκες της μονάδας. Συνεπώς ο σχεδιασμός του συστήματος επιδρά σε όλες τις κατηγορίες δαπανών της ΜΕΑΛ ως εξής:

- α. Στις δαπάνες διοίκησης οι οποίες μειώνονται αποτελεσματικά εφόσον έχει σχεδιαστεί υψηλού επιπέδου σύστημα ελέγχου, έχει εξασφαλιστεί ευχερής εποπτεία και προσπέλαση των μονάδων καθώς και ικανοποιητικές συνθήκες εργασίας.
- β. Στις δαπάνες ενέργειας οι οποίες μειώνονται σε εξαιρετικό βαθμό εφόσον από το σχεδιασμό της ΜΕΑΛ:
  - έχει αποφευχθεί υπερδιαστασιολόγηση, δηλαδή μεγάλη αναντιστοιχία μεταξύ δυναμικότητας σχεδιασμού και πραγματικής δυναμικότητας,
  - έχει γίνει ορθολογική επιλογή, ανάλογα προς τις συγκεκριμένες συνθήκες, της μεθόδου επεξεργασίας
  - έχει γίνει ορθολογική επιλογή του συστήματος αερισμού
  - έχει εξασφαλιστεί λειτουργική ευελιξία μέσω πολλαπλών επιπέδων ρύθμισης του αντιδραστήρα
  - έχουν θεσπιστεί υποχρεωτικές προδιαγραφές εξοπλισμού υψηλής ενεργειακής απόδοσης καθώς και υψηλού επιπέδου συστημάτων λειτουργικού ελέγχου.
- γ. Στις δαπάνες συντήρησης οι οποίες ελαχιστοποιούνται εφόσον έχουν θεσπιστεί προδιαγραφές που απαιτούν υψηλής στάθμης εξοπλισμό
- δ. Στις δαπάνες αναλωσίμων οι οποίες είναι αντιστρόφως ανάλογες του επιπέδου του ποιοτικού αποτελέσματος τόσο της γραμμής των λυμάτων όσο και της γραμμής της ιλύος.

#### 4.2.2 Ποιότητα Κατασκευής και Εξοπλισμού

Η ποιότητα της κατασκευής και του εξοπλισμού αποτελεί χρονικά τη δεύτερη γενεσιουργό παράμετρο των λειτουργικών δαπανών της ΜΕΑΛ και εξαρτάται

αποφασιστικά από την προηγούμενη παράμετρο, δηλαδή από το σχεδιασμό του συστήματος. Η παράμετρος αυτή επιδρά:

- α. Στις δαπάνες διοίκησης εφόσον προφανώς η υψηλή ποιότητα κατασκευής και εξοπλισμού μειώνει σημαντικά τις δαπάνες προσωπικού.
- β. Στις δαπάνες συντήρησης και ειδικότερα στο κόστος των έκτακτων συντηρήσεων καθώς και στο κόστος αντικατάστασης λόγω φθορών και καταστροφών.

#### **4.2.3 Συστήματα Αυτοματισμού και Ελέγχων**

Το επίπεδο των συστημάτων αυτοματισμού και ελέγχων της ΜΕΑΛ εξαρτάται πρωτίστως από το επίπεδο σχεδιασμού και επιδρά καθοριστικά και στις τέσσερις κατηγορίες δαπανών ως εξής:

- α. Στις δαπάνες διοίκησης εφόσον ένα υψηλού επιπέδου σύστημα αυτόματων ελέγχων μειώνει δραστικά τον απαιτούμενο αριθμό του προσωπικού λειτουργίας.
- β. Στις δαπάνες ενέργειας εφόσον βασικός παράγων των δαπανών αυτών αποτελεί η συνεχής ρύθμιση των παραμέτρων λειτουργίας του βιολογικού αντιδραστήρα ανάλογα προς τις πραγματικές απαιτήσεις του.
- γ. Στις δαπάνες συντήρησης εφόσον ο αυτόματος έλεγχος έχει σημαντικό προληπτικό ρόλο στις βλάβες, φθορές και καταστροφές.
- δ. Στις δαπάνες αναλωσίμων όπου από το επίπεδο αυτοματισμού εξαρτάται η αποφυγή της υπερκατανάλωσης αυτών.

#### **4.2.4 Λειτουργικές Συνθήκες της μονάδας**

Οι λειτουργικές συνθήκες της Μονάδας Επεξεργασίας Αστικών Λυμάτων επιδρούν αυτονόητα και στις τέσσερις κατηγορίες των λειτουργικών δαπανών. Οι συνθήκες αυτές αν και προφανώς εξαρτώνται αποφασιστικά από όλες τις προηγούμενες παραμέτρους, εν τούτοις εμφανίζουν και μια σχετική αυτονομία η οποία εξετάζεται στο εδάφιο αυτό. Οι κρίσιμες συνιστώσες αυτής της παραμέτρου είναι:

- α. Η πολιτική βούληση και ικανότητα του φορέα διαχείρισης της ΜΕΑΛ. Ειδικότερα η παροχή των απαραίτητων πόρων (ανθρώπινου δυναμικού, τεχνολογικών και οικονομικών πόρων) την κατάλληλη χρονική περίοδο, ανεξάρτητα από τις λοιπές παραμέτρους, μπορεί να συμβάλλει σημαντικά στην αποφυγή δυσχερώς αναστρέψιμων αρνητικών συνθηκών στο έργο. Η



απουσία των απαραίτητων πόρων στη ΜΕΑΛ, με μεταφορά του θεμελιώδους αξιώματος της θερμοδυναμικής, τη μετατρέπει σε κλειστό σύστημα του οποίου αυξάνει διαρκώς η αταξία (εντροπία) με συνέπεια τη τελική καταστροφή του. Στη συγκεκριμένη περίπτωση της εργασίας αυτής, διαπιστώθηκε ότι οι ΜΕΑΛ στις οποίες δεν διατέθηκαν οι στοιχειώδεις απαιτηθέντες οικονομικοί και ανθρώπινοι πόροι, οδηγήθηκαν σε κατάσταση πλήρους αταξίας και αδυναμίας συμβατικών επιμέρους επεμβάσεων συντήρησης. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αυτού του συμπεράσματος είναι οι ΜΕΑΛ Ιωαννίνων (πριν τη συνολική ανακατασκευή της) και Ιτέας (που απαιτεί σχεδόν πλήρη ανακατασκευή) καθώς και ορισμένες άλλες αντίστοιχες ΜΕΑΛ που δεν εξετάστηκαν στην παρούσα εργασία (Κάτω Αχαΐας, Κλειτορίας, Ερατεινής) αλλά για τις οποίες διατίθενται στοιχεία τα οποία επαληθεύουν το συμπέρασμα αυτό.

- β. Η ύπαρξη εξειδικευμένου προσωπικού αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα που επιδρά αποφασιστικά στο σύνολο των λειτουργικών δαπανών του έργου.
- γ. Η μέθοδος λειτουργίας (δημόσιος τομέας, ιδιωτικός τομέας, μικτό σύστημα) επιδρά επίσης σημαντικά στο συνολικό λειτουργικό κόστος της ΜΕΑΛ.
- δ. Τέλος η συνολική οργάνωση της διαχείρισης της ΜΕΑΛ, από τις συνθήκες εργασίας του προσωπικού έως τις συνθήκες διοίκησης του αλλά και το ποιοτικό επίπεδο ελέγχων τόσο της εργασίας όσο και του αποτελέσματος αποτελούν καθοριστικούς παράγοντες των λειτουργικών δαπανών σε συνδυασμό με τη λειτουργική βελτιστοποίηση της ΜΕΑΛ

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup> – ΣΥΓΚΡΙΣΕΙΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ**

### **5.1 ΓΕΝΙΚΑ - ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ**

Μετά τη συνοπτική περιγραφή των Μονάδων Επεξεργασίας Αστικών Λυμάτων του δείγματος (3<sup>ο</sup> Κεφάλαιο) και την ανάλυση των παραγόντων που συνθέτουν το λειτουργικό κόστος (4<sup>ο</sup> Κεφάλαιο), στο Κεφάλαιο αυτό γίνεται η συγκριτική παράθεση και ο σχολιασμός των πραγματικών λειτουργικών στοιχείων μεταξύ των εξεταζόμενων από την παρούσα εργασία μονάδων.

Η συγκριτική αναφορά των δεδομένων γίνεται τόσο σε ποσοτικό όσο και σε ποιοτικό επίπεδο, εφόσον τα ποσοτικά δεδομένα έχουν αυτονόητα απαραίτητη προϋπόθεση τη λειτουργική αποτελεσματικότητα της ΜΕΑΛ, δηλαδή κυρίως την εξασφάλιση της διεργασίας του βέλτιστου αποτελέσματος για το περιβάλλον, το οποίο επιβάλλεται να είναι τουλάχιστον συμβατό αφενός με την Περιβαλλοντική Νομοθεσία και αφετέρου με τις σύγχρονες απαιτήσεις της Τεχνολογίας και της Επιστήμης.

Για το λόγο αυτό αρχικά συγκρίνεται η αποτελεσματικότητα των ΜΕΑΛ, με κύρια παράμετρο σύγκρισης το βαθμό απόδοσης ως προς το οργανικό φορτίο που αποτελεί το βασικό δείκτη απαίτησης οξυγόνου, δηλαδή παράγοντα κατανάλωσης ενέργειας.

Στη συνέχεια συγκρίνονται τα δεδομένα των ενεργειακών δαπανών, των δαπανών διοίκησης και δευτερευόντως των δαπανών συντήρησης ενώ οι δαπάνες αναλωσίμων είναι σχετικά σταθερές.

Στους πίνακες που παρουσιάζονται σε αυτό το Κεφάλαιο, οι ΜΕΑΛ κατατάσσονται κατά αύξοντα πληθυσμό και όχι κατά αλφαβητική σειρά.

### **5.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΜΕΑΛ**

Όπως προαναφέρθηκε, οι λειτουργικές δαπάνες πρέπει να εξεταστούν σε συνδυασμό με την αποτελεσματικότητα της διεργασίας η οποία συντελείται στις ΜΕΑΛ, εφόσον η βελτιστοποίηση των λειτουργικών οικονομικών μεγεθών έχει απαραίτητη προϋπόθεση αφενός την επίτευξη του βέλτιστου δυνατού αποτελέσματος των προϊόντων εξόδου και αφετέρου την εξασφάλιση της αισθητικής και υγιεινής των μονάδων και του περιβάλλοντος χώρου τους.

### 5.2.1 Χαρακτηριστικές Τιμές

Στον πίνακα 5.1 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα στοιχεία της αποτελεσματικότητας ως προς την απόδοση των συστημάτων, εκφραζόμενης από τη σχέση μεταξύ του εισερχόμενου και του εξερχόμενου οργανικού φορτίου (BOD<sub>5</sub>) που αποτελεί τον κύριο παράγοντα ποιοτικής σύγκρισης.

**Πίνακας 5.1: Αποτελεσματικότητα–Αποδόσεις**

αα	ΜΕΑΛ	Παροχή	BOD εισόδου		BOD εξόδου	Απόδοση	Αποδομούμενο BOD	
		(m <sup>3</sup> /d)	kg/d	mg/l	mg/l	%	kg/d	ton/yr
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
1	Χανίων	16.500	6.300	381,82	6	98,43	6.201	2.263
2	Ιωαννίνων	21.000	3.500	166,67	9	94,60	3.311	1.209
3	Πατρών	13.200	3.900	295,45	15	94,92	3.702	1.351
4	Άργους-Ναυπλίου	10.569	3.490	330,21	8	97,58	3.405	1.243
5	Αγρινίου	12.750	3.000	235,29	5	97,88	2.936	1.072
6	Δράμας	10.500	2.200	209,52	9	95,70	2.106	769
7	Αιγίου	6.600	1.500	227,27	11	95,16	1.427	521
8	Ζακύνθου	2.775	1.300	468,47	15	96,80	1.258	459
9	Ναυπάκτου	3.500	750	214,29	18	91,60	687	251
10	Δελφών	710	318	447,89	9	97,99	312	114
11	Ιτέας	1.000	250	250,00	35	86,00	215	78
12	Γαλαξιδίου	300	98	325,00	7	97,85	95	35

Στη στήλη (3) του πίνακα εμφανίζονται οι απολύτως μέσες ημερήσιες παροχές εισόδου, όπως δίδονται από τα καταγραφικά των μετρητών παροχής των μονάδων και μετά από στρογγυλοποίησή τους. Από τη μελέτη των on-line δεδομένων των καταγραφικών παροχής παρατηρήθηκε ότι με εξαίρεση τις περιπτώσεις της Ζακύνθου και του Γαλαξιδίου όπου υπάρχει σημαντική αναλογική αύξηση του θερινού πληθυσμού σε σχέση με τους μόνιμους κατοίκους, στις υπόλοιπες ΜΕΑΛ διαπιστώνεται σχετική σταθερότητα των ημερήσιων παροχών λυμάτων σε όλη τη διάρκεια του έτους. Εξαίρεση διαπιστώνεται κατά τις ημέρες των έντονων βροχοπτώσεων, στις ΜΕΑΛ Αγρινίου, Αιγίου, Δράμας και Πατρών, όπου λόγω των παντοροϊκών αποχετευτικών συστημάτων παρατηρείται έξαρση των παροχών αιχμής, που συνοδεύεται από αντίστοιχη αραίωση της πυκνότητας του οργανικού και των λοιπών ρυπαντικών φορτίων.

Η ημερήσια ποσότητα του οργανικού φορτίου εισόδου προκύπτει από τα στατιστικά δεδομένα της κατ' άτομο ημερήσιας παραγωγής (περίπου 60 g/p-d) σε συνδυασμό με το μέσο ημερήσιο εξυπηρετούμενο πληθυσμό και εμφανίζεται στη στήλη (4). Από το συνδυασμό των τιμών των στηλών (3) και (4) προκύπτουν οι συγκεντρώσεις του οργανικού φορτίου και εμφανίζονται στη στήλη (5). Οι υπολογισθείσες αυτές τιμές των συγκεντρώσεων βρίσκονται πλησιέστατα (εντός των ορίων του στατιστικού σφάλματος) με τις μετρούμενες σε τακτά χρονικά διαστήματα τιμές των πραγματικών δεδομένων εισόδου.

Στη στήλη (6) παρουσιάζονται οι μέσες τιμές των συγκεντρώσεων του οργανικού φορτίου εξόδου μετά τη διαδικασία επεξεργασίας των λυμάτων σύμφωνα με τις μετρήσεις των φορέων ελέγχου των ΜΕΑΛ.

Από το συνδυασμό των τιμών των στηλών (5) και (6) προκύπτει ο βαθμός απόδοσης (%) ως προς το οργανικό φορτίο για την κάθε ΜΕΑΛ και εμφανίζεται στη στήλη (7). Σημειώνεται ότι η απόδοση ως προς το οργανικό φορτίο είναι σχετικά αντιπροσωπευτική της απόδοσης και ως προς τα υπόλοιπα ρυπαντικά φορτία των ΜΕΑΛ.

Στις τελευταίες δύο στήλες, (8) και (9), του πίνακα δίδεται η ποσότητα του αποδομούμενου οργανικού φορτίου σε ημερήσια και ετήσια βάση αντίστοιχα. Οι τιμές των στηλών αυτών θα χρησιμοποιηθούν σε επόμενο εδάφιο για τη συγκριτική εκτίμηση της πραγματικά ωφέλιμης ενεργειακής κατανάλωσης των εξεταζόμενων ΜΕΑΛ.

### **5.2.2 Συγκριτικά συμπεράσματα αποδόσεων**

Από τον πίνακα 5.1 σε συνδυασμό με τα στοιχεία που συλλέχθηκαν αλλά και τα λοιπά δεδομένα που έχουν προκύψει από τις επισκέψεις και τις συνεντεύξεις με τους υπευθύνους των έργων προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα για την αποτελεσματικότητα και την αποδοτικότητα των εξεταζόμενων ΜΕΑΛ:

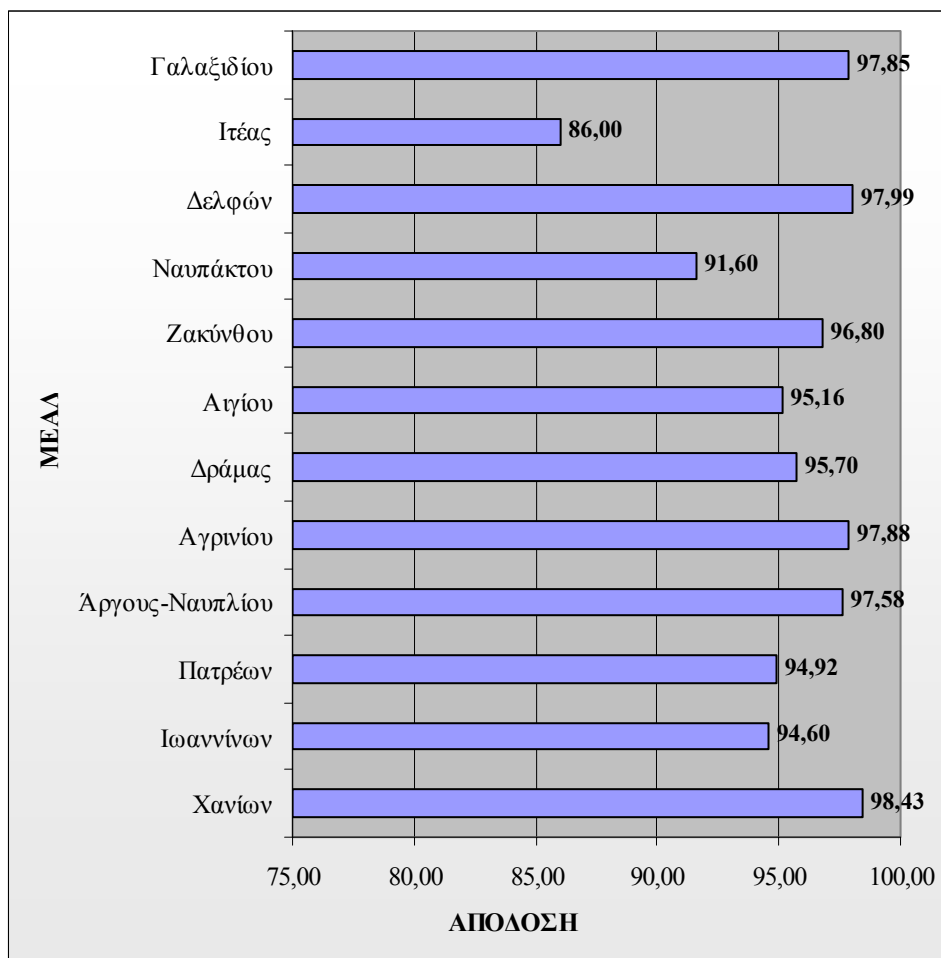
- α. Με εξαίρεση κυρίως του έργου της Ιτέας και σε μικρότερο βαθμό αυτού της Ναυπάκτου, όλες οι υπόλοιπες ΜΕΑΛ που εξετάζονται χαρακτηρίζονται από υψηλό βαθμό απόδοσης, ο οποίος μάλιστα σε ορισμένες περιπτώσεις πλησιάζει ή ξεπερνά το 98%.
- β. Η ποιότητα των επεξεργασμένων λυμάτων ως προς το οργανικό φορτίο είναι υψηλότερη των απαιτήσεων τόσο των περιβαλλοντικών όρων όσο και των θεσπισμένων οδηγιών της ΕΕ.

