



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Θέμα Διπλωματικής Εργασίας

**«Ενεργειακή Αξιολόγηση Εγκαταστάσεων
Επεξεργασίας Υγρών Αστικών Αποβλήτων
στην Ελλάδα»**

Αλεξάνδρα Γ. Σιάτου

Επιβλέπων

Πέτρος Γκίκας, Αναπληρωτής Καθηγητής

Μέλη επιτροπής

Κων/νος Κομνίτσας, Καθηγητής

Κων/νος Χρυσικόπουλος, Καθηγητής

Χανιά, 2018

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευρετήριο Σχημάτων.....	IV
Ευρετήριο Διαγραμμάτων.....	IV
Ευρετήριο Πινάκων	VII
Ακρωνόμια	VIII
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	IX
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	X
ABSTRACT.....	XII
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1. Αντικείμενο της εργασίας.....	1
1.2. Δομή της εργασίας	3
2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ	5
2.1. Εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων (ΕΕΛ).....	5
2.1.1. Γενικά.....	5
2.1.2. Πρωτοβάθμια επεξεργασία	6
2.1.3. Δευτεροβάθμια (βιολογική) επεξεργασία	7
2.1.4. Τριτοβάθμια (προχωρημένη) επεξεργασία	8
2.1.5. Επεξεργασία ιλύος	9
2.1.6. Διάγραμμα ροής ΕΕΛ	10
2.2. Ενέργεια και εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων	12
2.2.1. Ενεργειακή αξιολόγηση στις ΕΕΛ	13
2.2.2. Ενεργειακό κόστος των ΕΕΛ	15
2.2.3. Κατανομή της ενεργειακής χρήσης στις ΕΕΛ	16
2.2.3.1. Προεπεξεργασία και πρωτοβάθμιας επεξεργασία λυμάτων	17
2.2.3.2. Δευτεροβάθμιας επεξεργασία λυμάτων	17
2.2.3.3. Τριτοβάθμια επεξεργασία λυμάτων	17
2.2.3.4. Επεξεργασία ιλύος	18
2.2.3.5. Χαρακτηριστική ποσοστιαία κατανομή ενεργειακής χρήσης.....	18
2.2.4. Ενεργειακή κατανάλωση ανά κυβικό μέτρο στις ΕΕΛ της Ευρώπης και του κόσμου	19
2.2.4.1. Προεπεξεργασία και πρωτοβάθμια επεξεργασία λυμάτων	21
2.2.4.2. Δευτεροβάθμια επεξεργασία λυμάτων.....	21
2.2.4.3. Τριτοβάθμια επεξεργασία λυμάτων	22
2.2.4.4. Επεξεργασία ιλύος	22

2.2.4.5.	Κατανάλωση ενέργειας διαφορετικής δυναμικότητας ΕΕΛ	22
2.3.	Μεθοδολογία	23
2.3.1.	Θεωρητικό υπόβαθρο	23
2.3.2.	Συλλογή δεδομένων	24
2.3.3.	Διεξαγωγή της έρευνας	24
2.3.4.	Παρουσίαση ερωτηματολογίου	25
2.3.5.	Επεξεργασία δεδομένων	27
3.	ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΩΝ ΕΕΛ	29
3.1.	Περιγραφή των εξεταζόμενων εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων	29
3.2.	Επεξεργασία βιομηχανικών λυμάτων ή αποβλήτων και βοθρολυμάτων	30
3.3.	Επαναχρησιμοποίηση εκροής και παραγόμενη λυματολάσπη (ιλύς)	30
3.4.	Ενεργειακή αξιολόγηση και ενεργειακή απαίτηση	30
4.	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ	31
4.1.	Σύστημα βιολογικού καθαρισμού Compact τεχνολογιών	31
4.2.	Γενικά στοιχεία για τις ΕΕΛ	32
4.3.	Συνολική ενεργειακή απαίτηση των εγκαταστάσεων.	39
4.4.	Προεπεξεργασία & Πρωτοβάθμια επεξεργασία εισερχόμενων λυμάτων	42
4.5.	Δευτεροβάθμια και Τριτοβάθμια επεξεργασία εισερχόμενων λυμάτων	48
4.5.	Επαναχρησιμοποίηση διαυγασμένου νερού	58
4.6.	Επεξεργασία παραγόμενης ιλύος	60
5.	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΚΟΣΤΟΣ	70
5.1.	Ενεργειακό κόστος ανά κιλοβατώρα για κάθε ΕΕΛ και έτος	70
5.2.	Ενεργειακή κατανάλωση ανά ισοδύναμο κάτοικο για κάθε ΕΕΛ και έτος	71
5.3.	Ενεργειακό κόστος ανά ισοδύναμο κάτοικο για κάθε ΕΕΛ και έτος	74
5.4.	Εισερχόμενη παροχή ανά ισοδύναμο κάτοικο για κάθε ΕΕΛ και έτος	75
6.	ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΧΡΗΣΗΣ	78
6.1.	Κατανομή ενεργειακής χρήσης στις επιμέρους μονάδες επεξεργασίας των ΕΕΛ	78
6.1.1.	Δήμος Αγίου Νικολάου Κρήτης (ΕΕΛ Ελούντας)	78
6.1.2.	Δήμος Αμυνταίου	79
6.1.3.	Δήμος Δίου Ολύμπου	79
6.1.4.	Δήμος Ελασσόνας	80
6.1.5.	Δήμος Θάσου	80
6.1.6.	Δήμος Θηβαίων	81

6.1.7.	Δήμος Καρδίτσας.....	81
6.1.8.	Δήμος Λαμιέων.....	82
6.1.9.	Δήμος Λαυρεωτικής.....	82
6.1.10.	Δήμος Νέας Κυδωνίας.....	83
6.1.11.	Δήμος Νέστου.....	83
6.1.12.	Δήμος Πάρου.....	84
6.1.13.	Δήμος Φαρσάλων.....	85
6.2.	Κατανομή ενεργειακής χρήσης πρότυπης ΕΕΛ.....	85
7.	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΑΙΤΗΣΗ.....	87
7.1.	Μέση ετήσια ενεργειακή απαίτηση ανά κυβικό μέτρο για κάθε ΕΕΛ.....	87
7.2.	Ενεργειακή απαίτηση ανά κυβικό μέτρο ως προς τον ΙΙ.....	90
7.3.	Ενεργειακή απαίτηση ανά κυβικό μέτρο ως προς τη παροχή.....	91
8.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	93
8.1.	Ενεργειακή κατανάλωση ανά κυβικό μέτρο λυμάτων (kWh/m ³).....	93
8.2.	Ημερήσια ενεργειακή κατανάλωση ανά κάτοικο (kWh/ pe-day).....	94
8.3.	Ημερήσια εισερχόμενη παροχή ανά ικ (m ³ /pe-day).....	94
8.4.	Ενεργειακό κόστος (€/kWh).....	95
8.5.	Ενεργειακή απαίτηση ή κατανομή (%).....	95
8.6.	Προτάσεις για μελλοντική έρευνα.....	96
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	97
	Ελληνική βιβλιογραφία.....	97
	Ξενόγλωσση βιβλιογραφία.....	100
	Ιστοσελίδες.....	102
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: Ερωτηματολόγιο έρευνας.....	1
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ: Δεδομένα.....	7
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ: Περιγραφή των ΕΕΛ.....	16
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙV: Ενεργειακή χρήση Ι.....	95
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ V: Ενεργειακή χρήση ΙΙ.....	100
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ VI: Ενεργειακή χρήση ΙΙΙ.....	104
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ VII: Ενεργειακό κόστος.....	115

Ευρετήριο Σχημάτων

Κεφάλαιο 2

Σχήμα 2.1. Τύποι καθίζησης	3
Σχήμα 2.2. Τυπική διάταξη συστήματος ενεργού ιλύος με παρατεταμένο αερισμό	7
Σχήμα 2.3. Σχηματική παράσταση δεξαμενής δευτεροβάθμιας καθίζησης συστήματος ενεργού ιλύος	8
Σχήμα 2.4. Τυπικό διάγραμμα ροής ΕΕΛ με τη μέθοδο της ενεργού ιλύος	11
Σχήμα 2.5. Διάγραμμα ροής εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων	11
Σχήμα 2.6 Κατανομή ενέργειας σε δημοτικές εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων	18
Σχήμα 2.7. Διανομή της ενεργειακής χρήσης σε ΕΕΛ που εφαρμόζουν τη διεργασία της ενεργού ιλύος	19
Σχήμα 2.8. Σύγκριση της καταναλισκόμενης ενέργειας σε διαφορετικούς τύπους διεργασιών επεξεργασίας με τον ρυθμό ροής	21
Σχήμα 2.9. Μεταβολές της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για διαφορετικά μεγέθη	23

Ευρετήριο Διαγραμμάτων

Κεφάλαιο 4

Διάγραμμα 4.1. Ερώτηση 14. Απαρτίζεται η ΕΕΛ από Compact τεχνολογίες;	31
Διάγραμμα 4.2. Έχει υλοποιηθεί ενεργειακή αξιολόγηση της εγκατάστασης στο παρελθόν;	32
Διάγραμμα 4.3. Ερώτηση 7: Πόσα χρόνια λειτουργεί η ΕΕΛ;	32
Διάγραμμα 4.4. Ερώτηση 8: Ποιό είναι το συνολικό εμβαδό της ΕΕΛ;	33
Διάγραμμα 4.5. Μέση παροχή εισόδου (<1.000 m ³)	33
Διάγραμμα 4.6. Μέση παροχή εισόδου (<1.000 m ³)	34
Διάγραμμα 4.7. Μέση παροχή εισόδου (1.000 και 5.000 m ³)	34
Διάγραμμα 4.8. Μέση παροχή εισόδου (> 5.000 m ³)	34
Διάγραμμα 4.9. Δέχεται η ΕΕΛ βοθρολύματα;	35
Διάγραμμα 4.10. Πόσα βυτία την ημέρα κατά μέσο όρο;	36
Διάγραμμα 4.11. Χρόνος υδραυλικής παραμονής στο σύνολο της εγκατάστασης	36
Διάγραμμα 4.12. BOD ₅ εισροής και εκροής των ΕΕΛ	37
Διάγραμμα 4.13. COD εισροής και εκροής των ΕΕΛ	37
Διάγραμμα 4.13. COD εισροής και εκροής των ΕΕΛ	38
Διάγραμμα 4.15. T-N εισροής και εκροής των ΕΕΛ	38
Διάγραμμα 4.16. T-P εισροής και εκροής των ΕΕΛ	39
Διάγραμμα 4.17. Ph εισροής και εκροής των ΕΕΛ	39
Διάγραμμα 4.18. Μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας και ο μέσος όρος	40
Διάγραμμα 4.19. Μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας των ΕΕΛ και ο μέσος όρος	40
Διάγραμμα 4.20. Μέσο ετήσιο κόστος ηλεκτρικού ρεύματος των ΕΕΛ και μέσος όρος	41

Διάγραμμα 4.21. Μέση ετήσια εισερχόμενη παροχή λυμάτων των ΕΕΛ και μέσος όρος	41
Διάγραμμα 4.22. Ερώτηση 6: Γίνεται χρήση καυσίμων (όπως πετρέλαιο ή φυσικό αέριο);	42
Διάγραμμα 4.23. Ερώτηση 15.: Έχει η ΕΕΛ αντλιοστάσιο ανύψωσης;	42
Διάγραμμα 4.24. Είδος αντλιών	43
Διάγραμμα 4.25. Εγκατεστημένη και καταναλισκόμενη ισχύς για άντληση ανά ΕΕΛ σε kW	43
Διάγραμμα 4.26. Μέσος όρος εγκατεστημένης και καταναλισκόμενης ισχύος για άντληση σε kW	44
Διάγραμμα 4.27. Μέσος όρος καταναλισκόμενης ενέργειας για άντληση σε kWh/day	44
Διάγραμμα 4.28. Τύπος εσχάρας.	44
Διάγραμμα 4.29. Εγκατεστημένη και καταναλισκόμενη ισχύς για εσχάρωση ανά ΕΕΛ σε kW	45
Διάγραμμα 4.30. Μέσος όρος καταναλισκόμενης ενέργειας για εσχάρωση σε kWh/day	45
Διάγραμμα 4.31. Διαθέτει η ΕΕΛ Εξάμμωση;	46
Διάγραμμα 4.32. Παροχή αέρα στον αεριζόμενο εξαμωτή ανά ΕΕΛ.	46
Διάγραμμα 4.33. Εγκατεστημένη και καταναλισκόμενη ισχύς για εξάμμωση ανά ΕΕΛ σε kW	47
Διάγραμμα 4.34. Μέσος όρος εγκατεστημένης και καταναλισκόμενης ισχύος για εξάμμωση σε kW	47
Διάγραμμα 4.35. Καταναλισκόμενη ισχύς ανά ΕΕΛ για εξάμμωση σε kWh/day	48
Διάγραμμα 4.36. Τύπος απολιπαντή	48
Διάγραμμα 4.37. Είδος Δεξαμενής βιολογικής επεξεργασίας	49
Διάγραμμα 4.38. Μέθοδος βιολογικής επεξεργασίας	49
Διάγραμμα 4.39. Μέσος υδραυλικός χρόνος παραμονής στη δεξαμενή αερισμού ανά ΕΕΛ κι ο μέσος όρος τους	50
Διάγραμμα 4.40. Ρυθμός ανακυκλοφορίας ανά ΕΕΛ και ο μέσος όρος τους	50
Διάγραμμα 4.41. Ηλικία ιλύος ανά ΕΕΛ και ο μέσος όρος τους	51
Διάγραμμα 4.42. MLSS ανά ΕΕΛ και ο μέσος όρος τους	51
Διάγραμμα 4.43. Τυπική τιμή F/M ανά ΕΕΛ και ο μέσος όρος τους	52
Διάγραμμα 4.44. Εγκατεστημένη και καταναλισκόμενη ισχύς των συστημάτων αερισμού ανά ΕΕΛ σε kW	53
Διάγραμμα 4.45. Μέσος όρος εγκατεστημένης και καταναλισκόμενης ισχύος των συστημάτων αερισμού σε kW	53
Διάγραμμα 4.46. Καταναλισκόμενη ενέργεια των συστημάτων αερισμού ανά ΕΕΛ σε kWh/day	54
Διάγραμμα 4.47. Εγκατεστημένη και καταναλισκόμενη ισχύς για αποφωσφόρωση ανά ΕΕΛ σε kW	54
Διάγραμμα 4.48. Καταναλισκόμενη ισχύς ανά ΕΕΛ για αποφωσφόρωση σε kWh/day	55
Διάγραμμα 4.49. Είδος δεξαμενής δευτεροβάθμιας καθίζησης	55
Διάγραμμα 4.50. Πλήθος δεξαμενών δευτεροβάθμιας καθίζησης	56
Διάγραμμα 4.51. Εγκατεστημένη και καταναλισκόμενη ισχύς για δευτεροβάθμια καθίζηση ανά ΕΕΛ σε kW	56
Διάγραμμα 4.52. Καταναλισκόμενη ενέργεια για δευτεροβάθμια καθίζηση ανά ΕΕΛ σε kWh/day	57
Διάγραμμα 4.53. Είδος απολύμανσης	57
Διάγραμμα 4.54. Εγκατεστημένη και καταναλισκόμενη ισχύς για απολύμανση ανά ΕΕΛ σε kW	58
Διάγραμμα 4.55. Καταναλισκόμενη ενέργεια για απολύμανση ανά ΕΕΛ σε kWh/day	58

Διάγραμμα 4.56. Διεργασία που χρησιμοποιείται για την επαναχρησιμοποίηση νερού	59
Διάγραμμα 4.57. Είδος καλλιέργειας που αρδεύεται με το διαυγασμένο νερό	59
Διάγραμμα 4.58. Εγκατεστημένη και καταναλισκόμενη ισχύς για ανάκτηση νερού ανά ΕΕΛ σε kW	60
Διάγραμμα 4.59. Καταναλισκόμενη ενέργεια για ανάκτηση νερού ανά ΕΕΛ σε kWh/day	60
Διάγραμμα 4.60. Υγρασία στην είσοδο και έξοδο του συστήματος επεξεργασίας ιλύος	61
Διάγραμμα 4.61. Ημερήσια ποσότητα δευτεροβάθμιας ιλύος ανά ΕΕΛ και ο μέσος όρος	61
Διάγραμμα 4.62. Ποσοστό στερεών δευτεροβάθμιας ιλύος ανά ΕΕΛ και ο μέσος όρος	62
Διάγραμμα 4.63. Τύπος παχυντή	62
Διάγραμμα 4.64. Μέσος όρος του ποσοστού στερεών για διαφορετικούς παχυντές	63
Διάγραμμα 4.65. Χρήση κροκιδωτικών στην πάχυνση	63
Διάγραμμα 4.66. Τύπος κροκιδωτικού.	63
Διάγραμμα 4.67. Εγκατεστημένη και καταναλισκόμενη ισχύς ανά ΕΕΛ για πάχυνση ιλύος σε kW	64
Διάγραμμα 4.68. Καταναλισκόμενη ενέργεια ανά ΕΕΛ για πάχυνση ιλύος σε kWh/day	64
Διάγραμμα 4.69. Μέσος όρος καταναλισκόμενης ισχύος για διαφορετικού τύπου παχυντές	65
Διάγραμμα 4.70. Τύπος αφυδατωτή	65
Διάγραμμα 4.71. Ποσοστό των στερεών στην είσοδο και στην έξοδο του αφυδατωτή	66
Διάγραμμα 4.72. Μέσος όρος του ποσοστού στερεών για διαφορετικού τύπου αφυδατωτές	66
Διάγραμμα 4.73. Χρήση κροκιδωτικών στην αφυδάτωση	67
Διάγραμμα 4.74. Τύπος κροκιδωτικού	67
Διάγραμμα 4.75. Εγκατεστημένη και καταναλισκόμενη ισχύς ανά ΕΕΛ για αφυδάτωση ιλύος σε kW	68
Διάγραμμα 4.76. Καταναλισκόμενη ενέργεια ανά ΕΕΛ για αφυδάτωση της ιλύος σε kWh/day	68
Διάγραμμα 4.77. Μέσος όρος καταναλισκόμενης ενέργειας για διαφορετικού τύπου αφυδατωτές	69
Διάγραμμα 4.78. Ποσοστό υγρασίας στην είσοδο και έξοδο της ξήρανσης	69
Κεφάλαιο 5	
Διάγραμμα 5.1. Ημερήσια ενεργειακή κατανάλωση ανά κάτοικο κάθε έτους	72
Διάγραμμα 5.2. Ημερήσια ενεργειακή κατανάλωση ανά κάτοικο (kWh/pe-day) κάθε ΕΕΛ	73
Διάγραμμα 5.3. Ημερήσια κατανάλωση ενέργειας ανά κάτοικο (kWh/pe-day) ως προς τον ιπ	73
Διάγραμμα 5.4. Το ημερήσιο ενεργειακό κόστος ανά κάτοικο (€/pe-day) κάθε έτους	75
Διάγραμμα 5.5. Το ημερήσιο ενεργειακό κόστος ανά κάτοικο κάθε έτους	75
Διάγραμμα 5.7. Ημερήσια εισερχόμενη παροχή ανά κάτοικο και έτος	76
Διάγραμμα 5.8. Ημερήσια παροχή ανά κάτοικο ως προς τον ιπ	77
Κεφάλαιο 6	
Διάγραμμα 6.1. Διανομή ενεργειακής χρήσης στις μονάδες επεξεργασίας της ΕΕΛ Ελούντας	79
Διάγραμμα 6.2. Διανομή ενεργειακής χρήσης στις μονάδες επεξεργασίας της ΕΕΛ Αμυνταίου	79
Διάγραμμα 6.3. Διανομή ενεργειακής χρήσης στις μονάδες επεξεργασίας της ΕΕΛ Λιτόχωρου	80

Διάγραμμα 6.4. Διανομή ενεργειακής χρήσης στις μονάδες επεξεργασίας της ΕΕΛ Ελασσόνας	80
Διάγραμμα 6.5. Διανομή ενεργειακής χρήσης στις μονάδες επεξεργασίας της ΕΕΛ Θάσου	81
Διάγραμμα 6.6. Διανομή ενεργειακής χρήσης στις μονάδες επεξεργασίας της ΕΕΛ Θήβας	81
Διάγραμμα 6.7. Διανομή ενεργειακής χρήσης στις μονάδες επεξεργασίας της ΕΕΛ Καρδίτσας	82
Διάγραμμα 6.8. Διανομή ενεργειακής χρήσης στις μονάδες επεξεργασίας της ΕΕΛ Λαμίας	82
Διάγραμμα 6.9. Διανομή ενεργειακής χρήσης στις μονάδες επεξεργασίας της ΕΕΛ Λαυρίου	83
Διάγραμμα 6.10. Διανομή ενεργειακής χρήσης στις μονάδες επεξεργασίας της ΕΕΛ Νέας Κυδωνίας	83
Διάγραμμα 6.11. Διανομή ενεργειακής χρήσης στις μονάδες επεξεργασίας της ΕΕΛ Χρυσούπολης	84
Διάγραμμα 6.12. Διανομή ενεργειακής χρήσης στις μονάδες επεξεργασίας της ΕΕΛ Μάρπησσας	84
Διάγραμμα 6.13. Διανομή ενεργειακής χρήσης στις μονάδες επεξεργασίας της ΕΕΛ Νάουσας	85
Διάγραμμα 6.14. Διανομή ενεργειακής χρήσης στις μονάδες επεξεργασίας της ΕΕΛ Φαρσάλων	85
Διάγραμμα 6.15. Διανομή ενεργειακής χρήσης στις μονάδες επεξεργασίας των ΕΕΛ που εφαρμόζουν τη μέθοδο της ενεργού ιλύος	86
Κεφάλαιο 7	
Διάγραμμα 7.1. Μέση ενεργειακή απαίτηση ανά κυβικό μέτρο (kWh/m^3) ανά ΕΕΛ.	88
Διάγραμμα 7.2. Μέση ετήσια ενεργειακή απαίτηση ανά κυβικό μέτρο (kWh/m^3)	89
Διάγραμμα 7.3. Καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια ανά κυβικό μέτρο υγρών αποβλήτων (kWh/m^3) προς τον μέσο Π.	90
Διάγραμμα 7.4. Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά κυβικό μέτρο λύματος (kWh/m^3) ως προς τη μέση ετήσια εισερχόμενη παροχή (m^3/year)	92
Διάγραμμα 7.5. Σύγκριση απαιτούμενης ηλεκτρικής ενέργειας ανά κυβικό μέτρο (kWh/m^3) για διαφορετικούς τύπους διεργασιών επεξεργασίας ως προς τη μέση ετήσια εισερχόμενη παροχή (m^3/year)	92
Ευρετήριο Πινάκων	
Κεφάλαιο 1	
Πίνακας 1.1. Οι ΕΕΛ και οι υπεύθυνοι λειτουργίας τους	2
Κεφάλαιο 2	
Πίνακας 2.1. Ποσοστό ενεργειακής χρήσης επί του συνόλου	19
Πίνακας 2.2. Κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για την επεξεργασία λυμάτων στις ΕΕΛ	23
Πίνακας 2.3. Κατανάλωση ενέργειας για τυπικές διεργασίες επεξεργασίας αστικών λυμάτων	22
Κεφάλαιο 4	
Πίνακας 4.1. Μέσος εξυπηρετούμενος ισοδύναμος πληθυσμός	35
Πίνακας 4.2. Ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού επαναχρησιμοποίησης	60
Κεφάλαιο 5	
Πίνακας 5.1. Ενεργειακό κόστος ανά κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος (€/kWh)	70
Πίνακας 5.2. Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά κάτοικο την ημέρα (kWh/pe-day)	71

Πίνακας 5.3. Ενεργειακό κόστος ανά κάτοικο την ημέρα (€/pe-day) 74

Πίνακας 5.4. Εισερχόμενη παροχή ανά κάτοικο την ημέρα (m³/pe-day) 76

Κεφάλαιο 7

Πίνακας 7.1. Μέση ενεργειακή απαίτηση ανά κυβικό μέτρο (kWh/m³) ανά ΕΕΛ και ανά έτος 88

Πίνακας 7.2. Μέση ενεργειακή απαίτηση ανά κυβικό μέτρο (kWh/m³) συγκριτικά με τον ΠΙ. 90

Πίνακας 7.3. Ενεργειακή χρήση (kWh/m³) για διαφορετικά συστήματα βιολογικής επεξεργασίας 91

Ακρωνύμια

Α.Ε.Π.Ο	Απόφαση Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων
ΔΕΥΑ	Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης Αποχέτευσης
ΕΕΛ	Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων
Η/Ζ	Ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος (γεννήτρια)
ικ	Ισοδύναμος κάτοικος
ΠΙ ή ιπ ή pe	Ισοδύναμος πληθυσμός
ΜΜ	Μονάδα μέτρησης
ΜΟ ή μ.ο.	Μέσος Όρος
ΧΥΤΑ	Χώρος Υγειονομικής Ταφής
BOD ₅	Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (Biochemical Oxygen Demand)
COD	Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (Chemical Oxygen Demand)
DO	Διαλυμένο οξυγόνο
FC	Περιττωματικά κολοβακτηριοειδή
MLSS	Mixed liquor suspended solids
pH	Ενεργός οξύτητα (Potential of hydrogen)
PIs	Δείκτες ενεργειακής απόδοσης (Performance Indicators)
T-N	Ολικό Άζωτο
T-P	Ολικός Φώσφορος
TSS	Ολικά αιωρούμενα στερεά

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας θα ήθελα, αρχικά, να ευχαριστήσω τον επιβλέπων καθηγητή μου, κ. Πέτρο Γκίκα, ο οποίος με καθοδήγησε σε όλα τα στάδια της εργασίας και με στήριξε έως ότου αυτή ολοκληρώθηκε με επιτυχία. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Κωνσταντίνο Κομνίτσα, καθηγητή της Σχολής Μηχανικών Ορυκτών Πόρων (ΜΗΧΟΠ), για τις εύστοχες παρατηρήσεις και διορθώσεις του, καθώς και τον κ. Τρύφων Δάρα, επίκουρο καθηγητή της Σχολής Μηχανικών Περιβάλλοντος (ΜΗΠΕΡ), για τον χρόνο που αφιέρωσε ώστε να απαντήσει στις ερωτήσεις μου περί Στατιστικής.

Στη συνέχεια, θα ήθελα να πω ένα θερμό ευχαριστώ στους υπεύθυνους λειτουργίας των ΕΕΛ και σε όλα τα άτομα που ανταποκρίθηκαν θετικά και αφιέρωσαν τον απαιτούμενο χρόνο για να συλλέξουν και να αποστείλουν τα στοιχεία που τους ζητήσαμε, καθώς και για όλες τις συμβουλές που μου παρείχαν κατά την διάρκεια της επικοινωνίας μας. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια και τους φίλους μου, οι οποίοι ήταν εκεί να με βοηθήσουν και να με στηρίξουν όταν τους χρειαζόμουν, καθώς επίσης και την πολυαγαπημένη καθηγήτρια Γερμανικών του Πολυτεχνείου Κρήτης, κ. Άννα Βρουβάκη, για την συνεχή υποστήριξη και καθοδήγησή της, καθώς και την φιλική της στάση όλα αυτά τα χρόνια.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να διερευνηθεί η ενεργειακή κατανομή (%) στα στάδια και στις διεργασίες των Εγκαταστάσεων Επεξεργασίας Λυμάτων (ΕΕΛ) στην Ελλάδα και να εκτιμηθεί η καταναλισκόμενη ενέργεια ανά κυβικό εισερχόμενων λυμάτων (kWh/m^3) των εγκαταστάσεων αυτών. Το κύριο αντικείμενο της εργασίας είναι η συγκριτική αξιολόγηση της ενεργειακής κατανάλωσης των ΕΕΛ που λειτουργούν σε πόλεις της Ελλάδος με εξυπηρετούμενο ισοδύναμο πληθυσμό (ιπ) από 200 έως 56.000 ισοδύναμους κατοίκους (ικ) και εισερχόμενη παροχή από 200 έως 37.000 m^3/d .

Αρχικά, για την συγγραφή του θεωρητικού μέρους, επιχειρήθηκε μια εκτενής βιβλιογραφική ανασκόπηση γύρω από τα στάδια και τις διεργασίες επεξεργασίας που συναντώνται συνήθως σε μια ΕΕΛ, τις ενεργειακές ανάγκες των ΕΕΛ παγκοσμίως, τη χρήση των ενεργειακών πόρων και του ενεργειακού κόστους μιας ΕΕΛ, τις μεθόδους συγκριτικής αξιολόγησης, καθώς και τη μεθοδολογία η οποία εφαρμόστηκε στην εργασία, και έγινε μια γενική παρουσίαση των υπό εξέταση εγκαταστάσεων. Η έρευνα έγινε κυρίως σε μηχανές αναζήτησης του διαδικτύου χρησιμοποιώντας διάφορους συνδυασμούς ελληνικών και αγγλικών λέξεων-κλειδιών. Οι βιβλιογραφικές πηγές ήταν α) βιβλία σε έντυπη και ηλεκτρονική μορφή, β) άρθρα επιστημονικών περιοδικών, γ) άρθρα διάφορων ιστοσελίδων όπως αυτές του Υπουργείου Περιβάλλοντος & Ενέργειας (ΥΠΕΚΑ), δ) η Εθνική Βάση Δεδομένων των Εγκαταστάσεων Επεξεργασίας Λυμάτων της Ειδικής Γραμματείας Υδάτων, ε) παρουσιάσεις και σημειώσεις μαθημάτων, στ) τεχνικές εκθέσεις, ζ) Νόμοι και Οδηγίες, καθώς και η) διπλωματικές εργασίες.

Στη συνέχεια, με χρήση ερωτηματολογίου (βλ. Παράρτημα Ι) συλλέχθηκαν ποσοτικά δεδομένα σχετικά με τα στοιχεία λειτουργίας, ενεργειακής κατανάλωσης και ενεργειακού κόστους είκοσι δύο (22) εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων της Ελλάδος [Αγίου Νικολάου Κρήτης, Αμύνταιου, Ελασσόνας, Ελούντας, Θάσου, Θήβας, Καρδίτσας, Καρλοβασίου, Κρούστας, Λαμίας, Λαυρίου, Λιμνών, Λιτόχωρου, Μάρπησσας, Μονεμβασιάς, Νάουσας (Πάρου), Νέας Κυδωνίας Κρήτης, Παροικιάς, Πρίνας, Φαρσάλων, Φλώρινας, Χρυσούπολης]. Το ερωτηματολόγιο αποστάλθηκε ηλεκτρονικά σε περισσότερους από εκατό (100) ερωτώμενους, κατόπιν τηλεφωνικής επικοινωνίας της φοιτήτριας με την πλειοψηφία των υπεύθυνων λειτουργίας των ΕΕΛ της χώρας. Οι ερωτήσεις του ερωτηματολογίου ήταν ανοικτού και κλειστού τύπου, ή και συνδυασμός αυτών. Έπειτα, έγινε επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων αυτών μέσω του προγράμματος λογιστικών φύλλων Microsoft Excel και παρουσιάσή τους σε πίνακες και διαγράμματα, ώστε τελικά να σχηματιστεί μια γενική εικόνα σχετικά με την ποσοστιαία ενεργειακή κατανομή (%) στα στάδια επεξεργασίας λυμάτων και παραγόμενης ιλύος, καθώς και την καταναλισκόμενη ενέργεια ανά κυβικό μέτρο εισερχόμενων λυμάτων (kWh/m^3) των υπό εξέταση εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων.

Σε γενικές γραμμές, από την περαιτέρω επεξεργασία των δεδομένων, προκύπτει ότι:

- Ο μέσος όρος της καταναλισκόμενης ενέργειας ανά κυβικό μέτρο εισερχόμενων λυμάτων είναι $PI_1 = 0,862 \pm 0,370 \text{ kWh/m}^3$, ενώ αναμένεται το 68,0% των μετρήσεων να βρίσκονται μεταξύ 0,312 και 1,359 kWh/m^3 .

- Ο μέσος όρος της ημερήσιας καταναλισκόμενης ενέργειας ανά κάτοικο είναι $PI_2 = 0,159 \pm 0,069 \text{ kWh/pe-day}$, ενώ αναμένεται το 68,0% των μετρήσεων να βρίσκονται μεταξύ 0,059 και 0,259 kWh/pe-day.
- Ο μέσος όρος της ημερήσιας παροχής ανά κάτοικο είναι $PI_3 = 0,215 \pm 0,008 \text{ m}^3/\text{pe-day}$, ενώ αναμένεται το 68,0% των μετρήσεων να βρίσκονται μεταξύ 0,105 και 0,326 m³/pe-day.
- Ο μέσος όρος του ενεργειακού κόστους, όπως προέκυψε από την επεξεργασία των δεδομένων των εξεταζόμενων ΕΕΛ, είναι $PI_4 = 0,140 \pm 0,032 \text{ €/kWh}$, ενώ αναμένεται το 99,7% των μετρήσεων να βρίσκονται μεταξύ 0,006 και 0,273 €/kWh.
- Ο μέσος όρος του ημερήσιου ενεργειακού κόστους ανά κάτοικο είναι $PI_5 = 0,025 \pm 0,013 \text{ €/pe-day}$, ενώ αναμένεται το 68,0% των μετρήσεων να βρίσκονται μεταξύ 0,006 και 0,044 €/pe-day.
- Το ποσοστό της κατανάλωσης στη βιολογική βαθμίδα βάσει των δεδομένων λειτουργίας είναι 84,6% επί της συνολικής κατανάλωσης και το ποσοστό που αντιστοιχεί στο σύστημα αερισμού είναι 77,0% επί της συνολικής απαιτούμενης ενέργειας, το οποίο ποσοστό βρίσκεται στο ανώτερο αναμενόμενο όριο.
- Η μέση κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά κυβικό μέτρο εισερχόμενου λύματος σε εγκαταστάσεις με Οξειδωτική τάφρο ($0,687 \pm 0,344 \text{ kWh/m}^3$) είναι μικρότερη από εκείνη στις εγκαταστάσεις με δεξαμενές Πλήρους μείξης ($0,836 \pm 0,129 \text{ kWh/m}^3$), η οποία με τη σειρά της είναι μικρότερη εκείνης σε ΕΕΛ με δεξαμενές Εμβολικής ροής ($1,187 \pm 0,621 \text{ kWh/m}^3$).

Λέξεις-κλειδιά: «εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων», «ΕΕΛ», «βιολογικός καθαρισμός», «κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας», «ενεργειακή απόδοση», «ενεργειακός έλεγχος», «ενεργειακή αξιολόγηση»

ABSTRACT

The purpose of this diploma thesis is to investigate the energy distribution (%) in the stages and processes of the wastewater treatment plants (WWTPs) and to estimate the energy consumption per cubic meter of incoming wastewater (kWh/m^3) of the WWTPs in Greece. The main scope of this study is the comparative evaluation of the energy consumption of 22 WWTPs in Greece with operational capacity within the range of 200 pe and 56.000 pe and incoming wastewater flow rate of $200 \text{ m}^3/\text{day}$ up to $37,000 \text{ m}^3/\text{d}$.

The thesis starts with an extensive literature review on the stages and the processes commonly encountered in the WWTPs, the energy needs of WWTPs worldwide, the use of energy resources and the energy costs of WWTPs and the methodology applied to this study and continues with a general presentation of the examined WWTPs. The research was mainly conducted on internet search engines with the use of various combinations of Greek and English keywords. The bibliographic sources were a) books in printed and electronic form, b) articles of scientific journals, c) articles from various websites such as the website of Ministry of Environment and Energy, d) the National Database of Sewage Treatment Plants, e) presentations and lesson notes, f) technical reports, g) Laws and Guidelines and h) other thesis. Following that, data regarding operation, energy consumption and energy costs were collected from 22 WWTPs located throughout Greece with a questionnaire. The questionnaire was sent by email to more than 100 WWTPs, following the student's verbal communication with the majority of the WWTPs operators. The type of the questionnaire questions were open and closed or a combination of them both. Thereafter, those data were processed and analyzed to give an overview of the energy distribution (%) in the sewage and sludge treatment stages, as well as the energy consumption per cubic meter of incoming wastewater (kWh/m^3) of the examined WWTPs. Analysis of the collected data indicated that

- The average energy consumption per cubic meter of incoming wastewater is $PI_1 = 0,862 \pm 0,370 \text{ kWh/m}^3$, while the 68,0% of the measurements are expected to be found between 0.312 and 1.359 kWh/m^3 .
- The average energy consumption per person per day is $PI_2 = 0,159 \pm 0,069 \text{ kWh/pe-day}$, while the 68,0% of the measurements are expected to be found between 0,059 και $0,259 \text{ kWh/pe-day}$.
- The average cubic meter of wastewater per person per day is $PI_3 = 0,215 \pm 0,008 \text{ m}^3/\text{pe-day}$, while the 68,0% of the measurements are expected to be found between 0,105 και $0,326 \text{ m}^3/\text{pe-day}$.
- The average energy cost is $PI_4 = 0,140 \pm 0,032 \text{ €/kWh}$, while the 99,7% of the measurements are expected to be found between 0,006 και $0,273 \text{ €/kWh}$.
- The average daily energy cost per person is $PI_5 = 0,025 \pm 0,013 \text{ €/pe-day}$, while the 68,0% of the measurements are expected to be found between 0,006 και $0,044 \text{ €/pe-day}$.
- The percentage of energy consumption in secondary treatment is 84.6% of total energy consumption and the percentage corresponding to the aeration tank is 77.0% of the total required energy, which is at the upper limit.

Keywords: “wastewater treatment plants”, “WWTP”, “energy consumption”, “energy efficiency”, “energy assessment”, “energy evaluation”

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Αντικείμενο της εργασίας

Σήμερα, οι απαιτήσεις ενέργειας για την επεξεργασία λυμάτων προκαλούν μεγάλη ανησυχία. Η συμβατική επεξεργασία των αστικών λυμάτων είναι πράγματι μια ενεργοβόρα διαδικασία, κυρίως λόγω της παροχής μεγάλων ποσοτήτων αέρα στη βιολογική επεξεργασία. Οι τυπικές προσεγγίσεις για την εξοικονόμηση ενέργειας κατά την επεξεργασία των λυμάτων επικεντρώνονται κυρίως στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των υφιστάμενων εγκαταστάσεων (Gikas, 2017) μέσω ενεργειακών ελέγχων και αξιολογήσεων.

Αντικείμενο τη παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η συγκριτική αξιολόγηση της ενεργειακής κατανάλωσης των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων (ΕΕΛ) της χώρας μας, με κύριο σκοπό την διερεύνηση της ποσοστιαίας κατανομής των ενεργειακών αναγκών στα στάδια επεξεργασίας των ΕΕΛ και την εκτίμηση της καταναλισκόμενης ενέργειας ανά κυβικό μέτρο εισερχόμενων υγρών αποβλήτων (kWh/m^3) των υπό εξέταση εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων.

Η εργασία χωρίζεται σε τρία μέρη. Στο πρώτο μέρος αναπτύσσεται το θεωρητικό υπόβαθρο, στο οποίο βασίζεται η διπλωματική εργασία, γίνεται βιβλιογραφική ανασκόπηση της ενεργειακής κατανάλωσης των ΕΕΛ σε παγκόσμιο επίπεδο και παρουσιάζεται η μεθοδολογία που εφαρμόστηκε για τη συλλογή των δεδομένων της εργασίας, όπως και η θεωρία στην οποία βασίζεται η μεθοδολογία αυτή.

Στο δεύτερο μέρος παρατίθεται το ερευνητικό κομμάτι της εργασίας. Κατά τη διάρκεια της ενεργειακής αξιολόγησης συλλέχθηκαν δεδομένα κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και κόστους, καθώς και λειτουργικά στοιχεία των ΕΕΛ. Αποτέλεσμα της συλλογής των παραπάνω δεδομένων ήταν η δημιουργία πινάκων και διαγραμμάτων, όπως διασποράς, ραβδογράμματα και πίτες, τα οποία απεικονίζουν το προφίλ της ενεργειακής κατανάλωσης των υπό εξέταση βιολογικών καθαρισμών. Για ορθότερα αποτελέσματα και διευκόλυνση στην επεξεργασία των δεδομένων, έγινε ομαδοποίηση των ΕΕΛ ανάλογα με το αντικείμενο που εξετάζεται κάθε φορά.

Στο τρίτο μέρος της εργασίας παρουσιάζονται, αρχικά, τα συμπεράσματα της έρευνας για την ενεργειακή κατανομή των υπό εξέταση μονάδων επεξεργασίας λυμάτων, αερισμού και επεξεργασίας ιλύος των ΕΕΛ και στη συνέχεια τα συμπεράσματα για την καταναλισκόμενη ενέργεια ανά κυβικό μέτρο εισερχόμενων λυμάτων (kWh/m^3), καθώς και η σύγκρισή τους με τη βιβλιογραφία. Τα στοιχεία λειτουργίας και κατανάλωσης ενέργειας, που αναφέρονται συνοπτικά στο κύριο μέρος της εργασίας και αναλυτικά στα παραρτήματα, συλλέχτηκαν με τη χρήση ερωτηματολογίου (βλ. Παράρτημα Ι) κατόπιν τηλεφωνικής επικοινωνίας με τους υπεύθυνους λειτουργίας σχεδόν όλων των ΕΕΛ της Ελλάδος, οι οποίες βρίσκονται στην ιστοσελίδα του ΥΠΕΚΑ. Οι ΕΕΛ και οι υπεύθυνοι λειτουργίας τους, οι οποίοι συμπλήρωσαν και απέστειλαν το ερωτηματολόγιο της εργασίας φαίνονται στον Πίνακα 1.1, που ακολουθεί.

Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων	Υπεύθυνος/-η λειτουργίας
Δήμου Αγίου Νικολάου (Αγιος Νικόλαος, Ελούντα, Κρούστα, Λίμνες, Πρίνα)	Μαρτιμιανάκη Ελευθερία, Χημικός Μηχανικός
Δήμου Αμυνταίου (Αμύνταιο)	Τοπάλης Ευάγγελος, Χημικός Μηχανικός Προϊστάμενος τμ/τος Περιβάλλοντος Δήμου Αμυνταίου
Δήμου Δίου Ολύμπου (Λιτόχωρο)	Καρκανιάς Τεχνολογία Περιβάλλοντος Α.Ε.
	Μαυρομμάτης Ζαχαρίας Πολιτικός Μηχανικός ΤΕ ΜSc
Δήμου Θάσου (Θάσος)	Χατζηραβδέλης Νικόλαος
Δήμου Θηβαίων (Θήβα)	Βουδούρη Σόνια Ειδική συνεργάτιδα της ΔΕΥΑ Θήβας
Δήμου Καρδίτσας (Καρδίτσα)	Παπαθανασίου Κων/νος, Χημικός Μηχανικός ΕΜΠ Προϊστάμενος τμ/τος Περιβάλλοντος ΔΕΥΑ Καρδίτσας
Δημοτικής Ενότητας Καρλοβασίου (Καρλόβασι)	Ρευματά Μαρία
Δήμου Λαμίας (Λαμία)	Αποστολόπουλος Γρηγόρης, Χημικός Μηχανικός
Δήμου Λαυρεωτικής (Λαύριο)	Ιωάννης Ν. Ανδρεάδης Διπλ. Μηχανικός Περιβάλλοντος (Πολυτεχνείο Κρήτης) MSc. Επιστήμη & Τεχνολογία Υδατικών Πόρων (Ε.Μ.Π) Τεχνικός Δ/ντης Δ.Ε.Υ.Α.ΤΗ.Λ
Δήμου Μονεμβασίας (Μονεμβασιά)	Λαζαράς Γεώργιος
Δήμου Νέας Κυδωνίας (Νέα Κυδωνία)	Παρασκάκη Αργυρό - Αναγνωστάκη Φρίντα Χημικός Μηχανικός - Χημικός Μηχανικός, ΔΕΥΑΒΑ
Δήμου Νέστου (Χρυσούπολη)	Φωτιάδης Χρήστος
Δήμου Πάρου (Μάρπησσα, Νάουσα, Παροικιά)	Μαύρη Μαρία-Μαρούσω Προϊσταμένη τμήματος ΒΙΟΚΑ
Δήμου Φαρσάλων (Φάρσαλα)	Καρκανιάς Τεχνολογία Περιβάλλοντος Α.Ε.
	Παπακώστας Παντελής Διευθυντής ΔΕΥΑ Φαρσάλων
Δήμου Φλώρινας (Φλώρινα)	Καρακατσάνη Ζηνοβία, Χημικός Μηχανικός Υπεύθυνη Τμ/τος Λειτουργίας Εγκαταστάσεων της ΔΕΥΑΦ

Πίνακας 1.1. Οι ΕΕΛ και οι υπεύθυνοι λειτουργίας τους

1.2. Δομή της εργασίας

Η εργασία αποτελείται από οκτώ (8) κεφάλαια και επτά (7) παραρτήματα.

Στο **Κεφάλαιο 1 (Εισαγωγή)** παρουσιάζονται συνοπτικά το αντικείμενο και η δομή της διπλωματικής εργασίας, καθώς και τα στοιχεία των υπεύθυνων λειτουργίας των ΕΕΛ.

Στο **Κεφάλαιο 2** παρουσιάζεται, αρχικά, το θεωρητικό υπόβαθρο των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων. Στη συνέχεια, γίνεται μια αναφορά στην ενεργειακή αξιολόγηση, καθώς και μια βιβλιογραφική ανασκόπηση της ενεργειακής κατανάλωσης των ΕΕΛ σε παγκόσμιο επίπεδο. Τέλος, παρουσιάζεται η μεθοδολογία που εφαρμόστηκε για τη συλλογή των δεδομένων της εργασίας και η θεωρία στην οποία βασίζεται η μεθοδολογία αυτή.

Στο **Κεφάλαιο 3** παρουσιάζονται συνοπτικά οι εγκαταστάσεις και οι επιμέρους μονάδες των είκοσι δύο (22) εξεταζόμενων ΕΕΛ.

Στο **Κεφάλαιο 4** παρουσιάζονται διαγραμματικά οι απαντήσεις των ερωτήσεων του ερωτηματολογίου, όπως προέκυψαν μετά την επεξεργασία τους.

Στο **Κεφάλαιο 5** παρουσιάζεται το ενεργειακό κόστος ανά κιλοβατώρα για κάθε ΕΕΛ, καθώς και η ενεργειακή κατανάλωση, το ενεργειακό κόστος καθώς και η εισερχόμενη παροχή ανά κάτοικο και ημέρα.

Στο **Κεφάλαιο 6** παρουσιάζεται η διανομή της ενεργειακής κατανάλωσης (%) στις επιμέρους μονάδες επεξεργασίας των ΕΕΛ, καθώς και μια πρότυπη κατανομή ενεργειακής απαίτησης σε μια ΕΕΛ, η οποία εφαρμόζει για την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων την μέθοδο ενεργού ιλύος.

Στο **Κεφάλαιο 7** παρουσιάζεται η ενεργειακή απαίτηση ανά κυβικό μέτρο (kWh/m^3) για κάθε εξεταζόμενη ΕΕΛ ως προς τον ισοδύναμο πληθυσμό (ΠΠ) και τελικά ως προς την εισερχόμενη παροχή.

Στο **Κεφάλαιο 8** παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τον συσχετισμό, την ανάλυση και τον σχολιασμό των αποτελεσμάτων και παρατίθενται μερικές προτάσεις για μελλοντική έρευνα.

Στο **Παράρτημα Ι: Ερωτηματολόγιο** παρατίθεται το Ερωτηματολόγιο της εργασίας, το οποίο στάλθηκε προς συμπλήρωση στους/στις υπεύθυνους/ες λειτουργίας των ΕΕΛ.

Στο **Παράρτημα ΙΙ: Δεδομένα** παρατίθεται, υπό μορφή πινάκων, τα στοιχεία ενεργειακής κατανάλωσης και ενεργειακού κόστους, όπως συλλέχθηκαν μέσω του ερωτηματολογίου της εργασίας.

Στο **Παράρτημα ΙΙΙ: Περιγραφή των ΕΕΛ** παρατίθενται γενικά στοιχεία και η αναλυτική περιγραφή των εγκαταστάσεων των είκοσι δύο (22) εξεταζόμενων ΕΕΛ.

Στο **Παράρτημα ΙV: Ενεργειακή χρήση Ι** παρουσιάζονται υπό μορφή πινάκων α) η ημερήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (kWh/d) κάθε μονάδας επεξεργασίας λυμάτων, η οποία παραχωρήθηκε από τους/τις υπεύθυνους/-ες λειτουργίας των ΕΕΛ και β) η ποσοστιαία διανομή της ενεργειακής χρήσης στις επί μέρους μονάδες επεξεργασίας της εκάστοτε ΕΕΛ.

Στο **Παράρτημα V: Ενεργειακή χρήση II** παρουσιάζεται μια περαιτέρω ανάλυση του ποσοστού της ενέργειας που απαιτείται για την επεξεργασία του νερού στις επιμέρους μονάδες των ΕΕΛ ανάλογα με τον τύπο διεργασιών που εφαρμόζουν. Στους πίνακες του παραρτήματος παρατίθεται η ημερήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας των επιμέρους μονάδων επεξεργασίας των ΕΕΛ, καθώς και το ποσοστό που αντιστοιχεί στην κατανάλωση αυτή ως προς την συνολική ημερήσια χρήση ενέργεια της αντίστοιχης ΕΕΛ. Στα διαγράμματα του παραρτήματος φαίνεται η σχέση του ποσοστού που αντιστοιχεί σε κάθε μονάδα και της μέσης συνολικής ημερήσια κατανάλωσης του ηλεκτρικού ρεύματος της εκάστοτε ΕΕΛ.

Στο **Παράρτημα VI: Ενεργειακή χρήση III** παρουσιάζεται σε πίνακα το ποσό της ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται για την επεξεργασία ενός κυβικού μέτρου των υγρών αποβλήτων (kWh/m^3) για κάθε εξεταζόμενη ΕΕΛ και σε διάγραμμα η διακύμανση του ποσού της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας ανά κυβικού μέτρου υγρών αποβλήτων (kWh/m^3) ως προς την παροχή.

Στο **Παράρτημα VII: Ενεργειακό κόστος** παρουσιάζεται σε πίνακα το κόστος μιας κιλοβατώρας (€/kWh) για κάθε εξεταζόμενη ΕΕΛ και σε διάγραμμα η διακύμανση του κόστους ανά κιλοβατώρα ως προς την καταναλισκόμενη ενέργεια.

2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

Το νερό και η ενέργεια είναι δύο βασικοί πόροι της σύγχρονης κοινωνίας. Τα τελευταία χρόνια, γίνεται κριτική των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων (ΕΕΛ) συνήθως λόγω της υψηλής κατανάλωσης ενέργειάς τους. Αυτό οδήγησε σε ένα κάλεσμα στρατηγικής αλλαγής του ρόλου των ΕΕΛ, από την απλή απομάκρυνση των αποβλήτων στην ανάκτηση πόρων όπως το νερό, οι θρεπτικές ουσίες και η ενέργεια (Cao, 2011). Αυτή η αλλαγή είχε ως αποτέλεσμα τον σχεδιασμό πολυπλοκότερων και φιλικότερων προς το περιβάλλον νέων εγκαταστάσεων, καθώς και τον ενεργειακό έλεγχο των υφιστάμενων ΕΕΛ. Ο ενεργειακός έλεγχος και η αξιολόγηση των εγκαταστάσεων δίνουν μια πλήρη εικόνα της ηλεκτρικής κατανάλωσης των έργων αυτών και συμβάλουν στην οικονομικότερη λειτουργία και συντήρησή τους, καθώς και στην ορθότερη διαχείριση των οικονομικών πόρων του δημοσίου τομέα. Οι χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης εγκαταστάσεις μπορεί να αποτελέσουν βιώσιμη λύση στα σημερινά περιβαλλοντικά και οικονομικά προβλήματα της Ελλάδας.

Σε αυτό το κεφάλαιο, αρχικά, παρουσιάζονται τα στάδια των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων. Στη συνέχεια, γίνεται μια αναφορά στην ενεργειακή αξιολόγηση, καθώς και μια βιβλιογραφική ανασκόπηση της ενεργειακής κατανάλωσης των ΕΕΛ σε παγκόσμιο επίπεδο. Τέλος, παρουσιάζεται η μεθοδολογία που εφαρμόστηκε για τη συλλογή των δεδομένων της εργασίας και η θεωρία στην οποία βασίζεται η μεθοδολογία αυτή.

2.1. Εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων (ΕΕΛ)

2.1.1. Γενικά

Σήμερα, η ποιότητα ζωής μας σχετίζεται άμεσα με την προστασία του περιβάλλοντος και κατ' επέκταση με τη σωστή και ολοκληρωμένη διαχείριση των αέριων, στερεών και υγρών αποβλήτων μας. Σημαντικό παράγοντα στον περιορισμό των επιπτώσεων της διάθεσής των υγρών αποβλήτων ή λυμάτων σε διάφορους αποδέκτες, όπως το έδαφος, η θάλασσα, οι ποταμοί και οι λίμνες, αποτελεί η επεξεργασία τους. Η επεξεργασία των λυμάτων είναι απαραίτητη κυρίως για την διασφάλιση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του αποδέκτη τους και πραγματοποιείται σε ιδικά διαμορφωμένες εγκαταστάσεις.

Οι πρώτες Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων (ΕΕΛ) ξεκίνησαν στα τέλη του 19^{ου} αιώνα, μετά την ολοκλήρωση του πρώτου σύγχρονου αποχετευτικού συστήματος το 1843 στο Αμβούργο της Γερμανίας, ενώ στην Ελλάδα στα τέλη του 20^{ου} (Qasim, 1999; www.eydap.gr). Από τότε η επεξεργασία των υγρών αποβλήτων έχει εξελιχθεί ραγδαία και υιοθετήθηκε ως μέσω διαύγασης των υγρών αποβλήτων από πολλές χώρες. Την τελευταία εικοσαετία έχει κατασκευαστεί στην Ελλάδα ένας μεγάλος αριθμός μονάδων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων. Σήμερα, λειτουργούν στη χώρα μας περισσότερες από 300 ΕΕΛ, κυρίως σε οικισμούς και πόλεις με πληθυσμούς πάνω από 15.000 κατοίκους, οι οποίες καλύπτουν τις ανάγκες περίπου από το 90% του ισοδύναμου πληθυσμού της χώρας (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2012).

Οι ΕΕΛ είναι μονάδες συλλογής και επεξεργασίας αστικών ή άλλων λυμάτων, τα οποία στη συνέχεια διοχετεύονται συνήθως σε γειτονικό υδάτινο αποδέκτη, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις μέρος των επεξεργασμένων λυμάτων χρησιμοποιείται για την άρδευση εκτάσεων πλησίον των ΕΕΛ (<http://wfdver.ypeka.gr>). Στις ΕΕΛ επιτυγχάνεται

αφαίρεση ή εξουδετέρωση συστατικών των λυμάτων, όπως τα χονδρά στερεά, η άμμος, τα λίπη και έλαια, τα παθογόνα μικρόβια, το άζωτο (N) και το φώσφορο (P), τα οποία ρυπαίνουν ή μολύνουν τον υδάτινο αποδέκτη (Διαλυνάς, 1994). Οι βασικές διεργασίες επεξεργασίας των λυμάτων κατατάσσονται σε τέσσερις κατηγορίες, οι οποίες είναι η προεπεξεργασία, οι φυσικές, οι χημικές και οι φυσικοχημικές διεργασίες (Χρυσικόπουλος, 2013). Όσον αφορά τα μικρά συστήματα επεξεργασίας στην Ελλάδα, σε μια ΕΕΛ συναντάμε συνήθως προεπεξεργασία, πρωτοβάθμια επεξεργασία, δευτεροβάθμια επεξεργασία και σπανιότερα τριτοβάθμια επεξεργασία εισερχόμενων λυμάτων, καθώς και επεξεργασία της παραγόμενης ιλύος (λάσπης), τα οποία περιγράφονται συνοπτικά στη συνέχεια.

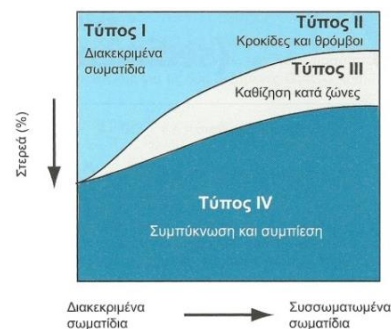
2.1.2. Πρωτοβάθμια επεξεργασία

Το πρώτο στάδιο καθαρισμού των λυμάτων είναι η πρωτοβάθμια επεξεργασία, η οποία στοχεύει στην απομάκρυνση επιπλεόντων ή αιωρούμενων σωμάτων που συναντώνται στα λύματα και εγκυμονούν κινδύνους έμφραξης των αγωγών, καταστροφής του μηχανολογικού εξοπλισμού και δυσλειτουργίας των μονάδων επεξεργασίας που ακολουθούν, καθώς και την απομάκρυνση αιωρούμενων οργανικών και ανόργανων μικρής διαμέτρου στερεών, με στόχο την μείωση του ρυπαντικού φορτίου των επόμενων σταδίων. Η πρωτοβάθμια επεξεργασία διακρίνεται συνήθως σε δύο στάδια.