- γ. Αντίστοιχα συμπεράσματα προκύπτουν για τις συγκεντρώσεις των αιωρούμενων στερεών (SS) και των ενώσεων του αζώτου στα επεξεργασμένα λύματα. Επίσης τα έργα Αγρινίου, Άργους, Δελφών και Χανίων που διαθέτουν σχετική μονάδα, εμφανίζουν μεγάλο βαθμό απομάκρυνσης φωσφόρου ώστε σε συνδυασμό με την υψηλού βαθμού απονιτροποίηση να εξασφαλίζουν απομάκρυνση των θρεπτικών που αποτελούν τους κρίσιμους παράγοντες ευτροφισμού του αποδέκτη.
- δ. Αξιοσημείωτη διαπίστωση αποτελεί το γεγονός ότι στις ΜΕΑΛ στις οποίες λειτουργεί σύστημα προωθημένης επεξεργασίας με φίλτρανση, οι συγκεντρώσεις εξόδου ως προς το BOD και τα SS εμφανίζουν μονοψήφιους αριθμούς σε mg/l, δηλαδή πολύ χαμηλότερους από τις Οδηγίες και τους Περιβαλλοντικούς Όρους. Ιδιαίτερη αναφορά πρέπει να γίνει στις ΜΕΑΛ Αγρινίου και Χανίων όπου οι μέσες συγκεντρώσεις του οργανικού φορτίου εξόδου είναι 5-6 mg/l χωρίς να έχει παρατηρηθεί μέτρηση μεγαλύτερη των 10 mg/l, ενώ οι συγκεντρώσεις των στερεών εξόδου βρίσκονται στις ίδιες τιμές που για το είδος των φορτίων τις καθιστά σχεδόν αμελητέες.
- ε. Τα στοιχεία της ποιότητας της ιλύος μετά την επεξεργασία αποδεικνύουν ότι αυτή είναι πλήρως σταθεροποιημένη και μπορεί να διατίθεται άφοβα ως βελτιωτικό εδάφους καθώς και για κάθε χρήση. Στις περιπτώσεις των έργων Αγρινίου και Ζακύνθου έχουν εφαρμοστεί εκτεταμένα πιλοτικά προγράμματα με άριστα αποτελέσματα.
- στ. Εξαίρεση από τα παραπάνω συμπεράσματα αποτελεί η μονάδα επεξεργασίας λυμάτων της Ιτέας λόγω των ενδογενών προβλημάτων που ήδη εντοπίστηκαν στο αντίστοιχο κεφάλαιο και τα οποία οφείλονται τόσο στο σχεδιασμό όσο και στις διαχρονικές συνθήκες λειτουργίας του έργου. Η μονάδα αυτή είναι η μόνη μεταξύ αυτών που αναλύονται στην παρούσα εργασία, της οποίας τα υγρά προϊόντα εξόδου καθώς και τα στερεά παραπροϊόντα δεν ανταποκρίνονται στους Περιβαλλοντικούς Όρους και τις σχετικές Οδηγίες. Αντίστοιχα δυσμενή συμπεράσματα εξάγονται και από άλλες -αντίστοιχου σχεδιασμού και λειτουργικών συνθηκών- μονάδες (Κ. Αχαΐας, Ερατεινής, Κλειτορίας) για τις οποίες διατίθενται στοιχεία αλλά δεν εξετάστηκαν από την παρούσα εργασία.
- ζ. Η ΜΕΑΛ του Γαλαξιδίου βρίσκεται σε φάση δοκιμαστικής λειτουργίας και συνεπώς δεν μπορούν να εξαχθούν ασφαλή λειτουργικά συμπεράσματα.

Όμως λόγω του υψηλού επιπέδου σχεδιασμού και κατασκευής το έργο αυτό αναμένεται να παρουσιάσει υψηλού ποιοτικού επιπέδου αποτελέσματα υπό την προϋπόθεση της ορθολογικής παραγωγικής του λειτουργίας.

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι την αποτελεσματικότητα, ως προς την ποιοτική απόδοση των εξεταζόμενων μονάδων, παρακολουθεί σχεδόν αναλογικά ο βαθμός αισθητικής και υγιεινής των εγκαταστάσεων. Έτσι παρατηρείται ότι οι ΜΕΑΛ με το βέλτιστο βαθμό απόδοσης χαρακτηρίζονται από υψηλή αισθητική του χώρου, από άριστες συνθήκες υγιεινής και από αμελητέα όχληση της ευρύτερης περιοχής που τις φιλοξενεί. Αντίθετα συχνά παράπονα υπάρχουν για τις οσμές που προκαλούνται από το έργο της Ιτέας, ενώ στο έργο της Ναυπάκτου παρατηρούνται συχνά έντονα νέφη σταγονιδίων αντίστοιχα με αυτά που είχαν παρατηρηθεί στο έργο των Ιωαννίνων πριν την αναβάθμισή του.

Στο σχήμα 5.1 που ακολουθεί παρουσιάζονται γραφικά οι αποδόσεις των εξεταζόμενων μονάδων.



**Σχήμα 5.1: Αποδόσεις των εξεταζόμενων μονάδων**

## 5.3 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΩΝ ΔΑΠΑΝΩΝ

### 5.3.1 Δαπάνες Ενέργειας

Οι ενεργειακές δαπάνες αναφέρονται αποκλειστικά στην ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται συνολικά για τη λειτουργική διαδικασία των Μονάδων Επεξεργασίας Αστικών Λυμάτων. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, το μέγιστο αλλά και το πλέον ευέλικτο μέρος των καταναλώσεων ηλεκτρικής ενέργειας του πλήρους συστήματος αφορά τη διαδικασία βιολογικής επεξεργασίας, δηλαδή τη διεργασία αερισμού και ανάδευσης προς σταθεροποίηση της ποιότητας των λυμάτων και της ιλύος, την ανακυκλοφορία του ανάμικτου (νιτροποιημένου) υγρού, την ανακυκλοφορία της ιλύος καθώς και ορισμένες άλλες αμελητέας ενεργειακής σημασίας καταναλώσεις, ανάλογες προς το σχεδιασμό του συστήματος.

Οι υπόλοιπες καταναλώσεις είτε είναι σχετικά σταθερές και ασήμαντες σε σχέση με τις καταναλώσεις του βιολογικού αντιδραστήρα, είτε αφορούν την ηλεκτρική ενέργεια που αναλίσκεται για ανθρώπινες δραστηριότητες της ΜΕΑΛ (ηλεκτροφωτισμός, θέρμανση κτιριακών εγκαταστάσεων κλπ) οι οποίες έχουν καθαρά υποκειμενικά και συνεπώς μη συγκρίσιμα χαρακτηριστικά.

Διευκρινίζεται ότι σύμφωνα με τα δεδομένα της παρούσας εργασίας η ενεργειακή κατανάλωση στο βιολογικό αντιδραστήρα ανέρχεται σε ποσοστό 84-88% των συνολικών ενεργειακών καταναλώσεων. Ειδικά για τις ανάγκες της εργασίας, στη ΜΕΑΛ Αग्रινίου, η οποία χρησιμοποιήθηκε και ως πιλοτική μονάδα, εγκαταστάθηκε κατάλληλο on-line όργανο για την ανάπτυξη ενεργειακού auditing. Το όργανο αυτό για διάστημα 30 ημερών κατέγραφε τις καταναλώσεις ανά τοπικό υποπίνακα. Σύμφωνα με τον έλεγχο του SCADA, κατά το διάστημα αυτό τα τμήματα της μονάδας είχαν τις παρακάτω ποσοστιαίες καταναλώσεις.

- Προεπεξεργασία λυμάτων 1,60%
- Βιολογική επεξεργασία 85,20%
- Πάχυνση-Αφυδάτωση ιλύος 4,30%
- Χλωρίωση-Διύλιση 6,80%
- Λοιπές καταναλώσεις 2,10%

Τόσο από τις παραπάνω μετρήσεις πεδίου στη ΜΕΑΛ Αग्रινίου όσο και από τις ενδείξεις που δίδονται από τους υπευθύνους στις λοιπές ΜΕΑΛ προκύπτει ένα εξαιρετικής σημασίας συμπέρασμα, δηλαδή ότι **η ενεργειακή κατανάλωση στο βιολογικό αντιδραστήρα υπό την ευρεία έννοια ανέρχεται σε ποσοστό 84-88% των**

**συνολικών ενεργειακών καταναλώσεων της μονάδας**, πάντα υπό την προϋπόθεση της ορθολογικής, οικονομικής και αποτελεσματικής λειτουργίας της. Διευκρινίζεται ότι στην ευρεία έννοια του βιολογικού αντιδραστήρα συμπεριλαμβάνεται και η διεργασία της αναερόβιας σταθεροποίησης της ιλύος για τις ΜΕΑΛ που βασίζονται στη συμβατική μέθοδο της Ενεργού Ιλύος.

Η παραπάνω διαπίστωση σε συνδυασμό με το γεγονός ότι όλες οι υπόλοιπες καταναλώσεις μιας μονάδας είναι σχετικά άκαμπτες, δηλαδή σχεδόν σταθερές, οδηγεί στο συμπέρασμα ότι από την παρούσα εργασία πρέπει να αντιμετωπιστεί αποκλειστικά το ζήτημα της βελτιστοποίησης των καταναλώσεων αυτών που αφορούν το βιολογικό αντιδραστήρα.

Πάντως ένα πρωτογενές συμπέρασμα που προκύπτει είναι το ότι η διαδικασία του ενεργειακού auditing πρέπει να εφαρμοστεί σε όλες τις μονάδες (τουλάχιστον σε περιοδική αλλά τακτή βάση) ώστε οι υπεύθυνοι της λειτουργίας του να διαθέτουν πραγματικά στοιχεία πεδίου και να μη στηρίζουν τις προσπάθειες ελέγχου των ενεργειακών καταναλώσεων σε υποκειμενικές εκτιμήσεις.

Στον παρακάτω πίνακα (5.2) φαίνονται τα απόλυτα και συγκριτικά στοιχεία των ενεργειακών καταναλώσεων των εξεταζόμενων ΜΕΑΛ.

**Πίνακας 5.2: Συγκριτικά στοιχεία ενεργειακών καταναλώσεων**

αα	ΜΕΑΛ	Πραγματικός πληθυσμός	kWh/yr	kWh/kg BOD	kWh/(p*yr)	€/yr	€/ ton BOD	€/ (p*yr)	Συντελεστής σύγκρισης
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
1	Χανίων	97.000	3.471.880	1,53	35,79	163.178	72,10	1,68	0,38
2	Ιωαννίνων	75.000	5.586.272	3,55	74,48	256.969	163,31	3,43	0,87
3	Πατρέων	60.000	3.899.674	2,89	64,99	179.385	132,76	2,99	0,71
4	Άργους κλπ	55.000	2.883.572	2,32	52,43	135.528	109,03	2,46	0,57
5	Αγρινίου	50.000	1.610.273	1,50	32,21	75.683	70,62	1,51	0,37
6	Δράμας	40.000	1.500.000	1,95	37,50	70.500	91,74	1,76	0,48
7	Αιγίου	25.000	927.800	1,78	37,11	43.607	83,70	1,74	0,44
8	Ζακύνθου	15.500	1.697.100	3,69	109,49	79.764	173,66	5,15	0,91
9	Ναυπάκτου	12.500	747.429	2,98	59,79	37.371	149,04	2,99	0,73
10	Δελφών	5.000	396.800	3,49	79,36	20.634	181,41	4,13	0,86
11	Ιτέας	4.100	320.173	4,08	78,09	17.930	228,48	4,37	1,00
12	Γαλαξιδίου	1.500	106.800	3,07	71,20	5.554	159,49	3,70	0,75



Στη στήλη (3) του πίνακα εμφανίζεται ο πραγματικός πληθυσμός λειτουργίας των μονάδων, ο οποίος σε πολλές περιπτώσεις (Πάτρα, Ιωάννινα, Άργος-Ναύπλιο) είναι πολύ μικρότερος από τον πληθυσμό σχεδιασμού. Η αναλογία ανάμεσα στον πληθυσμό σχεδιασμού και στον πραγματικό παρουσιάζεται σχηματικά στο επόμενο εδάφιο.

Στις επόμενες τρεις στήλες παρατίθενται στοιχεία σχετικά με την ενέργεια που καταναλώνεται.

Αρχικά στη στήλη (4) εμφανίζεται η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας σε kWh/yr, σύμφωνα με τα πραγματικά λειτουργικά στοιχεία για την κάθε μονάδα.

Στη στήλη (5) η ενέργεια εκφράζεται σε kWh ανά kg αποδομούμενου BOD και προκύπτει από συνδυασμό της στήλης (4) του παραπάνω πίνακα με τη στήλη (9) του πίνακα 5.1. Από τις τιμές της στήλης αυτής προκύπτουν τα πιο κρίσιμα συμπεράσματα ως προς την ενεργειακή συμπεριφορά του συστήματος, εφόσον αυτές είναι οι πλέον χαρακτηριστικές της αποδοτικότητας σε συνδυασμό με την αποτελεσματικότητα της κάθε μονάδας και κυρίως του βασικού ενεργοβόρου τμήματος, δηλαδή του βιολογικού αντιδραστήρα.

Η στήλη (6) προκύπτει από τη στήλη (4) διαιρεμένη με τον πραγματικό πληθυσμό λειτουργίας και εκφραζόμενη σε kWh/άτομο-έτος. Ουσιαστικά δίνει πληροφορίες για την ετήσια καταναλισκόμενη ενέργεια που αναλογεί σε κάθε εξυπηρετούμενο ισοδύναμο κάτοικο.

Στις στήλες (7), (8) και (9) παρατίθενται στοιχεία σχετικά με τις δαπάνες ενέργειας εκφρασμένες σε €/yr, € / ton BOD και €/(p\*yr) αντίστοιχα. Τα στοιχεία είναι αντίστοιχα με αυτά των τριών προηγούμενων στηλών.

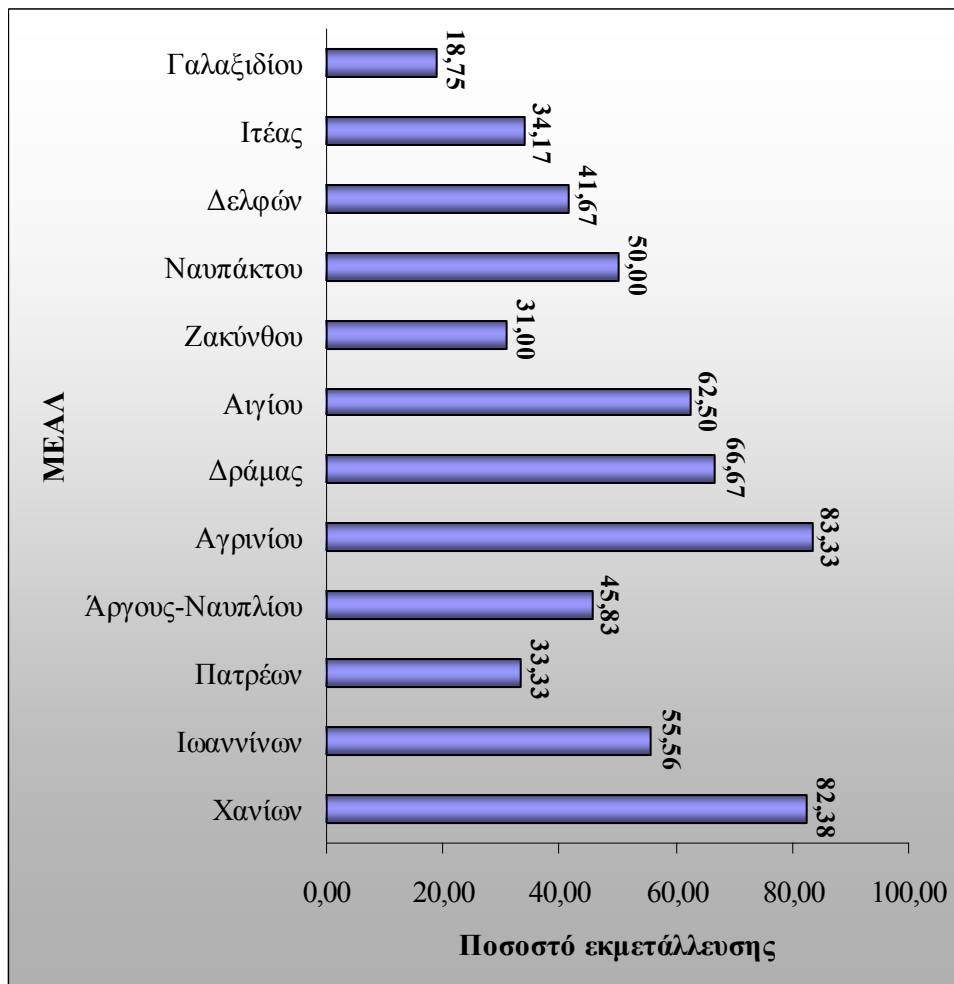
Τέλος η στήλη (10) προκύπτει με διαίρεση της μεγαλύτερης τιμής της στήλης (5), δηλαδή στη συγκεκριμένη περίπτωση της ΜΕΑΛ Ιτέας (4,08 kWh ανά kg αποδομούμενου BOD), με την αντίστοιχη τιμή που εμφανίζει κάθε μονάδα στην ίδια στήλη. Οι τιμές της στήλης (10) του πίνακα αποτελούν ενδεικτικό αλλά ιδιαίτερα εποπτικό μέτρο σύγκρισης της ενεργειακής κατανάλωσης της κάθε μονάδας.

Από την ανάλυση που θα ακολουθήσει στη συνέχεια αλλά και από την ερμηνεία του παραπάνω πίνακα προκύπτουν σημαντικά συμπεράσματα ως προς το βάρος των επιμέρους παραμέτρων οι οποίες συνιστούν τις ενεργειακές δαπάνες των ΜΕΑΛ. Πρέπει βέβαια να σημειωθεί ότι παρά την ειδική αυτονομία της επίδρασης των παραμέτρων αυτών στα ενεργειακά δεδομένα, εντούτοις η τελική ενεργειακή απόδοση του συστήματος ουσιαστικά προκύπτει από τον ορθολογικό μεταξύ τους συνδυασμό.

Στα εδάφια που ακολουθούν αναλύονται αυτές οι επιμέρους παράμετροι που επηρεάζουν την ενεργειακή συμπεριφορά των ΜΕΑΛ σε συνδυασμό με τους συντελεστές και παράγοντες τους.

### 5.3.1.1 Ποσοστό εκμετάλλευσης των ΜΕΑΛ

Το ποσοστό εκμετάλλευσης είναι ο επί 100% λόγος του πραγματικού πληθυσμού λειτουργίας προς τον πληθυσμό σχεδιασμού. Το ποσοστό αυτό ουσιαστικά εξαρτάται από το επίπεδο ευστοχίας του αρχικού σχεδιασμού του συστήματος κατά την πρωτογενή φάση των μελετών και παρουσιάζεται, για τις εξεταζόμενες από την παρούσα εργασία μονάδες, στο σχήμα 5.2.



**Σχήμα 5.2: Ποσοστό εκμετάλλευσης**

Όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό από το παραπάνω σχήμα, υπάρχουν μεγάλες διαφορές μεταξύ των 12 εξεταζόμενων μονάδων ως προς τη σχέση της δυναμικότητας και του πραγματικά εξυπηρετούμενου πληθυσμού για την κάθε μία από αυτές.

Οι ΜΕΑΛ Αγρινίου και Χανίων είναι εκμεταλλεύσιμες κατά ιδιαίτερα υψηλά ποσοστά, 83,33% και 82,38% αντίστοιχα. Αντίθετα οι ΜΕΑΛ Γαλαξιδίου, Ζακύνθου, Πατρών και Ιτέας παρουσιάζουν γενικώς πολύ χαμηλά ποσοστά εκμετάλλευσης που δεν ξεπερνούν το 35%.

Πρέπει να σημειωθεί ότι τα χαμηλά ποσοστά αυτών των μονάδων καθώς και των λοιπών ΜΕΑΛ που υπολείπονται αρκετά από το επιθυμητό επίπεδο εκμετάλλευσης, δεν αποτελούν αναγκαστικά συμπέρασμα λανθασμένου σχεδιασμού, εφόσον συνήθως κατά την εκπόνηση των πρωτογενών και υποστηρικτικών μελετών ελήφθη υπόψη η μελλοντική αύξηση του πληθυσμού καθώς και η δυνατότητα επεξεργασίας των λυμάτων γειτονικών δήμων. Ειδικότερα για τη μονάδα της Πάτρας αξίζει να σημειωθεί, ότι ενώ ο πληθυσμός της ευρύτερης περιοχής ξεπερνά τους 250.000 κατοίκους, το αποχετευτικό δίκτυο είναι εξαιρετικά περιορισμένο με συνέπεια να οδηγούνται προς επεξεργασία λύματα που αντιστοιχούν μόλις σε 60.000 ισοδύναμους κατοίκους.

Όμως, ανεξάρτητα από τον πρωτογενή σχεδιασμό πρέπει να επισημανθεί το πρόβλημα του τελικού προς υλοποίηση σχεδιασμού ο οποίος για διάφορους λόγους (υποκειμενική ανεπάρκεια, γραφειοκρατία, ακαμψία περιβαλλοντικών όρων) οδηγεί σε κατασκευαστική υπερδιαστασιολόγηση. Μια πιο ευέλικτη αντιμετώπιση θα μπορούσε να οδηγήσει στην κατασκευή των βασικών υποδομών, που αντιστοιχούν σε μικρή ή σταθερή σχετικά ενεργειακή κατανάλωση, για την προοπτική πλήρους ανάπτυξης της ΜΕΑΛ. Σε ότι αφορά το βιολογικό αντιδραστήρα, ορθολογική επιλογή θα ήταν ο σχεδιασμός με παράλληλες γραμμές (modules) και η σταδιακή κατασκευή αυτών ανάλογα προς τις πραγματικές πληθυσμιακές ανάγκες αλλά και προς την εξέλιξη της κατασκευής των αποχετευτικών δικτύων.