Αρχικά, συναντάται το στάδιο της προεπεξεργασίας, που περιλαμβάνει έναν αριθμό από φυσικές διεργασίες, όπως η εσχάρωση, η αμμοσυλλογή και η λιποσυλλογή, καθώς και την μέτρηση ή/και την εξισορρόπηση της παροχής. Οι εσχάρες που χρησιμοποιούνται συνήθως είναι σταθερές χειροκίνητες ή και μηχανικές εσχάρες με παράλληλες μεταλλικές ράβδους, τα διάκενα των οποίων διαφέρουν ανάλογα με τις απαιτήσεις της εγκατάστασης. Επίσης, ανάλογα με το σχήμα των ράβδων οι εσχάρες διακρίνονται σε ευθύγραμμες ή τοξωτές. Πιο σπάνια για τα ελληνικά δεδομένα, αντί των σταθερών εσχάρων χρησιμοποιούνται άλλες διατάξεις, οι οποίες διακρίνονται σε στατικές και σε περιστροφικά κινούμενες εσχάρες. Σε κάποιες εγκαταστάσεις συναντάται συνδυασμός διαφορετικών τύπων εσχάρων.

Εκτός αυτού, στις ΕΕΛ συναντώνται α) ορθογωνικοί ή τετραγωνικοί αμμοσυλλέκτες οριζόντιας ροής, β) κυκλικοί αμμοσυλλέκτες, οι οποίοι αποτελούνται συνήθως από δύο κυλινδρικά τμήματα, ή γ) ορθογωνικοί αεριζόμενοι αμμοσυλλέκτες-λιποσυλλέκτες, οι οποίοι τροφοδοτούνται με αέρα κατά μήκος της μιας πλευράς τους. Τέλος, η παροχή των λυμάτων μπορεί να μετρηθεί σε ανοικτούς ή και σε κλειστούς αγωγούς. Στους ανοικτούς αγωγούς τα λύματα διέρχονται από ειδικά διαμορφωμένο κανάλι ορθογωνικής ή παραβολικής διατομής ή διώρυγα τύπου Parshall. Κάποιες φορές, η προεπεξεργασία περιλαμβάνει και μια δεξαμενή εξισορρόπησης της εισερχόμενης παροχής. Η γεωμετρική μορφή της δεξαμενής εξαρτάται από τη θέση και το μέγεθος της (Τσώνης, 2004; Διαλυνάς, 1994).

Στη συνέχεια συναντάται η πρωτοβάθμια καθίζηση. Η καθίζηση είναι μια φυσική διεργασία κατά την οποία επιτυγχάνεται ο διαχωρισμός του αιωρούμενου υλικού από το νερό με βαρύτητα. Οι δεξαμενές καθίζησης μπορεί να είναι οριζόντιας ροής (κυκλικές ή ορθογώνιες) ή κατακόρυφης ροής (ανεστραμμένη πυραμίδα ή κώνος), εξοπλισμένες με τις κατάλληλες διατάξεις συγκέντρωσης και αφαίρεσης της λάσπης. Λόγω των όσων λαμβάνουν χώρα μέσα σε μια δεξαμενή καθίζησης διακρίνουμε μια ζώνη εισόδου, μια ζώνη καθίζησης, μια ζώνη ιλύος και μια ζώνη εξόδου. Σύμφωνα με



Σχήμα 2.1. Τύποι καθίζησης
(Πηγή: Χρυσικόπουλος, 2013)

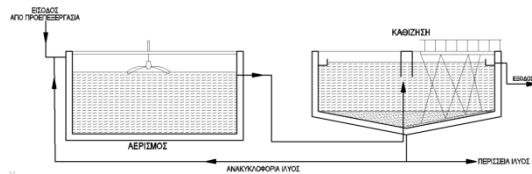
τον Fitch (1958) υπάρχουν τέσσερις τύποι καθίζησης, οι οποίοι παρουσιάζονται γραφικά στο Σχήμα 2.1.

Η πρωτοβάθμια καθίζηση, σε αντίθεση με τη δευτεροβάθμια καθίζηση, δεν συναντάται συχνά στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων. Η συνηθέστερη πρωτοβάθμια καθίζηση είναι τύπου ΙΙ (συσσωμάτωση σωματιδίων) και εφαρμόζεται σε περιπτώσεις μικρών συγκεντρώσεων αιωρούμενου υλικού που θρομβώνεται καθώς καθίζει. Το υπερκείμενο υγρό που προκύπτει κατά την επεξεργασία αποτελεί την πρωτοβάθμια εκροή. Συνήθως, η εκροή αυτή δεν είναι κατάλληλης ποιότητας για διάθεση στον αποδέκτη, και έτσι ακολουθεί η δευτεροβάθμια (βιολογική) επεξεργασία (Διαλυνάς, 1994; Τσώνης, 2004; Χρυσικόπουλος, 2013).

2.1.3. Δευτεροβάθμια (βιολογική) επεξεργασία

Η δευτεροβάθμια επεξεργασία αποβλέπει στην αφαίρεση του αδιάλυτου υλικού και είναι το δεύτερο στάδιο καθαρισμού των λυμάτων μιας ΕΕΛ. Στα λύματα της δευτεροβάθμιας επεξεργασίας επιτυγχάνεται σημαντική αφαίρεση οργανικού υλικού (80-85%) με τη βοήθεια μικροοργανισμών σε διεργασίες προσκολλημένης βιομάζας (αντιδραστήρες με πληρωτικό υλικό ή μέσα επαφής) ή αιωρούμενης βιομάζας (ενεργού ιλύος). Κατά τη δευτεροβάθμια επεξεργασία προκύπτει σημαντική ποσότητα ιλύος, η οποία στη συνέχεια επεξεργάζεται και διατίθεται κατάλληλα. Η δευτεροβάθμια επεξεργασία περιλαμβάνει ένα στάδιο βιολογικής επεξεργασίας, ένα στάδιο καθίζησης, καθώς και ένα στάδιο απολύμανσης της εκροής, τα οποία αναλύονται στη συνέχεια (Τσώνης, 2004).

Για τη βιολογική επεξεργασία υγρών αποβλήτων έχουν αναπτυχθεί μέχρι σήμερα αρκετές μέθοδοι και αντίστοιχα συστήματα. Οι κυριότερες από τις μεθόδους αυτές είναι α) η βιολογική αφαίρεση θρεπτικών συστατικών, β) η αερόβια ή αναερόβια χώνευση, γ) οι τεχνητές λίμνες επεξεργασίας, δ) οι βιολογικοί αντιδραστήρες με ρευστοποιημένη κλίνη ή περιστρεφόμενο μέσο επαφής, ε) τα σταλαγματικά ή αναερόβια φίλτρα και στ) η ενεργός ιλύς. Οι εγκαταστάσεις ενεργού ιλύος παρατεταμένου αερισμού είναι ο πιο κοινός τύπος συστημάτων επεξεργασίας υγρών αστικών αποβλήτων στην Ελλάδα, για οικιστικά σύνολα με ισοδύναμο πληθυσμό 2000-25000. Οι διάφοροι τύποι ενεργού ιλύος διαφοροποιούνται βάσει της διαμόρφωσης και του αερισμού και είναι παραλλαγές του βασικού συστήματος ενεργού ιλύος, το οποίο επινοήθηκε από τους Arden και Lockett το 1914 (βλ. Σχήμα 2.2). Εκτός από το συμβατικό ή κλασσικό



Σχήμα 2.2. Τυπική διάταξη συστήματος ενεργού ιλύος με παρατεταμένο αερισμό
(Πηγή: Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2012)

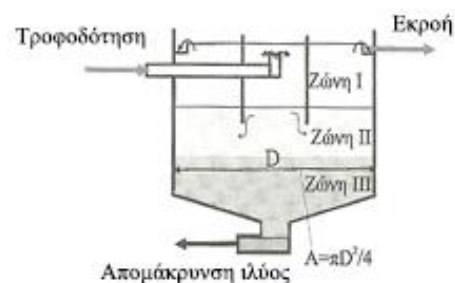
σύστημα ενεργού ιλύος (εμβολικής ροής) συναντώνται τα συστήματα α) με βηματική τροφοδότηση, β) πλήρους μείξης, γ) ανοξικού επιλογέα, δ) τύπου επαφής-σταθεροποίησης, ε) με καθαρό οξυγόνο, στ) με επαναλαμβανόμενους λειτουργικούς κύκλους και ζ) παρατεταμένου αερισμού (Τσαγκαράκης et al., 1999; Metcalf & Eddy, 2007; Τσώνης, 2004).

Για την βιολογική αφαίρεση του αζώτου εφαρμόζονται διάφορα συστήματα επεξεργασίας όπως το σύστημα Ludzak-Ettinger, το σύστημα οξειδωτικών τάφρων, το σύστημα Bardenpho τεσσάρων σταδίων, το σύστημα μετααπονιτροποίησης χωρίς ή με προσθήκη άνθρακα και η μέθοδος Bio-denitro. Επίσης, υπάρχουν και διάφορες μέθοδοι επεξεργασίας για αφαίρεση του φωσφόρου τόσο στο κύριο ρεύμα επεξεργασίας όσο και σε πλευρικό ρεύμα επεξεργασίας (μέθοδος

Phostrip), καθώς και ταυτόχρονη αφαίρεση του αζώτου και του φωσφόρου. Για την αφαίρεση οργανικού υλικού και θρεπτικών συστατικών εφαρμόζονται διάφορα συστήματα αιωρούμενης βιομάζας, όπως η αερόβια βιολογική οξείδωση, η νιτροποίηση και η απονιτροποίηση (Τσώνης, 2004).

Μετά από τη βιολογική επεξεργασία σε συστήματα με αιωρούμενη βιομάζα μικτού υγρού συναντάται η δευτεροβάθμια καθίζηση, η οποία είναι μια φυσική διεργασία απομάκρυνσης αιωρούμενων στερεών μέσω της βαρύτητας και εφαρμόζεται για το διαχωρισμό αιωρούμενων στερεών που είναι βαρύτερα από το νερό. Η συνηθέστερη δευτεροβάθμια καθίζηση είναι τύπου ΙΙΙ (καθίζηση κατά ζώνες ή παρεμποδισμένη καθίζηση) και προτιμάται σε περιπτώσεις υψηλών συγκεντρώσεων σωματιδίων, τα οποία καθιζάνουν με μορφή μάζας, η οποία σχηματίζει ζώνες εκτεινόμενες σε όλο το κατερχόμενο μέτωπο. Οι δεξαμενές καθίζησης μπορεί να είναι κυκλικές, ορθογωνικές, τετράγωνες (Dortmund), ανοδικής ροής ή και άλλου τύπου. Σημαντική είναι η ύπαρξη περισσοτέρων της μιας δεξαμενής, ώστε να είναι εύκολη η συντήρησή των μηχανικών συστημάτων της σε περίπτωση βλάβης.

Στη δεξαμενή καθίζησης πραγματοποιείται ο διαχωρισμός των στερεών από τα υγρά. Η ιλύς καθιζάνει και έτσι διαχωρίζεται από το υπερκείμενο υγρό. Το διαυγασμένο υπερκείμενο υγρό διαφεύγει επιφανειακά διαμέσου του υπερχειλιστή για περαιτέρω καθαρισμό και διάθεση, ενώ παράλληλα από τον πυθμένα της δεξαμενής αντλείται ένα ρεύμα ιλύος, όπως παρίσταται στο Σχήμα 2.3. Η ιλύς είτε ανακυκλοφορεί προς τη δεξαμενή αερισμού, ώστε να διατηρείται σταθερή η συγκέντρωση των αιωρούμενων στερεών, είτε αντλείται για περαιτέρω επεξεργασία και διάθεση (Τσώνης, 2004; Metcalf & Eddy, 2006; Χρυσικόπουλος, 2013; Αγγελάκης, 2004; Metcalf & Eddy, 2006).



Σχήμα 2.3. Σχηματική παράσταση δεξαμενής δευτεροβάθμιας καθίζησης συστήματος ενεργού ιλύος (Πηγή: Τσώνης, 2004)

Η απολύμανση των λυμάτων γίνεται για την αποφυγή μικροβιολογικής μόλυνσης των αποδεκτών όπου γίνεται η διάθεσή τους. Κατά το στάδιο της απολύμανσης καταστρέφονται ή αδρανοποιούνται οι μικροοργανισμοί που έχουν απομείνει είτε με χημικά οξειδωτικά, όπως το χλώριο και το όζον, είτε με υπεριώδη ακτινοβολία (UV). Τα χαρακτηριστικά του ιδανικού απολυμαντικού δεν είναι συγκεντρωμένα σε ένα απολυμαντικό, όμως λαμβάνονται υπόψη κατά την αξιολόγηση των εναλλακτικών μεθόδων και την επιλογή του απολυμαντικού (Αγγελάκης, 2004; Τσώνης, 2004; Χρυσικόπουλος, 2013).

2.1.4. Τριτοβάθμια (προχωρημένη) επεξεργασία

Η τριτοβάθμια (προχωρημένη) επεξεργασία της εκροής της ΕΕΑ είναι ένα επιπρόσθετο στάδιο καθαρισμού, το οποίο στοχεύει στην παραγωγή εκροής υψηλών προδιαγραφών για άρδευση ή διάθεση (επαναχρησιμοποίηση) των επεξεργασμένων λυμάτων σε ευαίσθητους αποδέκτες. Αυτή η βαθμίδα επεξεργασίας περιλαμβάνει πρόσθετα στάδια επεξεργασίας με στόχο αφαίρεση βαρέων μετάλλων και τοξικών ή άλλων συστατικών. Οι τρεις βασικές κατηγορίες διεργασιών της τριτοβάθμιας επεξεργασίας είναι α) η πλήρης επεξεργασία, η οποία περιλαμβάνει συνήθως διεργασίες συμπίκνωσης, συσσωμάτωσης, διαύγασης, φίλτρανσης και περαιτέρω απολύμανσης και είναι αποτελεσματική για την απομάκρυνση TSS και παθογόνων μικροοργανισμών. β) η απευθείας φίλτρανση, η οποία εφαρμόζεται όταν η θολότητα

των εκροών δευτεροβάθμιας επεξεργασίας είναι μεγαλύτερη από 9 NTU και γ) η φίλτρανση επαφής. Η απευθείας φίλτρανση και η φίλτρανση επαφής είναι μερικώς αποτελεσματικές για την απομάκρυνση των ωοκυστών και κυστών των πρωτόζωων (Διαλυνάς, 1994; Αγγελάκης, 2004; Τσώνης, 2004).

Μια από τις διεργασίες που συναντώνται συχνότερα στην τριτοβάθμια επεξεργασία εκροής είναι η κροκίδωση, κατά την οποία επιτυγχάνεται αποσταθεροποίηση των αιωρούμενων σωματιδίων με προσθήκη οργανικών και ανόργανων κροκιδωτικών, όπως άλατα του αργιλίου και του σιδήρου και ορισμένοι πολυηλεκτρολύτες. Επίσης, η διύλιση ή διήθηση ή φιλτράρισμα είναι μια φυσική διαδικασία καθαρισμού του νερού, κατά την οποία το νερό διηθείται συνήθως δια μέσου κλινών με πορώδη υλικά όπως άμμο ή κοκκώδη ενεργό άνθρακα. Η διήθηση γίνεται είτε μέσω φίλτρων βαρύτητας είτε μέσω φίλτρων πίεσεως. Η ταξινόμηση των φίλτρων διήθησης γίνεται επίσης και σύμφωνα με τον ρυθμό διήθησης σε βραδέα και ταχεία φίλτρα, καθώς και βάσει του αριθμού στρωμάτων τους διακρίνονται σε μονοστρωματικά και πολυστρωματικά φίλτρα (Χρυσικόπουλος, 2013).

Μια άλλη διεργασία είναι αυτή της ρόφησης. Υπάρχουν δύο διαφορετικοί τύποι ρόφησης: α) η απορρόφηση, κατά την οποία μια διαλυμένη στο νερό ουσία ή ένα αιωρούμενο σωματίδιο διαπερνά την επιφάνεια και εισέρχεται στο εσωτερικό του προσροφητή, και β) η προσρόφηση (Adsorption), κατά την οποία μια ουσία διαλυμένη στο νερό ή ένα αιωρούμενο σωματίδιο προσκολλάται και συγκρατείται με την ανάπτυξη δυνάμεων έλξεως στην επιφάνεια ενός πορώδους στερεού σώματος ή αλλιώς προσροφητή. Μια τυπική διεργασία προσρόφησης αποτελείται από δύο στερεές κλίνες πληρωμένες με στερεό προσροφητή με δυνατότητα αυτόματης εναλλαγής. (Γεντεκάκης, 2010; Χρυσικόπουλος, 2013).

Σπανιότερα συναντούνται οι διεργασίες με μεμβράνες σε διεργασίες όπως είναι η μικροφίλτρανση, η υπερφίλτρανση, η υπερεξαέρωση, η νανοφίλτρανση, η ηλεκτροδιάλυση, καθώς και η αντίστροφη ώσμωση. Με βάση το μέγεθος των μεμβρανών οι πόροι τους διαχωρίζονται σε μακρόπορους, μεσόπορους και μικρόπορους. Οι μεμβράνες αντιστροφής (RO) έχουν πολύ μικρό μέγεθος και ορίζονται ως πλήρεις. Η επιλογή της μεμβράνης και του συστήματος διαμόρφωσης βασίζεται στην ελαχιστοποίηση της απόφραξης και της φθοράς της μεμβράνης (Αγγελάκης, 2004).

2.1.5. Επεξεργασία ιλύος

Κατά την λειτουργία των ΕΕΛ, εκτός από τις εκροές που είναι το κύριο προϊόν της επεξεργασίας των λυμάτων, προκύπτουν ρεύματα εσχαρισμάτων και άμμου, και επίσης παράγονται σημαντικές ποσότητες ιλύος. Η πρωτοβάθμια ιλύς λαμβάνεται από τον πυθμένα της πρωτοβάθμιας δεξαμενής καθίζησης και η περιεκτικότητά της σε στερεά είναι συνήθως 3 έως 7%. Η δευτεροβάθμια ιλύς είναι η περίσσεια ιλύος του βιολογικού σταδίου επεξεργασίας, είναι σκούρα καφέ σε μορφή κροκίδων και έχει περιεκτικότητα 0,5 έως 2,0% σε στερεά, από τα οποία 70 με 80 % είναι πτητικά. Εκτός αυτού, η ιλύς λαμβάνεται και από στάδια τριτοβάθμιας επεξεργασίας, όπως αυτά της διύλισης και της φυσικοχημικής επεξεργασίας. Η ιλύς, όταν είναι σε καλή κατάσταση, έχει μια άσχημη γήινη μυρωδιά, άλλα έχει την τάση να περνάει γρήγορα σε δύσοσμη και σηπτική φάση. Τα οργανικά και τα ανόργανα υλικά, τα οποία μεταφέρονται στη ιλύ είναι μέρος του αρχικού ρυπαντικού φορτίου και είναι δυνατόν να αξιοποιηθούν μετά από κατάλληλη επεξεργασία της ιλύος π.χ. ως

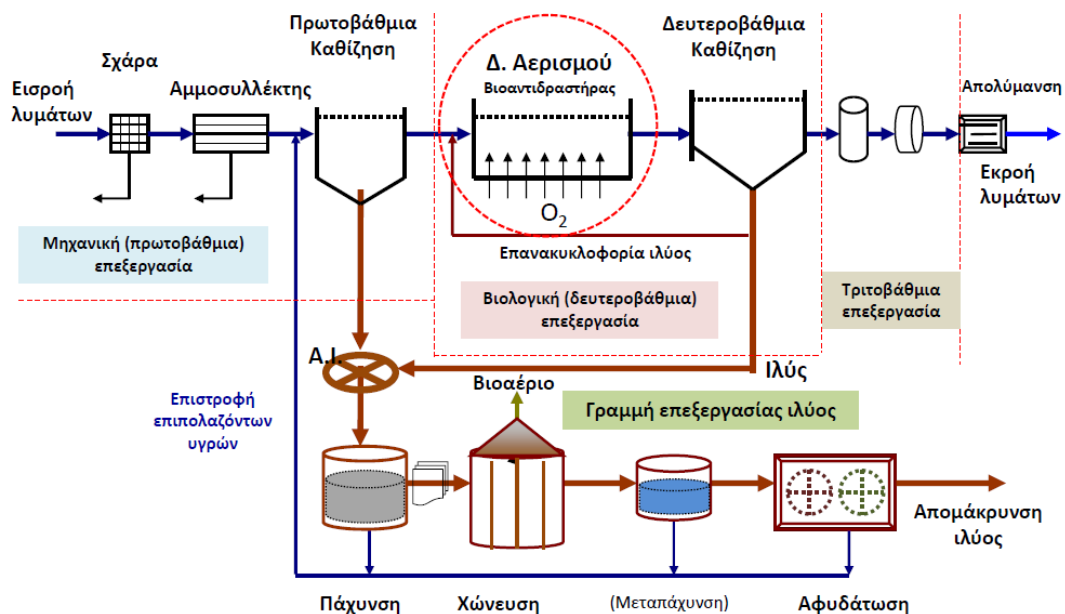
εδαφοβελτιωτικό ή λίπασμα. Τα στερεά της ιλύος ονομάζονται και βιοστερεά (biosolids), μιας και μπορούν να αξιοποιηθούν επωφελώς, λόγω της υψηλής θρεπτικής τους αξίας (Αγγελάκης, 2004; Τσώνης, 2004; Τσιχριντζής κ.α., 2008).

Η παραγόμενη ιλύς μιας εγκατάστασης εκτιμάται περίπου σε 20 t DS το χρόνο ανά 1.000 άτομα εξυπηρετούμενου ισοδύναμου πληθυσμού (Bruce et al., 1983). Κατά το έτος 1992 η παραγωγή ιλύος στην Ευρωπαϊκή Ένωση ήταν 6,5 εκατομμύρια τόνοι ξηρού υλικού και εκτιμάται ότι κατά την περίοδο 1992-2005 η ετήσια παραγόμενη ιλύς έχει αυξηθεί κατά 50%. Η ιλύς στην Ευρώπη διατίθεται κυρίως α) σε ΧΥΤΑ, β) σε γεωργικές και δασικές εκτάσεις, γ) σε επιφανειακά νερά και στη θάλασσα, δ) για αποκατάσταση εδαφών, ε) για χρήση της σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις, στ) για συν-διαχείριση της με άλλα στερεά απόβλητα και ζ) για καύση (Τσιχριντζής κ.α., 2008). Στην Ελλάδα η ιλύς διατίθεται κυρίως για ταφή σε ΧΥΤΑ (90%) και το υπόλοιπο 10% για αγροτική χρήση (Τσώνης, 2004; Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2004).

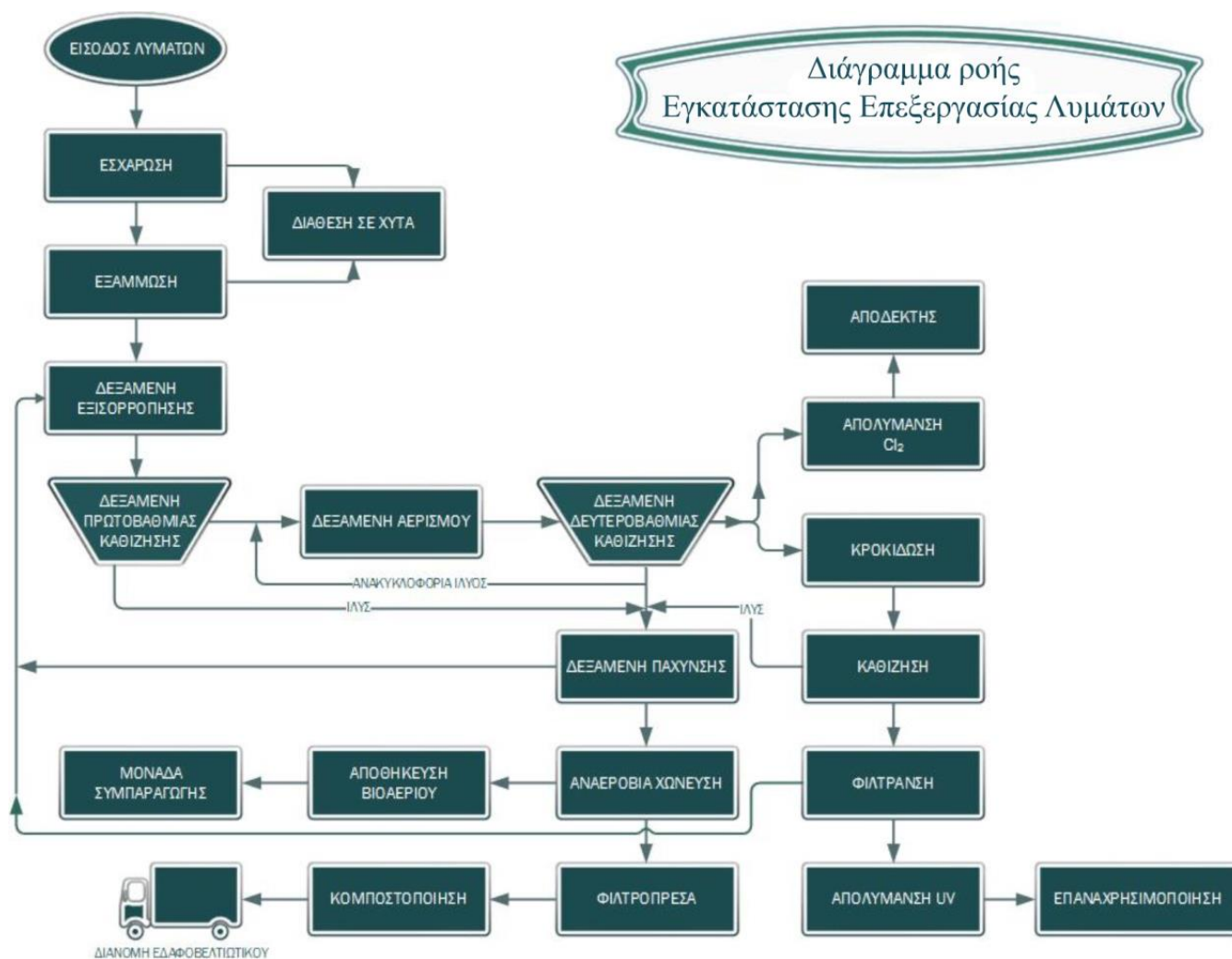
Η ιλύς υπόκειται σε επεξεργασία προκειμένου να επιτευχθεί α) η μείωση του όγκου της, β) η καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών και γ) η μείωση του ρυπαντικού φορτίου και των οσμών. Για την επεξεργασία της ιλύος είναι δυνατόν να ακολουθηθούν διάφορα στάδια και διεργασίες. Τα κυριότερα στάδια είναι αυτά της προεπεξεργασίας, της πάχυνσης, της σταθεροποίησης, της προετοιμασίας για αφυδάτωση, της αφυδάτωσης, της ξήρανσης και της καύσης. Η επιλογή των σταδίων και των αντίστοιχων διεργασιών τους, που θα επιλεγούν για κάθε ΕΕΛ, εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά των επεξεργασμένων λυμάτων, τον σχεδιασμό του συστήματος επεξεργασίας τους, καθώς και από τον τελικό αποδέκτη της ιλύος. Η μεταφορά της ιλύος γίνεται μέσω κατάλληλων αντλιών ή άλλων διατάξεων (Τσώνης, 2004).

2.1.6. Διάγραμμα ροής ΕΕΛ

Ο σχεδιασμός και η κατάλληλη επιλογή των σταδίων και των μεθόδων μιας εγκατάστασης ποικίλει από ΕΕΛ σε ΕΕΛ, ανάλογα με τις ανάγκες της περιοχής του εκάστοτε έργου. Το τελικό αποτέλεσμα του βασικού σχεδιασμού απεικονίζονται σε κατάλληλα διαγράμματα ροής, τα οποία απεικονίζουν τις συσκευές και τα μηχανήματα, τη διαδοχή των σταδίων και των μεθόδων επεξεργασίας, καθώς και τις μεταξύ τους συνδέσεις. Υπάρχουν πολλές διαφορετικές δυνατότητες διάταξης των σταδίων μιας εγκατάστασης και των μεθόδων που τα απαρτίζουν (Μαρίνος-Κουρής κ.α., 1993; Peters M.S. et al., 2006). Ως παράδειγμα στα σχήματα 2.4 και 2.5 παρουσιάζονται δύο διαφορετικού τύπου διαγράμματα ροής. Για τον σχεδιασμό των διαγραμμάτων αυτών συνδυάστηκαν στάδια και μέθοδοι επεξεργασίας που αναφέρονται σε αυτό το κεφάλαιο.



Σχήμα 2.4. Τυπικό διάγραμμα ροής ΕΕΛ με τη μέθοδο της ενεργού ιλύος (Ζαφειράκου, 2014)



Σχήμα 2.5.. Διάγραμμα ροής εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων (Σχέδιο: Γεώργιος Νιάρχος)

2.2. Ενέργεια και εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων

Όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 2.1, οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων (ΕΕΛ) εφαρμόζονται πλέον ευρέως για την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων που προέρχονται από ανθρωπογενείς ενέργειες (αστικά και βιομηχανικά λύματα), ώστε να μειωθεί η απόθεση επιβλαβών ουσιών στους τελικούς αποδέκτες τους. Υπάρχουν, όμως, ανησυχίες σχετικά με το κόστος της ενέργειας και τις όλο και μεγαλύτερες απαιτήσεις για υψηλότερα επίπεδα επεξεργασίας, τα οποία καταναλώνουν συνήθως περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια. Έτσι, ο σχεδιασμός και η λειτουργία των ΕΕΛ στρέφονται στη βελτίωση της αποδοτικότητας της ηλεκτρικής ενεργειακής χρήσης και στη μείωση του κόστους επεξεργασίας των λυμάτων (Metcalf & Eddy, 2007).

Η αύξηση της ενεργειακής απόδοσης στις ΕΕΛ είναι πολύ σημαντική στην Ευρώπη και τις ΗΠΑ. Οι προσπάθειες που καταβάλλονται επικεντρώνονται κυρίως α) στο να επιτευχθεί σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας μέσω της μείωσης της ενέργειας στο στάδιο του αερισμού, βελτιώνοντας τον εξοπλισμό αερισμού και εφαρμόζοντας διαδικασίες υψηλής απόδοσης και β) στο να αυξηθεί η παραγωγή ενέργειας των ΕΕΛ μέσω της παραγωγής βιοαερίου και της ανάκτησης ηλεκτρικής ενέργειας με την εφαρμογή νέων συστημάτων. Οι επιδράσεις της εισαγωγής των νέων τεχνολογιών επεξεργασίας λυμάτων μπορεί να είναι είτε μειώσεις της ενεργειακής χρήσης λόγω του αποδοτικότερου εξοπλισμού και των συστημάτων, είτε αυξήσεις λόγω των αλλαγών στις απαιτήσεις της επεξεργασίας (Cao, 2011; Metcalf & Eddy, 2007)

Με τη βελτιστοποίηση της επεξεργασίας λυμάτων, πολλές ΕΕΛ στην Ευρώπη έχουν επιτύχει έως και 50% μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας, δείχνοντας έτσι τις τεράστιες δυνατότητες αύξησης της ενεργειακής απόδοσης και πως αυτή είναι εφικτή (Cao, 2011; Johnson et al., 2009). Όμως, οι περισσότερες ΕΕΛ έχουν σχεδιαστεί ώστε να πληρούν συγκεκριμένες απαιτήσεις εκροής, χωρίς επαρκείς εκτιμήσεις σχετικά με την ενεργειακή απαίτηση τους (Gu et al, 2017; Rojas et al, 2012). Επομένως, στις περισσότερες ΕΕΛ, η βελτίωση της ποιότητας του νερού εκροής γίνεται με χρήση μεγάλης ποσότητας ενέργειας. Για το λόγο αυτό, οι ΕΕΛ απαιτούν ένα μεγάλο μέρος της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης του εκάστοτε δήμου και συχνά κατατάσσονται ως οι κορυφαίοι καταναλωτές ενέργειας. Γενικά, εκτιμάται ότι η ενέργεια που χρησιμοποιείται στις ΕΕΛ αποτελεί περίπου το ένα πέμπτο της συνολικής καταναλισκόμενης ενέργειας των δήμων κοινής ωφέλειας και θα συνεχίσει να αυξάνεται περίπου κατά 20% τα επόμενα 15 χρόνια λόγω της αυξανόμενης κατανάλωσης νερού και των αυστηρότερων κανονισμών (Gu et al, 2017; Wett et al, 2007).

Η ενεργειακή απαίτηση μιας ΕΕΛ εξαρτάται κυρίως από την τοποθεσία της εγκατάστασης, τον τύπο των διεργασιών επεξεργασίας, το σύστημα αερισμού, τις απαιτήσεις ποιότητας των αποβλήτων, την εμπειρία των διαχειριστών, την ηλικία της εγκατάστασης και το μέγεθος της βάσει του ισοδύναμου πληθυσμού ή του οργανικού ή υδραυλικού φορτίου. Σύμφωνα με τους Metcalf & Eddy οι λειτουργικές απαιτήσεις για τα συστήματα συλλογής και επεξεργασίας υγρών αποβλήτων ποικίλλουν άμεσα ως προς το φορτίο των υγρών αποβλήτων. Καθώς το φορτίο αλλάζει κατά τη διάρκεια της ημέρας, οι απαιτήσεις για την άντληση, τον αερισμό και την επεξεργασία των στερεών μεταβάλλονται αναλόγως, με τη μέγιστη απαίτηση σε ηλεκτρική ενέργεια στις ΕΕΛ, όπως και στην κοινωνία, να εμφανίζεται από τη μεσημβρία μέχρι τις πρώτες βραδινές ώρες. Ωστόσο, όσον αφορά την κατανάλωση ενέργειας, εξακολουθεί να υπάρχει έλλειψη κατανόησης του status quo των ΕΕΛ σε διεθνές επίπεδο (Gu et al., 2017).

Χαρακτηρίστηκε αναφέρεται ότι η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας για την επεξεργασία λυμάτων στην Κίνα εκτιμάται περίπου ότι είναι το 0,25% της συνολικής κατανάλωσης της χώρας, στην Κορέα είναι το 0,50%, στη Γερμανία είναι το 0,70%, στη Σουηδία είναι 1,00%, ενώ στο Ισραήλ είναι το 10%, ποσοστό χαρακτηριστικά μεγαλύτερο από όλες τις χώρες. (Gu et al, 2017) Στην Ιταλία εκτιμάται ότι η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας για την επεξεργασία λυμάτων είναι περίπου το 1% της συνολικής κατανάλωσης της χώρας, το οποίο ποσοστό μπορεί να είναι μια καλή εκτίμηση για άλλες ευρωπαϊκές χώρες, όπως η Ελλάδα. Στην Ισπανία, μερικές μελέτες υποδεικνύουν ότι η οικιακή και η βιομηχανική χρήση νερού αντιπροσωπεύει το 2-3% της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας της χώρας, το οποίο ποσοστό, λαμβάνοντας υπόψη τη διαχείριση των υδάτων και τη γεωργική ζήτηση, μπορεί να φθάσει το 4-5% (Longo et al., 2016). Στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής, υπολογίζεται ότι το 3-4% της συνολικής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας της χώρας χρησιμοποιείται για τη διαύγαση και τη διανομή του νερού, καθώς και για τη συλλογή και την επεξεργασία των λυμάτων από δημόσιους και ιδιωτικούς φορείς και πιο συγκεκριμένα, εκτιμάται ότι οι ΕΕΛ ευθύνονται περίπου για το 1-2% της συνολικής κατανάλωσης, ενώ κατά τη διάρκεια των επόμενων δεκαετιών αναμένεται έως και 40% αύξηση της ενεργειακής απαίτησης των εγκαταστάσεων αυτών (www.mntap.umn.edu; Metcalf & Eddy, 2007; Cao, 2011; Daw et al., 2012; Longo et al., 2016).

Η ζήτηση ενέργειας στις ΕΕΛ αναμένεται να αυξηθεί με τον καιρό λόγω της αύξησης του πληθυσμού και της αντίστοιχης αύξησης του εισερχόμενου φορτίου των λυμάτων, καθώς και των ολοένα αυστηρότερων ρυθμιστικών και περιβαλλοντικών όρων για την ποιότητα και την επαναχρησιμοποίηση των τριτοβάθμια επεξεργασμένων εκροών. Αυτές οι αλλαγές αναμένεται να οδηγήσουν σε πιο ενεργοβόρες διεργασίες. Κατά συνέπεια, στον τομέα της επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων εξετάζεται όλο και περισσότερο η βελτιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας, η αποδοτικότητα του σχεδιασμού και των λειτουργιών του εξοπλισμού, οι διαδικασίες ανάκτησης ενέργειας και η καλή διαχείρισή της. Η υψηλότερη ενεργειακή απόδοση συνεπάγεται χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας, λιγότερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και χαμηλότερο λειτουργικό κόστος για τις ΕΕΛ (Schosseler et al., 2007; Hernández-Sancho et al., 2011).

2.2.1. Ενεργειακή αξιολόγηση στις ΕΕΛ

Ο σωστός σχεδιασμός και η κατάλληλη επιλογή των σταδίων και των μεθόδων της εκάστοτε εγκατάστασης, ανάλογα με τις ανάγκες της περιοχής του έργου, είναι το πρώτο βήμα για την χρήση όσο το δυνατόν λιγότερης ενέργειας κατά τη λειτουργία της ΕΕΛ. Το δεύτερο βήμα είναι η ορθή χρήση και το διάστημα λειτουργίας των μηχανημάτων από τους/-ις λειτουργούς της εγκατάστασης. Μερικές εγκαταστάσεις τροποποιούν τα προγράμματα λειτουργίας του εξοπλισμού τους για να ικανοποιήσουν τις συνθήκες παροχής, ενώ άλλες θέτουν τα τμήματα των συστημάτων τους (π.χ. φυσητήρες) σε πλήρη λειτουργία, ανεξάρτητα με την εισερχόμενη παροχή.

Ένας από τους καλύτερους τρόπους να γίνει κατανοητή η ενεργειακή χρήση και η διαχείριση της ενέργειας σε μια ΕΕΛ είναι να διεξαχθεί στην υπάρχουσα εγκατάσταση ένας ενεργειακός έλεγχος. Ο ενεργειακός έλεγχος είναι η ανάλυση των ενεργειακών ροών των διεργασιών μιας ΕΕΛ και έχει ως κύριο στόχο τη μείωση της απαιτούμενης ενέργειας χωρίς να επηρεάζει αρνητικά την έξοδο των διεργασιών. Ο ενεργειακός έλεγχος είναι το πρώτο βήμα στον εντοπισμό ευκαιριών για τη μείωση του κόστους της ενέργειας και των αποτυπώσεων του άνθρακα μιας ΕΕΛ. Ένας από τους αρχικούς στόχους

σε έναν ενεργειακό έλεγχο είναι η αξιολόγηση των διεργασιών με την μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας, όπως ο αερισμός στις εγκαταστάσεις ενεργού ιλύος και τα συστήματα άντλησης των βιολογικών κλινών. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι κατά μέσο όρο περίπου το 50% της συνολικής ενέργειας των εγκαταστάσεων ενεργού ιλύος χρησιμοποιείται για τα συστήματα αερισμού. Για να επιτευχθεί λοιπόν μείωση της ενεργειακής χρήσης και του ενεργειακού κόστους στις ΕΕΛ, είναι απαραίτητη η εναλλακτική ενεργειακή διαχείριση στο στάδιο του αερισμού (Metcalf & Eddy, 2007). Η χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας μπορεί να επιτευχθεί με διάφορες προσεγγίσεις, όπως με εξοπλισμό υψηλής απόδοσης ή και βελτίωση σχεδιασμού και λειτουργίας της ΕΕΛ, αλλά κυρίως μέσω της ενεργειακής αξιολόγησης (Cao, 2011).

Σε γενικές γραμμές, η ενεργειακή αξιολόγηση είναι ένα σχετικά οικονομικό μέτρο, το οποίο μπορεί εύκολα να υλοποιηθεί και να δώσει μια σφαιρική εικόνα των ενεργειακών απαιτήσεων μιας ΕΕΛ, συμβάλλοντας έτσι στη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας και του ενεργειακού κόστους λειτουργίας της. Ενδεικτικό παράδειγμα είναι μια μελέτη συγκριτικής ενεργειακής αξιολόγησης που διεξήχθη το 2007 για ΕΕΛ με υπ μεγαλύτερο των 100.000 κατοίκων στη Σουηδία και στην Αυστρία (Jonasson, 2007), η οποία δείχνει ότι η κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος στη Σουηδία είναι 42 kWh/(pe COD yr), ενώ στην Αυστρία είναι μόνο 23 kWh/(pe COD yr). Από αυτή την μελέτη προκύπτει ότι οι αυστριακές ΕΕΛ καταναλώνουν περίπου 45% λιγότερη ηλεκτρική ενέργεια σε σχέση με τις σουηδικές ΕΕΛ και ο κύριος λόγος για τη διαφορά αυτή είναι ότι η διεξαγωγή μελετών συγκριτικής αξιολόγησης στην Αυστρία ξεκίνησε παλαιότερα από ότι στη Σουηδία (Cao, 2011).

Οι ενεργειακοί έλεγχοι σε ΕΕΛ αποκαλύπτουν μεγάλες διαφορές στην κατανάλωση ενέργειας στα διάφορα στάδια επεξεργασίας, ανάλογα με τους δείκτες που χρησιμοποιούνται στους ελέγχους (Foladori et al., 2015). Τα διαφορετικά επίπεδα ενός ενεργειακού ελέγχου μπορούν να εκτελεσθούν με α) έναν προκαταρκτικό έλεγχο των σταδίων επεξεργασίας για να εξαχθεί μια επισκόπηση της κατανάλωσης ενέργειας του κύριου εξοπλισμού ή και β) έναν λεπτομερή έλεγχο της κάθε διεργασίας της εγκατάστασης, κατά τον οποίο αξιολογείται η ενεργειακή χρήση των επί μέρους τμημάτων της. Η ανάλυση των στοιχείων που συλλέγονται κατά τον ενεργειακό έλεγχο των υφιστάμενων εγκαταστάσεων είναι η βάση για την αξιολόγηση και τη βελτιστοποίηση των εγκαταστάσεων και μπορεί να απλοποιηθεί χρησιμοποιώντας διάφορες στατιστικές και μη μεθόδους, όπως τα ιστογράμματα, η γραμμική συσχέτιση, ο έλεγχος της διεργασίας σε απευθείας σύνδεση, η μοντελοποίηση και η δοκιμή σε πειραματική κλίμακα (Metcalf & Eddy, 2007).

Σε αυτή τη διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε μια προκαταρκτική ενεργειακή αξιολόγηση και συλλογή ενεργειακών και άλλων στοιχείων των εγκαταστάσεων με χρήση ερωτηματολογίου και όχι ένας πλήρης ενεργειακός έλεγχος, όπως αναγράφεται σε διάφορα εγχειρίδια ενεργειακού ελέγχου των ΕΕΛ σαν το Ελβετικό Εγχειρίδιο Ενέργειας (Swiss Energy Manual), το οποίο είναι το πρώτο εργαλείο του είδους του στην Κεντρική Ευρώπη (Cao, 2011) ή το διεθνές πρότυπο ISO 50001 (Longo et al., 2016). Η γνώση της ενεργειακής απαίτησης κάθε σταδίου και διεργασιών επεξεργασίας μιας εγκατάστασης, που προκύπτει είτε από την προκαταρκτική είτε από την λεπτομερή ενεργειακή αξιολόγηση της, βοηθά στην ορθή χρήση των επιμέρους μονάδων, των τεχνολογιών και των μηχανημάτων της και οδηγεί στη μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στις ΕΕΛ.

2.2.2. Ενεργειακό κόστος των ΕΕΛ

Το κόστος λειτουργίας των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων περιλαμβάνει ένα αριθμό στοιχείων, τα οποία κατατάσσονται σε μεταβλητά (κατ' εξοχήν) έξοδα και σταθερά έξοδα. Τα μεταβλητά έξοδα αποτελούνται από τις πρώτες και τις βοηθητικές ύλες, τη διάθεση της επεξεργασμένης ιλύος, καθώς και την καταναλισκόμενη ενέργεια, και μεταβάλλονται ανάλογα με τη λειτουργία της ΕΕΛ. Σε αντίθεση, τα σταθερά έξοδα, όπως τα εργατικά και η συντήρηση, δεν εξαρτώνται από την δυναμικότητα λειτουργίας της (Μαρίνος-Κουρής και Μαρούλης, 1993).

Γενικά, τα λειτουργικά έξοδα μιας ΕΕΛ επηρεάζονται από την ποιότητα των εκροών. Σύμφωνα με το EPSAR (2009), το κατά μέσο όρο κόστος λειτουργίας μιας ΕΕΛ είναι 0,12 €/m³ για την πρωτοβάθμια επεξεργασία, 0,26 €/m³ για τη δευτεροβάθμια επεξεργασία και 0,32 €/m³ για την τριτοβάθμια επεξεργασία λυμάτων. Σε μια μελέτη που διεξήχθη σε είκοσι δύο (22) ΕΕΛ στην περιοχή Βαλένθια της Ισπανίας παρατηρήθηκε ότι το κόστος λειτουργίας των εγκαταστάσεων είναι πολύ μεταβλητό, με την ελάχιστη τιμή να είναι 0,12 €/m³ και τη μέγιστη να είναι 6,5 φορές μεγαλύτερη (0,75 €/m³), ενώ ο σταθμισμένος μέσος όρος είναι 0,22 €/m³ (Molinós-Senante et al., 2010). Επίσης, το κόστος ανά κυβικό μέτρο λύματος στη Γερμανία το 2011 ήταν περίπου 2,54 €/m³ (Voltz and Grischek, 2018).

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μια συνεχή αύξηση του ενεργειακού κόστους. Το 2005 στην Ευρωπαϊκή Ένωση το ενεργειακό κόστος ήταν κατά μέσο όρο 0,08 €/kWh, το 2009 ήταν 0,10 €/kWh, ενώ το 2015 ήταν 0,11 €/kWh (Hernández-Sancho et al., 2011; Eurostat). Για παράδειγμα, το 2015, το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας για τη βιομηχανία ήταν 0,08 €/kWh στη Γαλλία, 0,20 €/kWh στην Ισπανία, 0,13 €/kWh στη Γερμανία και 0,18 €/kWh στην Ιταλία (Longo et al., 2016). Στην Ελλάδα τα τελευταία τρία χρόνια παρατηρείται μια σταδιακή μείωση του ενεργειακού κόστους καθώς το 2015 ήταν 0,13 €/kWh, το 2016 ήταν 0,18 €/kWh, ενώ το 2017 το κόστος μειώθηκε πάλι περίπου κατά 8,5% (0,11 €/kWh) (Eurostat, 2017).

Το ενεργειακό κόστος είναι ένα από τα μεγαλύτερα κομμάτια του συνολικού κόστους μιας ΕΕΛ και μπορεί να ποικίλει από εγκατάσταση σε εγκατάσταση. Το 30% της λειτουργικής δαπάνης των ΕΕΛ στις ΗΠΑ προϋπολογίζονται για την ενεργειακή χρήση και σε γενικές γραμμές το 25 με 40% (αν όχι και περισσότερο) των λειτουργικών εξόδων μιας τυπικής ΕΕΛ αποδίδεται στην κατανάλωση ενέργειας (Gu et al, 2017; Panepinto et al, 2016; Metcalf & Eddy, 2007). Από μια έρευνα που διεξήχθη σε έντεκα (11) ΕΕΛ της Ελλάδος δυναμικότητας 6.000 έως 4.000.000 ισοδύναμων κατοίκων προκύπτει ότι το ενεργειακό κόστος ανά ισοδύναμο κάτοικο μειώνεται όσος αυξάνεται ο εξυπηρετούμενος ισοδύναμος πληθυσμός της ΕΕΛ κατά 86,0% από 0,032 €/pe-day σε 0,004 €/pe-day. Εκτός αυτού, προκύπτει ότι το ενεργειακό κόστος ανά οργανικό φορτίο εισόδου κυμαίνεται από 0,075 έως 0,536 €/(KgBOD_{5,in}-day), καθώς επίσης και ότι το ημερήσιο ενεργειακό κόστος ανά υδραυλικό φορτίο εισόδου κυμαίνεται από 0,013 έως 0,197 €/m³-day (Δημοπούλου, 2011).

Οι περισσότερες ΕΕΛ υποχρεούνται να αναζητούν κάθε ευκαιρία ώστε να εξοικονομούν τους οικονομικούς τους πόρους. Η εξοικονόμηση στα ενεργειακά κόστη μπορεί να ελευθερώσει σημαντικά ποσά, τα οποία μπορούν να απορροφηθούν σε απαραίτητες εργασίες ανακαίνισης ή αποκατάστασης βλαβών (Voltz and Grischek, 2018). Θεωρείται πιθανό η αύξηση του ενεργειακού κόστους, λόγω της αυξανόμενης τιμής της ηλεκτρικής ενέργειας, να επηρεάσει την ενεργειακή

κατανάλωση των ΕΕΛ σε διάφορες χώρες και ίσως να αποτελέσει κίνητρο για να ληφθούν τα απαραίτητα (περισσότερα ή καλύτερα) μέτρα βελτιστοποίησης της ενεργειακής απόδοσης (Longo et al., 2016). Η παρακολούθηση της κατανάλωσης ενέργειας, η συγκριτική αξιολόγηση και η πραγματοποίηση επιχειρησιακών βελτιώσεων είναι τεχνικές που μπορούν να συμβάλουν στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και στην εξοικονόμηση χρημάτων (Daw et al., 2012).

2.2.3. Κατανομή της ενεργειακής χρήσης στις ΕΕΛ

Όπως αναφέρθηκε και στο υποκεφάλαιο 2.1., μια συμβατική εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων αποτελείται συνήθως από πρωτοβάθμια, δευτεροβάθμια και προχωρημένα στάδια επεξεργασίας. Για την αφαίρεση των συστατικών χρησιμοποιούνται συνδυασμοί φυσικών, χημικών και βιολογικών διεργασιών, καθώς και διάφοροι τύποι ηλεκτρικών μηχανοκίνητων εξοπλισμών στις διεργασίες και στις λειτουργίες άντλησης, αερισμού, ανάμιξης, συλλογής ιλύος και φυγοκέντρισης (Metcalf & Eddy, 2007). Κάθε στάδιο επεξεργασίας παρουσιάζει ένα πολύ διαφορετικό ρυθμό κατανάλωσης ενέργειας και η ποσότητα ενέργειας που απαιτείται για κάθε διεργασία ποικίλλει μεταξύ των διαφόρων ΕΕΛ ανάλογα με τα χαρακτηριστικά των αποβλήτων, την απαιτούμενη ποιότητα εκροής, το μέγεθος των ΕΕΛ, καθώς και τις τεχνολογίες των διεργασιών και την βαθμίδα επεξεργασίας (Hernández-Sancho et al., 2011; Guimet et al., 2010).

Σε γενικές γραμμές σήμερα, η πλειοψηφία των ΕΕΛ παρέχουν δευτεροβάθμια ή υψηλότερα επίπεδα επεξεργασίας, όπως π.χ. και το 85% των ΕΕΛ στις ΗΠΑ. Στη συμβατική δευτεροβάθμια επεξεργασία, το μεγαλύτερο μέρος της ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιείται για α) τον φωτισμό και τις κτιριακές δομές (~6%), β) τον εξοπλισμό της επεξεργασίας, της αφυδάτωσης και της ξήρανσης των στερεών και των βιοστερεών (15%), γ) τα συστήματα άντλησης (13-20%) που μεταφέρουν τα υγρά απόβλητα, την υγρή ιλύ, τα βιοστερεά και τα υγρά των διεργασιών και δ) τη βιολογική επεξεργασία με τη διεργασία της ενεργού ιλύος, η οποία απαιτεί ενέργεια για τον αερισμό (50-60%) ή τις βιολογικές κλίνες, που με τη σειρά τους απαιτούν ενέργεια για την άντληση των εισροών και την επανακυκλοφορία των εκροών (Metcalf & Eddy, 2007; Cao, 2011). Όμως, στις εγκαταστάσεις με τριτοβάθμια επεξεργασία, οι διεργασίες της προχωρημένης επεξεργασίας υγρών αποβλήτων απαιτούν μεγαλύτερα ποσά ηλεκτρικής ενέργειας από τα υπόλοιπα στάδια επεξεργασίας (Metcalf & Eddy, 2007). Έτσι, οι τριτοβάθμιες επεξεργασίες αυξάνουν όχι μόνο την ποιότητα των αποβλήτων αλλά και την κατανάλωση ενέργειας (Longo et al., 2016).

Ενδιαφέρον έχει το γεγονός ότι μελέτες του Ινστιτούτου Έρευνας Ηλεκτρικής Ισχύος (Electric Power Research Institute – EPRI) το 2002 και του Ινστιτούτου Διασποράς και Εξοικονόμησης Ενέργειας της Ισπανίας (Institute for Diversification and Energy Saving – IDAE) το 2010 έδειξαν ότι οι μικρής δυναμικότητας ΕΕΛ χρησιμοποιούν περισσότερη ενέργεια από ότι οι εγκαταστάσεις μεγαλύτερης δυναμικότητας (Hernández-Sancho et al., 2011). Ανεξάρτητα, όμως, με το μέγεθος και τις διεργασίες που προτιμούνται σε μια ΕΕΛ, το βιολογικό στάδιο και ιδιαίτερα η διαδικασία αερισμού είναι αναμφισβήτητα ο μεγαλύτερος καταναλωτής ενέργειας για τις περισσότερες ΕΕΛ. Το πιο ενεργοβόρο σύστημα αερισμού είναι οι επιφανειακοί αεριστήρες οριζόντιου άξονα, ακολουθούμενο από αυτό των επιφανειακών αεριστήρων κατακόρυφου άξονα, ενώ το σύστημα υποβρύχιας διάχυσης αέρα είναι το λιγότερο ενεργοβόρο (Δημοπούλου, 2011). Στη συνέχεια παρουσιάζονται πιο αναλυτικά οι ενεργειακές απαιτήσεις κάθε σταδίου μιας εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων.

2.2.3.1. Προεπεξεργασία και πρωτοβάθμιας επεξεργασίας λυμάτων

Σε γενικές γραμμές, οι διεργασίες της προκαταρκτικής επεξεργασίας είναι υπεύθυνες για ένα μικρό μόνο μέρος της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας των ΕΕΛ. Η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται για την άντληση των λυμάτων εξαρτάται από τη δομή και τη θέση του αποχετευτικού συστήματος. Ανάλογα με το μέγεθος της εγκατάστασης, καθώς και με το είδος και το πλήθος των αντλιών που αντιστοιχεί στην εισερχόμενη παροχή, η άντληση αποτελεί το 5 - 18% της συνολικής χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας μιας ΕΕΛ. Η κατανάλωση ενέργειας της διαλογής οφείλεται κυρίως στη φάση καθαρισμού των θυρών και αντιπροσωπεύει λιγότερο από το 1% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας. Σε αυτό το στάδιο συναντούνται και αεριζόμενες ή μη διεργασίες, οι οποίες απαιτούν το 1,3 - 2,7% της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Στις περισσότερες περιπτώσεις, η πρωτοβάθμια επεξεργασία αποτελείται από κυκλικές δεξαμενές καθίζησης εξοπλισμένες με μηχανοποιημένες ξύστρες, η κατανάλωση ενέργειας των οποίων αντιπροσωπεύει ένα πολύ μικρό μέρος (< 1%) της συνολικής ενεργειακής απαίτησης (Longo et al., 2016).

2.2.3.2. Δευτεροβάθμιας επεξεργασίας λυμάτων

Η δευτεροβάθμια επεξεργασία, όπως ειπώθηκε, είναι υπεύθυνη για ένα σημαντικό ποσοστό της καταναλισκόμενης ενέργειας. Η κατανάλωση στο σύστημα αερισμού αντιπροσωπεύει το μεγαλύτερο μέρος του ενεργειακού κόστους, αφού συνήθως ευθύνεται για το 40 - 80% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας της εγκατάστασης. (Metcalf & Eddy, 2007; Cao, 2011; Daw et al., 2012; Gu et al., 2017; Mamais et al., 2015). Εξαίρεση αποτελεί η Σουηδία, όπου η ενέργεια αερισμού συμβάλλει μόνο κατά 24% στη συνολική κατανάλωση ενέργειας μιας ΕΕΛ (Jonasson, 2007).

Το συμβατικό σύστημα ενεργού ιλύος, χωρίς μονάδα συμπαραγωγής και για όλα τα εξεταζόμενα συστήματα αερισμού, έχει μικρότερη ενεργειακή κατανάλωση από ότι το σύστημα ενεργού ιλύος παρατεταμένου αερισμού, η βιολογική βαθμίδα του οποίου χρησιμοποιεί 68 - 82% επί της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι οι ΕΕΛ που λειτουργούν με συμβατικό σύστημα ενεργού ιλύος και διαθέτουν μονάδα συμπαραγωγής, καλύπτουν ένα σημαντικό ποσοστό της ενεργειακής κατανάλωσης του συστήματος αερισμού και της μονάδας επεξεργασίας της ιλύος (Δημοπούλου, 2011). Περαιτέρω έρευνες έδειξαν ότι η ενεργειακή απαίτηση των μονάδων MBR στη συνολική κατανάλωση ενέργειας κυμαίνεται από 55 έως 90%, ανάλογα με τις πρόσθετες διεργασίες επεξεργασίας (Gu et al., 2017; Barillon et al., 2013).