Το επιμέρους συμπέρασμα που προκύπτει από το συνδυασμό του παραπάνω σχήματος με τον πίνακα 5.2 είναι ότι στις μονάδες με υψηλότερο βαθμό εκμετάλλευσης εμφανίζεται γενικώς μικρότερη αναλογική ενεργειακή κατανάλωση. Αυτή η διαπίστωση εξηγείται από το γεγονός ότι η υπερδιαστασιολόγηση του ενεργοβόρου βιολογικού αντιδραστήρα συνεπάγεται μεγαλύτερο χρόνο παραμονής με συνέπεια την ανάγκη πρόσθετου (μη απαραίτητου για τη βιολογική διεργασία) αερισμού ή έστω ελαφρύτερα ενεργοβόρας ανάδευσης. Η έλλειψη απόλυτης αναλογικότητας της παρατήρησης αυτής μεταξύ των εξεταζόμενων ΜΕΑΛ, οφείλεται στο γεγονός ότι στην ενεργειακή κατανάλωση επιδρούν και οι λοιπές επιμέρους παράμετροι που θα αναλυθούν στη συνέχεια.

Το παράδειγμα της ΜΕΑΛ Ζακύνθου είναι χαρακτηριστικό για την αξιοπιστία του παραπάνω συμπεράσματος. Ειδικότερα, σύμφωνα με τα σχετικά στοιχεία της ΔΕΥΑΖ, κατά το χειμερινό εξάμηνο και για ισοδύναμο πληθυσμό περίπου 7.000 κατοίκων η ενεργειακή κατανάλωση αντιστοιχεί περίπου σε 1,00 € ανά κάτοικο το μήνα ενώ κατά το θερινό εξάμηνο και για ισοδύναμο πληθυσμό περίπου 24.000 κατοίκων η ενεργειακή κατανάλωση αντιστοιχεί περίπου σε 0,40 € ανά κάτοικο το μήνα, δηλαδή η κατά κεφαλήν κατανάλωση ενέργειας αυξάνει δραματικά (κατά 2,5 φορές περίπου) με την αντίστοιχη μείωση του ποσοστού εκμετάλλευσης της μονάδας.

#### 5.3.1.2 Δυναμικότητα των μονάδων

Από τον πίνακα 5.2 προκύπτει ότι με την αύξηση της δυναμικότητας ως προς τον εξυπηρετούμενο ισοδύναμο πληθυσμό, υπό την προφανή προϋπόθεση της βελτιστοποίησης του ποσοστού εκμετάλλευσης, εμφανίζεται καλύτερη ενεργειακή ανταπόκριση της ΜΕΑΛ. Τούτο οφείλεται στο γεγονός ότι σε μια μεγαλύτερης δυναμικότητας μονάδα εμφανίζεται προφανώς πιο ισορροπημένο ισοζύγιο των παροχών αιχμής, άρα και των ρυπαντικών φορτίων, με συνέπεια την αποφυγή της μεγάλης διακύμανσης της απορροφούμενης ισχύος από την οποίαν εξαρτάται η τιμολογιακή πολιτική της ΔΕΗ για την κάθε μονάδα.

Για το λόγο αυτόν πρέπει κατά το σχεδιασμό του κάθε συστήματος να καταβάλλεται προσπάθεια για τη μεγαλύτερη δυνατή ενοποίηση οικιστικών περιοχών προς εξυπηρέτησή τους από κοινή μονάδα.

#### 5.3.1.3 Μέθοδος επεξεργασίας

Από την επιλογή της μεθόδου επεξεργασίας γενικά αλλά και από το σχεδιασμό του βιολογικού αντιδραστήρα εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό η ενεργειακή ανταπόκριση της ΜΕΑΛ.

Καταρχήν απαιτείται ιδιαίτερα προσεκτική επιλογή της μεθόδου επεξεργασίας μεταξύ της συμβατικής μεθόδου Ενεργού Ιλύος (ΕΙ) και της μεθόδου του Παρατεταμένου Αερισμού (ΠΑ). Όπως έχει ήδη αναφερθεί, κατά τη μέθοδο ΕΙ μειώνεται ο χρόνος παραμονής στην αερόβια φάση του βιολογικού αντιδραστήρα με συνέπεια τη μείωση των διαστάσεων των δεξαμενών αερισμού και τη μικρότερη απαίτηση  $O_2$ , ενώ η ιλύς οδηγείται για πλήρη σταθεροποίηση στον αναερόβιο αντιδραστήρα (χωνευτή). Αντίθετα κατά τη μέθοδο ΠΑ αυξάνεται ο χρόνος παραμονής στην αερόβια φάση του βιολογικού αντιδραστήρα για την πλήρη σταθεροποίηση της

ιλύος άνευ πρόσθετης επεξεργασίας, με συνέπεια την αύξηση των διαστάσεων των δεξαμενών αερισμού και τη μεγαλύτερη απαίτηση σε O<sub>2</sub>. Από τα παραπάνω προκύπτει το πρωτογενές γενικό συμπέρασμα ότι κατά την εφαρμογή της ΕΙ υπάρχει χαμηλότερη ενεργειακή απαίτηση σε σύγκριση με τον ΠΑ εφόσον ένα μέρος της διαδικασίας επεξεργασίας διεξάγεται αναερόβια, δηλαδή χωρίς απαίτηση οξυγόνου. Όμως επειδή η μέθοδος της ΕΙ απαιτεί την κατανάλωση μιας σχετικά σταθερής ενεργειακής ποσότητας για την έντονη ανάδευση της ιλύος στην αναερόβια φάση που δεν αυξάνεται αναλογικά με το μέγεθος του χωνευτή και επειδή ακόμη η εφαρμογή της μεθόδου απαιτεί μεγάλες πάγιες δαπάνες και σημαντικά λειτουργικά έξοδα, η εφαρμογή της συνιστάται κυρίως σε μεγαλύτερες ΜΕΑΛ εφόσον στις μικρότερες μονάδες τα συνολικά κόστη υπερβαίνουν το ενεργειακό όφελος της οικονομίας σε αερισμό. Γενικώς από τη βιβλιογραφία αλλά και από τις συζητήσεις με τους υπευθύνους των ΜΕΑΛ και με εξειδικευμένους μελετητές προκύπτει το συμπέρασμα ότι η περίπτωση εφαρμογής της ΕΙ πρέπει να εξετάζεται σε ΜΕΑΛ ισοδυνάμου πληθυσμού μεγαλύτερου των 100.000-120.000 κατοίκων.

Εκτός από την επιλογή της γενικής μεθόδου επεξεργασίας σημαντικό ρόλο στις ενεργειακές δαπάνες παίζει ο σχεδιασμός του βιολογικού αντιδραστήρα. Ο σχεδιασμός βιολογικής επεξεργασίας ορθολογικά δομημένων γραμμών πλήρων φάσεων με αποφωσφόρωση, απονιτροποίηση και νιτροποίηση, πέραν του θετικού περιβαλλοντικού αποτελέσματος οδηγεί σε βέλτιστη ενεργειακή ανταπόκριση της μονάδας εφόσον συντελείται αρκετή κατανάλωση άνθρακα στην αναερόβια και ανοξική φάση της διεργασίας με συνέπεια τη μείωση της απαίτησης σε αερισμό. Χαρακτηριστικά παραδείγματα προκύπτουν από τον πίνακα 5.2 στον οποίο οι ΜΕΑΛ που δεν διαθέτουν πλήρεις φάσεις επεξεργασίας (Ιτέα, Ζάκυνθος, Ναύπακτος) εμφανίζουν γενικώς μεγαλύτερη ενεργειακή κατανάλωση.

Επίσης ιδιαίτερη σημασία πρέπει να δίδεται στις επιλογές του επιμέρους σχεδιασμού και στη γεωμετρία του βιολογικού αντιδραστήρα ώστε να εξασφαλίζεται η μέγιστη δυνατή ευελιξία της επεξεργασίας. Η διαδικασία νιτροποίησης-απονιτροποίησης μπορεί να εφαρμοστεί είτε σε διακριτές δεξαμενές πλήρους ανάμιξης και σταθερού όγκου, είτε σε ενιαίες δεξαμενές μεταβαλλόμενων ζωνών οι οποίες εμφανίζουν μεγαλύτερη ευελιξία και συνιστώνται σε ΜΕΑΛ με μεγάλες ημερήσιες ή και εποχιακές αυξομειώσεις των παροχών. Όμως η ευελιξία αυτή μπορεί να υλοποιηθεί και στο σύστημα διακριτών δεξαμενών με παρεμβολή δεξαμενής επαμφοτερίζουσας λειτουργίας η οποία να χρησιμοποιείται εναλλακτικά ως ανοξική ή αεριζόμενη ανάλογα

με τις θερμοκρασιακές συνθήκες και τις εκάστοτε απαιτήσεις της μονάδας. Επίσης η ευελιξία αυξάνεται με τη χρήση αντλιών μεταβλητών στροφών, άρα μεταβλητής παροχής, για την ανακυκλοφορία του ανάμικτου (νιτροποιημένου) υγρού.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι πέραν της υποχρέωσης για εξασφάλιση αφενός πλήρων φάσεων επεξεργασίας και αφετέρου της μέγιστης δυνατής ευελιξίας, δεν υπάρχει κανόνας που να καθορίζει την επιλογή της μεθόδου επεξεργασίας ή το σχεδιασμό του βιολογικού αντιδραστήρα καθώς όλα τα συστήματα είναι αποτελεσματικά και αποδοτικά εφόσον υλοποιούνται στην κατάλληλη περίπτωση. Απαιτείται λοιπόν ιδιαίτερα προσεκτική μελέτη η οποία πρέπει να καθορίζει τις επιλογές ανάλογα με τις πραγματικές συνθήκες και ανάγκες του μελετούμενου αντικειμένου.

#### 5.3.1.4 Σύστημα αερισμού

Από την επιλογή του συστήματος αερισμού και ειδικότερα από την απόδοση του εξοπλισμού παροχής αέρα, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό η ενεργειακή συμπεριφορά του βιολογικού αντιδραστήρα της ΜΕΑΛ. Βασικό στοιχείο της απόδοσης του εξοπλισμού του συστήματος είναι η δυνατότητα παροχής οξυγόνου ανά μονάδα αναλώσιμης ενέργειας και συνήθως μετράται σε  $\text{kgO}_2/\text{kWh}$ .

Πάντως η συνολική απόδοση του συστήματος αερισμού δεν εξαρτάται μόνο από την καθαυτή απόδοση του εξοπλισμού αλλά συνδυάζεται καθοριστικά με το επίπεδο των συστημάτων ελέγχου και αυτοματισμών και δευτερευόντος με το επίπεδο παρακολούθησης του συστήματος.

Τα συστήματα αερισμού διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες, στον επιφανειακό αερισμό και στην υποβρύχια διάχυση αέρα.

##### Επιφανειακός αερισμός

Η διαδικασία του επιφανειακού αερισμού συνίσταται από την παροχή αέρα –και συνεπώς οξυγόνου- μέσω της επιφανειακής ανατάραξης του υγρού που προκαλείται από επιφανειακούς αεριστήρες οι οποίοι διακρίνονται σε οριζοντίου και κατακόρυφου άξονα.

Οι ονομαστικές αποδόσεις των επιφανειακών αεριστήρων κυμαίνονται από 1,50 έως 2,30  $\text{kgO}_2/\text{kWh}$  για τους αεριστήρες κατακόρυφου άξονα και από 1,50 έως 2,00  $\text{kgO}_2/\text{kWh}$ , για τους αεριστήρες οριζόντιου άξονα. Γενικώς η ονομαστική απόδοση του αεριστήρα εξαρτάται από την ποιοτική στάθμη του εξοπλισμού, από τη γεωμετρία του συστήματος καθώς και από το σύνολο του λειτουργικού σχεδιασμού, ενώ η πραγματική

απόδοση διαμορφώνεται σε σημαντικό βαθμό και από άλλους παράγοντες που θα αναλυθούν σε επόμενα εδάφια.

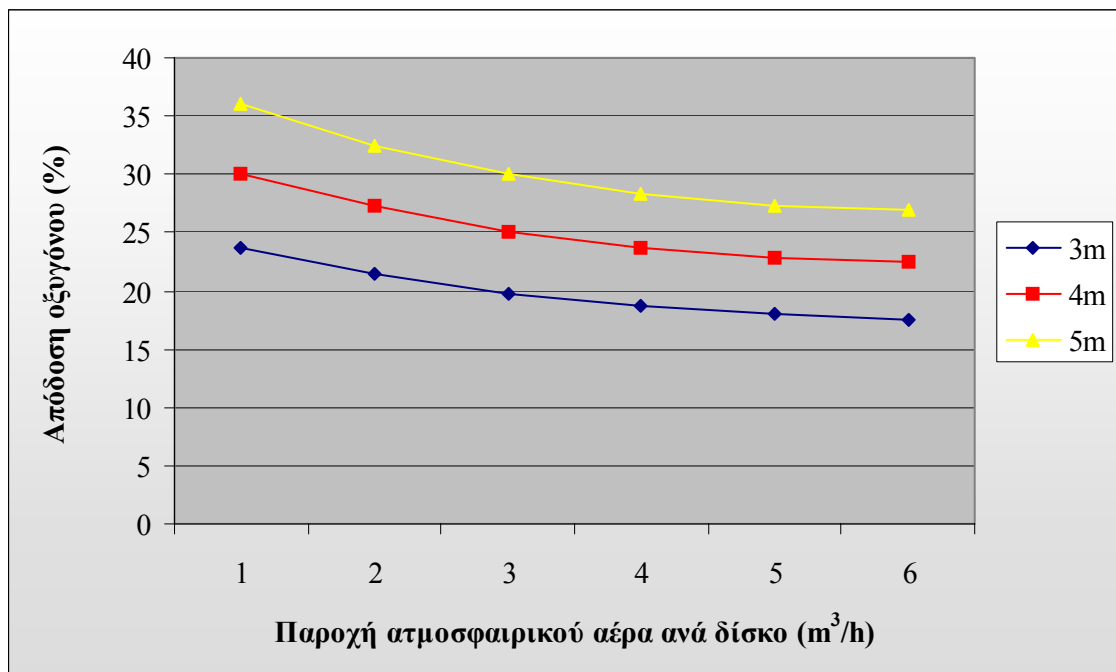
Η εφαρμογή του επιφανειακού αερισμού από τη φύση του συνιστάται για βάθη δεξαμενών έως και 4,50 m.

#### Υποβρύχια διάχυση αέρα

Στην περίπτωση αυτήν η παροχή αέρα γίνεται από σύστημα διαχυτών που τοποθετούνται στον πυθμένα της δεξαμενής και οι οποίοι τροφοδοτούνται μέσω σωληνωτού δικτύου από φουσητήρες (blowers) οι οποίοι συνήθως τοποθετούνται σε ηχομονωμένη κτιριακή κατασκευή.

Η ονομαστική απόδοση του συστήματος υποβρύχιας διάχυσης αέρα έχει τεράστια διακύμανση καθώς ξεκινά από 1,00 kgO<sub>2</sub>/kWh και ξεπερνά την τιμή των 4,50 kgO<sub>2</sub>/kWh. Γενικώς η ονομαστική απόδοση στην περίπτωση του υποβρύχιου αερισμού αυξάνεται με το βάθος και την πυκνότητα τοποθέτησης των διαχυτών.

Στο σχήμα 5.3 που ακολουθεί φαίνονται τα διαγράμματα απόδοσης των διαχυτών τύπου δίσκου Sanitaire του οίκου ITT-Flygt, τα οποία έχουν προκύψει από μακροχρόνια πειραματικά δεδομένα και από στοιχεία συνθηκών πραγματικής λειτουργίας.



**Σχήμα 5.3: Σύγκριση αποδόσεων υποβρύχιας διάχυσης (δίσκοι ITT-Flygt)**

Από τις καμπύλες του σχήματος αυτού φαίνεται εποπτικά ότι η αύξηση της απόδοσης συνάδει με την αύξηση του βάθους τοποθέτησης και με τη μείωση της παροχής αέρα ανά δίσκο, δηλαδή της αύξησης της πυκνότητας τοποθέτησης και συνεπώς του αριθμού των δίσκων.

Η εφαρμογή της υποβρύχιας διάχυσης αέρα είναι ιδιαίτερα αντικοινομική από λειτουργική άποψη αν εφαρμοστεί σε δεξαμενές βάθους μικρότερου των 3,5 m, διότι στην περίπτωση αυτή η απόδοση του συστήματος μειώνεται σημαντικά.

Παρά το ενεργειακό όφελος, το βάθος των δεξαμενών δεν είναι απεριόριστο αφενός λόγω των κατασκευαστικών δυσχερειών και αφετέρου και κυρίως λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας του αέρα στους φυσητήρες. Τούτο μπορεί να εξηγηθεί από το θεμελιώδη νόμο των αερίων,  $P \cdot V / T = c$ , όπου  $c$  σταθερά. Η αύξηση του βάθους οδηγεί στην αύξηση της υδροστατικής πίεσης και καθώς ο όγκος του παρεχόμενου αέρα παραμένει σταθερός αναπόφευκτα αυξάνεται αναλογικά και η θερμοκρασία. Μάλιστα σύμφωνα με δεδομένα της εταιρίας Robuschi, για βάθος τοποθέτησης των διαχυτών μεγαλύτερο των 6 m, η θερμοκρασία του αέρα ξεπερνά τους 110 °C.

Σε περιπτώσεις όπου λόγω αντικειμενικών συνθηκών (κυρίως λόγω περιορισμένης έκτασης των γηπέδων των ΜΕΑΛ) απαιτείται ο σχεδιασμός δεξαμενών αερισμού μεγάλου βάθους, για την αντιμετώπιση των υψηλών θερμοκρασιών του αέρα και των συνακόλουθων προβλημάτων που εγκυμονούνται για τον εξοπλισμό και τις σωληνώσεις, λαμβάνεται μέριμνα για τον υποβιβασμό της θερμοκρασίας μέσω ειδικού σχεδιασμού των σωληνογραμμών ή μέσω πρόσθετου εξοπλισμού. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι οι περιπτώσεις των ΜΕΑΛ Ψυττάλειας και Σίνδου (Θεσσαλονίκης). Όμως η αντίστοιχη αντιμετώπιση του προβλήματος σε μικρές σχετικά μονάδες αποβαίνει αντικοινομική λόγω του μεγάλου κόστους επένδυσης που απαιτείται το οποίο είναι δύσκολα αποσβέσιμο αν συνεκτιμηθεί με το γεγονός ότι η αύξηση του βάθους τοποθέτησης των διαχυτών οδηγεί σε μεγαλύτερο μανομετρικό και προφανώς σε απαίτηση σχετικά μεγαλύτερης ισχύος λειτουργίας των φυσητήρων.

#### 5.1.3.5 Αυτοματισμοί

Το επίπεδο του συστήματος ελέγχων και αυτοματισμών σε συνδυασμό με τις γενικότερες και ειδικότερες επιλογές σχεδιασμού του συστήματος που αναλύθηκαν στα αμέσως προηγούμενα εδάφια, έχει σημαντικό αντίκτυπο στις ενεργειακές δαπάνες καθώς η συνεχής ρύθμιση των παραμέτρων λειτουργίας του βιολογικού αντιδραστήρα



ανάλογα προς τις πραγματικές απαιτήσεις του αποτελεί βασικό παράγοντα των δαπανών αυτών.

Ως σύστημα ελέγχων προσδιορίζεται το σύνολο των σχετικών διαδικασιών, δηλαδή της μέτρησης των απαραίτητων παραμέτρων, της μεταφοράς των δεδομένων στο κεντρικό υπολογιστικό σύστημα, της υπολογιστικής διεργασίας, της μετατροπής των αποτελεσμάτων σε λειτουργικά σήματα και της μεταφοράς αυτών ως λειτουργικών εντολών στο σύστημα.

Η δυνατότητα των υπολογιστικών μηχανών να εκτελούν τεράστιο αριθμό ελέγχων και να λαμβάνουν ορθολογικές αποφάσεις σε ελάχιστο χρόνο έχει ως αποτέλεσμα τη λειτουργική βελτιστοποίηση της μονάδας και ιδιαίτερα της διαδικασίας του αερισμού που αποτελεί το καθοριστικά ενεργοβόρο τμήμα της.

#### 5.1.3.6 Επίπεδο παρακολούθησης

Μη μετρήσιμο με αντικειμενικούς όρους αλλά ιδιαίτερο παράγοντα των ενεργειακών χαρακτηριστικών της ΜΕΑΛ αποτελεί το επίπεδο παρακολούθησης της λειτουργίας της μέσω του συστήματος ελέγχων από εξειδικευμένο προσωπικό. Και τούτο διότι όσο και υψηλού επιπέδου να είναι ο σχεδιασμός του αυτοματισμού της μονάδας εντούτοις ο ανθρώπινος παράγων είναι αναντικατάστατος για την αξιολόγηση των διαδικασιών κυρίως σε ασυνήθεις καταστάσεις οι οποίες ενδεχόμενα δεν έχουν προβλεφθεί κατά τη δόμηση του συστήματος.

Επίσης από την εξειδικευμένη γνώση που αφορά τον ανθρώπινο παράγοντα, εξαρτάται η σωστή συντήρηση, η έγκαιρη αναβάθμιση και η προσαρμογή των οργάνων μέτρησης, των οργάνων ελέγχου, των υπολογιστών, του λογισμικού καθώς και κάθε άλλου παράγοντα που επιδρά στις λειτουργικές συνθήκες της μονάδας.