Η παραγόμενη ιλύς διαχωρίζεται συνήθως σε κυκλικές δεξαμενές καθίζησης η κατανάλωση ενέργειας των οποίων αντιπροσωπεύει το 0,5 - 1,5% της συνολικής καταναλισκόμενης ενέργειας, ανάλογα με το μέγεθος της εγκατάστασης. Η κατανάλωση ενέργειας για την ανακυκλοφορία της δευτεροβάθμιας ιλύος κυμαίνεται από 1,5 έως 3,5% της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται σε ολόκληρη την ΕΕΛ.

2.2.3.3. Τριτοβάθμια επεξεργασία λυμάτων

Οι προηγμένες διεργασίες επεξεργασίας λυμάτων απαιτούν μεγάλη κατανάλωση ενέργειας, λόγω των διαδικασιών απομάκρυνσης θρεπτικών ουσιών που λαμβάνουν χώρα. Ως παράδειγμα αναφέρεται ότι στο προηγμένο στάδιο μιας ΕΕΛ, σύμφωνα με την Ομοσπονδία Περιβάλλοντος Υδάτων (Water Environment Federation - WEF) των ΗΠΑ, τα φίλτρα

διπλών μέσων αντιστοιχούν κατά μέσο όρο στο 13% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης, ενώ κυμαίνονται περίπου από 10 έως 17% (Gu et al, 2017; Newell et al, 2012)

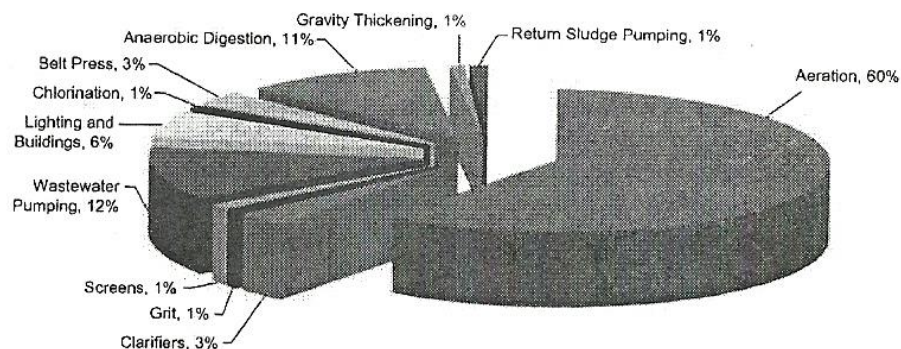
2.2.3.4. Επεξεργασία ιλύος

Η ενέργεια που καταναλώνεται στα διάφορα στάδια επεξεργασίας και τελικής διάθεσης της ιλύος αντιπροσωπεύει ένα σημαντικό ποσοστό της συνολικής καταναλισκόμενης ενέργειας μιας εγκατάστασης, το οποίο μπορεί να φτάσει έως και το 20%. Μια έρευνα που επικεντρώθηκε σε 10 ΕΕΛ της Ελλάδος δυναμικότητας 15.000 - 4.000.000 ισοδύναμων κατοίκων έδειξε ότι οι μονάδες επεξεργασίας ιλύος αντιπροσωπεύουν περίπου το 8% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας των ΕΕΛ (Mamais et al, 2015).

Η σταθεροποίηση με τη μέθοδο της αερόβιας χώνευσης είναι η πιο ενεργοβόρα μέθοδος επεξεργασίας της ιλύος, καθώς η ενεργειακή της ζήτηση είναι συγκρίσιμη εκείνης του συστήματος αερισμού στη γραμμή ύδατος. Η αναερόβια χώνευση είναι μια ενεργειακά αποδοτική επιλογή, καθώς, αν και συνδέεται συχνά με το μέγεθος της εγκατάστασης, η παραγωγή ενέργειας μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την απόδοση της ΕΕΛ σε σχέση με το ενεργειακό κόστος και την αυτάρκεια της εγκατάστασης. Η αναερόβια χώνευση χρησιμοποιείται σε ΕΕΛ, όπως της Αθήνας, της Θεσσαλονίκης, του Ηρακλείου και των Χανίων, παρά την χαμηλότερη απόδοσή της, λόγω της απλότητας της διαδικασίας εν συγκρίσει με την αεριοποίηση (Gikas, 2014) και την επιπρόσθετη παραγωγή ενέργειας από το παραγόμενο βιοαέριο. Οι μέθοδοι σταθεροποίησης της ιλύος που συγκεντρώνουν πρακτικά τις μεγαλύτερες προϋποθέσεις επιτυχίας σε ελληνικές συνθήκες είναι η κομποστοποίηση, η επεξεργασία με άσβεστο και η ξήρανση (Τσιχριντζής, 2008). Σημαντικό ποσοστό της ενεργειακής κατανάλωσης αντιπροσωπεύει και η αφυδάτωση της ιλύος, με τη μηχανική φυγοκέντρωση να είναι η πιο ενεργειακά απαιτητική διεργασία (Longo et al., 2016).

2.2.3.5. Χαρακτηριστική ποσοστιαία κατανομή ενεργειακής χρήσης

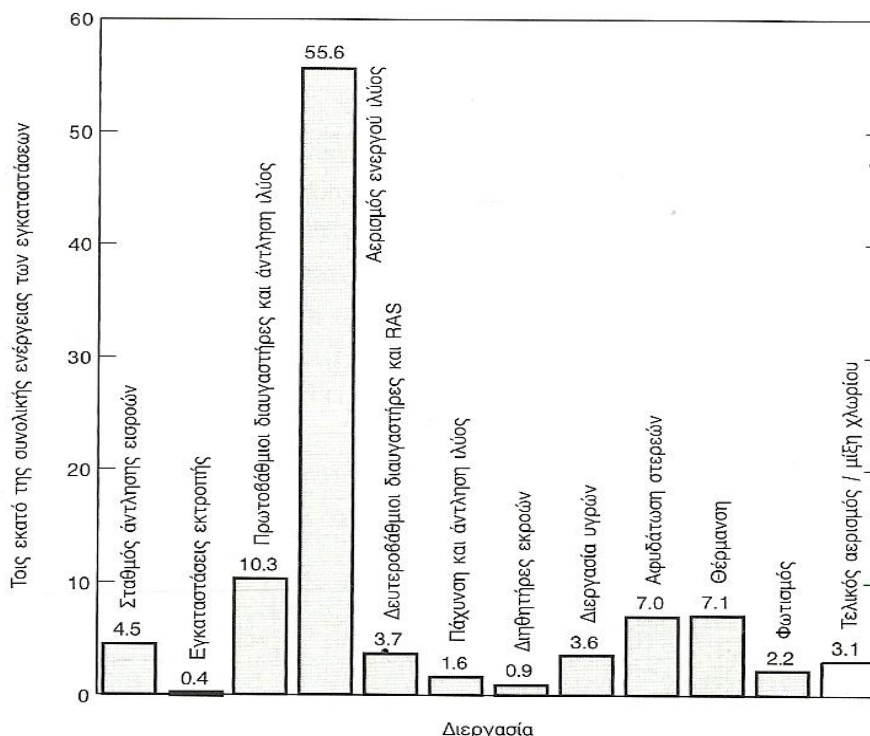
Στη συνέχεια παρουσιάζεται, σύμφωνα με α) τον Cao Y.S. (2011) στο Σχήμα 2.6, β) τον Morgan S.J. (2012) στον Πίνακα 2.1 και γ) τους Metcalf & Eddy (2007) στο Σχήμα 2.7, μια χαρακτηριστική κατανομή της ενεργειακής χρήσης σε συμβατικές εγκαταστάσεις ενεργού ιλύος, οι οποίες είναι ο πιο κοινός τύπος εγκαταστάσεων που χρησιμοποιούνται στην επεξεργασία υγρών αποβλήτων. Η διανομή της ενεργειακής χρήσης κατά τη λειτουργία των ΕΕΛ, οι οποίες εξετάζονται σε αυτή τη διπλωματική εργασία, παρουσιάζεται στο κεφάλαιο 6.



Σχήμα 2.6 Κατανομή ενέργειας σε δημοτικές εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων (Cao, 2011)

Διεργασία	Ποσοστό επί του συνόλου (%)
Αντληση λυμάτων	12
Αερισμός	55
Αναερόβια χώνευση	11
Διαχείριση στερεών	8
Κτιριακές δομές, φωτισμός	6
Άλλα	8

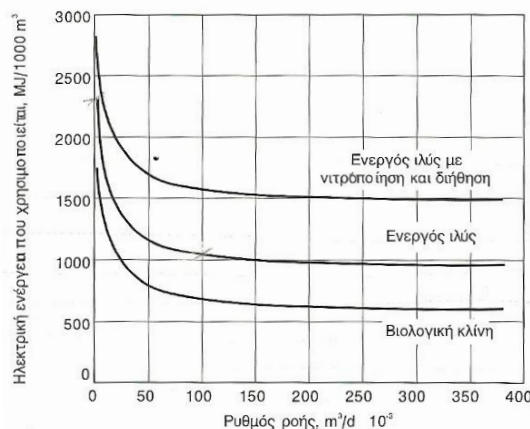
Πίνακας 2.1. Ποσοστό ενεργειακής χρήσης επί του συνόλου (Morgan, 2012)



Σχήμα 2.7. Διανομή της ενεργειακής χρήσης σε ΕΕΛ που εφαρμόζουν τη διεργασία της ενεργού ιλύος (Πηγή: Metcalf & Eddy, 2007)

2.2.4. Ενεργειακή κατανάλωση ανά κυβικό μέτρο στις ΕΕΛ της Ευρώπης και του κόσμου

Το ποσό της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται ποικίλλει ανάλογα με το μέγεθος των εγκαταστάσεων και το σύστημα επεξεργασίας που χρησιμοποιούνται. Σύμφωνα με τον Burton (1996), οι εγκαταστάσεις που εφαρμόζουν βιολογική επεξεργασία για την απομάκρυνση θρεπτικών ουσιών χρησιμοποιούν συνήθως 30 έως 50% περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια για τον αερισμό, την άντληση και την επεξεργασία των στερεών από μια συμβατική επεξεργασία υγρών αποβλήτων (βλ. Σχήμα 2.8). Σε γενικές γραμμές, στην επεξεργασία ενεργού ιλύος, απαιτούνται περίπου 1.100 έως 2.400 MJ ηλεκτρικής ενέργειας για την επεξεργασία κάθε 1.000 m³ (1.200 έως 2.500 kWh ανά Mgal ή 0,31 έως 0,67 kWh/m³) των υγρών αποβλήτων (Metcalf & Eddy, 2007).



Σχήμα 2.8. Σύγκριση της καταναλισκόμενης ενέργειας σε διαφορετικούς τύπους διεργασιών επεξεργασίας με τον ρυθμό ροής (Πηγή: Metcalf & Eddy, 2007)

Εκτιμάται ότι οι ενεργειακές απαιτήσεις για την επεξεργασία λυμάτων χρησιμοποιώντας τη συμβατική μέθοδο ενεργού ιλύος στις περισσότερες περιπτώσεις κυμαίνονται μεταξύ 0,300 και 0,650 kWh/m³, με τις υψηλότερες τιμές να συναντούνται όταν εφαρμόζεται και νιτροποίηση. Ειδικά για μονάδες επεξεργασίας λυμάτων με εισερχόμενη παροχή κάτω από 50.000 m³/ημέρα, όπως οι ΕΕΛ που εξετάζονται σε αυτή την εργασία, οι ενεργειακές απαιτήσεις είναι σημαντικά υψηλότερες (Gikas, 2017). Η ενεργειακή απαίτηση ανά κυβικό μέτρο ως προς την παροχή όπως προέκυψε βάσει των υπό εξέταση ΕΕΛ, παρουσιάζεται στο κεφάλαιο 7.

Είναι ενδιαφέρον να σημειωθεί ότι η μέση κατανάλωση ενέργειας ανά κυβικό μέτρο επεξεργασμένων λυμάτων δεν διαφέρει πολύ μεταξύ των χωρών για τα έτη 2007 έως 2010, παρά τις τεχνολογικές διαφορές, όπως φαίνεται στον Πίνακα 2.2. Με την πάροδο του χρόνου, η μέση κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στις ΕΕΛ των ΗΠΑ αυξήθηκε στα 0,520 kWh/m³. Σε σύγκριση με τις ΗΠΑ, οι ασιατικές χώρες, όπως η Κίνα (0,310 kWh/m³), η Ιαπωνία (0,304 kWh/m³) και η Κορέα (0,243 kWh/m³), δείχνουν χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας για την επεξεργασία των λυμάτων. Στη Νότιο Αφρική, η κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος των ΕΕΛ ποικίλλει από ΕΕΛ σε ΕΕΛ και κυμαίνεται από 0,079 έως 0,410 kWh/m³ (Gu et al., 2017; Wang, 2016; Olsson, 2012). Επίσης, η μέση κατανάλωση ενέργειας σε μεγάλες εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων στη Σλοβακία είναι 0,485 kWh/m³ και σε μικρές 0,915 kWh/m³ (Bodik and Kubaská, 2013). Η εκτιμώμενη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στη Σουηδία είναι 0,420 kWh/m³ και στη Γερμανία πλέον κυμαίνεται από 0,400 έως 0,430 kWh/m³ (Olsson, 2012; Wang et al., 2016). Εκτός αυτών, η εκτιμώμενη κατανάλωση ενέργειας είναι από 0,300 έως 0,490 kWh/m³ στην Ιταλία, 0,730 kWh/m³ στην Πορτογαλία και 0,330 kWh/m³ στην Νορβηγία (Panepinto et al., 2016).

Συγκριτικά με τις καταναλώσεις που προαναφέρθηκαν και βάσει έρευνας που διεξήχθη στην Ελλάδα, η ημερήσια ενεργειακή κατανάλωση ανά υδραυλικό φορτίο εισόδου είναι μεγαλύτερη αυτής κάποιων ευρωπαϊκών χωρών και κυμαίνεται από 0,120 έως 2,190 kWh/m³. Επίσης, αποτέλεσμα της έρευνας ήταν ότι η ενεργειακή κατανάλωση ανά ισοδύναμο κάτοικο μειώνεται όσο αυξάνεται ο εξυπηρετούμενος ισοδύναμος πληθυσμός της ΕΕΛ κατά 81,0% και κυμαίνεται από 0,070 έως 0,370 kWh/pe-day, καθώς και ότι η ενεργειακή κατανάλωση ανά οργανικό φορτίο εισόδου κυμαίνεται από έως 1,240 έως 6,090 kWh/(KgBOD_{5,in}-day) (Δημοπούλου, 2011).

Χώρα/ έτος	2007 ^a	2008 ^a	2009 ^a	2010 ^b
Αυστρία	0,30			
Αυστραλία				0,39
Γαλλία		0,68		
Γερμανία				0,67
Ελβετία				0,52
Ηνωμένο Βασίλειο		0,63		0,64
ΗΠΑ		0,45		0,45
Ιαπωνία			0,45	
Ισπανία				0,53
Κάτω Χώρες (Ολλανδία)		0,36		0,36
Σιγκαπούρη			0,55	0,56
Σουηδία	0,63			

Πίνακας 2.2. Κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για την επεξεργασία λυμάτων στις ΕΕΛ (kWh/m³)
(Πηγή: ^aCao, 2011; ^bHernández-Sancho et al., 2011)

Πιο αναλυτικά, η μέση κατανάλωση ενέργειας για εγκαταστάσεις δευτεροβάθμιας επεξεργασίας με διαφορετικές τεχνολογίες επεξεργασίας έχει ως εξής: 0,340 kWh/m³ για παρατεταμένο αερισμό, 0,330 kWh/m³ για συστήματα βιομεμβράνης, 0,302 kWh/m³ για οξείδωση, 0,283 kWh/m³ για A/O, 0,269 kWh/m³ για συστήματα ενεργού ιλύος, 0,267 kWh/m³ για συστήματα αναερόβιας-ανοξικής A/A, 0,219 kWh/m³ για συστήματα βιολογικής απορρόφησης και 0,370 - 2,500 kWh/m³ για μια μονάδα MBR. Όμως, η ίδια τεχνολογία πιθανό να παρουσιάσει διαφορετική κατανάλωση ενέργειας ανάλογα με τη διαμόρφωση της εκάστοτε ΕΕΛ (Gu et al., 2017). Επίσης, οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων τριτοβάθμιας επεξεργασίας στις ΗΠΑ καταναλώνουν συνήθως 0,430 kWh/m³, στην Ταϊβάν 0,410 kWh/m³, στη Νέα Ζηλανδία 0,490 kWh/m³ και στην Ουγγαρία 0,450-0,750 kWh/m³, ενώ οι προηγμένες διεργασίες επεξεργασίας λυμάτων στην Ιαπωνία απαιτούν μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας από 0,390 έως 3,740 kWh/m³, ενώ (Gu et al., 2017).

2.2.4.1. Προεπεξεργασία και πρωτοβάθμια επεξεργασία λυμάτων

Η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται στην προκαταρκτική επεξεργασία κατά την άντληση των λυμάτων εξαρτάται από τη δομή και τη θέση του αποχετευτικού συστήματος και κυμαίνεται συνήθως από 0,022 έως 0,042 kWh/m³. Μια πολύ μικρή απαίτηση ενέργειας συναντάται στη διαλογή των λυμάτων, η οποία καταναλώνει $2,9 \cdot 10^{-5}$ – 0,013 kWh/m³ (Longo et al., 2016). Πιο συγκεκριμένα, η ενεργειακή απαίτηση της συλλογής και άντλησης λυμάτων κυμαίνεται από 0,020 έως 0,100 kWh/m³ στον Καναδά, από 0,045 έως 0,140 kWh/m³ στην Ουγγαρία και από 0,100 έως 0,370 kWh/m³ στην Αυστραλία (Gu et al., 2017). Οι κυκλικές δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης απαιτούν περίπου $4,3 \cdot 10^{-5}$ - $7,1 \cdot 10^{-5}$ kWh/m³, μέγεθος που αποτελεί πολύ μικρό μέρος της συνολικής ενεργειακής χρήσης (Longo et al., 2016).

2.2.4.2. Δευτεροβάθμια επεξεργασία λυμάτων

Η κατανάλωση στο σύστημα αερισμού της δευτεροβάθμιας επεξεργασίας κυμαίνεται μεταξύ 0,180 και 0,800 kWh/m³. Ο διαχωρισμός της παραγόμενης ιλύος εκτελείται συνήθως σε κυκλικές δεξαμενές καθίζησης, οι οποίες σχετίζονται με μια μικρή ποσότητα ενέργειας (0,0084 - 0,0120 kWh/m³) (Longo et al., 2016). Η μέση κατανάλωση ενέργειας των συστημάτων επεξεργασίας ενεργού ιλύος είναι 0,46 kWh/m³ στην Αυστραλία, 0,269 kWh/m³ στην Κίνα, 0,330 - 0,600 kWh/m³ στις ΗΠΑ και 0,300 - 1,890 kWh/m³ στην Ιαπωνία (Bodik and Kubaská, 2013). Σύμφωνα με τον Cao Ye Shi (2011), η κατανάλωση ενέργειας σε ένα τυπικό σύστημα ενεργού ιλύος είναι 0,349 kWh/m³ (βλ. Πίνακας 2.3) Σε

σύγκριση με το σύστημα αυτό, η οξείδωση έχει υψηλότερη απαίτηση ενέργειας, η οποία κυμαίνεται από 0,5 έως 1,0 kWh/m³ στην Αυστραλία, 0,302 kWh/m³ στην Κίνα και από 0,430 έως 2,070 kWh/m³ στην Ιαπωνία, λόγω του μεγαλύτερου χρόνου υδραυλικής παραμονής (Gu et al., 2017). Επίσης, η ανακυκλοφορία της δευτεροβάθμιας ιλύος έχει ως αποτέλεσμα κατανάλωση ενέργειας περίπου 0,047 - 0,010 kWh/m³. Μια άλλη διαδικασία κατανάλωσης ενέργειας είναι η ανάμιξη, ιδιαίτερα για τους ανοξικούς αντιδραστήρες, που κυμαίνονται μεταξύ 0,053 και 0,120 kWh/m³.

Διεργασία	Κατανάλωση ενέργειας kWh/m ³
Συστήματα στάγδην φίλτρανης	0,252
Ενεργού ιλύος	0,349
Προχωρημένη επεξεργασία λυμάτων χωρίς νιτροποίηση	0,407
Προχωρημένη επεξεργασία λυμάτων με νιτροποίηση	0,505

Πίνακας 2.3. Κατανάλωση ενέργειας για τυπικές διεργασίες επεξεργασίας αστικών λυμάτων (Cao, 2011)

2.2.4.3. Τριτοβάθμια επεξεργασία λυμάτων

Η τριτοβάθμια επεξεργασία αυξάνει όχι μόνο την ποιότητα των αποβλήτων αλλά και την κατανάλωση ενέργειας, λόγω των διαδικασιών απομάκρυνσης θρεπτικών ουσιών. Οι τιμές απαιτούμενης για την επεξεργασία ενέργειας εξαρτώνται από τις επιλεγόμενες τεχνολογίες και κυμαίνονται από 0,03 έως 0,15 kWh/m³ για την απολύμανση με υπεριώδεις ακτίνες (UV), από 0,009 έως 0,015 kWh/m³ για τον μηχανικό εξοπλισμό που απαιτείται για τη δοσολογία των χημικών (άλατα αλουμινίου ή σιδήρου, χλωριωμένα αντιδραστήρια κλπ.) και από 0,0074 έως 0,0027 kWh/m³ για την διήθηση (Gikas, 2017; Longo et al., 2016; Cao, 2011).

2.2.4.4. Επεξεργασία ιλύος

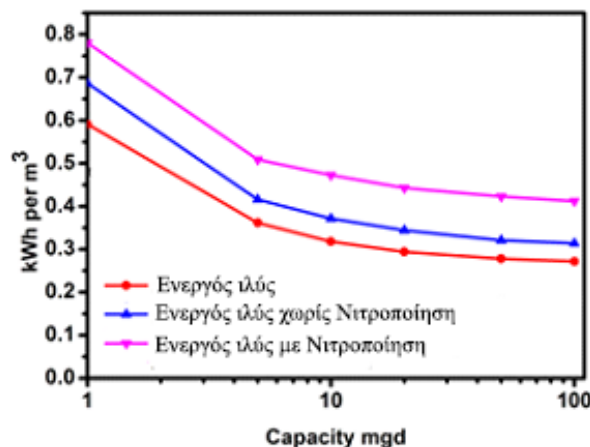
Τέλος, σημαντική ποσότητα ενεργειακής κατανάλωσης απαιτεί και η επεξεργασία της ιλύος. Οι ενεργειακές ανάγκες μιας ΕΕΛ που χρησιμοποιεί επεξεργασία ενεργού ιλύος και αναερόβια χώνευση ιλύος είναι 0,6 kWh/m³, και περίπου οι 0,3 kWh/m³ είναι για την παροχή αέρα στις λεκάνες αερισμού (Amiri et al., 2015). Η μονάδα επεξεργασίας λυμάτων Ringsend στην Ιρλανδία, η οποία παρέχει και τριτοβάθμια επεξεργασία με ΠΠ 1,7 εκατομμύρια, χρησιμοποιεί αναερόβια χώνευση για την επεξεργασία ιλύος και καταναλώνει περίπου 0,26 MWh/τόνο ξηρής λάσπης (Gu et al., 2017; Awe et al., 2016). Η αφυδάτωση της ιλύος με μηχανική φυγοκέντρωση απαιτεί από 0,018 έως 0,027 kWh/m³ (Longo et al., 2016).

Σε πολλές χώρες, όπως το Βέλγιο, η Γαλλία, η Γερμανία και η Δανία, περισσότερο από το 14% της επεξεργασμένης ιλύος καίγεται. Το ποσοστό της αποτέφρωσης της λυματολάσπης στις ΗΠΑ είναι 25%, ενώ στην Ιαπωνία περισσότερο από 50% (Arnold and Merta, 2011). Η κατανάλωση ενέργειας της συμβατικής μεθόδου ενεργού ιλύος με αποτέφρωση για την επεξεργασία ιλύος ήταν πολύ υψηλότερη (0,38-1,49 kWh/m³) σε σύγκριση με την ίδιας δυναμικότητας μέθοδο χωρίς αποτέφρωση (Mizuta and Shimada, 2010).

2.2.4.5. Κατανάλωση ενέργειας διαφορετικής δυναμικότητας ΕΕΛ

Το μέγεθος των ΕΕΛ επιδρά σημαντικά στην κατανάλωση ενέργειας. Μερικές παραλλαγές στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για διαφορετικά μεγέθη εγκαταστάσεων παρουσιάζονται στο Σχήμα 2.9. Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας των διεργασιών μειώνεται καθώς αυξάνεται το μέγεθος της εγκατάστασης. Για την οξείδωση η κατανάλωση ενέργειας

κυμαίνεται από 0,44 έως 2,07 kWh/m³. Για τη μέθοδο ενεργού ιλύος, η κατανάλωση ενέργειας κυμαίνεται από 0,30 έως 1,89 kWh/m³. Παρατηρείται ότι η κατανάλωση ενέργειας μειώνεται με την αύξηση της εισροής.



Σχήμα 2.9 Μεταβολές της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για διαφορετικά μεγέθη ΕΕΛ (Gu et al, 2017)

Επιπλέον, με βάση τα στατιστικά στοιχεία ενεργειακής απαίτησης από 68 ΕΕΛ στη Σλοβακία το 2011, προκύπτει ότι οι μεγαλύτερες μονάδες επεξεργασίας λυμάτων εμφανίζουν πολύ υψηλότερη ενεργειακή απόδοση από τις μικρότερες, καθώς και ότι οι ΕΕΛ με ημερήσια εισροή άνω των 5.000 m³/day έχουν σχετικά σταθερή ενεργειακή ζήτηση (0,331-0,414 kWh/m³). Η συγκεκριμένη ενεργειακή ζήτηση αυξάνεται με την αυξανόμενη συγκέντρωση των εισερχόμενων ρύπων, όπως το COD, BOD₅ και άζωτο (Gu et al., 2017; Bodik and Kubaská, 2013).

2.3. Μεθοδολογία

Σε αυτό το κεφάλαιο αναλύεται η διαδικασία συλλογής και επεξεργασίας των δεδομένων αυτής της διπλωματικής εργασίας, με σκοπό να εισαχθεί ο αναγνώστης στο ερευνητικό μέρος της εργασίας. Αρχικά, παρουσιάζονται η μέθοδος συγγραφής της εργασίας, καθώς και η μέθοδος και το εργαλείο, που εφαρμόστηκε για την συλλογή των δεδομένων. Στη συνέχεια, αναλύονται ο τρόπος διεξαγωγής της έρευνας και έπειτα το ερωτηματολόγιο, που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία μέσα από την παρουσίαση του σκοπού της κάθε ομάδας ερωτήσεων που περιλαμβάνονται στο ερωτηματολόγιο αυτό. Τέλος, παρουσιάζεται το πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε για την επεξεργασία των δεδομένων που συλλέχθηκαν.

2.3.1. Θεωρητικό υπόβαθρο

Για την συγγραφή του θεωρητικού μέρους έγινε εκτενής ανασκόπηση της βιβλιογραφίας σχετικά με τη χρήση των ενεργειακών πόρων και του ενεργειακού κόστους μιας ΕΕΛ, καθώς και τις μεθόδους συγκριτικής αξιολόγησης. Η έρευνα έγινε κυρίως σε μηχανές αναζήτησης του διαδικτύου χρησιμοποιώντας διάφορους συνδυασμούς ελληνικών και αγγλικών λέξεων-κλειδιών, όπως εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων, ΕΕΛ, βιολογικός καθαρισμός, στάδια και διεργασίες μιας ΕΕΛ, κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, ενεργειακή απόδοση, ενεργειακός έλεγχος και ενεργειακή αξιολόγηση.

Όπως φαίνεται και στη βιβλιογραφία της διπλωματικής εργασίας, τα βιβλία, τόσο σε έντυπη όσο και σε ηλεκτρονική μορφή, ήταν η κύρια πηγή για την εύρεση πληροφοριών σχετικών με τις μεθόδους συλλογής και επεξεργασίας

δεδομένων, τις βαθμίδες επεξεργασίας, καθώς και τα στάδια και τις διεργασίες που λαμβάνουν χώρα σε μια ΕΕΛ. Αντιθέτως, η κύρια πηγή για την εύρεση πληροφοριών σχετικών με τις μεθόδους ενεργειακής αξιολόγησης, τα λειτουργικά έξοδα και τη διανομή της ενεργειακής χρήσης στις διεργασίες μιας ΕΕΛ, καθώς και της ενεργειακής κατανάλωσης στις ΕΕΛ της Ευρώπης και του κόσμου ήταν τα άρθρα επιστημονικών περιοδικών. Επιπλέον, μέρος των βιβλιογραφικών πηγών για την εύρεση γενικών πληροφοριών σχετικών με την εργασία ήταν άρθρα σε διάφορες ιστοσελίδες όπως αυτές του Υπουργείου Περιβάλλοντος & Ενέργειας (ΥΠΕΚΑ), καθώς και των Δήμων και των ΔΕΥΑ των υπό εξέταση εγκαταστάσεων, η Εθνική Βάση Δεδομένων των Εγκαταστάσεων Επεξεργασίας Λυμάτων της Ειδικής Γραμματείας Υδάτων, παρουσιάσεις, σημειώσεις μαθημάτων, τεχνικές εκθέσεις, ΦΕΚ, Νόμοι και Οδηγίες, καθώς και διπλωματικές εργασίες.