#### 5.1.3.7 Συμπερασματική αναφορά ως προς τα ενεργειακά χαρακτηριστικά

Σημαντικά συμπεράσματα ως προς την ενεργειακή αποτελεσματικότητα προκύπτουν από την εξέταση της πραγματικής ενεργειακής απόδοσης του βιολογικού αντιδραστήρα και ιδιαίτερα του συστήματος αερισμού των ΜΕΑΛ. Η απόδοση του συστήματος αερισμού της κάθε μονάδας προκύπτει με βάση τις εξής παραδοχές και τους ακόλουθους συλλογισμούς:

- Από τη συνολική ενεργειακή κατανάλωση της ΜΕΑΛ ποσοστό της τάξης του 85% αντιστοιχεί στο βιολογικό αντιδραστήρα.

- Από το ποσοστό αυτό περίπου το 94%, δηλαδή το 80% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης της ΜΕΑΛ, αντιστοιχεί στη διαδικασία αερισμού και συνεπώς η απόδοση του συστήματος εξαρτάται καθοριστικά από την απόδοση του αερισμού.
- Ως γενική παραδοχή τίθεται το πρακτικό και βιβλιογραφικά αποδεκτό συμπέρασμα ότι για κάθε kg αποδομούμενου BOD απαιτείται η κατανάλωση 3,75 kg O<sub>2</sub>.

Από τις παραδοχές αυτές προκύπτει ο παρακάτω πίνακας στον οποίον εμφανίζονται οι αποδόσεις των συστημάτων αερισμού στις εξεταζόμενες ΜΕΑΛ.

**Πίνακας 5.3: Συγκριτικά στοιχεία απόδοσης συστήματος αερισμού**

αα	ΜΕΑΛ	Πραγματικός πληθυσμός	Αποδομούμενο BOD	Αερισμός	Ενέργεια	Απόδοση συστήματος αερισμού
		κάτοικοι	kg/d		kWh/d	kgO <sub>2</sub> /kWh
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	Χανίων	97.000	6201,00	υποβρ	9.512	1,96
2	Ιωαννίνων	75.000	4311,00	επιφ	15.305	0,85
3	Πατρέων	60.000	3702,00	επιφ	10.684	1,04
4	Άργους-Ναυπλίου	55.000	3405,45	επιφ	7.900	1,29
5	Αγρινίου	50.000	2936,25	επιφ	4.412	2,00
6	Δράμας	40.000	2105,50	υποβρ	4.110	1,54
7	Αιγίου	25.000	1427,40	επιφ	2.542	1,68
8	Ζακύνθου	15.500	1258,38	επιφ	4.650	0,81
9	Ναυπάκτου	12.500	687,00	επιφ	2.048	1,01
10	Δελφών	5.000	311,61	υποβρ	1.087	0,86
11	Ιτέας	4.100	215,00	υποβρ	877	0,74
12	Γαλαξιδίου	1.500	95,40	υποβρ	293	0,98

Στη στήλη (3) του πίνακα δίδονται οι πραγματικοί πληθυσμοί λειτουργίας των εξεταζόμενων μονάδων.

Στη στήλη (4) εμφανίζεται η ποσότητα του αποδομούμενου οργανικού φορτίου σε ημερήσια βάση ως μέσου της ετήσιας ποσότητας αυτού.

Στη στήλη (5) παρουσιάζεται το σύστημα του αερισμού που χρησιμοποιείται σε κάθε μονάδα (επιφανειακός αερισμός ή υποβρύχια διάχυση αέρα).

Η συνολική ημερήσια κατανάλωση ενέργειας σε kWh/d, σύμφωνα με τα πραγματικά λειτουργικά στοιχεία για την κάθε μονάδα εμφανίζεται στη στήλη (6) ως μέση της ετήσιας κατανάλωσης.

Τέλος στη στήλη (7) φαίνεται η απόδοση του συστήματος αερισμού εκφρασμένη σε kgO<sub>2</sub>/kWh. Ο υπολογισμός της απόδοσης γίνεται από τον παρακάτω τύπο:

$$Syst\ Recl = \frac{disBOD \cdot reqO_2}{EnCons}$$

- όπου:
- Syst Recl η απόδοση του συστήματος αερισμού σε kgO<sub>2</sub>/kWh
  - disBOD η μέση ημερήσια ποσότητα αποδομούμενου BOD (τιμές της στήλης 4) σε kg/d
  - reqO<sub>2</sub> η τιμή του θεωρητικά μέσου απαιτούμενου O<sub>2</sub> για την αποδόμηση ενός kg BOD, η οποία λαμβάνεται για όλες τις μονάδες 3,75 kgO<sub>2</sub>/kgBOD.
  - EnCons η μέση ημερήσια κατανάλωση ενέργειας, η τιμή της οποίας λαμβάνεται από τη στήλη (5) του πίνακα 5.3

Από την παρατήρηση του παραπάνω πίνακα διαπιστώνεται ότι οι ΜΕΑΛ Αγρινίου και Χανίων παρουσιάζουν τις μεγαλύτερες αποδόσεις, 2,00 και 1,96 αντίστοιχα, δηλαδή τιμές που φτάνουν την ονομαστική εργοστασιακή απόδοση του εξοπλισμού του συστήματος αερισμού. Το εξαιρετικό αυτό ενεργειακό αποτέλεσμα, σε συνδυασμό με την υψηλή ποιοτική απόδοση εξόδου, οφείλεται στο πολυδιάστατο και αποτελεσματικό σύστημα ελέγχων που διαθέτουν αυτές οι μονάδες.

Ειδικότερα για τη ΜΕΑΛ Αγρινίου η οποία εξετάστηκε αναλυτικά κατά τη συλλογή των στοιχείων της παρούσας εργασίας, διαπιστώθηκε ότι διαθέτει ευέλικτο και πολυεπίπεδο σύστημα αερισμού που επιτρέπει την παροχή οξυγόνου μέσω του επιφανειακού αερισμού ανάλογου με τις πραγματικές ανάγκες σε συνθήκες real time. Η φιλοσοφία του συστήματος στηρίζεται στην επιλογή μεγάλου αριθμού (8) και υψηλής απόδοσης αεριστήρων, στην ύπαρξη εξαιρετικού συστήματος ανάδευσης μικρής αναλυσκόμενης ισχύος καθώς και στη λειτουργία του αερισμού με μεταβαλλόμενη βύθιση μέσω κινητού υπερχειλιστή. Με βάση τα σήματα που παρέχονται στο κεντρικό σύστημα ελέγχου από τα εγκατεστημένα οξυγονόμετρα και τα λοιπά όργανα μετρήσεων, σε περιπτώσεις επάρκειας ή χαμηλής ζήτησης O<sub>2</sub> υποβιβάζεται σταδιακά ο υπερχειλιστής με συνέπεια τη λειτουργία των αεριστήρων σε χαμηλή βύθιση που συνεπάγεται χαμηλότερη παροχή αέρα αλλά και ενεργειακής κατανάλωσης. Εάν η επάρκεια συνεχίζει, σταδιακά παύει η λειτουργία των αεριστήρων, ενώ η απαραίτητη ανάδευση του υγρού μίγματος προσδίδεται από τους αναδευτήρες. Με τον τρόπο αυτόν το σύστημα αερισμού μπορεί θεωρητικά να λειτουργεί σε όλο το εύρος ισχύος, από 24

έως 360 kW και τούτο αποδεικνύει το λόγο της υψηλής ενεργειακής απόδοσης του συστήματος.

Παράλληλα, το μεγάλο ποσοστό εκμετάλλευσης των δύο αυτών μονάδων καθώς και οι ορθολογικές επιλογές των μεθόδων επεξεργασίας και των συστημάτων αερισμού αποτελούν πρόσθετους παράγοντες του θετικού ενεργειακού αποτελέσματος.

Αρκετά υψηλή απόδοση εμφανίζουν και οι ΜΕΑΛ του Αιγίου και της Δράμας (1,68 και 1,54 kgO<sub>2</sub>/kWh) αντίστοιχα. Το γεγονός ότι υπολείπονται από τις προηγούμενες οφείλεται κυρίως στην έλλειψη πλήρους γραμμής επεξεργασίας (απουσία αποφωσφόρωσης) καθώς και στο χαμηλότερο βαθμό εκμετάλλευσης του έργου.

Για τις περιπτώσεις των ΜΕΑΛ Άργους-Ναυπλίου και Ναυπάκτου όπου η απόδοση του συστήματος αερισμού (1,29 και 1,01 kgO<sub>2</sub>/kWh αντίστοιχα) υπολείπεται σημαντικά των προηγούμενων μονάδων αλλά και της ονομαστικής απόδοσης του εγκατεστημένου εξοπλισμού, αυτό εκτιμάται ότι οφείλεται στο χαμηλό επίπεδο του εξοπλισμού και στη μη εγγυημένη ονομαστική του απόδοση, στην έλλειψη ευελιξίας με συνέπεια τη συνεχή λειτουργία των αεριστήρων ακόμη και τις περιόδους όπου υπάρχει επάρκεια οξυγόνου καθώς και στο χαμηλό επίπεδο των συστημάτων ελέγχου.

Ιδιαίτερη περίπτωση αποτελεί η ΜΕΑΛ Πάτρας όπου βασικός παράγων της χαμηλής σχετικά απόδοσης του αερισμού (1,04 kgO<sub>2</sub>/kWh) φαίνεται ότι είναι το ιδιαίτερα χαμηλό ποσοστό εκμετάλλευσης (33%) που έχει συνέπεια το μεγάλο χρόνο παραμονής στο βιολογικό αντιδραστήρα και την απαίτηση λειτουργίας των αεριστήρων για πολύ περισσότερο χρόνο από αυτόν του σχεδιασμού λόγω των ανανεούμενων απαιτήσεων σε οξυγόνωση των λυμάτων.

Οι υπόλοιπες πέντε μονάδες εμφανίζουν πολύ χαμηλούς συντελεστές απόδοσης των συστημάτων αερισμού. Από τις μονάδες αυτές η ΜΕΑΛ Γαλαξιδίου δεν προσφέρεται για σύγκριση λόγω του ελάχιστου χρόνου δοκιμαστικής λειτουργίας της.

Από πρώτη άποψη παράδοξη είναι η περίπτωση της ΜΕΑΛ Ιωαννίνων (0,85 kgO<sub>2</sub>/kWh) παρά το γεγονός της σύγχρονης κατασκευής της και της επιλογής ιδιαίτερα αξιόπιστου εξοπλισμού αερισμού, αντίστοιχου με αυτόν του Αγρινίου και των Πατρών. Η εξήγηση που μπορεί να δοθεί –πέρα από το χαμηλό ποσοστό εκμετάλλευσης- είναι το γεγονός ότι δεν έχει ολοκληρωθεί ακόμη ο εθισμός του προσωπικού στην ανανεωμένη και εξυγχρονισμένη πρόσφατα μονάδα, με συνέπεια την υποβάθμιση της χρήσης των συστημάτων ελέγχου και την προτίμηση στη χειροκίνητη ρύθμιση της λειτουργίας. Μάλιστα ο μεγάλος αριθμός των απασχολούμενων στη μονάδα αυτή, ενδεχομένως

αποτελεί αρνητικό παράγοντα στην εξοικείωση με τις διαδικασίες αυτόματης λειτουργίας.

Η έλλειψη ευελιξίας (1 αεριστήρας ανά δεξαμενή), το χαμηλό ποσοστό εκμετάλλευσης, το χαμηλό επίπεδο αυτοματισμών και η μεγάλη διακύμανση θερινού και χειμερινού πληθυσμού αποτελούν κρίσιμους παράγοντες που εξηγούν τη χαμηλή απόδοση του αερισμού (0,81 kgO<sub>2</sub>/kWh) της ΜΕΑΛ Ζακύνθου.

Στη ΜΕΑΛ Δελφών η ιδιαίτερα χαμηλή απόδοση (0,86 kgO<sub>2</sub>/kWh), τιμή πολύ χαμηλότερη από την ονομαστική απόδοση του ιδιαίτερα αξιόπιστου συστήματος αερισμού, εκτιμάται ότι οφείλεται βασικά στο χαμηλό ποσοστό εκμετάλλευσης, στη μικρή δυναμικότητα του συστήματος που αυξάνει την αναλογία των σταθερών καταναλώσεων αλλά και στο χαμηλό οργανωτικό επίπεδο που αφορά το προσωπικό λειτουργίας της μονάδας.

Τέλος η ΜΕΑΛ Ιτέας εμφανίζει τη μικρότερη ενεργειακή απόδοση του αερισμού (0,74 kgO<sub>2</sub>/kWh) από όλες τις προηγούμενες μονάδες και μάλιστα με την ελάχιστη ποιοτική απόδοση της μονάδας σε βαθμό που να την καθιστά εκτός προδιαγραφών τόσο των Οδηγιών της ΕΕ όσο και των περιβαλλοντικών όρων λειτουργίας της. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η μονάδα της Ιτέας συγκεντρώνει το σύνολο των αρνητικών παραγόντων που έχουν εξεταστεί σε όλες τις παραπάνω μονάδες σε βαθμό που να απαιτείται άμεση και ριζική αναβάθμιση.

Από τα παραπάνω διαπιστώνεται ότι η βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης μπορεί να συντελεστεί εφόσον συνδυαστούν ορθολογικά όλοι οι παράγοντες που επιδρούν στη διαδικασία κυρίως του ενεργοβόρου βιολογικού αντιδραστήρα και ιδιαίτερα εφόσον καθοδηγούνται από αποτελεσματικό και ευέλικτο σύστημα ελέγχων. Ο βέλτιστος συνδυασμός αυτών των παραγόντων μπορεί να ελαχιστοποιήσει τα μειονεκτήματα και να μεγιστοποιήσει τα πλεονεκτήματα του συστήματος.

Χαρακτηριστική απόδειξη αυτού του συμπεράσματος είναι το γεγονός ότι η βέλτιστη ενεργειακή αλλά και ποιοτική απόδοση εμφανίζεται στις ΜΕΑΛ Αग्रινίου και Χανίων των οποίων οι βασικές επιλογές σχεδιασμού είναι σχεδόν αντίθετες. Ειδικότερα, η πρώτη λειτουργεί με τη μέθοδο του παρατεταμένου αερισμού και με επιφανειακό σύστημα αερισμού, ενώ η δεύτερη με τη συμβατική μέθοδο ενεργού ιλύος και με σύστημα υποβρύχιου αερισμού.

Αντίστοιχα ισχύουν και για μονάδες χαμηλής απόδοσης με διαφορετικές επιλογές σχεδιασμού. Για παράδειγμα, ίδιας τάξης χαμηλή ενεργειακή απόδοση (αλλά με υψηλή ποιοτική απόδοση) παρατηρείται στις ΜΕΑΛ Ιωαννίνων και Δελφών από τις

οποίες η πρώτη λειτουργεί με τη συμβατική μέθοδο ενεργού ιλύος και με σύστημα επιφανειακού αερισμού ενώ η δεύτερη λειτουργεί με τη μέθοδο του παρατεταμένου αερισμού και με υποβρύχιο σύστημα αερισμού.

Χαρακτηριστική είναι η σύγκριση των ΜΕΑΛ Αग्रινίου και Δελφών που διακρίνονται και οι δύο από υψηλό επίπεδο σχεδιασμού και εγκατεστημένου εξοπλισμού. Παρά το γεγονός ότι η δεύτερη έχει σχεδόν διπλάσια ονομαστική εργοστασιακή απόδοση συστήματος αερισμού, εντούτοις η πρώτη εμφανίζει υπερδιπλάσια πραγματική ενεργειακή απόδοση του συστήματος. Το γεγονός αυτό μπορεί να εξηγηθεί από τη διαπίστωση ότι η μονάδα του Αग्रινίου έχει πολύ υψηλή ανταπόκριση ως προς όλες τις λοιπές παραμέτρους της ενεργειακής κατανάλωσης, δηλαδή ως προς τη δυναμικότητα, το ποσοστό εκμετάλλευσης, την αποτελεσματική λειτουργία των συστημάτων ελέγχου και την εξειδικευμένη παρακολούθηση, σε αντίθεση με τη ΜΕΑΛ Δελφών που δεν ανταποκρίνεται ικανοποιητικά στις παραμέτρους αυτές.

### **5.3.2 Δαπάνες Διοίκησης**

Οι δαπάνες διοίκησης αφορούν το επιστημονικό, τεχνολογικό και εργατοτεχνικό προσωπικό των Μονάδων Επεξεργασίας Αστικών Λυμάτων καθώς και το προσωπικό φύλαξης. Όπως έχει προαναφερθεί οι δαπάνες αυτές εξαρτώνται από τις πολιτικές επιλογές του φορέα του έργου, την επιλογή της οργανωτικής δομής λειτουργίας, το επίπεδο εξειδίκευσης του προσωπικού και τη διαχείριση του, την ποιότητα της κατασκευής και του εξοπλισμού και το επίπεδο του αυτοματισμού ελέγχων και λειτουργίας.

Οι διοικητικές δαπάνες αποτελούν σημαντικό μέρος των εξόδων εφόσον συνιστούν κατά μέσο όρο περίπου το ήμισυ των συνολικών λειτουργικών δαπανών και βρίσκονται σε επίπεδα αρκετά μεγαλύτερα από τις ενεργειακές. Η σχέση μεταξύ των δύο αυτών κατηγοριών δαπανών αυξομειώνεται ανάλογα με το μέγεθος κάθε μονάδας, καθώς σε εγκαταστάσεις μικρότερου ισοδύναμου πληθυσμού ο λόγος των δαπανών διοίκησης προς τις δαπάνες ενέργειας αυξάνεται, εφόσον εκ των πραγμάτων πάντα υπάρχει μια σταθερή ελάχιστη απαίτηση ανθρώπινου δυναμικού λειτουργίας ακόμη και στα πολύ μικρά έργα.

Στον παρακάτω πίνακα (5.4) παρουσιάζονται τα πραγματικά δεδομένα των δαπανών διοίκησης των εξεταζόμενων ΜΕΑΛ, σύμφωνα με τα στοιχεία των φορέων διαχείρισης της λειτουργίας τους.

**Πίνακας 5.4: Συγκριτικά στοιχεία διοικητικών δαπανών**

αα	ΜΕΑΛ	Φορέας διοίκησης	Επιστημονικό προσωπικό	Εργατοτεχνικό προσωπικό	Συνολικό προσωπικό	Δαπάνες διοίκησης	Δαπάνες ανά κάτοικο	Παρατηρήσεις για τη φύλαξη
			p*m	p*m	p*m	€/yr	€/(p*yr)	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
1	Χανίων	Δημόσιο	60,0	180,0	240,0	441.000	4,55	security
2	Ιωαννίνων	Δημόσιο	120,0	228,0	348,0	657.600	8,77	από ΔΕΥΑ
3	Πατρέων	Δημόσιο	36,0	192,0	228,0	407.400	6,79	από ΔΕΥΑ
4	Αργους-Ναυπλίου	Δημόσιο	18,0	144,0	162,0	285.300	5,19	από ΔΕΥΑ
5	Αγρινίου	Μικτός	18,0	48,0	66,0	158.100	3,16	security
6	Δράμας	Ιδιώτης	12,0	72,0	84,0	149.400	3,74	από ΔΕΥΑ
7	Αιγίου	Ιδιώτης	12,0	36,0	48,0	88.200	3,53	από ΔΕΥΑ
8	Ζακύνθου	Δημόσιο	18,0	60,0	78,0	142.500	9,19	από ΔΕΥΑ
9	Ναυπάκτου	Δημόσιο	12,0	24,0	36,0	67.800	5,42	όχι φύλαξη
10	Δελφών	Δημόσιο	6,0	24,0	30,0	54.300	10,86	όχι φύλαξη
11	Ιτέας	Δημόσιο	0,0	30,0	30,0	51.000	12,44	όχι φύλαξη
12	Γαλαξιδίου	Ιδιώτης	6,0	12,0	18,0	33.900	22,60	όχι φύλαξη

Η στήλη (3) του πίνακα αναφέρεται στον τρόπο διοίκησης κάθε μονάδας. Η διοίκηση μπορεί να ασκείται είτε από τη ΔΕΥΑ (Δημόσιο), είτε από ιδιώτη που συνήθως είναι ο ανάδοχος της κατασκευής, με ή χωρίς την επίβλεψη μελετητικού γραφείου. Στην περίπτωση της ΜΕΑΛ Αγρινίου η διαχείριση της λειτουργίας του έργου γίνεται υπό συνθήκες μικτής οικονομίας, δηλαδή την ευθύνη της λειτουργίας την έχει η ΔΕΥΑ Αγρινίου από κοινού με ιδιωτικό μελετητικό γραφείο.