2.3.2. Συλλογή δεδομένων

Για τη διεξαγωγή μιας έρευνας μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα εύρος μεθοδολογιών, όπως η παρατήρηση και η συνέντευξη. Η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου για τη συλλογή των δεδομένων είναι καθοριστικής σημασίας και σχετίζεται με τον τρόπο που μελετάται το πρόβλημα. Η ποσοτική έρευνα (quantitative research) στηρίζεται στη συλλογή ποσοτικών στοιχείων, συνήθως με τη χρήση δομημένου ερωτηματολογίου. Για την συμπλήρωση ενός ερωτηματολογίου κάθε ερωτώμενος/-η καλείται να απαντήσει γραπτά στο ίδιο σύνολο ερωτήσεων, οι οποίες παρουσιάζονται σε μια συγκεκριμένη σειρά (Ζαφειρίου, 2003). Έτσι, το ερωτηματολόγιο είναι ένα ευρέως διαδεδομένο και αποτελεσματικό εργαλείο, με τη χρήση του οποίου μπορούν να συλλεχθούν εύκολα πληροφορίες από ένα σχετικά μεγάλο αριθμό ατόμων σε σύντομο χρονικό διάστημα και με χαμηλό οικονομικό κόστος (Gillham, 2000).

Βάσει όσων προαναφέρθηκαν, το εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε για τη συλλογή δεδομένων σε αυτή τη διπλωματική εργασία, είναι ένα δομημένο και σχετικά εκτενές ερωτηματολόγιο (βλ. Παράρτημα Ι: Ερωτηματολόγιο). Αυτό το ερωτηματολόγιο δημιουργήθηκε από την φοιτήτρια σε συνεργασία με τον επιβλέποντα καθηγητή, ώστε να καλύπτει τις ανάγκες της εργασίας, και σχεδιάστηκε λαμβάνοντας υπόψη ότι θα αποτελεί το κύριο μέσο επικοινωνίας (interface) μεταξύ της φοιτήτριας και των ερωτώμενων. Εκτός αυτού, καθοριστικό ρόλο για τον σχεδιασμό του κατάλληλου ερωτηματολογίου έπαιξε και η μέθοδος συλλογής των δεδομένων (Ρόντος και Παπάνης, 2007).

2.3.3. Διεξαγωγή της έρευνας

Σε αυτή την περίπτωση, το ερωτηματολόγιο αποστάλθηκε στους/-ες υπεύθυνους/-ες λειτουργίας των ΕΕΛ της χώρας μας σε μορφή εγγράφου κειμένου word ή και pdf μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου (email) κατόπιν τηλεφωνικής επικοινωνίας της φοιτήτριας μαζί τους. Στη συνέχεια, οι ερωτώμενοι συμπλήρωσαν το ερωτηματολόγιο ηλεκτρονικά και το απέστειλαν πίσω μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου (email). Η χρονική περίοδος που απαιτήθηκε για τη διανομή, τη συμπλήρωση και τη συγκέντρωση των ερωτηματολογίων αυτών υπολογίζεται ότι διήρκεσε από τον Νοέμβριο του 2016 έως και τον Μάιο του 2017. Η ηλεκτρονική αποστολή του ερωτηματολογίου συνεισέφερε θετικά στην παραλαβή του ακόμα και από τις πιο απομακρυσμένες εγκαταστάσεις, με στόχο να καλυφθεί όσο το δυνατόν μεγαλύτερο ποσοστό των

ΕΕΛ της χώρας μας. Τελικά, το δείγμα, που επιλέχθηκε με απλή τυχαία δειγματοληψία (Παπαγεωργίου, 2015), αποτελείται από είκοσι δύο (22) εγκαταστάσεις από διαφορετικά σημεία της Ελλάδας.

Η κύρια τροχοπέδη στην ομαλή ροή της έρευνας ήταν κυρίως η έλλειψη ενεργειακών δεδομένων και κατ' επέκταση ενεργειακού αρχείου στις ΕΕΛ, γεγονός που είχε συζητηθεί κατά την τηλεφωνική επικοινωνία με τους/-ες υπεύθυνους/-ες λειτουργίας των εγκαταστάσεων. Εκτός αυτού, η έλλειψη χρόνου για την συμπλήρωση του ερωτηματολογίου, λόγω του φόρτου εργασίας των περισσότερων ερωτώμενων, συντέλεσε στο σχετικά μικρό αριθμό του τελικού δείγματος, σε σχέση με αυτό που είχε αρχικά υπολογισθεί έπειτα από την τηλεφωνική επικοινωνία.

2.3.4. Παρουσίαση ερωτηματολογίου

Το ερωτηματολόγιο αυτής της διπλωματικής εργασίας αποτελείται από τριάντα έξι (36) κύριες ερωτήσεις, από τις οποίες κάποιες περιέχουν υποερωτήματα. Έτσι, για τον περιορισμό της έκτασης του εργαλείου, οι ερωτήσεις διατυπώθηκαν με συνοπτικό και περιεκτικό τρόπο. Πιο συγκεκριμένα, το ερωτηματολόγιο περιλαμβάνει τόσο ποσοτικές όσο και ποιοτικές ερωτήσεις, οι οποίες είναι α) κλειστού τύπου: πολλαπλής επιλογής και δυαδικής μορφής του τύπου «ναι – όχι», β) ανοικτού τύπου, οι οποίες επιτρέπουν στον/-ην ερωτώμενο/-η να απαντήσει κατά τη δική του κρίση και γ) συνδυασμός ανοικτού και κλειστού τύπου ερωτήσεων (<http://www.eclass.teipel.gr>). Οι ερωτήσεις που αφορούν ένα θέμα είναι συγκεντρωμένες σε ενότητες και οι ερωτήσεις γενικού τύπου προηγούνται των ειδικών, ώστε το ερωτηματολόγιο να φέρει συνάφεια και λογική (Javeau, 2000). Έτσι, για τη διευκόλυνση των ερωτώμενων στη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου και λόγω της πληθώρας των ερωτήσεων, οι ερωτήσεις του ερωτηματολογίου κατηγοριοποιήθηκαν σε τέσσερις (4) ενότητες, όπως φαίνεται στη συνέχεια.

A. Γενικά στοιχεία

B. Τεχνικό μέρος – Σχετικά με την συνολική ενεργειακή απαίτηση της εγκατάστασης

Γ. Τεχνικό μέρος – Σχετικά με την εγκατάσταση

Δ. Γενικά σχόλια και παρατηρήσεις

Για τις ερωτήσεις των τριών πρώτων ενότητων χρησιμοποιήθηκαν ερωτήσεις κλειστού τύπου, ερωτήσεις ανοικτού τύπου σύντομης απάντησης, όπου οι ερωτώμενοι μπορούσαν να απαντήσουν ελεύθερα, αλλά και συνδυασμός αυτών. Στην τέταρτη ενότητα δόθηκε χώρος στους/-ες υπεύθυνους/-ες λειτουργίας των ΕΕΛ να παραθέσουν σχόλια και παρατηρήσεις. Στη συνέχεια, περιγράφονται πιο αναλυτικά οι ενότητες του ερωτηματολογίου.

Στην αρχή του ερωτηματολογίου, αναγράφεται ο τίτλος της διπλωματικής εργασίας ως κεφαλίδα κάθε σελίδας του ερωτηματολογίου. Επίσης, αναφέρονται τα στοιχεία της φοιτήτριας και του επιβλέπονται καθηγητή και εξηγείται στους συμμετέχοντες της έρευνας ότι το ερωτηματολόγιο είναι μέρος της διπλωματικής εργασίας της φοιτήτριας στα πλαίσια του προπτυχιακού προγράμματος σπουδών της Σχολής Μηχανικών Περιβάλλοντος του Πολυτεχνείου Κρήτης. Εκτός αυτού παρουσιάζεται ο σκοπός της εκπόνησης αυτής της εργασίας και κατ' επέκταση του ερωτηματολογίου. Κύριος στόχος του ερωτηματολογίου ήταν η συλλογή δεδομένων σχετικά με το ποιες επί μέρους μονάδες συναντούνται στις

ΕΕΛ, το είδος και το πλήθος των μονάδων που προτιμούνται, και δεδομένων σχετικά με την εγκατεστημένη και καταναλισκόμενη ισχύς των μονάδων αυτών, αλλά και του συνόλου της ΕΕΛ, ώστε τελικά να διερευνηθεί η κατανομή των ενεργειακών αναγκών (%) στις ΕΕΛ, ή τουλάχιστον να εκτιμηθεί η καταναλισκόμενη ενέργεια ανά όγκο εισερχόμενων λυμάτων (kWh/m^3).

Το πρώτο μέρος του ερωτηματολογίου περιλαμβάνει την ενότητα Α, όπου ερωτούνται γενικά στοιχεία, όπως το όνομα της εγκατάστασης, τα στοιχεία του λειτουργού της ΕΕΛ και η υπηρεσία στην οποία ανήκει η ΕΕΛ. Επίσης, περιλαμβάνει μια ερώτηση κλειστού τύπου σχετικά με τον αν έχει υλοποιηθεί στο παρελθόν ενεργειακή αξιολόγηση στην εγκατάσταση. Τα παραπάνω δεδομένα ήταν χρήσιμα για την γνωστοποίηση της εγκατάστασης κατά την επεξεργασία των δεδομένων.

Το δεύτερο μέρος του ερωτηματολογίου περιλαμβάνει τις ενότητες Β και Γ. Η ενότητα Β περιλαμβάνει δύο (2) ερωτήσεις ανοικτού και κλειστού τύπου, οι οποίες αφορούν τα ενεργειακά στοιχεία για το σύνολο της εγκατάστασης, όπως το αν γίνεται χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την κάλυψη έστω μέρους της απαιτούμενης ενέργειας της εγκατάστασης και το αν γίνεται χρήση πετρελαίου ή φυσικού αερίου. Επίσης, περιλαμβάνει τρεις (3) ερωτήσεις κλειστού τύπου σχετικά με τη συνολική ετήσια κατανάλωση (kWh/year) και το συνολικό ετήσιο κόστος ($\text{€}/\text{year}$) του ηλεκτρικού ρεύματος για τα τελευταία δέκα (10) χρόνια, καθώς και την ετήσια εισερχόμενη παροχή λυμάτων (m^3/year). Η συλλογή αυτών των δεδομένων ήταν μείζονος σημασίας, μιας και συνάδουν με τον στόχο της εργασίας για την εύρεση της καταναλισκόμενης ενέργειας ανά όγκο εισερχόμενων λυμάτων (kWh/m^3).

Η ενότητα Γ αποτελείται από δύο μέρη. Το 85% των ερωτήσεων του πρώτου μέρους είναι ανοικτού τύπου και αφορούν γενικά στοιχεία της εγκατάστασης, όπως το πόσα χρόνια λειτουργεί η ΕΕΛ και το εμβαδό της, τη μέση ημερήσια παροχή εισόδου (m^3), τον εξυπηρετούμενο ισοδύναμο πληθυσμό, καθώς και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά εισόδου και εξόδου για το 2016. Η μόνη ερώτηση δυαδικής μορφής τύπου «ναι – όχι» σε αυτό το μέρος σχετίζεται με το αν δέχεται η εγκατάσταση βοθρολύματα. Τα παραπάνω δεδομένα ήταν χρήσιμα για την περιγραφή της σύνθεσης του εξεταζόμενου δείγματος.

Τα δεύτερο μέρος της ενότητας Γ αποτελείται από τις υποενότητες Γ1 έως Γ4. Στις περισσότερες ερωτήσεις του δεύτερου μέρους της τρίτης ενότητας, ανεξαρτήτως υποενότητας, ζητείται η εγκατεστημένη και η καταναλισκόμενη ισχύς (kW) ή η καταναλισκόμενη ενέργεια (kWh/day) της εκάστοτε μονάδας, καθώς και οι ώρες λειτουργίας της μονάδας ημερησίως. Η συλλογή αυτών των δεδομένων ήταν μείζονος σημασίας, μιας και συνάδουν με τον στόχο της εργασίας για την διερεύνηση της ποσοστιαίας κατανομής των ενεργειακών αναγκών στις ΕΕΛ.

Η πρώτη υποενότητα (Γ.1. Compact τεχνολογίες) περιλαμβάνει την ερώτηση «Απαρτίζεται η ΕΕΛ από Compact τεχνολογίες;», η οποία είναι συνδυασμός κλειστού και ανοικτού τύπου μιας και ζητείται επεξήγηση στην περίπτωση που η απάντηση της ερώτησης είναι θετική. Η δεύτερη υποενότητα (Γ.2. Προεπεξεργασία και πρωτοβάθμια επεξεργασία) περιλαμβάνει έξι (6) ερωτήσεις, οι οποίες είναι συνδυασμός κλειστού και ανοικτού τύπου και αφορούν τις επί μέρους μονάδες των δύο πρώτων σταδίων επεξεργασίας λυμάτων. Σε κάθε ερώτηση και ανάλογα με τον τύπο των μονάδων γίνονται διάφορες ανοικτού τύπου υποερωτήσεις, τα οποία αφορούν τον τύπο ή το είδος της μονάδας, τον αριθμό των αντλιών, το πλήθος και τον όγκο των δεξαμενών, καθώς και την παροχή αέρα στον εξαμμωτή.

Η τρίτη υποενότητα αυτού του μέρους (Γ.3. Δευτεροβάθμια, τριτοβάθμια επεξεργασία και επαναχρησιμοποίηση νερού) περιλαμβάνει πέντε (5) ερωτήσεις, οι οποίες είναι συνδυασμός κλειστού και ανοικτού τύπου και αφορούν τις επί μέρους μονάδες της δευτεροβάθμιας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων και της επαναχρησιμοποίησης του διαυγασμένου νερού. Σε κάθε ερώτηση και ανάλογα με τον τύπο των μονάδων γίνονται διάφορα ανοικτού τύπου υποερωτήματα, που αφορούν τον τύπο ή το είδος της μονάδας, καθώς και το πλήθος και τον όγκο των δεξαμενών. Στην ερώτηση 21 συναντάται μια υποερώτηση πολλαπλής επιλογής σχετικά με το σύστημα βιολογικής επεξεργασίας που λειτουργείται, καθώς και υποερωτήματα ανοικτού τύπου σχετικά με τις χαρακτηριστικές παραμέτρους της δεξαμενής αερισμού. Στην ερώτηση 25 συναντώνται υποερωτήσεις ανοικτού τύπου σχετικές με την ποιότητα του νερού επαναχρησιμοποίησης.

Η τελευταία υποενότητα της ενότητας Γ (Γ.4. Επεξεργασία ιλύος) περιλαμβάνει έντεκα (11) ερωτήσεις, οι οποίες είναι συνδυασμός κλειστού και ανοικτού τύπου και αφορούν τις επί μέρους μονάδες που υπάρχουν στην ΕΕΛ για την επεξεργασία της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας ιλύος. Οι ερωτήσεις 26 έως 30 αφορούν την ποσότητα και την σύσταση της ιλύος. Οι ερωτήσεις 31 έως 36 περιέχουν διαφορετικά ανοικτού τύπου υποερωτήματα ανάλογα με τον τύπο των μονάδων. Στις υποερωτήσεις των ερωτήσεων 31 και 32 ερωτάται ο τύπος της μονάδας, το ποσοστό στερεών στην είσοδο και στην έξοδο της μονάδας καθώς και αν γίνεται χρήση κροκιδωτικών. Στην ερώτηση 33 συναντώνται υποερωτήσεις ανοικτού τύπου σχετικές με τον αριθμό και τον όγκο των χωνευτών, τον χρόνο παραμονής της ιλύος, το ποσοστό των στερεών και των πτητικών στερεών στην είσοδο και στην έξοδο της μονάδας, καθώς και με την παραγωγή βιοαερίου. Στην ερώτηση 34 συναντώνται υποερωτήσεις ανοικτού τύπου σχετικές με το είδος της ξήρανσης και του ποσοστού υγρασίας στην είσοδο και στην έξοδο της μονάδας. Στην ερώτηση 35, συναντώνται υποερωτήσεις ανοικτού τύπου σχετικές με το είδος της κομποστοποίησης και την ποσότητα του παραγόμενου κόμποστ. Τέλος, στην ερώτηση 36 ερωτάται η ποσότητα ασβεστίου ανά μονάδα ιλύος.

Το τρίτο μέρος του ερωτηματολογίου περιλαμβάνει την ενότητα Δ, όπου οι ερωτώμενοι έχουν την δυνατότητα να παραθέσουν σχόλια και παρατηρήσεις σχετικά με το ερωτηματολόγιο και τις απαντήσεις τους, καθώς και περαιτέρω πληροφορίες για την λειτουργία της εγκατάστασης που έχουν υπό την ευθύνη τους.

2.3.5. Επεξεργασία δεδομένων

Το ερωτηματολόγιο ακολουθεί τυποποιημένους τρόπους ανάλυσης, έτσι ώστε ο ερευνητής να μην δύναται να επηρεάσει τις απαντήσεις. Παράλληλα παρέχει τη δυνατότητα στον ερευνητή να κερδίσει χρόνο κατά την ανάλυση των αποτελεσμάτων και την καταγραφή των συμπερασμάτων που προκύπτουν (Ζαφειρίου, 2003). Η επεξεργασία των δεδομένων, που ανακτήθηκαν από τα ερωτηματολόγια, έγινε με τη χρήση του προγράμματος λογιστικών φύλλων Microsoft Excel. Βάσει των δεδομένων αυτών, καθορίστηκαν δύο δείκτες ενεργειακής απόδοσης (performance indicators - PIs), συγκριτικά με τον όγκο επεξεργασμένων λυμάτων και τους ισοδύναμους κατοίκους (ικ) κάθε ΕΕΛ, όπως φαίνεται στις εξισώσεις 1 και 2 αντίστοιχα. Στην βιβλιογραφία συναντάται συχνά και ο δείκτης ενεργειακής απόδοσης συγκριτικά με την απομάκρυνση BOD₅ ή COD, αλλά αυτός δεν αναλύεται σε αυτή την εργασία (Longo, 2016). Εκτός αυτών, καθορίστηκε ο δείκτης της ημερήσιας εισερχόμενης παροχής συγκριτικά με τους ισοδύναμους κατοίκους κάθε ΕΕΛ, όπως φαίνεται στην εξίσωση 3. Επίσης, καθορίστηκαν ο δείκτης ενεργειακού κόστους συγκριτικά με την κατανάλωση

ηλεκτρικού ρεύματος, όπως φαίνεται στην εξίσωση 4, και ο δείκτης του ημερήσιου ενεργειακού κόστους συγκριτικά με τους ισοδύναμους κατοίκους κάθε ΕΕΛ, όπως φαίνεται στην εξίσωση 5.

$$PI_1 = \frac{\text{κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας}}{\text{όγκος εισερχόμενης παροχής}} \quad [\text{kWh}/\text{m}^3] \quad (1)$$

$$PI_2 = \frac{\text{κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας}}{\text{ισοδύναμοι κάτοικοι} * \text{ημέρα}} \quad [\text{kWh}/\text{ικ} - \text{day}] \quad (2)$$

$$PI_3 = \frac{\text{όγκος εισερχόμενης παροχής}}{\text{ισοδύναμοι κάτοικοι} * \text{ημέρα}} \quad [\text{m}^3/\text{ικ} - \text{day}] \quad (3)$$

$$PI_4 = \frac{\text{ετήσιο κόστος ηλεκτρικού ρεύματος}}{\text{ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας}} \quad [€/ \text{kWh}] \quad (4)$$

$$PI_5 = \frac{\text{ετήσιο κόστος ηλεκτρικού ρεύματος}}{\text{ισοδύναμοι κάτοικοι} * \text{ημέρα}} \quad [€/ \text{ικ} - \text{day}] \quad (5)$$

Κατά την επεξεργασία των δεδομένων διαπιστώθηκε ότι τα δεδομένα που συλλέχθηκαν, ποικίλουν ανάλογα με τα στοιχεία που είχαν στη διάθεσή τους οι υπεύθυνοι/-ες λειτουργίας των ΕΕΛ, οι οποίοι συμπλήρωσαν πλήρως ή μερικώς το ερωτηματολόγιο της εργασίας. Στόχος της επεξεργασίας των δεδομένων ήταν η παρουσίασή αυτών και των αποτελεσμάτων σε κείμενο, πίνακες και διαγράμματα (διασποράς, ραβδογράμματα, πίτες), όπως φαίνεται στα κεφάλαια 4 έως 7 και στα Παραρτήματα II έως VII.

3. ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΩΝ ΕΕΛ

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται μια συνοπτική περιγραφή των είκοσι δύο (22) εξεταζόμενων ΕΕΛ. Η αναλυτική περιγραφή των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων παρουσιάζεται στο Παράρτημα ΙΙΙ.

3.1. Περιγραφή των εξεταζόμενων εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων

Στην πλειονότητα των εγκαταστάσεων γίνεται δευτεροβάθμιος καθαρισμός των λυμάτων, ενώ στην ΕΕΛ Θήβας, στην ΕΕΛ Νέας Κυδωνίας και στην ΕΕΛ Χρυσούπολης η επεξεργασία των λυμάτων γίνεται σε τρεις βαθμίδες επεξεργασίας. Ο καθαρισμός των λυμάτων επιτυγχάνεται κυρίως με παρατεταμένο αερισμό της ενεργού ιλύος και ταυτόχρονη νιτροποίηση – απονιτροποίηση, βιολογική απομάκρυνση του αζώτου και του φωσφόρου, καθώς και σταθεροποίηση της ιλύος. Το σύστημα των περισσότερων ΕΕΛ λειτουργεί αυτοματοποιημένα, μέσω κατάλληλων προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών (PLC's) και παρακολουθείται μέσω ηλεκτρονικού συστήματος κεντρικού ελέγχου - τηλεελέγχου.

Οι εξεταζόμενες ΕΕΛ απαρτίζονται από όλες ή μερικές από τις ακόλουθες μονάδες και κτιριακές δομές:

✓ Μηχανική επεξεργασία

Αντλιοστάσιο εισόδου ή ανύψωσης • Μονάδα υποδοχής και προεπεξεργασίας βοθρολυμάτων • Φρεάτιο εισροής • Δεξαμενή προσωρινής αποθήκευσης • Μονάδα εσχάρωσης • Μονάδα εξάμμωσης – λιποσυλλογής • Δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης • Μονάδα μέτρησης παροχής εισροής τύπου Parshall • Κεντρικός αγωγός παράκαμψης by pass

✓ Βιολογική επεξεργασία

Μεριστής αερισμού • Δεξαμενές βιοεπιλογής • Μονάδα αερισμού • Μονάδα αποφωσφόρωσης • Δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης • Αντλιοστάσια ανακυκλοφορίας και περίσσειας ιλύος

✓ Τελική επεξεργασία

Μονάδα Απολύμανσης • Φίλτραυση • Μονάδα μεταερισμού • Αντλιοστάσιο εξόδου • Μονάδα μέτρησης εξερχόμενης παροχής • Φρεάτιο εξόδου/ δειγματοληψίας

✓ Επεξεργασίας ιλύος

Αντλιοστάσιο ιλύος • Δεξαμενή συγκέντρωσης ιλύος • Μονάδα πάχυνσης • Μονάδα αφυδάτωσης • Μονάδα ξήρανσης • Μονάδα ασβεστοποίησης/υγιεινοποίησης • Αντλιοστάσιο στραγγιδίων

✓ Κτίρια λειτουργίας και Βοηθητικά κτίρια

Κτίριο διοίκησης και ελέγχου • Εργαστήριο ποιοτικού ελέγχου λυμάτων • Κτίριο Ενέργειας (Υποσταθμού Ηλεκτρικού Ρεύματος - Η/Ζ - ΓΠΧΤ) • Κτίριο Χημικών Απολύμανσης – Πιεστικού Συγκροτήματος

Στην ΕΕΛ Κρούστας και την ΕΕΛ Πρίνας η επεξεργασία των λυμάτων επιτυγχάνεται με δευτεροβάθμια (βιολογική) επεξεργασία και την μέθοδο της ενεργού ιλύος στη μορφή των μικρών συμπαγών (Compact) τοπικών μονάδων με το σύστημα προσκολλημένης βιομάζας (φίλτρα υφάσματος). Το σύστημα αυτό είναι χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας και χαμηλών απαιτήσεων συντήρησης. Η εγκατάστασεις αποτελούνται από Εσχάρωση, Σηπτική Δεξαμενή, Αντλιοστάσιο

τροφοδοσίας και ανακυκλοφορίας, Σύστημα Προσκολλημένης Βιομάζας με Ανακυκλοφορία, Δεξαμενή απολύμανσης, Μονάδα απόσμισης, Αντλιοστάσιο εκροής, Ηλεκτρομαγνητικό μετρητή παροχής, Κτίριο ελέγχου.

3.2.Επεξεργασία βιομηχανικών λυμάτων ή αποβλήτων και βοθρολυμάτων

Σύμφωνα με τους/ τις υπεύθυνους/ -ες των ΕΕΛ οι πλειοψηφία των εγκαταστάσεων δεν δέχεται και δεν επεξεργάζεται βιομηχανικά λύματα. Αντιθέτως, η ΕΕΛ Θήβας και η ΕΕΛ Λαμίας δέχονται και επεξεργάζονται υγρά απόβλητα από βιομηχανικές μονάδες της περιοχής, χωρίς υπέρβαση της δυναμικότητάς τους. Επίσης, το 65% των ΕΕΛ δέχεται μικρή ποσότητα βοθρολυμάτων (1 έως 5 βυτία/ημέρα) και το 30% των ΕΕΛ δεν δέχεται καθόλου βοθρολύματα, καθώς οι εξυπηρετούμενοι οικισμοί της γύρω περιοχής συνδέονται με τις εγκαταστάσεις μέσω των αποχετευτικών τους δικτύων, ενώ η ΕΕΛ Λαυρίου δέχεται έως 55 βυτία βοθρολυμάτων την ημέρα.

3.3.Επαναχρησιμοποίηση εκροής και παραγόμενη λυματολάσπη (ιλύς)

Οι εκροές των εγκαταστάσεων καταλήγουν σε ποτάμια, ρέματα, τάφρους ή στη θάλασσα, ενώ σε έξι ΕΕΛ γίνεται επαναχρησιμοποίηση του νερού της εγκατάστασης για χρήση εντός των εγκαταστάσεων, καθώς και για άρδευση πρασίνου και καλλιιεργειών. Αξίζει να σημειωθεί ότι έχει εκπονηθεί μελέτη για αναβάθμιση μερικών ΕΕΛ σε μονάδα τριτοβάθμιας επεξεργασίας, ώστε μελλοντικά να επαναχρησιμοποιηθεί η εκροή τους για άρδευση.

Η ημερήσια ποσότητα παραγόμενης ιλύος προέρχεται κυρίως από τη δευτεροβάθμια επεξεργασία, μιας και η ημερήσια ποσότητα πρωτοβάθμιας ιλύος των ΕΕΛ είναι αμελητέα. Το ποσοστό των στερεών δευτεροβάθμιας ιλύος κυμαίνεται από 15% έως 20%, ανάλογα με τη δυναμικότητα της εκάστοτε ΕΕΛ, ενώ σε μερικές ΕΕΛ παράγεται δευτεροβάθμια ιλύς με 1,0% στερεά. Όμως το ποσοστό των στερεών της αφυδατωμένης ιλύος φτάνει το 17 %. Η παραγόμενη λυματολάσπη διατίθεται κυρίως σε ΧΥΤΑ.

3.4.Ενεργειακή αξιολόγηση και ενεργειακή απαίτηση

Αν και η ενεργειακή αξιολόγηση είναι ένα σημαντικό εργαλείο για τη βέλτιστη λειτουργία κάθε ΕΕΛ, στην πλειοψηφία των ΕΕΛ δεν έχει υλοποιηθεί ενεργειακή αξιολόγηση στο παρελθόν, με εξαίρεση την ΕΕΛ Καρδίτσας, την ΕΕΛ Λαμίας και την ΕΕΛ Χρυσούπολης. Όπως αναφέρουν οι υπεύθυνοι/-ες λειτουργίας, στις εγκαταστάσεις δεν γίνεται χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την κάλυψη έστω μέρους της απαιτούμενης ενέργειάς τους, ενώ γίνεται χρήση πετρελαίου για την λειτουργία γεννήτριας ή Η/Ζ σε περίπτωση διακοπών παροχής ηλεκτρικού ρεύματος του δικτύου.