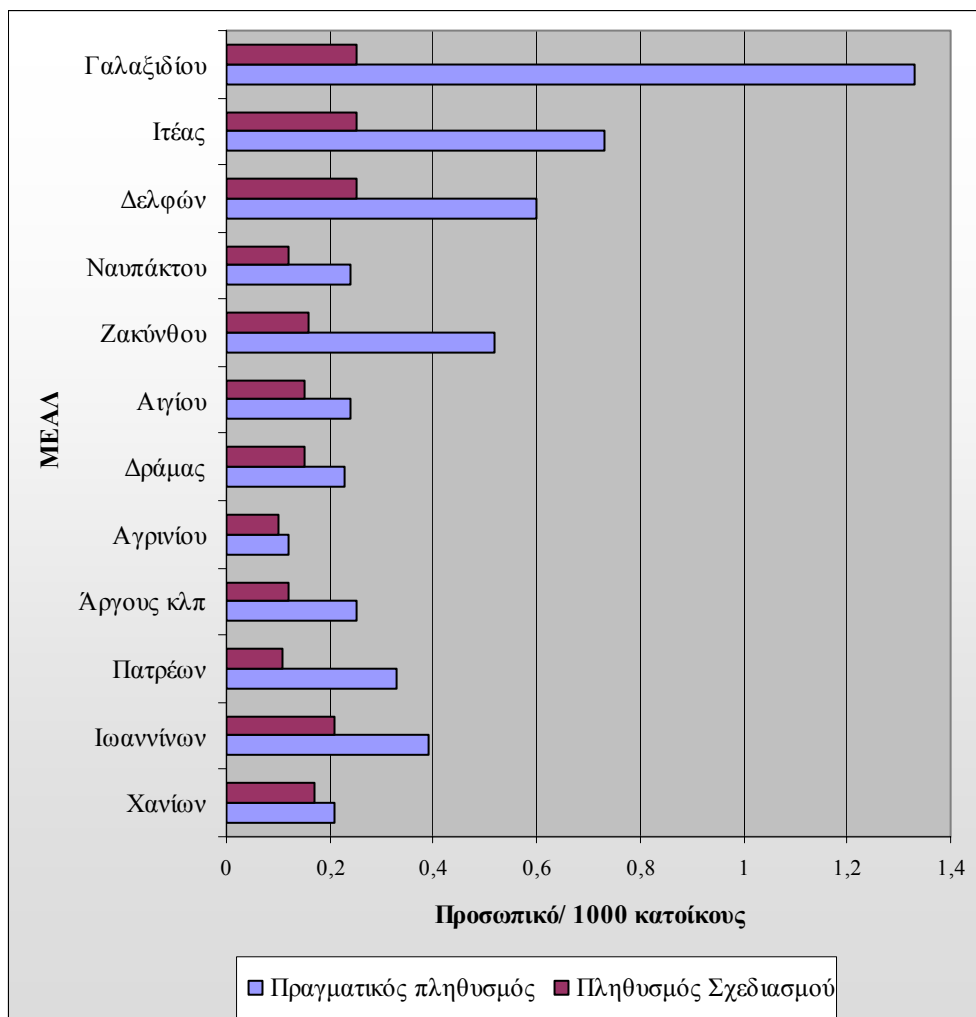
Στις στήλες (4), (5), (6) παρουσιάζονται το εργατοτεχνικό, το επιστημονικό και το συνολικό προσωπικό αντίστοιχα, εκφρασμένα σε ανθρωπομήνες. Για τον υπολογισμό των ανθρωπομηνών, προστίθενται ο αριθμός των υπαλλήλων πλήρους απασχόλησης με τον, πολλαπλασιασμένο επί 0,5, αριθμό των υπαλλήλων μερικής απασχόλησης. Στη συνέχεια το άθροισμα πολλαπλασιάζεται επί 12.

Στη στήλη (7) εμφανίζονται οι συνολικές ετήσιες δαπάνες διοίκησης. Για τον υπολογισμό τους λαμβάνονται ως μέσοι μηνιαίοι μισθοί του επιστημονικού και του εργατοτεχνικού προσωπικού τα ποσά των 2250 € και 1750 € αντίστοιχα. Στους μέσους μηνιαίους μισθούς περιλαμβάνονται όλες οι εργοδοτικές επιβαρύνσεις (ασφαλιστικές εισφορές, επιδόματα, δώρα κλπ). Άρα οι τιμές της (7) προκύπτουν από το άθροισμα των γινομένων των τιμών της στήλης (4) επί 1.700 € και της στήλης (5) επί 2.250 €.

Οι τιμές των ετήσιων δαπανών διοίκησης ανά κάτοικο, στήλη (8), προκύπτουν από τις τιμές της στήλης (7) διαιρεμένες με τον αντίστοιχο πραγματικό πληθυσμό λειτουργίας.

Τέλος στη στήλη (9) παρατίθενται παρατηρήσεις σχετικές με τη φύλαξη των έργων. Παρατηρείται ότι 4 από τις εξεταζόμενες μονάδες, δηλαδή το 1/3 του δείγματος, δε φυλάσσονται. Η φύλαξη των υπολοίπων γίνεται είτε από τη ΔΕΥΑ, είτε από ιδιωτική εταιρία security.

Σημαντικό συγκριτικό στοιχείο για τις διοικητικές δαπάνες αποτελεί η σχέση μεταξύ του συνολικού προσωπικού λειτουργίας κάθε μονάδας τόσο με τον πραγματικό πληθυσμό λειτουργίας όσο και με τον πληθυσμό σχεδιασμού (Σχήμα 5.4). Στο σχήμα αυτό εμφανίζεται εποπτικά η αναλογία του προσωπικού ανά 1.000 κατοίκους εξυπηρετούμενου πληθυσμού και πληθυσμού σχεδιασμού.



Σχήμα 5.4: Αναλογία προσωπικού λειτουργίας ανά 1.000 κατοίκους



Από την εξέταση του πίνακα 5.4 αλλά και του ταυτάριθμου σχήματος επαληθεύονται οι εκτιμήσεις του εδαφίου 4.1.2 ως προς τις βασικές παραμέτρους που επιδρούν στο κόστος για τη διοίκηση του έργου. Τα πολύ ενδιαφέροντα συμπεράσματα ως προς αυτές τις παραμέτρους, όπως προκύπτουν από τον πίνακα και το σχήμα, αναλύονται στη συνέχεια.

Εκ προοιμίου πάντως πρέπει να αναφερθεί ότι οι ΜΕΑΛ Γαλαξιδίου, Ναυπάκτου και Ιτέας δεν μπορεί να συγκριθούν ως προς τα κόστη διοίκησης. Η πρώτη εξ αυτών παρουσιάζει τη βασική αδυναμία του ελάχιστου ποσοστού εκμετάλλευσης, ενώ αντίστοιχα στις άλλες δύο ΜΕΑΛ η λειτουργική κατάσταση και το ποιοτικό αποτέλεσμα βρίσκονται σε χαμηλό επίπεδο ώστε η αξιοπιστία των συμπερασμάτων της οποιας σύγκρισης να είναι εξίσου χαμηλή.

#### 5.3.2.1 Δυναμικότητα και ποσοστό εκμετάλλευσης των ΜΕΑΛ

Το αυτονόητο γεγονός ότι για την ορθολογική λειτουργία της κάθε μονάδας, ακόμη και αυτών που εξυπηρετούν πολύ μικρό πληθυσμό, απαιτείται ένα ελάχιστο προσωπικό εξηγεί τη σπουδαιότητα των παραμέτρων της δυναμικότητας και του ποσοστού εκμετάλλευσης στη διαμόρφωση των κατά κεφαλήν κοστών διοίκησης των ΜΕΑΛ.

Αν μάλιστα προστεθεί και η λειτουργία της φύλαξης η οποία είναι υποχρεωτική όχι μόνο για την προστασία της μονάδας από παρεμβάσεις αναρμοδίων προσώπων ή κλοπές, αλλά κυρίως για τη στοιχειώδη παρακολούθηση των διαδικασιών και κυρίως της ομαλής λειτουργίας του εξοπλισμού, τότε τα κόστη για τις μικρότερες μονάδες θα λάμβαναν δυσβάστακτη διάσταση. Για το λόγο αυτό, όπως φαίνεται και από τον πίνακα 5.4, οι μικρότερης δυναμικότητας μονάδες δεν φυλάσσονται με όλους τους κινδύνους που η επιλογή αυτή ελλοχεύει.

Από τη σχέση προσωπικού λειτουργίας και πληθυσμού (εξυπηρετούμενου και σχεδιασμού) που παρουσιάζεται στο σχήμα 5.4, φαίνεται εποπτικά η τεράστια σημασία της δυναμικότητας και του ποσοστού εκμετάλλευσης των μονάδων.

Από τη σχέση του προσωπικού με τον πραγματικά εξυπηρετούμενο πληθυσμό (γαλάζιες μπάρες) φαίνεται η εξαιρετικά μεγάλη διαφοροποίηση των τιμών που κυμαίνονται από 0,12 εργαζόμενους ανά 1.000 κατοίκους (ΜΕΑΛ Αγρινίου) έως 1,33 εργαζόμενους ανά 1.000 κατοίκους (ΜΕΑΛ Γαλαξιδίου). Ανεξάρτητα από το γεγονός ότι στη δεύτερη πρόσφατα έγινε η έναρξη των λειτουργικών δοκιμών της, εντούτοις είναι αδύνατον να διαφοροποιηθεί η σχέση αυτή αφού το προσωπικό λειτουργίας είναι

αδύνατον να μειωθεί κάτω από 2 άτομα. Πολύ υψηλή τιμή σχέσης εμφανίζουν και άλλες ΜΕΑΛ (Ιτέας, Δελφών, Ζακύνθου) που χαρακτηρίζονται από συνδυασμό μικρής δυναμικότητας και χαμηλού ποσοστού εκμετάλλευσης και στις οποίες οι τιμές ξεπερνούν λιγότερο ή περισσότερο τους 0,5 εργαζόμενους ανά 1.000 κατοίκους. Αντίστοιχης αναλογίας είναι προφανώς και οι τιμές που φαίνονται στη στήλη (8) του πίνακα 5.4 και εκφράζουν τις κατά κεφαλήν δαπάνες διοίκησης, οι οποίες κυμαίνονται από 3,16 €/άτομο έως 12,44 €/άτομο αν δεν συμπεριλάβουμε την ακραία τιμή της ΜΕΑΛ Γαλαξιδίου.

Η ίδια διαπίστωση μπορεί χαρακτηριστικά να επαληθευθεί από την περίπτωση της ΜΕΑΛ Ζακύνθου. Σύμφωνα με τα στοιχεία της ΔΕΥΑΖ, κατά το χειμερινό εξάμηνο με μέσο εξυπηρετούμενο πληθυσμό 7.000 κατοίκων οι συνολικές (εξαμηνιαίες) δαπάνες εργατοτεχνικού προσωπικού ανέρχονται σε 48.300 € (6,90 €/κάτοικο). Όμως κατά το θερινό εξάμηνο, με εξυπηρετούμενο πληθυσμό 24.000 κατοίκων, αν και η ίδια κατηγορία δαπανών αυξάνεται ελαφρά και φτάνει το ποσό των 55.000 € , οι κατά κεφαλήν δαπάνες διοίκησης πέφτουν στο 1/3 των χειμερινών (2,30 €/κάτοικο).

Τέλος από τη σχέση του προσωπικού με τον πληθυσμό σχεδιασμού (ερυθρές μπάρες του σχήματος) παρατηρείται ότι η διαφοροποίηση των τιμών μειώνεται σημαντικά με ανώτατο και κατώτατο όριο τιμών αντίστοιχα, τους 0,25 και 0,10 εργαζόμενους ανά 1.000 κατοίκους. Συνεπώς εφόσον θεωρητικά δεν θα απαιτηθεί αύξηση του προσωπικού καθώς κατά κανόνα αυτό επαρκεί για τη λειτουργία του έργου σύμφωνα με τα δεδομένα σχεδιασμού, η αποφυγή της υπερδιαστασιολόγησης κατά το σχεδιασμό κρίνεται απολύτως αναγκαία.

#### 5.3.2.2 Τρόπος λειτουργίας των ΜΕΑΛ

Από τις τιμές του πίνακα 5.4 προκύπτει σημαντική διαφοροποίηση του κατά κεφαλήν κόστους διοίκησης ανάλογα με τις επιλογές του φορέα ως προς τον τρόπο λειτουργίας.

Παρατηρούμε λοιπόν ότι στις περιπτώσεις όπου η λειτουργία της μονάδας γίνεται από ιδιωτικό ή μικτό φορέα το κόστος αυτό είναι αρκετά μικρότερο σε σχέση με το αντίστοιχο κόστος στις περιπτώσεις όπου (για αντίστοιχου μεγέθους έργα) η λειτουργία της μονάδας γίνεται από το δημόσιο φορέα αποκλειστικά.

Τούτο οφείλεται κυρίως στη ευελιξία που διαθέτει ο ιδιωτικός τομέας στη σύναψη ειδικών συμβάσεων, στη χρήση εξειδικευμένου ανθρώπινου δυναμικού καθώς

και στις δυνατότητες παροχής κινήτρων σε αντίθεση με την ακαμψία αλλά και τις γνωστές εγγενείς αδυναμίες του δημόσιου τομέα.

#### 5.3.2.3 Πολιτική ως προς το προσωπικό

Όπως έχει ήδη αναφερθεί στο εδάφιο 4.1.2 ορισμένοι δημόσιοι φορείς λειτουργίας έχουν θεωρήσει διαχρονικά τις ΜΕΑΛ ως κατάλληλο χώρο άσκησης κοινωνικής πολιτικής και έχουν προβεί σε προσλήψεις προσωπικού δυσανάλογου αριθμού προς τις ανάγκες της εκάστοτε μονάδας. Συνέπεια τούτου είναι η αύξηση του λειτουργικού κόστους και η μετακύλιση του στους δημότες χωρίς ουσιαστικά να προστίθεται οτιδήποτε στο λειτουργικό ποιοτικό αποτέλεσμα του έργου. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η ΜΕΑΛ Ιωαννίνων όπου καταναλώνονται περίπου 348 ανθρωπομήνες ετησίως σε αντίθεση με την σχετικά ισοδύναμη ΜΕΑΛ Χανίων όπου με περισσότερο ορθολογική πολιτική η αντίστοιχη τιμή είναι 228 ανθρωπομήνες.

#### 5.3.2.4 Λοιπές παράμετροι κόστους διοίκησης

Πέραν των παραπάνω, σημαντική συμβολή στη διαμόρφωση του κόστους διοίκησης των ΜΕΑΛ έχουν και μια σειρά άλλων παραμέτρων οι οποίες όμως αλληλοεμπλέκονται τόσο μεταξύ τους όσο και με τις λοιπές κατηγορίες δαπανών και είναι αδύνατον να ποσοτικοποιηθούν από μόνες τους, τουλάχιστον στα πλαίσια αυτής της εργασίας. Ειδικότερα:

- η επιστημονική, τεχνολογική και τεχνική ικανότητα και εξειδίκευση του προσωπικού καθώς και η ορθολογική διοίκησή του και
  - η ποιοτική στάθμη του εξοπλισμού και το επίπεδο των συστημάτων ελέγχου
- μπορεί να συμβάλλουν σημαντικά στη μείωση του γενικότερου λειτουργικού κόστους κάθε μονάδας και ειδικότερα στη μείωση του κόστους διοίκησης.

### **5.3.3 Δαπάνες Συντήρησης και Αναλωσίμων**

Δαπάνες συντήρησης θεωρούνται οι δαπάνες που αφορούν τα έξοδα τακτικής ή έκτακτης συντήρησης κυρίως του ενσωματωμένου εξοπλισμού αλλά –και σε μικρότερο βαθμό- των δομικών έργων της μονάδας.

Τακτική συντήρηση στον εξοπλισμό είναι αυτή που εκτελείται σε καθορισμένα χρονικά ή λειτουργικά διαστήματα, συνήθως σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστικού-προμηθευτικού οίκου του εξοπλισμού. Επειδή η τακτική συντήρηση

του εξοπλισμού συνήθως αποτελεί αντικείμενο του προσωπικού λειτουργίας της μονάδας, οι δαπάνες που αντιστοιχούν συνίστανται κυρίως από τις δαπάνες αναλωσίμων (λιπαντικών κλπ) και ανταλλακτικών αναμενόμενης φθοράς. Είναι προφανές ότι το επίπεδο εξειδίκευσης και εμπειρίας του προσωπικού λειτουργίας, τόσο του επιστημονικού-τεχνολογικού όσο και του εργατοτεχνικού, αποτελούν τον καθοριστικό παράγοντα διαμόρφωσης του κόστους της τακτικής συντήρησης του εξοπλισμού.

Κατά τη συλλογή των στοιχείων της παρούσας εργασίας, μόνο σε μερικές περιπτώσεις (ΜΕΑΛ Αγρινίου, Αιγίου, Δράμας, Ζακύνθου και Ιωαννίνων) υπήρχαν συγκεκριμένα στοιχεία για τις δαπάνες συντήρησης. Στις υπόλοιπες μονάδες, οι δαπάνες αυτές ενσωματώνονται σε άλλες λειτουργικές δαπάνες, γεγονός που καθιστά δύσκολη τη διάκρισή τους. Αντίστοιχα η τακτική συντήρηση των δομικών έργων που εκτελείται συνήθως από το προσωπικό λειτουργίας, μπορεί γενικώς να μη σχετίζεται άμεσα με τις λειτουργικές συνθήκες της μονάδας, όμως αποτελεί σημαντικό παράγοντα εύρυθμης και ομαλής λειτουργίας του συστήματος εφόσον εξασφαλίζει ικανοποιητικές συνθήκες εργασίας και υγιεινής καθώς και αισθητικής του χώρου.

Η έκτακτη συντήρηση αφορά τις περιπτώσεις απρόβλεπτων φθορών και καταστροφών τμημάτων ή ακόμη και συγκροτημάτων του εξοπλισμού. Πέραν από το επίπεδο εξειδίκευσης και εμπειρίας του προσωπικού που σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί –μέσω της τακτικής συντήρησης και των λοιπών παρεμβάσεων- να προλάβει τις σημαντικές φθορές, οι δαπάνες έκτακτης συντήρησης εξαρτώνται καθοριστικά από το ποιοτικό επίπεδο αλλά και από την παλαιότητα του εξοπλισμού. Η εκτέλεση των έκτακτων συντηρήσεων μπορεί να γίνεται από το προσωπικό λειτουργίας, από έκτακτο προσωπικό ή από συνδυασμό των δύο.

Δαπάνες αναλωσίμων θεωρούνται αυτές που αφορούν τα κόστη για την προμήθεια των χημικών καθώς και των λοιπών προϊόντων που απαιτούνται για την ομαλή λειτουργία κάθε μονάδας και εξαρτώνται σχεδόν αποκλειστικά από την παροχή των λυμάτων. Η προμήθεια των χημικών προϊόντων απαιτείται για τη διαδικασία της απολύμανσης των επεξεργασμένων λυμάτων, για την επεξεργασία της ιλύος και σε μικρότερο βαθμό για τη λειτουργία του χημείου καθώς και της απόσμησης.

Τόσο οι δαπάνες συντήρησης, όσο και οι δαπάνες αναλωσίμων είναι ανελαστικές, με συνέπεια τα περιθώρια βελτιστοποίησής τους να είναι περιορισμένα.

Έτσι δεν αποτελούν αντικείμενο της παρούσας και εξετάζονται μόνο για τον υπολογισμό των συνολικών δαπανών που ακολουθεί στο επόμενο εδάφιο.

### 5.3.4 Συνολικές Δαπάνες

Όπως έχει αναφερθεί, οι συνολικές λειτουργικές δαπάνες της ΜΕΑΛ συνίστανται από τις τέσσερις βασικές κατηγορίες δαπανών (ενεργειακές, διοικητικές, συντήρησης, αναλωσίμων).

Στον παρακάτω πίνακα (5.5) παρουσιάζονται τα συγκριτικά στοιχεία των συνολικών λειτουργικών δαπανών των εξεταζόμενων ΜΕΑΛ

**Πίνακας 5.5: Συγκριτικά στοιχεία συνολικών δαπανών**

αα	ΜΕΑΛ	Ετήσιες Δαπάνες				Συνολικές Δαπάνες	
		Ενέργειας	Διοίκησης	Συντήρησης	Αναλωσίμων		
		€	€	€	€	€/yr	€/(p*yr)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	Χανίων	163.178	441.000	56.595	92.500	753.273	7,77
2	Ιωαννίνων	256.969	657.600	47.124	115.600	1.077.293	14,36
3	Πατρέων	179.385	495.600	51.450	88.000	726.235	12,10
4	Άργους κλπ	135.528	271.800	30.215	56.000	507.043	9,22
5	Αγρινίου	75.683	144.600	22.050	24.500	280.333	5,61
6	Δράμας	70.500	190.200	22.207	25.600	267.707	6,69
7	Αιγίου	43.607	190.200	22.638	22.000	176.445	7,06
8	Ζακύνθου	79.764	210.600	23.285	18.600	264.149	17,04
9	Ναυπάκτου	37.371	67.800	15.288	10.300	130.759	10,46
10	Δελφών	20.634	74.700	12.959	5.500	93.393	18,68
11	Γτέας	17.930	51.000	13.171	5.100	87.201	21,27
12	Γαλαξιδίου	5.554	54.300	9.800	2.300	51.554	34,37

Στις στήλες (3) και (4) εμφανίζονται οι ετήσιες δαπάνες ενέργειας και διοίκησης των ΜΕΑΛ, οι τιμές των οποίων λαμβάνονται από τις σχετικές στήλες των πινάκων 5.2 και 5.4 αντίστοιχα.