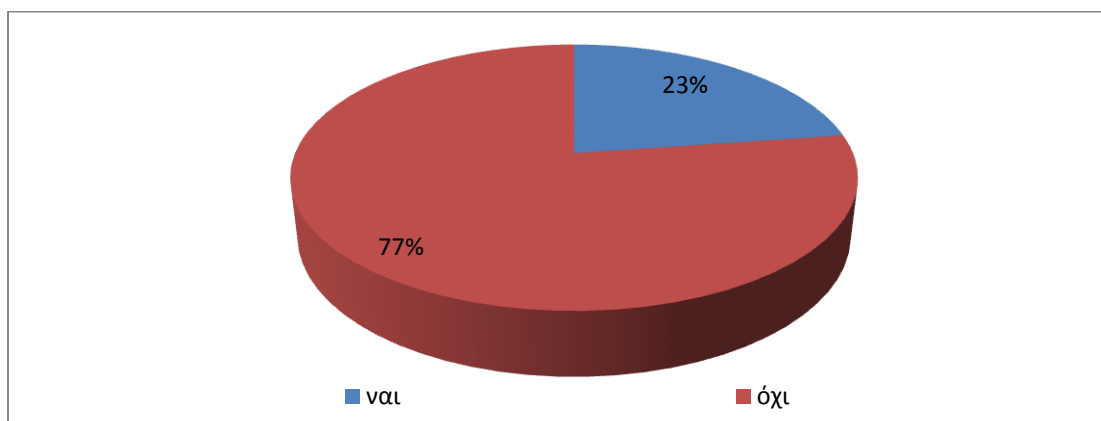
Η κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος διαφέρει από ΕΕΛ σε ΕΕΛ, ανάλογα με τη δυναμικότητά της. Όπως αναφέρεται στο 4^ο κεφάλαιο, η μέση ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος αυξάνεται εκθετικά καθώς αυξάνεται η μέση ετήσια εισερχόμενη παροχή των εξεταζόμενων εγκαταστάσεων, και κυμαίνεται από 18.160 έως 2.644.000 kWh/year με τον μέσο όρο δέκα εννιά (19) εγκαταστάσεων να ανέρχεται στις 653.079,65 kWh/year. Αξίζει να σημειωθεί ότι η πλειοψηφία των εγκαταστάσεων (13 ΕΕΛ) καταναλώνουν κάτω του μέσου όρου και, όπως προκύπτει, έως και το 78% αυτής της ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιείται για τη βιολογική επεξεργασία. καθώς αυξάνεται η εισερχόμενη παροχή των λυμάτων.

4. ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ

Σε αυτό το κεφάλαιο, αρχικά, αναφέρονται συνοπτικά τα στοιχεία, τα οποία προέκυψαν κατά την επεξεργασία των δεδομένων από τις ΕΕΛ που αποτελούνται εξ ολοκλήρου από προκατασκευασμένα συστήματα βιολογικού καθαρισμού (Compact τεχνολογιών). Στη συνέχεια, παρατίθενται σε διαγράμματα και πίνακες τα αποτελέσματα που προέκυψαν κατά την επεξεργασία των δεδομένων των υπόλοιπων εγκαταστάσεων και αφορούν: α) γενικά στοιχεία των ΕΕΛ, β) την συνολική ενεργειακή απαίτηση των εγκαταστάσεων, γ) την προεπεξεργασία και την πρωτοβάθμια επεξεργασία λυμάτων, δ) την δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια επεξεργασία λυμάτων, ε) την επαναχρησιμοποίηση διαυγασμένου νερού και στ) την επεξεργασία της παραγόμενης ιλύος των ΕΕΛ. Πρέπει να αναφερθεί ότι τα δεδομένα που συλλέχθηκαν ποικίλουν ανάλογα με τα στοιχεία που είχαν στη διάθεσή τους οι υπεύθυνοι/-ες λειτουργίας των ΕΕΛ.

4.1. Σύστημα βιολογικού καθαρισμού Compact τεχνολογιών

Μια από τις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου ήταν το αν απαρτίζεται η ΕΕΛ από Compact τεχνολογίες με την πλειοψηφία των απαντήσεων να είναι αρνητικές (βλ. Διάγραμμα 4.1). Σε συνέχεια της ερώτησης σχολιάστηκε από τις ΕΕΛ που απάντησαν θετικά ότι είτε αποτελούνται εξ ολοκλήρου από Compact συστήματα βιολογικού καθαρισμού είτε χρησιμοποιούν Compact σύστημα εσχάρωσης-εξάμμωσης βοθρολυμάτων ή Compact σύστημα προεπεξεργασίας (εσχάρωση-εξάμμωση) ως μέρος της επεξεργασίας των εισερχόμενων στην ΕΕΛ λυμάτων.



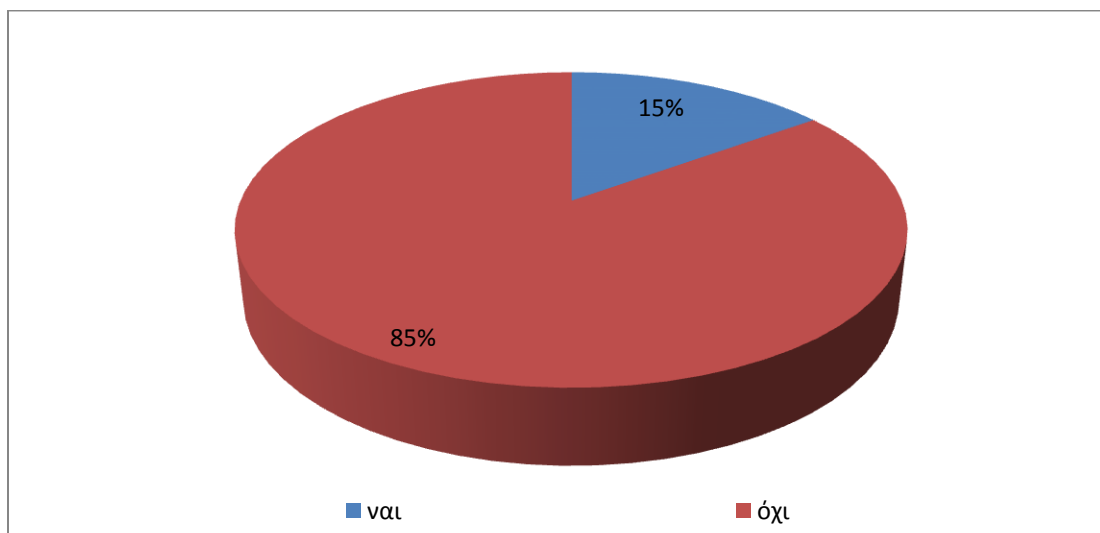
Διάγραμμα 4.1. Ερώτηση 14. Απαρτίζεται η ΕΕΛ από Compact τεχνολογίες;

Οι ΕΕΛ Κρούστας και ΕΕΛ Πρίνας είναι δύο (2) από τις ΕΕΛ που απάντησαν στο ερωτηματολόγιο και αποτελούνται εξ ολοκλήρου από Compact συστήματα βιολογικού καθαρισμού και πιο συγκεκριμένα από Compact σύστημα προσκολλημένης βιομάζας (φίλτρα υφάσματος). Μιας και είναι καινούριες/νεοσύστατες εγκαταστάσεις, δεν έχει υλοποιηθεί ενεργειακή αξιολόγηση της εγκατάστασης ως μέρος έρευνας στο παρελθόν. Οι ΕΕΛ δεν χρησιμοποιούν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για την κάλυψη έστω μέρους της απαιτούμενης ενέργειας, ούτε καύσιμα όπως πετρέλαιο ή φυσικό αέριο και δεν δέχονται βοθρολύματα. Και οι δύο ΕΕΛ διαθέτουν αντλιοστάσιο τροφοδοσίας βιολογικών φίλτρων, με έξι (6) και δύο (2) αντλίες αντίστοιχα. Ενώ η ΕΕΛ Πρίνας δεν διαθέτει εσχάρωση σε αντίθεση με την ΕΕΛ Κρούστας που διαθέτει μια χονδροεσχάρα. Και οι δύο ΕΕΛ δεν έχουν εξαμωτή, λιποσυλλογή και δεξαμενή εξισορρόπησης, όμως διαθέτουν σηπτική δεξαμενή, η οποία προηγείται των μονάδων προσκολλημένης βιομάζας. Η απολύμανση επιτυγχάνεται

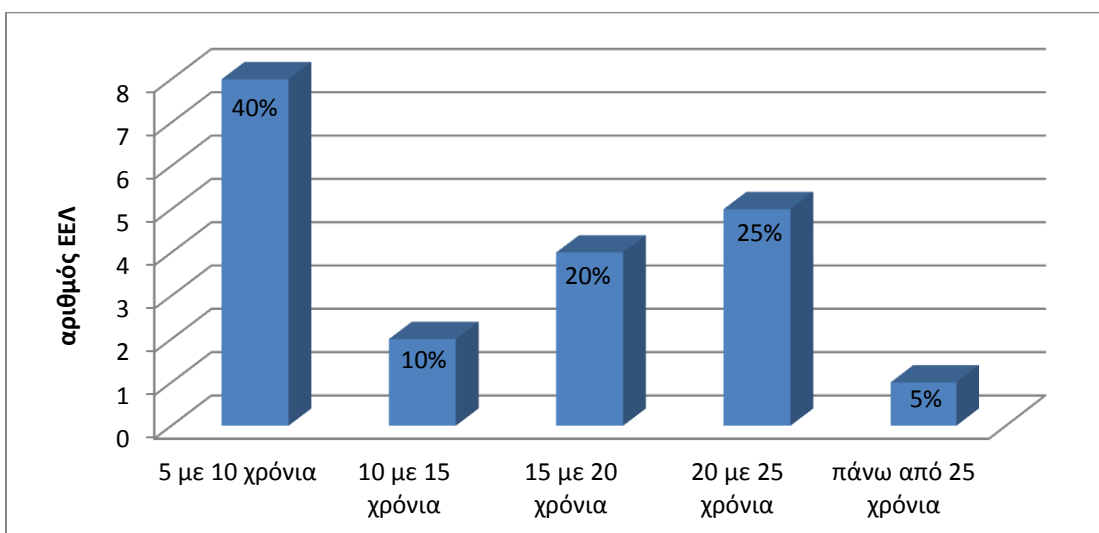
με χρήση αναλογικού χλωριωτή με "ταμπλέτες" $\text{Ca}(\text{OCl})_2$. Το διανυγασμένο νερό χρησιμοποιείται εν τέλει για άρδευση της φυτοκάλυψης της ΕΕΛ και πρανών υδρορέματος. Η παραγόμενη ύλη είναι σχεδόν αμελητέα. Ας σημειωθεί ότι δεν συμπεριλαμβάνονται οι απαντήσεις των δύο αυτών ΕΕΛ στα συγκεντρωτικά διαγράμματα που ακολουθούν, αλλά για συγκριτικούς σκοπούς παρατίθενται στο τέλος κάποιων ραβδογραμμάτων με αστερίσκο (*).

4.2. Γενικά στοιχεία για τις ΕΕΛ

Σχετικά με τα γενικά στοιχεία των ΕΕΛ, αρχικά, ερωτήθηκε εάν έχει υλοποιηθεί ενεργειακή αξιολόγηση στην εγκατάσταση στο παρελθόν. Από τις είκοσι (20) εξεταζόμενες ΕΕΛ δεκαεπτά (17) απάντησαν αρνητικά και μόνο τρεις (3) απάντησαν θετικά, ποσοστό χαμηλό, όπως βλέπουμε στο Διάγραμμα 4.2. Στην συνέχεια ερωτήθηκε το διάστημα που λειτουργεί η ΕΕΛ και τα αποτελέσματα μετά την επεξεργασία των απαντήσεων παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 4.3. Αξιόλογο είναι το γεγονός ότι το 40% των υπό εξέταση εγκαταστάσεων είναι νεοσύστατες ΕΕΛ με το πολύ 10 χρόνια λειτουργίας και το 30% των υπό εξέταση εγκαταστάσεων λειτουργούν πάνω από 20 χρόνια.

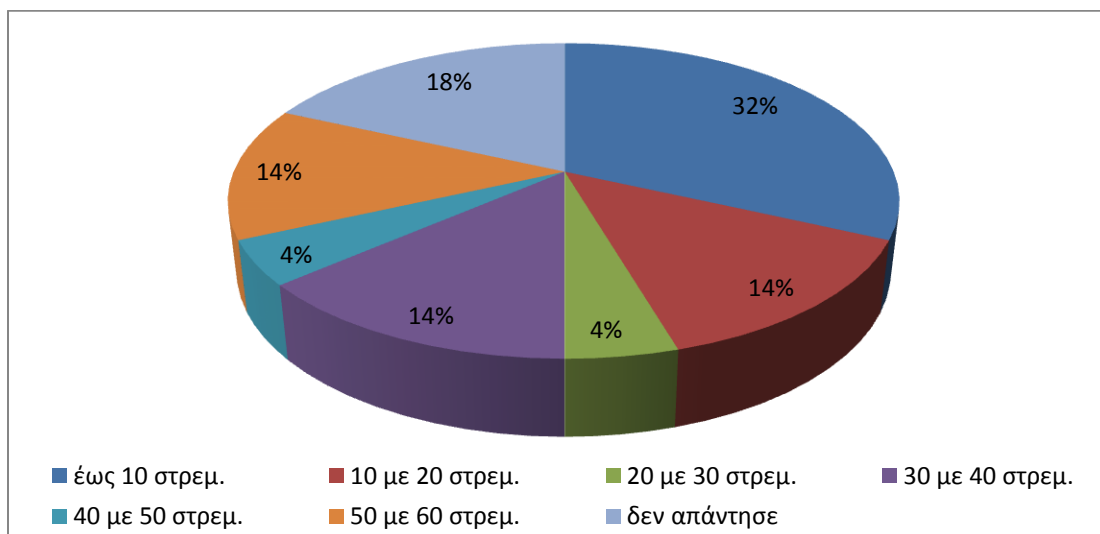


Διάγραμμα 4.2. Έχει υλοποιηθεί ενεργειακή αξιολόγηση της εγκατάστασης στο παρελθόν;



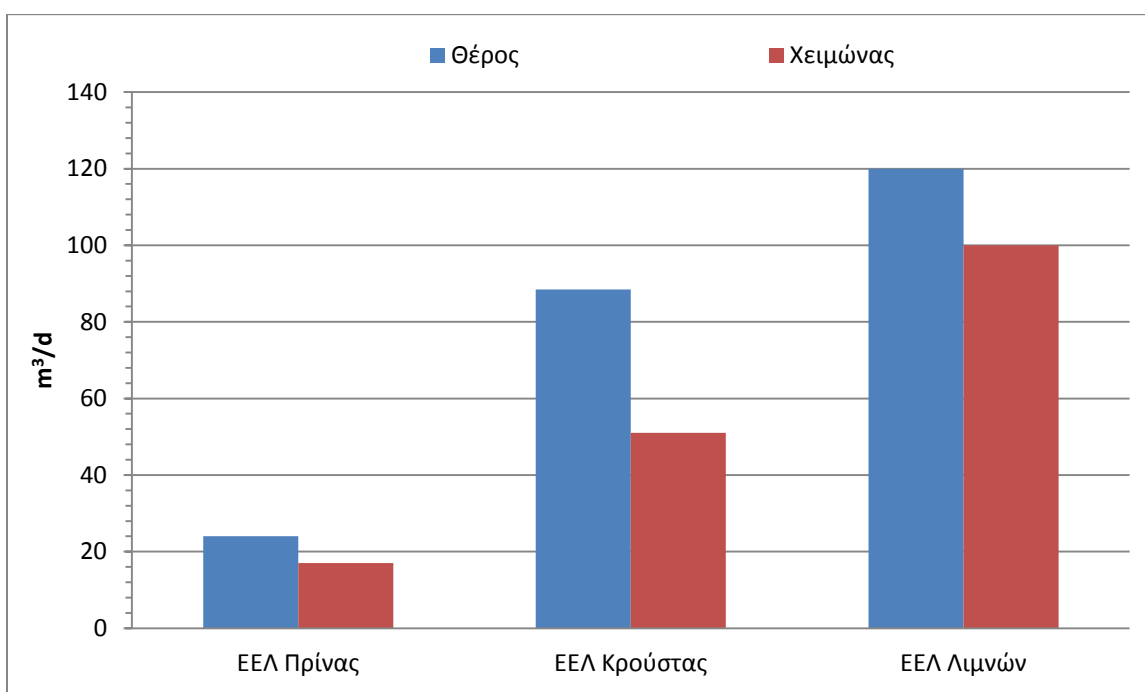
Διάγραμμα 4.3. Ερώτηση 7: Πόσα χρόνια λειτουργεί η ΕΕΛ;

Στην ερώτηση που αφορούσε το συνολικό εμβαδόν της ΕΕΛ οι απαντήσεις, όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 4.4, ήταν ποικίλες με τις περισσότερες εγκαταστάσεις να καταλαμβάνουν εκτάσεις έως και 10 στρεμμάτων.

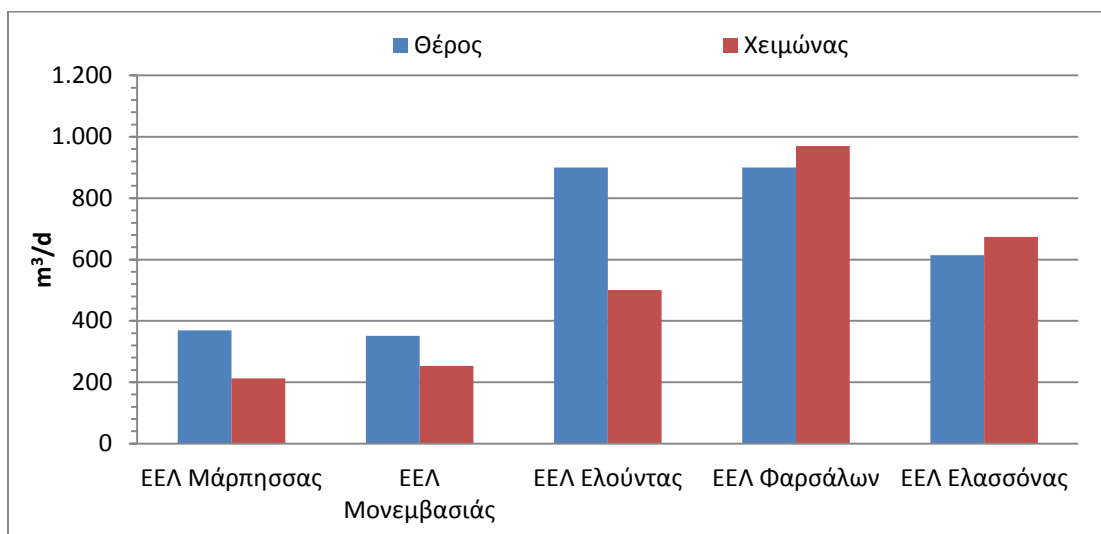


Διάγραμμα 4.4. Ερώτηση 8: Ποιό είναι το συνολικό εμβαδόν της ΕΕΛ;

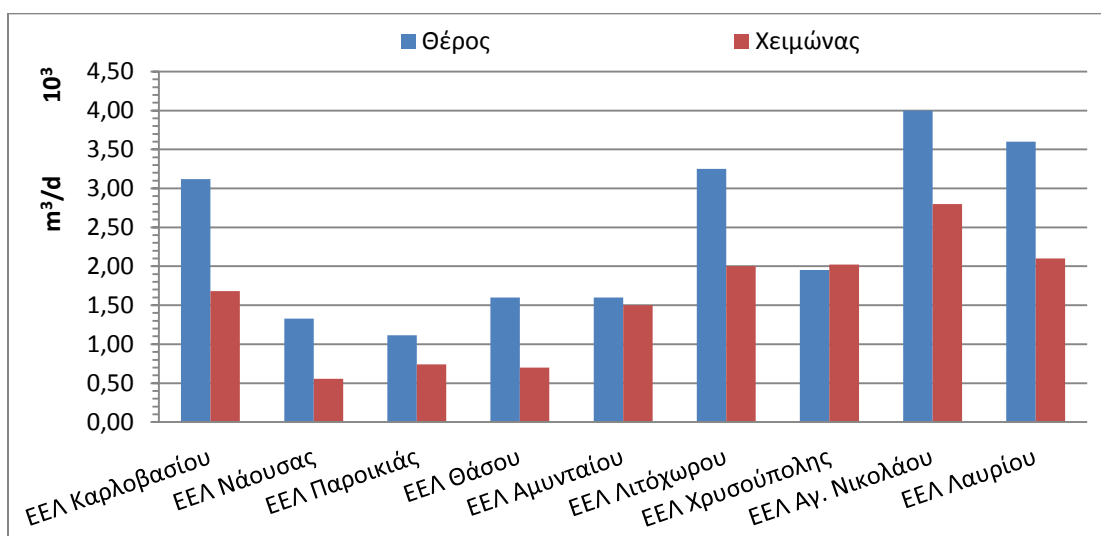
Επίσης, ερωτήθηκε η μέση παροχή εισόδου στην ΕΕΛ για το θέρος και τον χειμώνα. Στο Διάγραμμα 4.5 βλέπουμε τις απαντήσεις των ΕΕΛ με παροχή μικρότερη των 150 m³/day, στο Διάγραμμα 4.6 με παροχή μικρότερη των 1.000 m³/day, στο Διάγραμμα 4.7 με παροχή μεταξύ 1.000 και 5.000 m³/day, και στο Διάγραμμα 4.8 βλέπουμε τις απαντήσεις των ΕΕΛ με παροχή μεγαλύτερη των 5.000 m³/day. Η κατανομή των εγκαταστάσεων έγινε και βάσει του εξυπηρετούμενου ισοδύναμου πληθυσμού. Έπειτα, ερωτήθηκε ο εξυπηρετούμενος ισοδύναμος πληθυσμός της ΕΕΛ για το θέρος και τον χειμώνα και τα αποτελέσματα μετά την επεξεργασία των απαντήσεων φαίνονται στον Πίνακα 4.1.



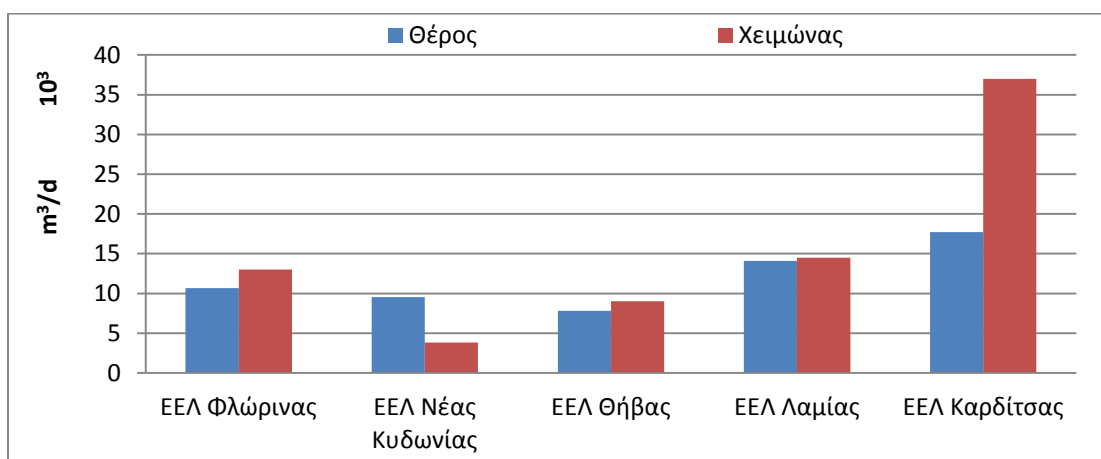
Διάγραμμα 4.5. Μέση παροχή εισόδου (<150 m³/day)



Διάγραμμα 4.6. Μέση παροχή εισόδου ($<1,000 \text{ m}^3/\text{day}$)



Διάγραμμα 4.7. Μέση παροχή εισόδου ($1,000 \text{ και } 5,000 \text{ m}^3/\text{day}$)

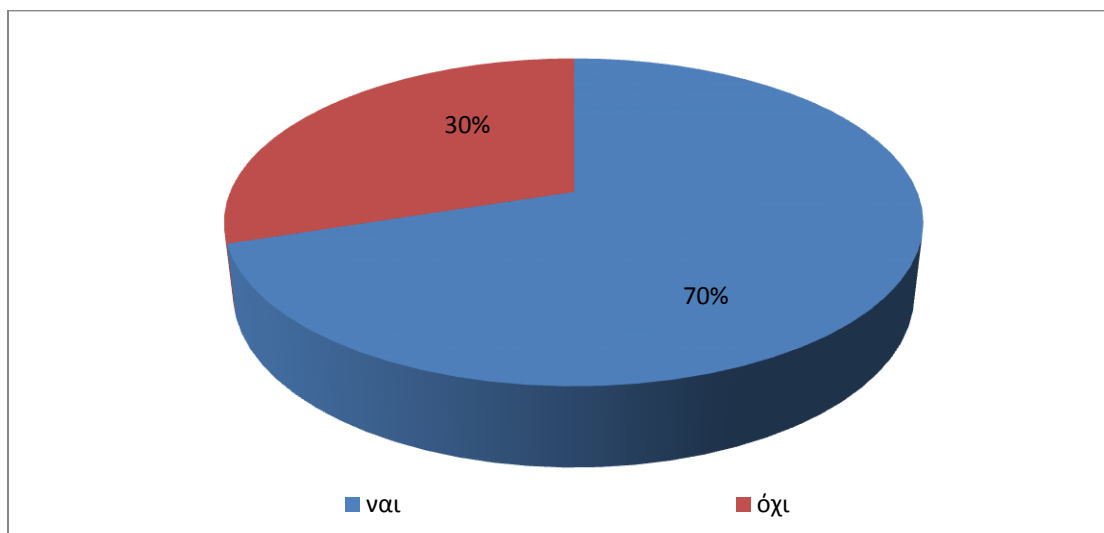


Διάγραμμα 4.8. Μέση παροχή εισόδου ($>5,000 \text{ m}^3/\text{day}$)

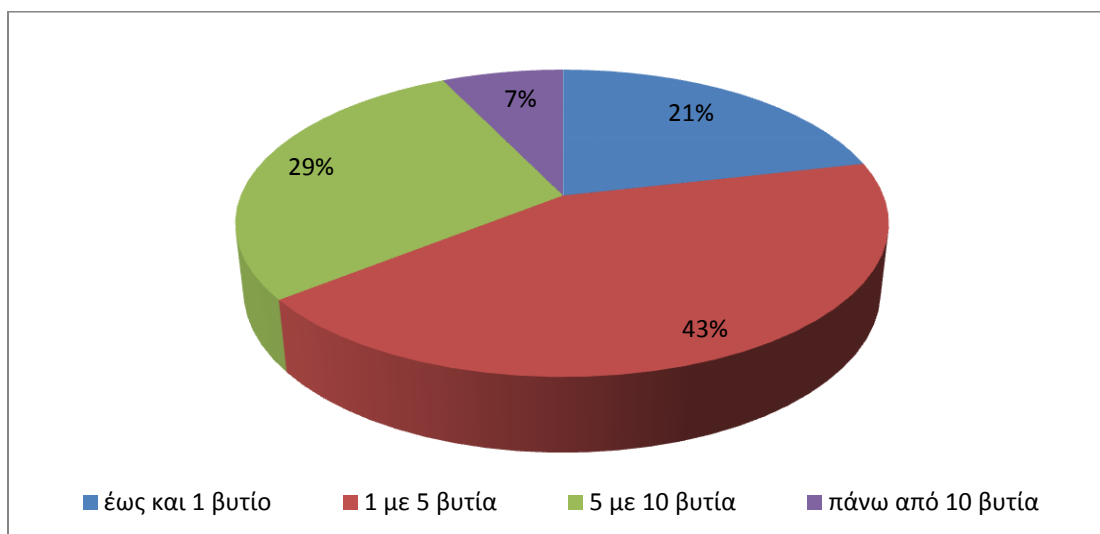
Ονομασία της ΕΕΛ	Μέσος εξυπηρετούμενος ισοδύναμος πληθυσμός (ΠΠ)
ΕΕΛ Μάρπησσας	1.157
ΕΕΛ Μονεμβασιάς	1.572
ΕΕΛ Νάουσας	2.555
ΕΕΛ Παροικιάς	3.215
ΕΕΛ Θάσου	4.000
ΕΕΛ Ελούντας	4.350
ΕΕΛ Αμυνταίου	5.350
ΕΕΛ Φαρσάλων	5.400
ΕΕΛ Λιτόχωρου	7.000
ΕΕΛ Ελασσόνας	12.225
ΕΕΛ Χρυσούπολης	14.220
ΕΕΛ Αγίου Νικολάου	22.000
ΕΕΛ Λαυρίου	25.500
ΕΕΛ Φλώρινας	26.000
ΕΕΛ Νέας Κυδωνίας	35.934
ΕΕΛ Θήβας	40.000
ΕΕΛ Λαμίας	46.550
ΕΕΛ Καρδίτσας	56.050

Πίνακας 4.1. Μέσος εξυπηρετούμενος ισοδύναμος πληθυσμός

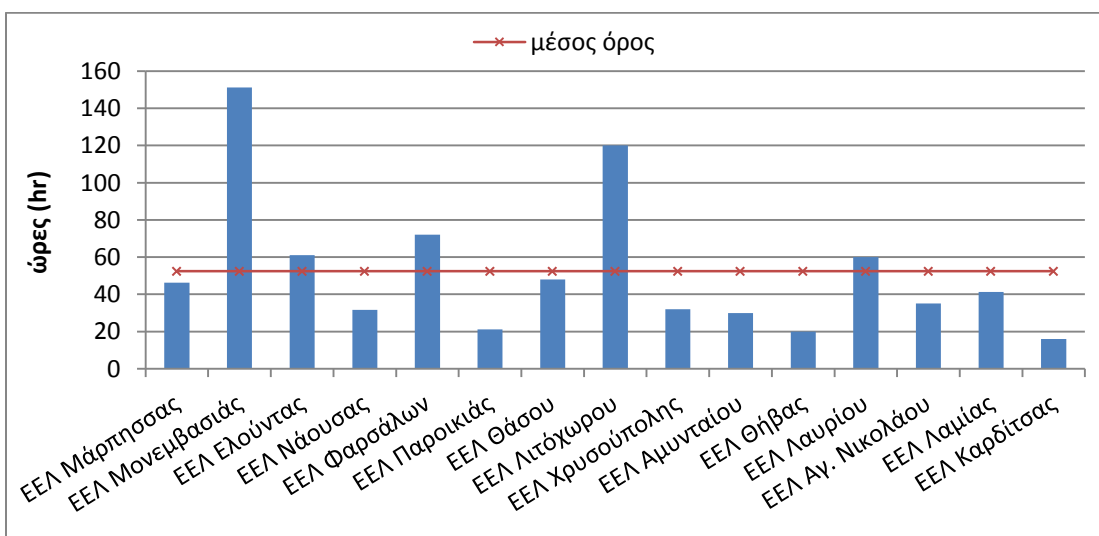
Έπειτα, ερωτήθηκε αν δέχεται η ΕΕΛ βοθρολύματα με την πλειοψηφία να απαντά θετικά. (βλ. Διάγραμμα 4.9). Σε συνέχεια της ερώτησης ζητήθηκε ο αριθμός των βυτίων που κατά μέσο όρο δέχονται καθημερινά. Ύστερα από την επεξεργασία των απαντήσεων προέκυψε ότι οι ΕΕΛ δέχονται έως 10 βυτία βοθρολυμάτων την ημέρα, με εξαίρεση την ΕΕΛ του Λαυρίου που δέχεται 55 βυτία ημερησίως (βλ. Διάγραμμα 4.10). Στην ερώτηση που αφορούσε τον μέσο χρόνο υδραυλικής παραμονής στο σύνολο της εγκατάστασης, οι απαντήσεις ήταν ποικίλες, όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 4.11. Παρατηρείται μια σχετική μείωση του χρόνου παραμονής, καθώς αυξάνεται η εισερχόμενη παροχή των ΕΕΛ.