Στη στήλη (5) εμφανίζονται οι πιθανές τιμές των ετησίων δαπανών συντήρησης των ΜΕΑΛ. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, δεν υπάρχουν αναλυτικά στοιχεία για την κατηγορία αυτή των δαπανών για τις περισσότερες μονάδες λόγω της συνήθους ενσωμάτωσής τους σε κοινούς κωδικούς με δαπάνες συντήρησης και άλλα έργα των φορέων. Έτσι η συμπλήρωση της στήλης έγινε πιθανολογικά με βιβλιογραφικά αλλά

και εμπειρικά δεδομένα, στη βάση της παραδοχής ότι οι ετήσιες δαπάνες συντήρησης ανέρχονται περίπου στο 1,50% επί της αξίας του προς συντήρηση εξοπλισμού με συντελεστές προσαύξησης ανάλογους προς την παλαιότητα και αντιστρόφως ανάλογους προς την ποιοτική στάθμη του εξοπλισμού. Οι τιμές που προέκυψαν συγκρίθηκαν με τις δεδομένες τιμές για τις ΜΕΑΛ που υπάρχουν συγκεκριμένα στοιχεία και με τον τρόπο αυτόν επαληθεύτηκε η αξιοπιστία της παραδοχής εφόσον οι αποκλίσεις βρίσκονται σε απολύτως αποδεκτά όρια.

Ως παράδειγμα αναφέρεται η περίπτωση του Αγρινίου όπου σύμφωνα με τα αναλυτικά στοιχεία της ΔΕΥΑ, οι ετήσιες δαπάνες τακτικής και έκτακτης συντήρησης του εξοπλισμού ανέρχονται σε 21.765 €. Με τους υπολογισμούς της παραπάνω παραδοχής για τον προς συντήρηση εξοπλισμό παρούσας αξίας 1.000.000 €, παλαιότητας 5 ετών (συντελεστής προσαύξησης 1,05) και για άριστο ποιοτικό επίπεδο (συντελεστής 1, δηλαδή μηδενική προσαύξηση) προκύπτει θεωρητικό ετήσιο κόστος συντήρησης 22.050 €.

Με τους αντίστοιχους υπολογισμούς για τη ΜΕΑΛ Αιγίου προέκυψε θεωρητικό κόστος 22.638 € έναντι 23.100 € των πραγματικών στοιχείων της ΔΕΥΑ και για τη Ζάκυνθο 23.285 € έναντι 22.500 € πραγματικού κόστους.

Στη στήλη (6) εμφανίζονται οι ετήσιες δαπάνες των αναλωσίμων σύμφωνα με τα πραγματικά στοιχεία των φορέων διαχείρισης των ΜΕΑΛ.

Η στήλη (7) είναι το άθροισμα των τεσσάρων προηγούμενων στηλών και παρουσιάζει τις συνολικές ετήσιες λειτουργικές δαπάνες των ΜΕΑΛ. Οι τιμές της στήλης (8) εκφράζουν το κατά κεφαλήν ετήσιο κόστος των ΜΕΑΛ σε €/άτομο και προκύπτουν από τις αντίστοιχες τιμές της (7) διαιρεμένες με τον πραγματικό πληθυσμό λειτουργίας κάθε μονάδας. Από την εξέταση των τιμών της στήλης αυτής φαίνεται η μεγάλη διακύμανση τους από επίπεδα χαμηλότερα των 6 €/άτομο έως υψηλότερα των 21 €/άτομο, αν εξαιρεθεί η ειδική περίπτωση του Γαλαξιδίου όπου η ετήσια κατά κεφαλήν δαπάνη ξεπερνά τα 34 €. Δηλαδή επαληθεύεται η γενική εικόνα η οποία έχει διαπιστωθεί επανειλημμένα στην πορεία της ανάλυσης που προηγήθηκε, δηλαδή ότι στις μικρότερες μονάδες προκύπτουν γενικώς δυσμενέστερα οικονομικά αποτελέσματα και μάλιστα με μεγαλύτερη ποιοτική και λειτουργική ανασφάλεια.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει η ποσοστιαία κατανομή των συνολικών ετήσιων λειτουργικών δαπανών στις τέσσερις βασικές κατηγορίες από τις οποίες αυτές συντίθενται. Από τον πίνακα 5.6 που ακολουθεί φαίνεται ότι οι δαπάνες διοίκησης ξεπερνούν κατά μέσο όρο το 57% των συνολικών και είναι υπερδιπλάσιες των δαπανών

ενέργειας που προσεγγίζουν το 25%. Αντίστοιχα οι δαπάνες συντήρησης και αναλωσίμων ανέρχονται σε ποσοστό περίπου 18% του συνόλου.

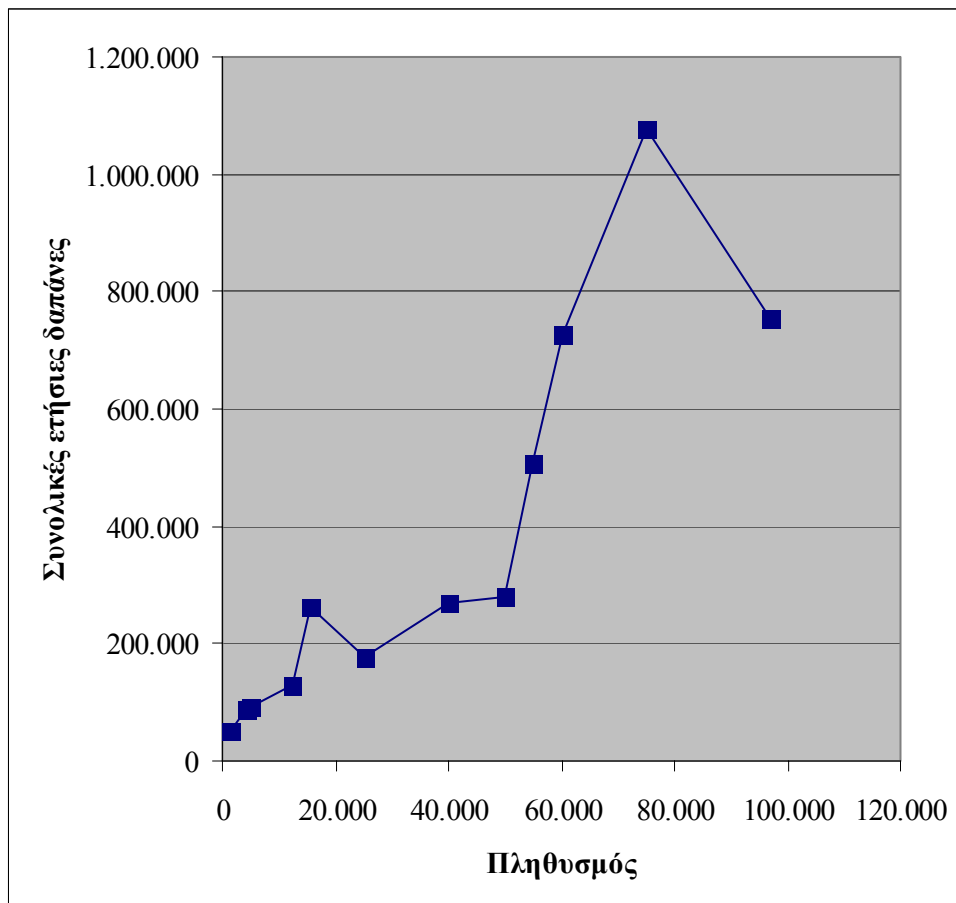
**Πίνακας 5.6: Ποσοστιαία κατανομή λειτουργικών δαπανών**

αα	ΜΕΑΛ	Κατανομή Κατηγοριών Δαπανών (%)			
		Ενέργειας	Διοίκησης	Συντήρησης	Αναλωσίμων
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	Χανίων	21,66	58,54	7,51	12,28
2	Ιωαννίνων	23,85	61,04	4,37	10,73
3	Πατρέων	24,70	56,10	7,08	12,12
4	Άργους κλπ	26,73	56,27	5,96	11,04
5	Αγρινίου	27,00	56,40	7,87	8,74
6	Δράμας	26,33	55,81	8,30	9,56
7	Αιγίου	24,71	49,99	12,83	12,47
8	Ζακύνθου	30,20	53,95	8,82	7,04
9	Ναυπάκτου	28,58	51,85	11,69	7,88
10	Δελφών	22,09	58,14	13,88	5,89
11	Ιτέας	20,56	58,49	15,10	5,85
12	Γαλαξιδίου	10,77	65,76	19,01	4,46
	Μ.Ο.	24,60	57,45	7,40	10,55

Το σημαντικό συμπέρασμα που προκύπτει από τον πίνακα αυτόν είναι το γεγονός ότι υπάρχει πεδίο έρευνας για τη βελτιστοποίηση των μονάδων εφόσον οι καθαρά ανελαστικές δαπάνες που συντίθενται από τις δαπάνες αναλωσίμων, μόλις ξεπερνούν κατά μέσο όρο το 10% του συνόλου των δαπανών των ΜΕΑΛ.

Οι δαπάνες ενέργειας στο σύνολό τους και μερικώς οι δαπάνες διοίκησης ως προς το τεχνικό μέρος τους είναι δαπάνες ελαστικές και μπορεί να αποτελέσουν αντικείμενο επιστημονικής και τεχνολογικής έρευνας με στόχο τη βελτιστοποίησή τους, πάντα υπό την απαραίτητη προϋπόθεση της παράλληλης εξασφάλισης βέλτιστου ποιοτικού αποτελέσματος της μονάδας.

Όπως προαναφέρθηκε στην αρχή του Κεφαλαίου, οι εξεταζόμενες μονάδες κατατάσσονται στους πίνακες με βάση τον πραγματικό πληθυσμό λειτουργίας τους. Η επιλογή αυτή έγινε με γνώμονα την πιθανή εύρεση συσχετίσεων ανάμεσα στις δαπάνες και στους εξυπηρετούμενους κατοίκους. Έτσι στα σχήματα 5.5 και 5.6 που ακολουθούν, παρουσιάζονται οι συσχετίσεις πραγματικού πληθυσμού - συνολικών ετήσιων δαπανών και πραγματικού πληθυσμού - συνολικών ετήσιων δαπανών ανά κάτοικο αντίστοιχα.



**Σχήμα 5.5: Συσχέτιση πληθυσμού-συνολικών ετήσιων δαπανών**

Από το παραπάνω σχήμα σε συνδυασμό με τα δεδομένα του πίνακα 5.5 παρατηρείται μια γραμμική συσχέτιση ανάμεσα στις 8 από τις 12 εξεταζόμενες μονάδες. Οι ΜΕΑΛ Ζακύνθου, Άργους-Ναυπλίου, Πατρών και Ιωαννίνων εμφανίζουν τιμές πάνω από τη «νοητή γραμμή», γεγονός που οφείλεται σε διαφορετικές για την κάθε μία από αυτές αιτίες.

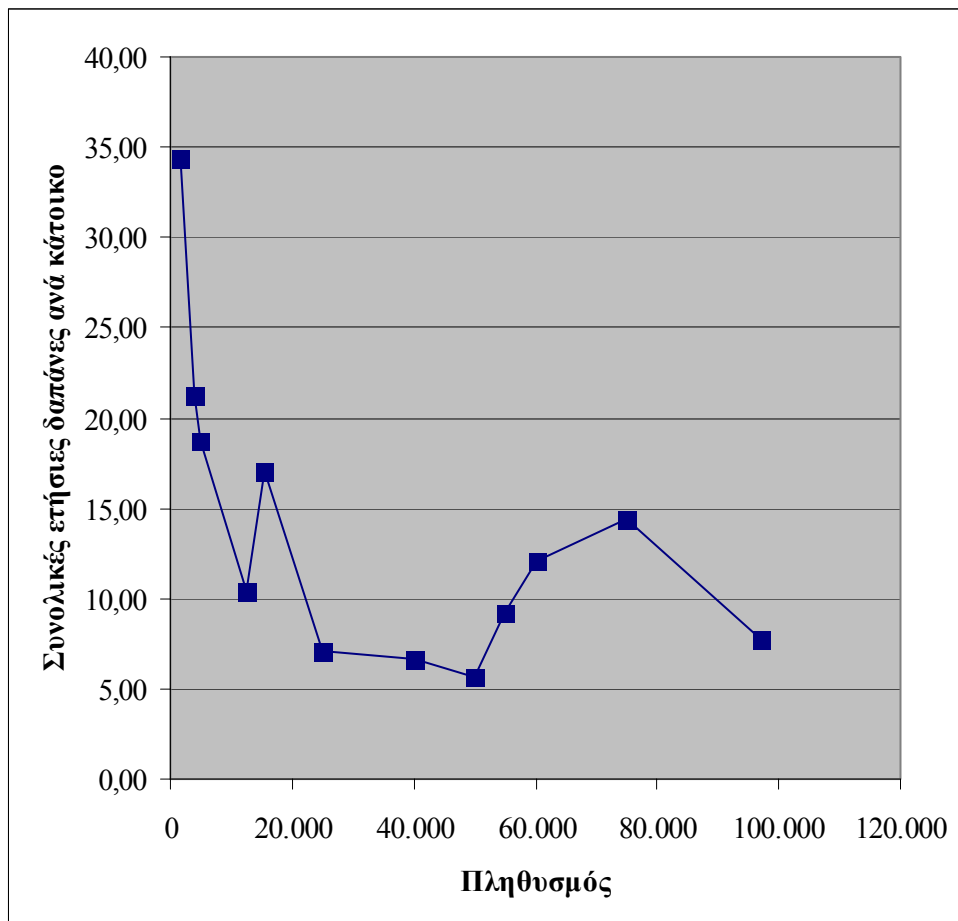
Το πρόβλημα της ΜΕΑΛ Ζακύνθου συνίσταται στη μεγάλη αυξομείωση του πληθυσμού ανάμεσα στο χειμερινό και το θερινό εξάμηνο λόγω του τουρισμού.

Η ΜΕΑΛ Άργους-Ναυπλίου παρουσιάζει ανελαστική συμπεριφορά του βιολογικού αντιδραστήρα με αποτέλεσμα την κατακόρυφη αύξηση των ενεργειακών δαπανών.

Η ΜΕΑΛ Πατρών έχει χαμηλό συντελεστή εκμετάλλευσης, γεγονός που οδηγεί στην αύξηση των δαπανών.

Το μεγάλο πρόβλημα της ΜΕΑΛ Ιωαννίνων συνίσταται στην αναλογικά υψηλή κατανάλωση ενέργειας καθώς και στο τεράστιο κόστος διοίκησης του έργου.





**Σχήμα 5.6: Συσχέτιση πληθυσμού-συνολικών ετήσιων δαπανών ανά κάτοικο**

Αντίθετα από το σχήμα 5.6 αν και δε γίνεται αντιληπτή κάποια συσχέτιση μεταξύ του πραγματικού πληθυσμού και των ετήσιων κατά κεφαλήν κοστών των μονάδων που εξετάζονται από την παρούσα, μπορούν να εξαχθούν δύο συμπεράσματα.

Πρώτον επαληθεύεται η διαπίστωση ότι πάντα υπάρχει μια σταθερή ελάχιστη απαίτηση ανθρώπινου δυναμικού λειτουργίας ακόμη και στα πολύ μικρά έργα. Έτσι οι υψηλές τιμές συνολικών δαπανών ανά κάτοικο που εμφανίζουν οι μονάδες της Ιτέας, των Δελφών και ειδικότερα του Γαλαξιδίου είναι σε μεγάλο βαθμό αντίκτυπο των αναλογικά υψηλών δαπανών διοίκησης.

Τέλος παρατηρείται ότι η λειτουργία των ΜΕΑΛ Αγρινίου, Αιγίου, Δράμας και Χανίων επιβαρύνει ελάχιστα τους εξυπηρετούμενους από αυτές κατοίκους, καθώς τα κατά κεφαλήν συνολικά ετήσια κόστη κυμαίνονται σε επίπεδα χαμηλότερα των 8€/άτομο.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6<sup>ο</sup> – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ**

### **6.1. Η ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΜΕΑΛ ΩΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΗ**

#### **6.1.1 Γενικά**

Το αντικείμενο της παρούσας εργασίας, δηλαδή η συνδυασμένη βελτιστοποίηση των Μονάδων Επεξεργασίας Αστικών Λυμάτων που συνεπάγεται την τάση για ελαχιστοποίηση του λειτουργικού κόστους υπό την προϋπόθεση της μεγιστοποίησης του περιβαλλοντικού οφέλους από τη λειτουργία τους αποτελεί τον κυριαρχικό παράγοντα μίας οικονομικά ευσταθούς και κοινωνικά αποδεκτής αντιμετώπισης του σημαντικού προβλήματος της ρύπανσης που οφείλεται στα υγρά αστικά απόβλητα.

Επειδή το ζήτημα της αστικής ρύπανσης και ειδικότερα της ρύπανσης από τα αστικά λύματα που αποτελεί στόχο αναφοράς της παρούσας οφείλεται ουσιαστικά στις ανθρωπογενείς δραστηριότητες και κυρίως στις συνήθως σχετικά μεγάλες συγκεντρώσεις αυτών οι οποίες προσπορίζουν κοινωνικό και οικονομικό όφελος στις ομάδες των πολιτών αλλά και ξεχωριστά στα άτομα που τις συνθέτουν, αυτονόητα επαληθεύεται η διεθνώς αποδεκτή λογική για την υποχρεωτική συμβολή του ρυπαίνοντος στη διαδικασία απορρύπανσης που εκφράζεται με την αρχή ότι «ο ρυπαίνων πληρώνει».

Επειδή είμαστε υποχρεωμένοι να αποδεχτούμε αυτήν την απολύτως λογική αλλά και διεθνώς θεσμοθετημένη αρχή, πρέπει να αντιμετωπίσουμε τα δύο συνήθη κομβικά ερωτήματα τα οποία είτε διατυπώνονται ευθέως είτε υποβόσκουν ατύπως στις συνειδήσεις των πολιτών που καλούνται να αντιμετωπίσουν οικονομικά τις λειτουργικές διαδικασίες των ΜΕΑΛ, δηλαδή τα εξής ερωτήματα:

- εάν η οικονομική επιβάρυνση την οποία υφίστανται οι πολίτες για τη λειτουργία των ΜΕΑΛ είναι ανταποδοτική στο περιβάλλον, υπό την έννοια της ανταπόκρισης του αποτελέσματος της επεξεργασίας στους θεσμοθετημένους όρους αλλά και -κυρίως- στις πραγματικές και συγκεκριμένες ανάγκες της κάθε περιοχής αναφοράς.
- εάν οι συγκεκριμένες δαπάνες τις οποίες καλούνται να επωμιστούν οι πολίτες ανταποκρίνονται στις πραγματικές ανάγκες των ΜΕΑΛ, δηλαδή εάν οι λειτουργικές δαπάνες των έργων είναι οι απαραίτητες σε συνδυασμό με τις συγκεκριμένες συνθήκες που αντιμετωπίζονται.

Η θετική απάντηση στα ερωτήματα αυτά αποτελεί κυριαρχική υποχρέωση του κάθε φορέα διαχείρισης και συνδέεται με τη βιώσιμη λειτουργία των ΜΕΑΛ.

### 6.1.2 Η απαίτηση της παροχής πόρων

Η κάθε μονάδα επεξεργασίας λυμάτων συντίθεται από ένα σύνολο δομικών και ηλεκτρομηχανολογικών στοιχείων καθώς και σύνθετων λειτουργικών βιολογικών διεργασιών οι οποίες καθοδηγούνται από τη συνολική διατιθέμενη υποδομή της μονάδας. Συνεπώς η ΜΕΑΛ μπορεί να προσομοιωθεί με ένα σύνθετο ζωντανό οργανισμό, η αποτελεσματική λειτουργία του οποίου συναρτάται με την ορθολογική και συνεχή αντιμετώπιση των λειτουργικών του απαιτήσεων ανάλογα με τις συγκεκριμένες συνθήκες και τις εκάστοτε συγκυρίες.

Μάλιστα επειδή η κάθε μονάδα επεξεργασίας αστικών λυμάτων στη λειτουργική της διάσταση συντίθεται κυρίως από εσωτερικές διεργασίες με συγκεκριμένες σημειακές εισόδους και ισόποσες εξόδους, μπορεί άνετα να προσομοιωθεί με ένα κλειστό σύστημα για την ανάλυση και την εκτίμηση του οποίου μπορεί να εφαρμοστεί με δυϊστική μεταφορά το 2<sup>ο</sup> Θεμελιώδες Αξίωμα της Θερμοδυναμικής σύμφωνα με το οποίο από την παροχή εξωτερικών πόρων εξαρτάται το επίπεδο της εντροπίας που αποτελεί το μέτρο αταξίας του συστήματος.

Στα πλαίσια της παραπάνω λογικής προσομοίωσης, οι συγκεκριμένες εισοδοί και έξοδοι της ΜΕΑΛ είναι οι εξής:

- Είσοδος ανεπεξεργαστων λυμάτων δηλαδή ανάμικτου υγρού και έξοδος ισόποσων επεξεργασμένων λυμάτων και ιλύος καθώς και παραπροϊόντων (εσχαρισμάτων, λεπτομερών αδρανών κλπ) που έχουν διαχωριστεί κατά την επεξεργασία.
- Παροχή ηλεκτρικής ενέργειας και ισόποση απόδοση ενέργειας στο περιβάλλον μέσω βιολογικών και χημικών διεργασιών που είναι απαραίτητες για τη διαδικασία της επεξεργασίας.
- Παροχή πόρων ανθρώπινου δυναμικού και αναλωσίμων –κυρίως- χημικών προϊόντων με απόδοση τη λειτουργία του έργου καθώς και τη βελτιστοποίηση ορισμένων επιμέρους διαδικασιών επεξεργασίας.

Για την ορθολογική λειτουργία του παραπάνω περιγραφέντος σχετικά κλειστού συστήματος και σύμφωνα με τη λογική προσομοίωσή του προς το κλειστό θερμοδυναμικό σύστημα, απαιτείται η συνεχής παροχή πόρων η οποία θα μειώνει την εντροπία του συστήματος και συνεπώς θα διατηρεί ή και θα αυξάνει την ευταξία του.

Η παροχή πόρων συνίσταται τόσο από οικονομικούς όσο και από τεχνολογικούς πόρους. Και οι δύο αυτές κατηγορίες είναι απολύτως απαραίτητες για την ορθολογική από τεχνολογική, οικονομική και περιβαλλοντική άποψη της ΜΕΑΛ. Οι πόροι αυτοί επιβάλλεται να παρέχονται στο έργο στο σύνολο των σταδίων υλοποίησής του από τη σύλληψη και το σχεδιασμό του, την κατασκευή του και –κυρίως- κατά τη παραγωγική λειτουργία του.

Η απουσία πόρων που αυξάνει την αταξία των συστημάτων είναι χαρακτηριστική στην περίπτωση της ΜΕΑΛ Ιτέας και των λειτουργικών προβλημάτων τα οποία αυτή εμφανίζει. Η ίδια διαπίστωση αλλά σε μικρότερο βαθμό ισχύει για τη ΜΕΑΛ Ναυπάκτου. Ακόμη, χαρακτηριστική είναι η ετεροχρονισμένη ή και προβλεπόμενη μελλοντικά παροχή πόρων σε μονάδες όπως των Ιωαννίνων, των Πατρών, του Άργους-Ναυπλίου, των Δελφών, και της Ζακύνθου όπου –για διαφορετικούς λόγους για την κάθε μία- εμφανίζονται σημαντικά και δυσεπίλυτα προβλήματα στο επίπεδο της λειτουργίας των έργων.

Αντίθετα, η ταυτοχρονισμένη διαχρονικά με τις απαιτήσεις παροχή ανθρώπινων, οικονομικών και τεχνολογικών πόρων στις ΜΕΑΛ Αργινίου και Χανίων προσδίδει σε αυτές απόλυτη ευταξία, εφόσον το σύνολο των παραμέτρων που συνδυάζονται με τη λειτουργία τους τις καθιστά υποδειγματικές.

### **6.1.3 Συνοπτική Αναφορά Παραμέτρων Βελτιστοποίησης**

Από το κείμενο που προηγήθηκε αναλύθηκαν λεπτομερώς και πολυδιάστατα οι παράμετροι οι οποίες επιδρούν στα κόστη της λειτουργικής διαδικασίας των ΜΕΑΛ και παρουσιάζονται συνοπτικά παρακάτω:

#### Σχεδιασμός και κατασκευή της ΜΕΑΛ

Ο σχεδιασμός, η τεχνική μελέτη, οι διαδικασίες δημοπράτησης και ανάθεσης καθώς και η κατασκευή της ΜΕΑΛ αποτελούν γενεσιουργό παράγοντα της λειτουργικής της διαδικασίας και συνεπώς καθορίζουν αποφασιστικά το λειτουργικό κόστος.

#### Επιλογή μεθόδου επεξεργασίας και συστήματος αερισμού.

Όπως έχει αποδειχθεί από την ανάλυση που προηγήθηκε, τόσο η επιλογή της μεθόδου επεξεργασίας μεταξύ της συμβατικής ενεργού ιλύος και του παρατεταμένου αερισμού, όσο και του συστήματος επιφανειακού ή υποβρύχιου αερισμού αποτελεί βασικό κριτήριο του σχεδιασμού της μονάδας εφόσον πρέπει να αποφεύγεται η όποια δογματική και άκαμπτη αντιμετώπιση των επιλογών.

### Ευελιξία του συστήματος

Αποδείχτηκε ότι η ευελιξία του συστήματος κατέχει ιδιαίτερο ρόλο στη λειτουργική διαδικασία εφόσον επιδρά σημαντικά στις ενεργειακές –κυρίως- δαπάνες της μονάδας επεξεργασίας.

### Επίπεδο εξοπλισμού

Η βιομηχανική στάθμη και η ποιότητα του εξοπλισμού της ΜΕΑΛ καθορίζουν αποφασιστικά τόσο το συνολικό λειτουργικό επίπεδο όσο και όλες τις κατηγορίες λειτουργικών δαπανών του έργου.

### Αυτοματισμοί και συστήματα ελέγχου

Από τα συστήματα αυτόματου ελέγχου και το επιστημονικό του επίπεδο εξαρτάται σε εξαιρετικό βαθμό τόσο η ποιοτική λειτουργία της μονάδας όσο και τα λειτουργικά της κόστη.

### Λειτουργική πολιτική

Η πολιτική απόφαση του φορέα διαχείρισης για τον τρόπο λειτουργίας της ΜΕΑΛ έχει εξαιρετική σημασία τόσο ως προς την ποιοτική της απόδοση όσο και ως προς τα λειτουργικά της κόστη εφόσον αποδεικνύεται ότι, λόγω της δυσκαμψίας του δημόσιου τομέα, βέλτιστη ανταπόκριση στο επίπεδο του κόστους λειτουργίας εμφανίζουν μονάδες που ελέγχονται λειτουργικά είτε από ιδιωτικό φορέα είτε από μικτό σχήμα.

### Πολιτική ως προς το προσωπικό

Από την ανάλυση αποδεικνύεται ότι πολιτικές που θεωρούν τη ΜΕΑΛ ως χώρο απασχόλησης προσωπικού και άσκησης τέτοιας κοινωνικής πολιτικής πρέπει να απορρίπτονται εφόσον έχουν ως αποτέλεσμα τη μετακύλιση του κόστους στο χρήστη χωρίς το όποιο θετικό συνοδευτικό περιβαλλοντικό αποτέλεσμα.

### Επίπεδο και εξειδίκευση του ανθρώπινου δυναμικού

Το επίπεδο του ανθρώπινου δυναμικού και η διοίκηση αυτού, αποτελεί ουσιώδη παράμετρο της ορθολογικής και οικονομικής λειτουργίας της ΜΕΑΛ. εφόσον επιδρά στο σύνολο των συνιστωσών της λειτουργικής βελτιστοποίησης της μονάδας. Η διαρκής επιμόρφωση του επιστημονικού –κυρίως- προσωπικού είναι βασικός όρος εξασφάλισης αυτής της παραμέτρου.

### Παράμετροι γενικότερου χαρακτήρα

Αυτές οι παράμετροι ουσιαστικά αφορούν τη συνδυασμένη λειτουργία όλων των παραγόντων που επιδρούν στο επίπεδο αφενός του ποιοτικού αποτελέσματος και αφετέρου του λειτουργικού κόστους της ΜΕΑΛ.

## 6.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΦΟΡΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

### 6.2.1 Γενικές Διαπιστώσεις

Από την ανάλυση της εργασίας αυτής σε συνδυασμό με την ποσοτική επάρκεια και την αντιπροσωπευτικότητα του δείγματος που χρησιμοποιήθηκε, έχουν προκύψει ορισμένα σημαντικά και γενικής εφαρμογής συμπεράσματα για τη διαδικασία λειτουργικής βελτιστοποίησης των ΜΕΑΛ. Ειδικότερα αναφέρονται τα πιο χαρακτηριστικά από τα συμπεράσματα αυτά.

Όπως φαίνεται από την ανάλυση των στοιχείων και κυρίως των πινάκων και διαγραμμάτων του 5<sup>ου</sup> Κεφαλαίου, τα λειτουργικά αποτελέσματα των ΜΕΑΛ ποικίλουν σε μεγάλο βαθμό και εξαρτώνται κυρίως από τις λειτουργικές συνθήκες της κάθε μονάδας και όχι τόσο από τις επιλογές του σχεδιασμού της. Συνεπώς, ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίδεται στην πρόγνωση των αναμενόμενων λειτουργικών συνθηκών για τη βέλτιστη δυνατή προσαρμογή των επιλογών του σχεδιασμού στις συνθήκες αυτές που εξαρτώνται κατά μέγιστο λόγο από τα τοπογεωγραφικά και κοινωνικά χαρακτηριστικά του μελετούμενου χώρου.

Η διαρκής παροχή οικονομικών και τεχνολογικών-επιστημονικών πόρων για τη συνεχή βελτίωση των χαρακτηριστικών της ΜΕΑΛ και κυρίως στα σημεία όπου ο αρχικός σχεδιασμός και η κατασκευή κρίνονται ανεπαρκείς αποτελεί κορυφαία αναγκαιότητα για τη λειτουργική βελτιστοποίηση του έργου. Συνεχής παροχή πόρων απαιτείται ακόμη για τη μέγιστη δυνατή επέκταση των αποχετευτικών δικτύων που θα έχει αποτέλεσμα τη βελτιστοποίηση του συντελεστή εκμετάλλευσης της μονάδας, άρα την ελαχιστοποίηση του λειτουργικού κόστους αυτής.

Επίσης αποδεικνύεται ότι η ανάθεση ολικά ή μερικά της λειτουργίας των ΜΕΑΛ σε εξειδικευμένους ιδιωτικούς φορείς εμφανίζει γενικώς καλύτερα οικονομικά –κυρίως- αποτελέσματα λόγω της αυταπόδεικτης ευελιξίας του ιδιωτικού τομέα σε αντίθεση με την ακαμψία του Δημοσίου.

Οι ΜΕΑΛ που διαθέτουν ολοκληρωμένες γραμμές πλήρους επεξεργασίας λυμάτων και ιλύος με αποφωσφόρωση, απονιτροποίηση, νιτροποίηση αλλά ενδεχομένως και προωθημένη επεξεργασία με διύλιση, πέραν του αυτονόητου υψηλού ποιοτικού αποτελέσματος εμφανίζουν γενικώς καλύτερα οικονομικά αποτελέσματα, επειδή κατά τις σχετικά αδάπανες αναερόβιες και ανοξικές διεργασίες καταναλώνεται σημαντικό μέρος του ρυπαντικού φορτίου με συνέπεια την ταχεία απόσβεση του μεγαλύτερου επενδυτικού κόστους.

Η αύξηση του προσωπικού λειτουργίας παραπάνω από το αυστηρώς απαιτούμενο, πέρα από τις δυσχέρειες στη διοίκησή που έχουν δυσμενή λειτουργικά αποτελέσματα, αυξάνει αναλογικά το κόστος της ΜΕΑΛ και κατά συνέπεια την επιβάρυνση των πολιτών-χρηστών χωρίς να προσθέτει κάτι στη λειτουργία του έργου.

Ακόμη έχει διαπιστωθεί στις περισσότερες περιπτώσεις μια πλασματική λειτουργική αυτάρκεια των λειτουργών των ΜΕΑΛ που εμφανίζεται συνήθως με ένα χαρακτηριστικό «κλείσιμο» στον εσωτερικό κόσμο του δικού τους έργου και συνέπεια την εμπειρική αντιμετώπιση εκτάκτων συμβάντων με τρόπο που μπορεί να έχει δυσμενείς συνέπειες στη συνέχεια. Η δημιουργία δικτύου επικοινωνίας και μάλιστα ηλεκτρονικής μεταξύ διαφόρων ΜΕΑΛ είναι μια πρόταση που τίθεται από την παρούσα εργασία και αναμένεται να συντελέσει κατά πολύ στη μετάδοση της εμπειρίας και στην ορθολογικότερη αντιμετώπιση της λειτουργίας των μονάδων και ιδιαίτερα των εκτάκτων περιστατικών.

Οι μικρές μονάδες είναι αντιοικονομικές λειτουργικά. Απαιτείται λοιπόν η αναζήτηση μεθόδων και διαδικασιών που θα τις καταστήσουν βιώσιμες. Ως παράδειγμα, η εγκατάσταση ενός υψηλού επιπέδου συστήματος ελέγχου και αυτοματισμών με τη δυνατότητα απομακρυσμένης μεταφοράς των μηνυμάτων σε συνδυασμό με προγνώσεις εκτάκτων περιστατικών μπορεί πιθανότατα να οδηγήσει σε λειτουργική διαδικασία άνευ προσωπικού. Επίσης, στο επίπεδο του σχεδιασμού θα πρέπει να εξετάζεται ο συνδυασμός αυτόνομης επεξεργασίας των υγρών της μικρής μονάδας και συνεπεξεργασία της ίλυος σε κοινή εγκατάσταση με άλλες μικρές ή μεγαλύτερες μονάδες, όπου θα μεταφέρεται με βυτιοφόρα οχήματα.

### **6.2.2 Ειδικά Συμπεράσματα για τις εξετασθείσες ΜΕΑΛ**

Πέραν των γενικών συμπερασμάτων, έχουν προκύψει και αξιόλογα ειδικότερα συμπεράσματα για τις Μονάδες Επεξεργασίας Αστικών Λυμάτων που εξετάστηκαν από την παρούσα εργασία, τα οποία έχουν γενικώς αναφερθεί στα κεφάλαια που προηγήθηκαν. Συνοπτικά τα συμπεράσματα αυτά, συνδυαζόμενα με γενικού χαρακτήρα προτάσεις, είναι τα παρακάτω:

Οι ΜΕΑΛ Αγρινίου, Αιγίου, Δράμας, Ναυπάκτου, Πατρών και Χανίων πρέπει να αντιμετωπίσουν το πρόβλημα των παντορροϊκών αποχετευτικών συστημάτων που διαθέτουν. Το πρόβλημα αυτό εμφανίζεται στις περιόδους των εντόνων βροχοπτώσεων με την ιδιαίτερα χαμηλή περιεκτικότητα σε οργανικά φορτία, γεγονός που αδυνατίζει τη σύνθεση του ανάμικτου υγρού (MLSS) στο βιολογικό αντιδραστήρα και δυσχεραίνει τη

διεργασία επεξεργασίας. Επειδή η μετατροπή των συστημάτων σε χωριστικά αποτελεί γενική ευχή μακροχρόνιας υλοποίησης, προτείνεται η κατασκευή δεξαμενών αποθήκευσης των παντοροϊκών (storm tanks) για τη σταδιακή παροχέτευσή τους στο σύστημα μετά το τέλος της βροχόπτωσης ώστε η προσαρμογή της λειτουργίας του βιολογικού αντιδραστήρα να γίνεται ομαλότερα.

Με εξαίρεση τις ΜΕΑΛ Χανίων και Αγρινίου, όλες σχεδόν οι υπόλοιπες μονάδες, με προεξάρχουσα την περίπτωση της ΜΕΑΛ Πατρών, εμφανίζουν χαμηλούς συντελεστές εκμετάλλευσης με συνέπεια τη γιγάντωση του κατά κεφαλήν κόστους λειτουργίας εφόσον αυτό θεωρητικά κατανέμεται στον εξυπηρετούμενο πληθυσμό. Η ανάγκη επέκτασης των δικτύων στις πόλεις αυτές είναι άμεση.

Οι ΜΕΑΛ Άργους-Ναυπλίου και Ναυπάκτου απαιτούν σημαντικές επιμέρους παρεμβάσεις για τη βελτίωση της ανελαστικής συμπεριφοράς του βιολογικού αντιδραστήρα και με στόχο τη βελτιστοποίηση των ενεργειακών δαπανών. Οι παρεμβάσεις αυτές συνίστανται από την εγκατάσταση αναδευτήρων στις αεριζόμενες δεξαμενές, αυτόματων υπερχειλιστών, οργάνων μέτρησης υψηλής αξιοπιστίας και αντικατάσταση του συστήματος ελέγχων και αυτοματισμού για τη δημιουργία πολυεπίπεδου συστήματος ρύθμισης της ενεργοβόρας διαδικασίας αερισμού. Παράλληλα και ανάλογα με την παροχή πόρων, στις δύο αυτές μονάδες απαιτείται η αντικατάσταση τμηματικά των στοιχείων του εξοπλισμού που χαρακτηρίζεται ως χαμηλής ποιοτικής στάθμης και προκαλεί συνεχώς προβλήματα στη λειτουργία των έργων.

Επίσης ειδικότερα, για τη ΜΕΑΛ Ναυπάκτου απαιτείται η αντιμετώπιση του περιβαλλοντικού προβλήματος των σταγονιδίων του αερισμού με εγκατάσταση ειδικού εξοπλισμού ενώ για τη ΜΕΑΛ Άργους-Ναυπλίου απαιτείται η άμεση επισκευή των αγωγών προσαγωγής των λυμάτων οι οποίοι λόγω εισροών παρέχουν στη μονάδα λύματα απαράδεκτα υψηλής περιεκτικότητας σε χλωριόντα με δυσμενείς συνέπειες στον εξοπλισμό.

Το μεγάλο πρόβλημα που εντοπίστηκε στη ΜΕΑΛ Ιωαννίνων, η οποία αναβαθμίστηκε πρόσφατα σε σύστημα υψηλού ποιοτικού επιπέδου, συνίσταται στην αναλογικά υψηλή κατανάλωση ενέργειας καθώς και στο τεράστιο κόστος διοίκησης του έργου. Με την επιφύλαξη η διαπίστωση αυτή να οφείλεται στη μεταβατική φάση της λειτουργίας του μετά τη ριζική αναβάθμιση της μονάδας που ολοκληρώθηκε στο τέλος του 2003, προτείνεται το γεγονός αυτό να αποτελέσει αντικείμενο ειδικότερης έρευνας εφόσον ούτε η ΔΕΥΑ Ιωαννίνων μπορεί να το εξηγήσει.



Το πρόβλημα της ΜΕΑΛ Ζακύνθου συνίσταται στη μεγάλη αυξομείωση των παροχών ακαθάρτων λόγω της ιδιαιτερότητας της περιοχής που χαρακτηρίζεται από την έντονη τουριστική επίδραση. Πέραν της ανάγκης εγκατάστασης νέου συστήματος ελέγχων και εξοπλισμού που θα αυξήσει την ευελιξία του βιολογικού αντιδραστήρα και θα μειώσει αισθητά την κατανάλωση ενέργειας, απαιτείται η θέσπιση ειδικής τιμολογιακής πολιτικής που θα επιβαρύνει αναλογικά αυτούς που καρπούνται οικονομικά οφέλη από την τουριστική ανάπτυξη. Ίδια πολιτική πρέπει να ασκηθεί και στις περιπτώσεις των ΜΕΑΛ Γαλαξιδίου, Ναυπάκτου, Δελφών, Ιτέας και Άργους Ναυπλίου.

Η ΜΕΑΛ Ιτέας ουδόλως ανταποκρίνεται στα επιστημονικά αλλά και θεσμοθετημένα απαιτούμενα λειτουργικά δεδομένα και χρήζει άμεσης και ριζικής συνολικής αναβάθμισης.

Παρά το γεγονός ότι η ΜΕΑΛ Γαλαξιδίου πρόσφατα ξεκίνησε τη δοκιμαστική της λειτουργία, το συμπέρασμα ότι το οικονομικό αποτέλεσμα θα αποβεί γενικά αρνητικό δεν μπορεί να αμφισβητηθεί λόγω του ιδιαίτερα μικρού μέσου ημερήσιου εξυπηρετούμενου πληθυσμού. Πέραν της ειδικής τιμολογιακής πολιτικής που πρέπει να εφαρμοστεί σύμφωνα με τα αναφερθέντα στην παραπάνω παράγραφο, απαιτείται η προσθήκη στο υφιστάμενο υψηλού επιπέδου σύστημα αυτοματισμών διαδικασιών απομακρυσμένης μετάδοσης μηνυμάτων και προγνώσεων ώστε να μπορέσει αυτή η μονάδα να λειτουργεί ουσιαστικά χωρίς την ανάγκη μόνιμου προσωπικού. Η διαπίστωση αυτή ισχύει –έστω και σε μικρότερο βαθμό- και για τις λοιπές μικρές μονάδες όπως αυτές των Δελφών και της Ιτέας.

### **6.2.3 Η Βελτιστοποίηση ως Αντικείμενο Έρευνας**

Η εργασία αυτή ασχολήθηκε με το πρόβλημα της περιβαλλοντικά αποδεκτής λειτουργικής βελτιστοποίησης των μονάδων επεξεργασίας αστικών λυμάτων, σε συνδυασμό με τις γενεσιουργές συνθήκες που ξεκινούν από το επίπεδο σχεδιασμού του, εξετάζοντας και συγκρίνοντας πραγματικά λειτουργικά δεδομένα δώδεκα μονάδων με χαρακτηριστικά που αντιπροσωπεύουν το σύνολο των μονάδων που λειτουργούν στην Ελλάδα.

Πέρα από τα παραπάνω συμπεράσματα αλλά και αυτά που αναφέρθηκαν διεξοδικά και στα προηγούμενα κεφάλαια, είναι βέβαιο ότι:

- τα ειδικά χαρακτηριστικά ως προς την ενεργειακή κατανάλωση
- η ορθολογική διοίκηση των μονάδων

- η σχέση μεταξύ των επιλογών σχεδιασμού και των λειτουργικών συνθηκών
- τα προβλήματα της ασκούμενης πολιτικής στον τομέα και η απαίτηση διαρθρωτικών αλλαγών
- ο συνδυασμός όλων των παραπάνω
- η εφαρμογή της τηλεματικής για την ενιαία αντιμετώπιση των ομαδοποιημένων σε ενότητες ΜΕΑΛ

μπορεί και επιβάλλεται να αποτελέσουν είτε μεμονωμένα είτε συνδυασμένα αντικείμενο περαιτέρω έρευνας μεταπτυχιακού επιπέδου.

Η παρούσα διπλωματική εργασία κατατίθεται στο Πολυτεχνείο Κρήτης για κρίση με την ελπίδα ότι, πέραν της υποχρεωτικής διαδικασίας με βάση την οποίαν εκπονήθηκε, μπορεί να αποτελέσει μια μικρή συμβολή στο ζήτημα της βελτιστοποίησης των διαδικασιών επεξεργασίας των αστικών λυμάτων στη χώρα και να αποτελέσει ερέθισμα για την απολύτως απαραίτητη συνεχή έρευνα στον τομέα αυτόν.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

### **ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. Αγγελάκης, Α., Διαμαντόπουλος, Ε., “Διαχείριση Αστικών Υγρών και Στερεών Αποβλήτων”, Λάρισα, 1999.
2. Αγγελάκης, Α., Τσαγκαράκης, Κ., Δεσποτάκης, Β., Παπαδογιαννάκης, Ν., “Καταγραφή και Χαρτογράφηση Έργων Επεξεργασίας Αστικών Υγρών Αποβλήτων”, Ηράκλειο Κρήτης, 1999.
3. Αποστολίδης, Χ., “Οδηγός για την Οργάνωση της Συντήρησης Μονάδων Επεξεργασίας Λυμάτων”, ΕΕΤΑΑ ΑΕ, Αθήνα, 1995.
4. Διαμαντόπουλος, Ε., “Θέματα Προστασίας Περιβάλλοντος”, Διδακτικές Σημειώσεις, Χανιά, 2001.
5. Imhoff, K., Imhoff, K., “Η Αποχέτευση των Πόλεων και Επεξεργασία των Υγρών Αποβλήτων”, Μετάφραση: Κουτσόπουλος, Ν., Έκδοση Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας, Αθήνα, 1992.
6. Καλλέργης, Γ.Α., “Εφαρμοσμένη Περιβαλλοντική Υδρογεωλογία”, Έκδοση Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας, Αθήνα, 1999.
7. Μαρκαντωνάτος, Γ., “Επεξεργασία και Διάθεση Υγρών Αποβλήτων”, Επιμέλεια Έκδοσης Μαρκαντωνάτος, Π., Αθήνα, 1990.
8. Στάμου, Α.Ι., “Βιολογικός Καθαρισμός Αστικών Αποβλήτων”, Παπασωτηρίου, Αθήνα, 1995.
9. Στάμου, Α.Ι., “Βασικές Αρχές και Σχεδιασμός Συστημάτων Επεξεργασίας Αποβλήτων”, Έκδοση Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας, Αθήνα, 1994.
10. Τραγανίτης, Σ., Σκουμπύρης, Ι., “Οδηγός Λειτουργίας Μονάδων Επεξεργασίας Λυμάτων”, ΕΕΤΑΑ ΑΕ, Αθήνα, 1995.
11. Τσώνης, Σ.Π., “Επεξεργασία Λυμάτων”, Παπασωτηρίου, Αθήνα, 2004.

## **ΔΙΕΘΝΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. Biswas, A.K., “Systems Approach to Water Management”, McGraw Hill, Inc., Ottawa, Canada, 1976.
2. Biswas, A.K., “Water Resources, Environmental Planning, Management, and Development ” McGraw Hill, Inc., Oxford, England, 1997.
3. Clark, J.W., Viessman, W.Jr., Hammer M.J., “Water Supply and Pollution Control”, Fitzhenry & Whiteside, Ltd., Toronto, Canada, 1977.
4. Hipel, K.W., McLeod, A.I., “Developments in Water Science, Issue 45, Time Series Modelling of Water Resources and Environmental Systems, Elsevier Science B.V., Amsterdam, The Netherlands, 1994
5. Mayes, L.W., Tung, Y-K., “ Hydrosystems Engineering & Management”, McGraw Hill, Inc., United States of America, 1992.
6. Ollson, G., Jeppsson, U., Rosen, C., “Water Science and Technology, Volume 45, Instrumentation, Control and automation 2001”, IWA Publishing, Lund University, Lund, Sweden, 2002.
7. Viessman, W.Jr., Lewis G.L., Knapp J.W., “Introduction to Hydrology”, Harper & Row, Publishers, Inc., New York, United States of America, 1989.
8. Wanielista, M., “Hydrology and Water Quantity Control”, John Wiley & Sons, Inc., Orlando, Florida, United States of America, 1990

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ – ΠΙΝΑΚΕΣ ΠΡΩΤΟΓΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΑΙ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ**

Στο Παράρτημα παρουσιάζονται οι τέσσερις πίνακες που καταστρώθηκαν με στόχο τη συλλογή των απαραίτητων στοιχείων για την εκπόνηση της εργασίας. Η συμπλήρωση τους έγινε με τη βοήθεια των υπευθύνων της εκάστοτε μονάδας.

Ο πρώτος πίνακας περιέχει τα δεδομένα σχεδιασμού και τα πραγματικά δεδομένα λειτουργίας, τα στοιχεία ποιότητας εκβολής τόσο σύμφωνα με το σχεδιασμό όσο και με τους περιβαλλοντικούς όρους, τον τρόπο αερισμού, τα στοιχεία κατανάλωσης ενέργειας και αναλωσίμων και τέλος πληροφορίες για το προσωπικό. Ο δεύτερος, ο τρίτος και ο τέταρτος πίνακας περιέχουν αντίστοιχα τα ενεργειακά χαρακτηριστικά του εξοπλισμού, τα χαρακτηριστικά της συντήρησης και τα χαρακτηριστικά του αυτοματισμού.

Τα αναλυτικά στοιχεία για κάθε μία από τις 12 εξεταζόμενες μονάδες συνοποβάλλονται μαζί με την παρούσα εργασία σε ηλεκτρονική μορφή.

## ΠΙΝΑΚΕΣ Ι

### I.A. ΒΑΣΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΩΝ ΕΡΓΩΝ

Παράμετρος	Μονάδα	Δεδομένα Σχεδιασμού	Πραγματικά Δεδομένα Λειτουργίας
<b>Ισοδύναμος πληθυσμός</b>	Κάτοικοι		
<b>Παροχές λυμάτων</b>			
Μέση ημερήσια-Χειμερινή	m <sup>3</sup> /d		
Μέση μέγιστη-Θερινή	m <sup>3</sup> /d		
Αιχμή θερινής περιόδου	l/sec		
Αιχμή χειμερινής περιόδου	l/sec		
Ελάχιστη	l/sec		
<b>Ρυπαντικά φορτία</b>			
Οργανικό φορτίο BOD <sub>5</sub> Θέρος Χειμώνα	Kg/d mg/l mg/l		
Αιωρούμενα στερεά SS Θέρος Χειμώνα	Kg/d mg/l mg/l		
Ολικό άζωτο TKN Θέρος Χειμώνα	Kg/d mg/l mg/l		
Φώσφορος Θέρος Χειμώνα	Kg/d mg/l mg/l		

## I.B. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΕΚΒΟΛΗΣ

α. Σύμφωνα με το σχεδιασμό και τους περιβαλλοντικούς όρους

Παράμετρος	Μονάδα	Τιμή
BOD <sub>5</sub>	mg/l	
COD	mg/l	
O <sub>2</sub>	mg/l	
SS	mg/l	
Συνολικό Αζωτο	mg/l	
Αμμωνιακό Αζωτο	mg/l	
Φωσφόρος	mg/l	
Παράμετρος α		
Παράμετρος β		

β. Σύμφωνα με τα πραγματικά στοιχεία

Παράμετρος	Μονάδα	Τιμή
BOD <sub>5</sub>	mg/l	
COD	mg/l	
O <sub>2</sub>	mg/l	
SS	mg/l	
Συνολικό Αζωτο	mg/l	
Αμμωνιακό Αζωτο	mg/l	
Φωσφόρος	mg/l	
Παράμετρος α		
Παράμετρος β		

## Ι.Γ. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΑΕΡΙΣΜΟΥ

μέσον ρύθμισης	μονάδα	τιμή	παρατηρήσεις
<b>Επιφανειακός αερισμός</b>			
<i>κινητός υπερχειλιστής</i>			
μήκος	m		
εύρος βύθισης	cm		
<i>inverter</i>			
αριθμός	τεμ		
ισχύς	kW		
<i>αεριστήρας διπλής ταχύτητας</i>			
χαμηλή/υψηλή ισχύς	kW		
χαμηλές/υψηλές στροφές	rpm		
<i>mixers</i>			
αριθμός	τεμ		
ισχύς (εύρος)	kw		
ταχύτητα	rpm		
<b>Υποβρύχιος αερισμός</b>			
<i>inverter</i>			
αριθμός	τεμ		
ισχύς (εύρος)	kW		
<i>φουσητήρας διπλής ταχύτητας</i>			
χαμηλή/υψηλή ισχύς	kW		
χαμηλές/υψηλές στροφές	rpm		
<i>mixers</i>			
αριθμός	τεμ		
ισχύς	kW		
ταχύτητα	rpm		
<i>διαχυτήρες</i>			
αριθμός	τεμ		
πυκνότητα τοποθέτησης	τεμ/m		
βάθος τοποθέτησης	m		



## Ι.Δ. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ

(μέση ημερήσια κατανάλωση ενέργειας)

επί μέρους μονάδα	ενέργεια	τιμή
1. Προεπεξεργασία Βοθρολυμάτων	kWh/ημ	
2. Αρχικό Αντλιοστάσιο	kWh/ημ	
3. Προεπεξεργασία Λυμάτων	kWh/ημ	
4. Βιολογική Επεξεργασία	kWh/ημ	
5. Επεξεργασία Ιλύος	kWh/ημ	
6. Απολύμανση	kWh/ημ	
7. Δύλιση	kWh/ημ	
8. Βοηθητικά Έργα	kWh/ημ	
ΣΥΝΟΛΟ ΕΡΓΟΥ	kWh/ημ	

## Ι.Ε. ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΑΝΑΛΩΣΙΜΩΝ

είδος αναλωσίμου	ποσότητα/έτος	δαπάνη (€/έτος)
απόσμιση (είδος)		
απολύμανση (είδος)		
πολυηλεκτρολύτης (είδος)		
λοιπά		
ΣΥΝΟΛΟ ΕΡΓΟΥ		

## Ι.ΣΤ. ΠΡΟΣΩΠΙΚΟ

ειδικότητα	σύνολο (άτομα)	πλήρους απασχόλησης	μερικής απασχόλησης
<b>ΔΗΜΟΣΙΟΥ ΤΟΜΕΑ</b>			
ΑΕΙ			
ΤΕΙ			
τεχνίτες			
εργάτες			
φύλακες			
<b>ΙΔΙΩΤΙΚΟΥ ΤΟΜΕΑ</b>			
ΑΕΙ			
ΤΕΙ			
τεχνίτες			
εργάτες			
φύλακες			
ΣΥΝΟΛΟ			

**ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙ: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ**

μηχάνημα	συνολικός αριθμός	αριθμός σε εφεδρεία	εγκατεστημένη ισχύς ανά τεμ	συνολική εγκατ. ισχύς	συνολική αποorr. ισχύς	μέσος συνολ. χρόνος λειτουργ.	συνολ. ημερ. κατανάλωση ενέργειας	παρατηρήσεις
	τεμ	τεμ	kW	kW	kW	h/d	kWh/d	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>ΕΡΓΑ ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>								
<b>Προεπεξεργασία Βοθρολυμάτων</b>								
μηχανική εσχάρα								
μεταφορά εσχαρισμάτων								
φυσστήρας flo-jet								
mixer								
αντλία								
απόσμιση								
Σύνολα								
<b>Αρχικό Αντλιοστάσιο Λυμάτων</b>								
αντλία								
απόσμιση								
Σύνολα								
<b>Εσχάρωση</b>								
μηχανική εσχάρα								
μεταφορά εσχαρισμάτων								
απόσμιση								
Σύνολα								
<b>Εξάμιωση</b>								
φυστήρας								
ξέστρο								
αντλία άμμου								
σύστημα πλύσης								
Σύνολα								
<b>Λοιπός Εξοπλισμός Προεπεξεργασίας</b>								
α.								
β.								
γ.								
Σύνολα Εργων Προεπεξεργασίας								

<b>ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ</b>								
<b>Selector tank</b>								
mixer								
<b>Αποφωσφόρωση</b>								
mixer								
<b>Απονιτροποίηση</b>								
mixer								
αντλία νιτρικών								
<b>Αερισμός</b>								
επιφανειακός αεριστήρας								
φουσητήρας								
mixer								
<b>Καθίζηση</b>								
ξέστρο								
<b>Ενδιάμεσο Αντλιοστάσιο</b>								
αντλία								
Σύνολα								
<b>Αντλιοστάσιο Ιλύος</b>								
αντλία ανακυκλοφορίας								
αντλία περίσσειας								
Σύνολα								
<b>Λοιπός Εξοπλισμός Βιολογικής Επεξεργασίας</b>								
α.								
β.								
γ.								
<b>Σύνολα Βιολογικής Επεξεργασίας</b>								

<b>ΕΡΓΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΙΛΥΟΣ</b>								
<b>Ομογενοποίηση Ιλύος</b>								
φουσητήρας								
flo-jet								
mixer								
αντλία								
Σύνολα								
<b>Δεξαμενή Πάχυνσης Ιλύος</b>								
ξέστρο								
αντλία								
Σύνολα								
<b>Χώνευση Ιλύος</b>								
φουσητήρας								
mixer								
λοιπός εξοπλισμός								
Σύνολα								
<b>Αφυδάτωση Ιλύος</b>								
μηχανικός παχυντής								
πρέσσα								
σύστημα πολ/κτρολύτη								
μεταφορά ιλύος								
σύστημα απόσμησης								
λοιπός εξοπλισμός								
Σύνολα								
<b>Λοιπός Εξοπλισμός Επεξεργασίας Ιλύος</b>								
α.								
β.								
γ.								
<b>Σύνολα Εργων Επεξεργασίας Ιλύος</b>								

<b>ΛΟΙΠΑ ΕΡΓΑ</b>								
<b>Απολύμανση</b>								
σύστημα χλωρίωσης								
σύστημα UV								
λοιπός εξοπλισμός								
Σύνολα								
<b>Διύλιση (3βάθμια Επεξεργασία)</b>								
αντλία ανύψωσης								
αντλία πλύσης								
φουσητήρας πλύσης								
μηχανικό φίλτρο								
λοιπός εξοπλισμός								
Σύνολα								
<b>Εργο Διάθεσης</b>								
αντλία ανύψωσης								
λοιπός εξοπλισμός								
Σύνολα								
<b>Βοηθητικά Έργα</b>								
α.								
β.								
γ.								
δ.								
Σύνολα								
<b>Σύνολα Λοιπών Έργων</b>								
<b>Γενικά Σύνολα</b>								
<b>Πραγματική Ισχύς Έργου</b>								

**ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙΙ: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ**

μηχάνημα	κατασκευαστής	συνολικός αριθμός	ετήσιο κόστος λιπαντικών	ετήσιο κόστος αντικαταστάσι	ετήσιο κόστος λοιπών	παρατηρήσεις
		τεμ	€	€	€	
1	2	3	4	5	6	7
<b>ΕΡΓΑ ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>						
<b>Προεπεξεργασία Βοθρολυμάτων</b>						
μηχανική εσχάρα						
μεταφορά εσχαρισμάτων						
φουσητήρας						
flo-jet						
mixer						
αντλία						
απόσμιση						
Σύνολα						
<b>Αρχικό Αντλιοστάσιο Λυμάτων</b>						
αντλία						
απόσμιση						
Σύνολα						
<b>Εσχάρωση</b>						
μηχανική εσχάρα						
μεταφορά εσχαρισμάτων						
απόσμιση						
Σύνολα						
<b>Εξάμμιση</b>						
φουστήρας						
ξέστρο						
αντλία άμμου						
σύστημα πλύσης						
Σύνολα						
<b>Λοιπός Εξοπλισμός Προεπεξεργασίας</b>						
α.						
β.						
γ.						
<b>Σύνολα Προεπεξεργασίας</b>						

<b>ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ</b>						
<b>Selector tank</b>						
mixer						
<b>Αποφωσφόρωση</b>						
mixer						
<b>Απονιτροποίηση</b>						
mixer						
αντλία νιτρικών						
<b>Αερισμός</b>						
επιφανειακός αεριστήρας						
φουσητήρας						
mixer						
<b>Καθίζηση</b>						
ξέστρο						
<b>Ενδιάμεσο Αντλιοστάσιο</b>						
αντλία						
Σύνολα						
<b>Αντλιοστάσιο Ιλύος</b>						
αντλία ανακυκλοφορίας						
αντλία περίσσειας						
Σύνολα						
<b>Λοιπός Εξοπλισμός Βιολογικής Επεξεργασίας</b>						
α.						
β.						
γ.						
<b>Σύνολα Βιολ. Επεξεργασίας</b>						

<b>ΕΡΓΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΙΛΥΟΣ</b>						
<b>Ομογενοποίηση Ιλύος</b>						
φουσητήρας						
flo-jet						
mixer						
αντλία						
Σύνολα						
<b>Δεξαμενή Πάχυνσης Ιλύος</b>						
ξέστρο						
αντλία						
Σύνολα						
<b>Χώνευση Ιλύος</b>						
φουσητήρας						
mixer						
λοιπός εξοπλισμός						
Σύνολα						
<b>Αφυδάτωση Ιλύος</b>						
μηχανικός παχυντής						
πρέσσα						
σύστημα πολ/κτρολύτη						
μεταφορά ιλύος						
σύστημα απόσμησης						
λοιπός εξοπλισμός						
Σύνολα						
<b>Λοιπός Εξοπλισμός Επεξεργασίας Ιλύος</b>						
α.						
β.						
γ.						
<b>Σύνολα Επεξεργασίας Ιλύος</b>						



<b>ΛΟΙΠΑ ΕΡΓΑ</b>						
<b>Απολύμανση</b>						
σύστημα χλωρίωσης						
σύστημα UV						
λοιπός εξοπλισμός						
Σύνολα						
<b>Δύλιση (3βάθμια Επεξεργασία)</b>						
αντλία ανύψωσης						
αντλία πλύσης						
φουσητήρας πλύσης						
μηχανικό φίλτρο						
λοιπός εξοπλισμός						
Σύνολα						
<b>Εργο Διάθεσης</b>						
αντλία ανύψωσης						
λοιπός εξοπλισμός						
Σύνολα						
<b>Βοηθητικά Έργα</b>						
α.						
β.						
γ.						
δ.						
Σύνολα						
<b>Σύνολα Λοιπών Έργων</b>						
<b>Γενικά Σύνολα</b>						
<b>Συνολικό Κόστος Συντηρήσεων</b>						

**ΠΙΝΑΚΑΣ IV: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ**

ΜΟΝΑΔΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	
	αυτοματισμός	органа ελέγχου
Προεπεξεργασία Βοθρολυμάτων		
Αρχικό Αντλιοστάσιο Λυμάτων		
Εσχάρωση		
Εξάμμωση		
Βιολογική Επεξεργασία		
Ομογενοποίηση Ιλύος		
Δεξαμενή Πάχυνσης Ιλύος		

Χώνευση Ιλύος		
Αφυδάτωση Ιλύος		
Απολύμανση		
Δύλιση (3βάθμια Επεξεργασία)		
Έργο Διάθεσης		
Συνολικά Στοιχεία		