Διάγραμμα 4.9. Δέχεται η ΕΕΛ βοθρολύματα;

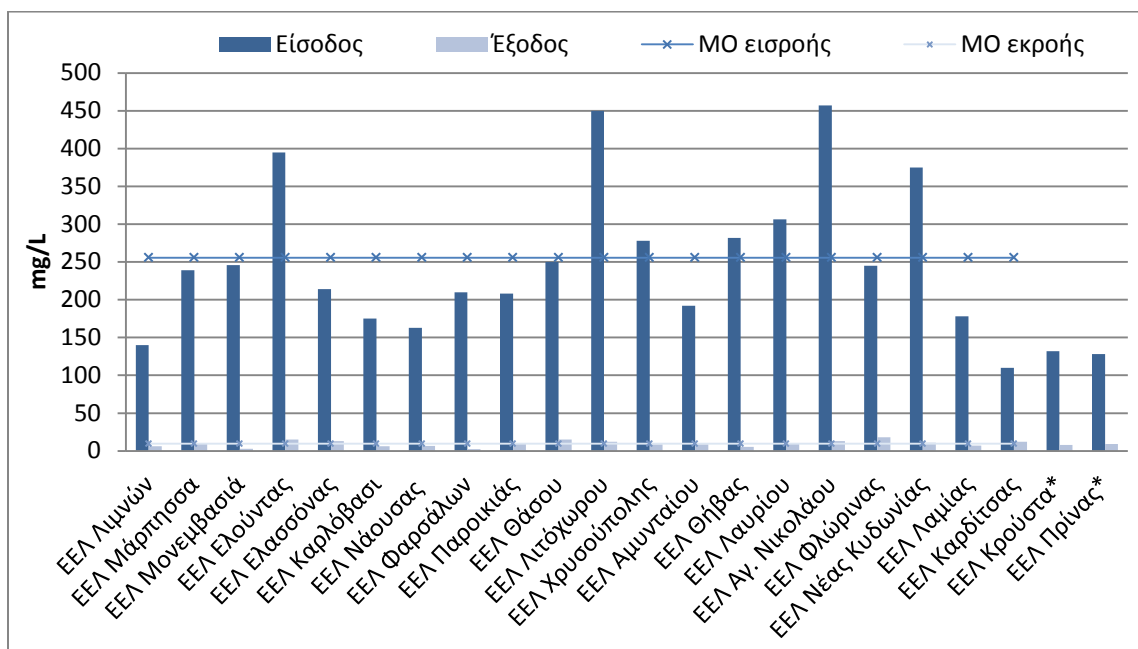


Διάγραμμα 4.10. Πόσα βυτία την ημέρα κατά μέσο όρο;

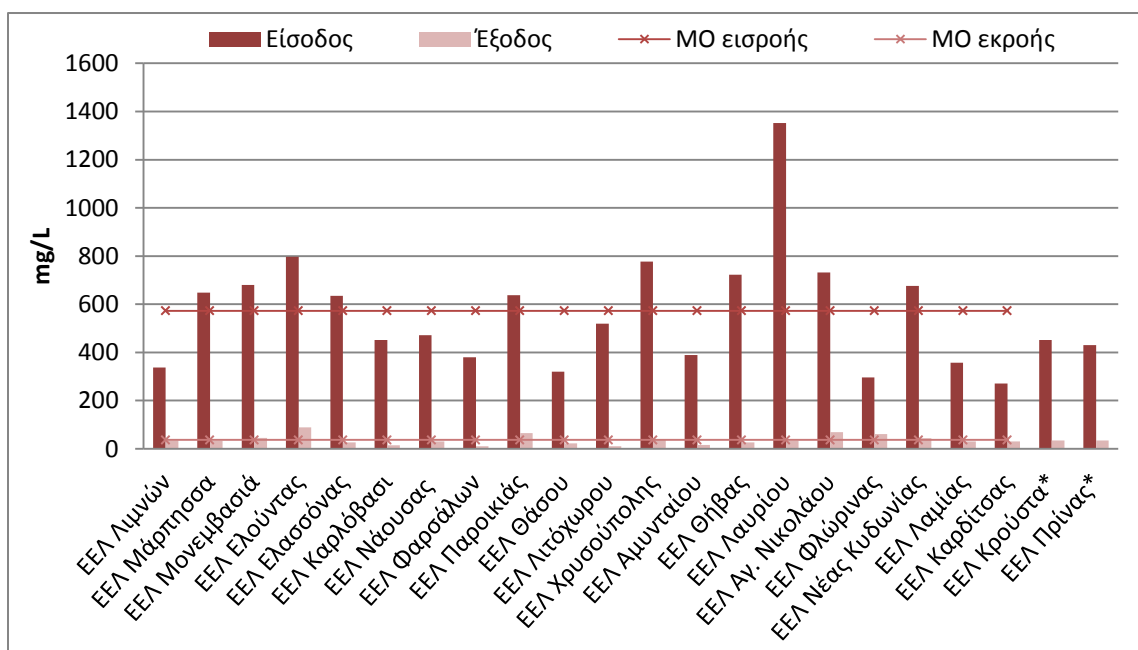


Διάγραμμα 4.11. Χρόνος υδραυλικής παραμονής στο σύνολο της εγκατάστασης

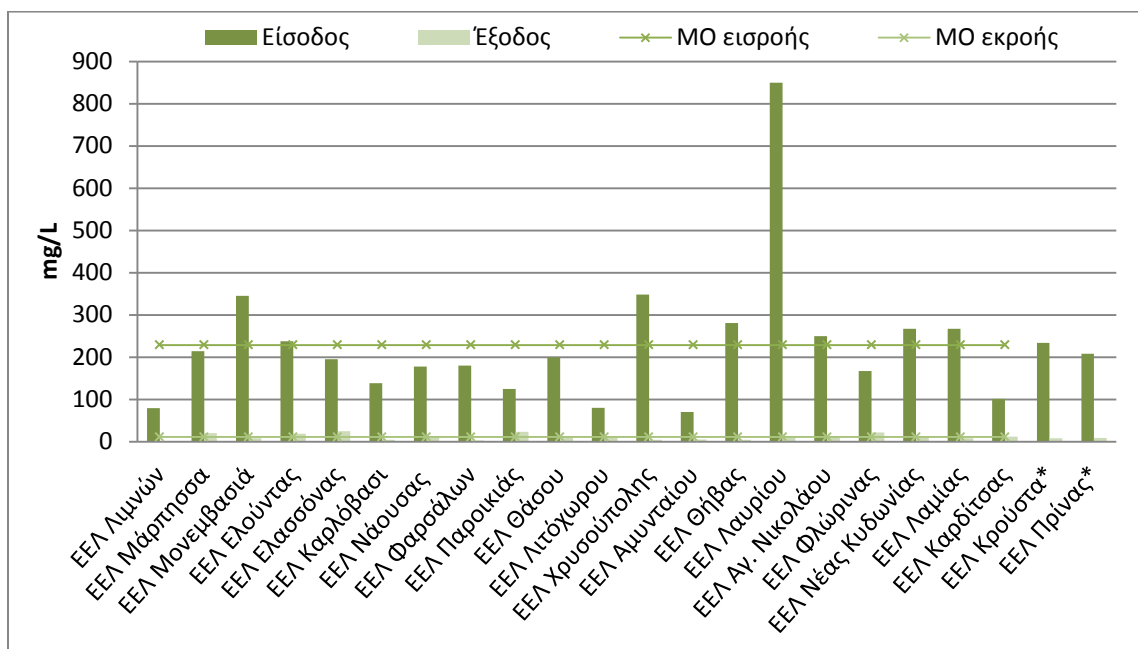
Εκτός αυτού, στην ερώτηση που αφορούσε τα ποιοτικά χαρακτηριστικά εισόδου και εξόδου της κάθε ΕΕΛ για το 2016, οι απαντήσεις ήταν ποικίλες (βλ. Διάγραμμα 4.12 έως 4.17). Γενικά, παρατηρείται μια ικανοποιητική και μέσα στα όρια της νομοθεσίας απομάκρυνση του BOD₅, του COD, των TSS, του T-N, του T-P, καθώς και καλό επίπεδο pH. Επίσης, φαίνεται να μην υπάρχει κάποια γραμμική σχέση μεταξύ των εξεταζόμενων χαρακτηριστικών και την μέση ετήσια εισερχόμενη παροχή των εγκαταστάσεων.



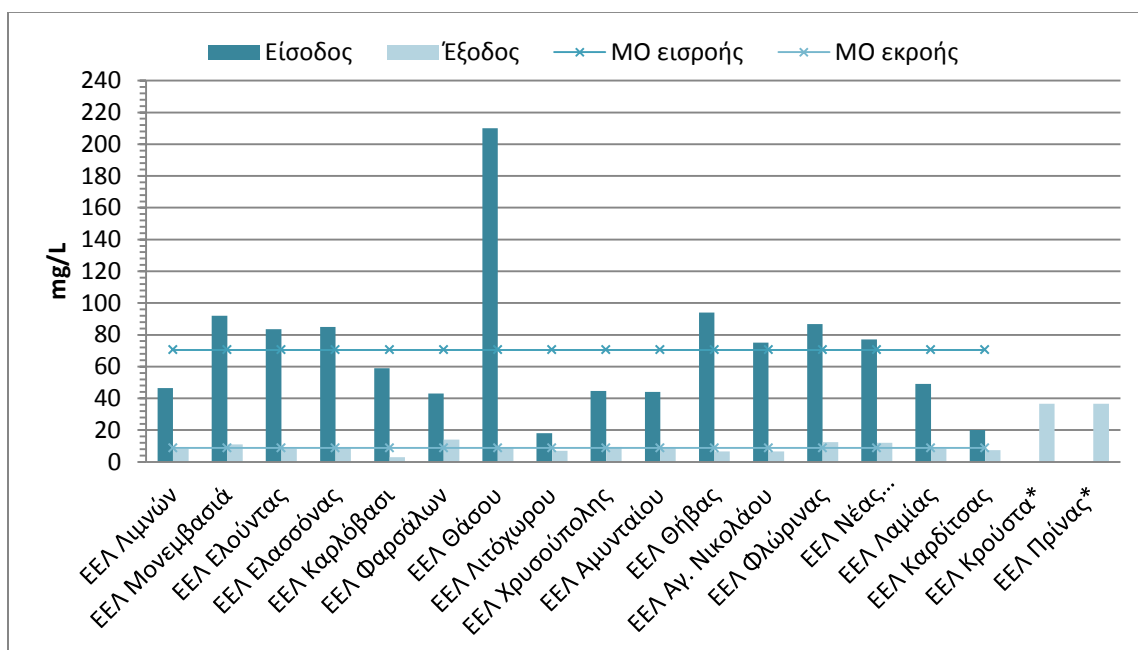
Διάγραμμα 4.12. BOD₅ εισροής και εκροής των ΕΕΑ



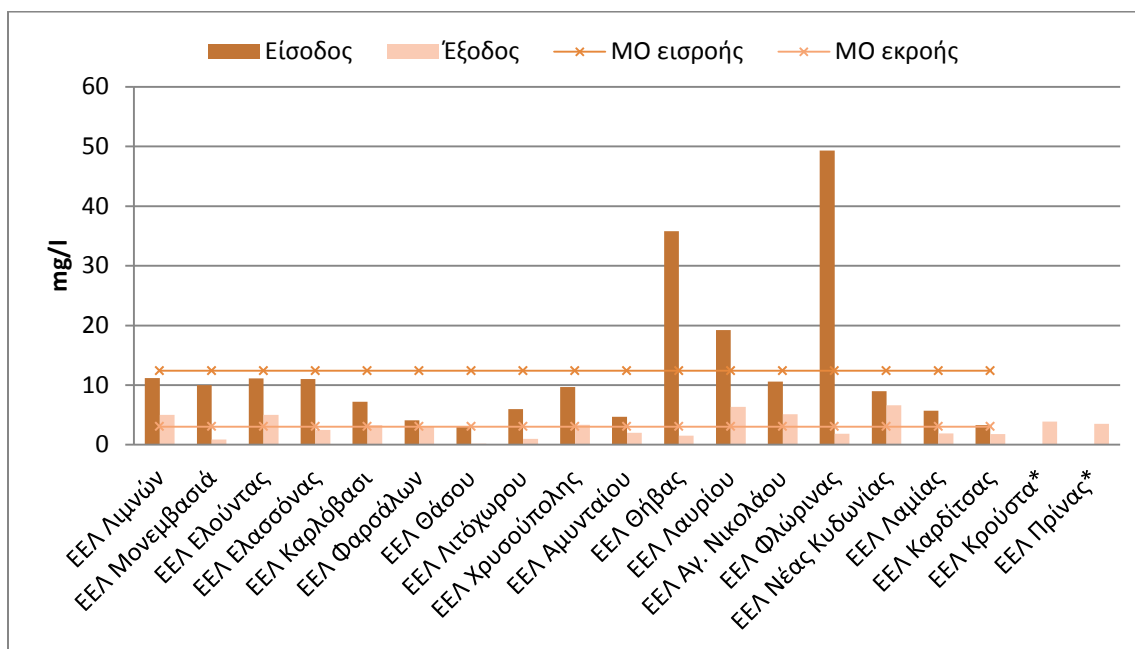
Διάγραμμα 4.13. COD εισροής και εκροής των ΕΕΑ



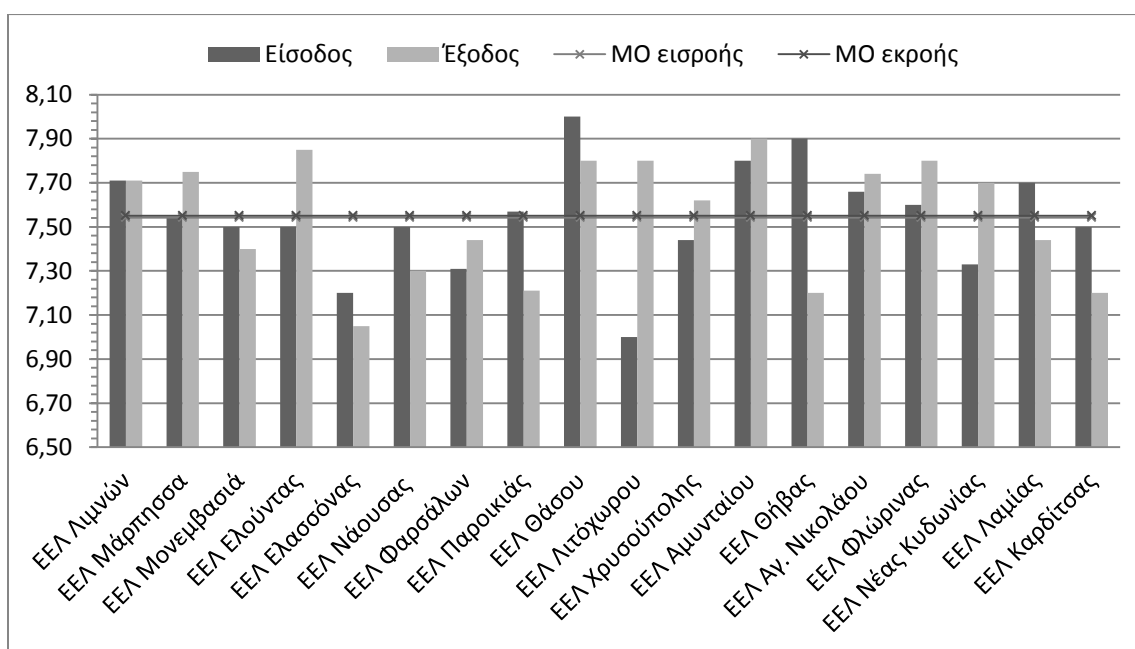
Διάγραμμα 4.14. TSS εισροής και εκροής των ΕΕΛ



Διάγραμμα 4.15. T-N εισροής και εκροής των ΕΕΛ



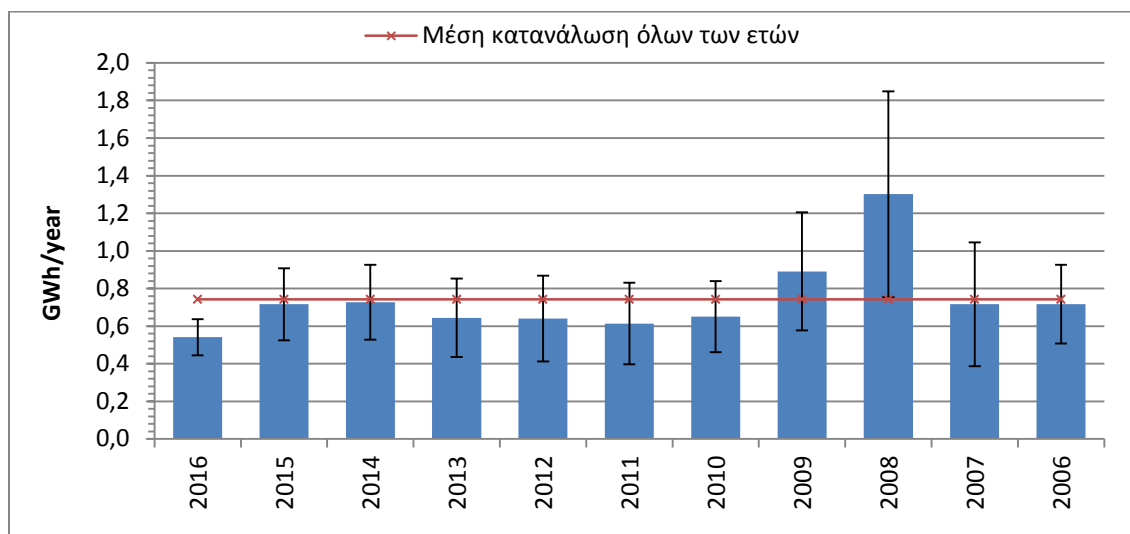
Διάγραμμα 4.16. T-P εισροής κι εκροής των ΕΕΛ



Διάγραμμα 4.17. Ph εισροής και εκροής των ΕΕΛ

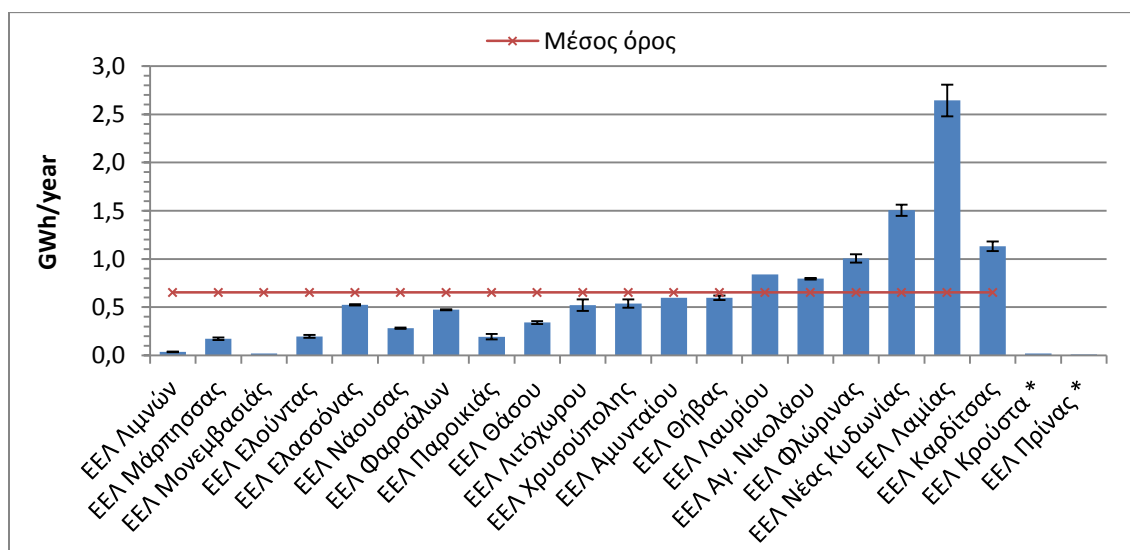
4.3. Συνολική ενεργειακή απαίτηση των εγκαταστάσεων.

Αρχικά, ζητήθηκε η συνολική ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος (kWh/year) σε βάθος 10ετίας. Κατά την επεξεργασία των δεδομένων διαπιστώθηκε ότι το 2008, που είχαμε το μικρότερο δείγμα, ήταν κατά μέσο όρο η χρονιά με τη μεγαλύτερη απαίτηση ενέργειας για τις ΕΕΛ, ενώ απαιτήθηκε 32-58% λιγότερη ενέργεια για τη λειτουργία των εγκαταστάσεων τις υπόλοιπες χρονιές (βλ. Διάγραμμα 4.18).



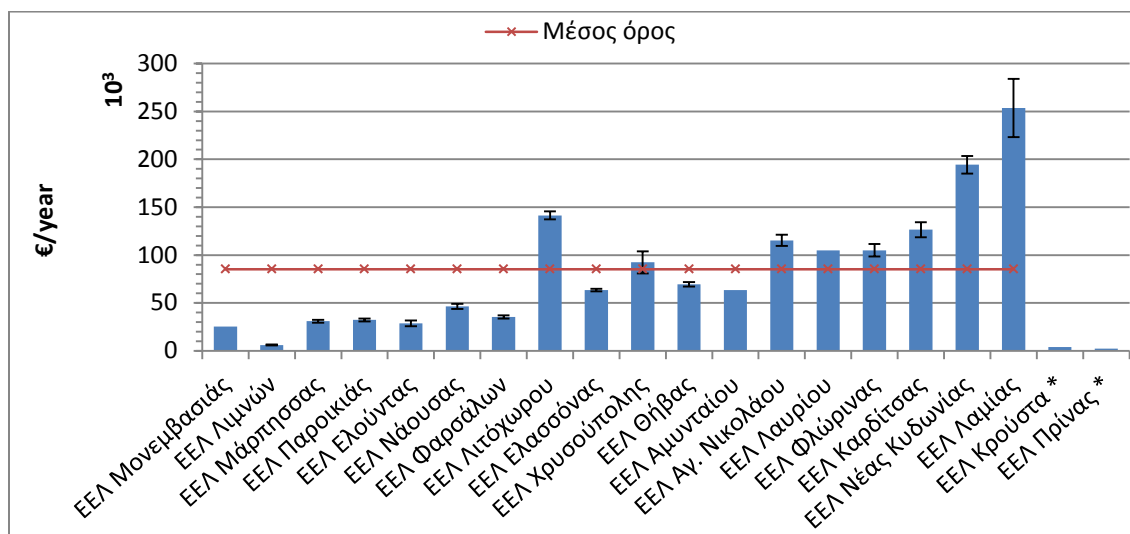
Διάγραμμα 4.18. Μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας και ο μέσος όρος.

Επίσης, παρατηρήθηκε ότι μέση ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος των ΕΕΛ αυξάνεται εκθετικά καθώς αυξάνεται η μέση ετήσια εισερχόμενη παροχή των εγκαταστάσεων (βλ. Διάγραμμα 4.19). Ο μέσος όρος των δέκα εννιά (19) εγκαταστάσεων ανέρχεται στις 653.079,65 kWh/year.



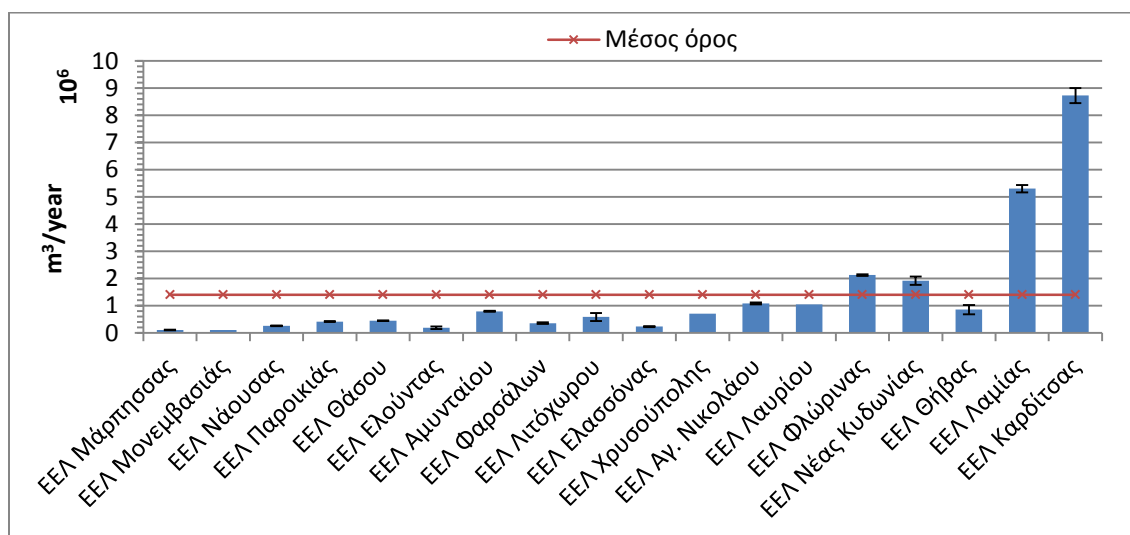
Διάγραμμα 4.19. Μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας των ΕΕΛ και ο μέσος όρος.

Έπειτα, ζητήθηκε το συνολικό ετήσιο κόστος του ηλεκτρικού ρεύματος (€/year) σε βάθος 10ετίας. Συσχετίζοντας το ετήσιο κόστος με την ετήσια κατανάλωση ενέργειας αντίστοιχα για κάθε ΕΕΛ, προέκυψε το Διάγραμμα 4.20, που ακολουθεί. Παρατηρείται μια αύξηση του κόστους, καθώς αυξάνεται η μέση ετήσια κατανάλωση στις εγκαταστάσεις με τον μέσο όρο δέκα οκτώ (18) εγκαταστάσεων να ανέρχεται στα 85.277,55€/year.



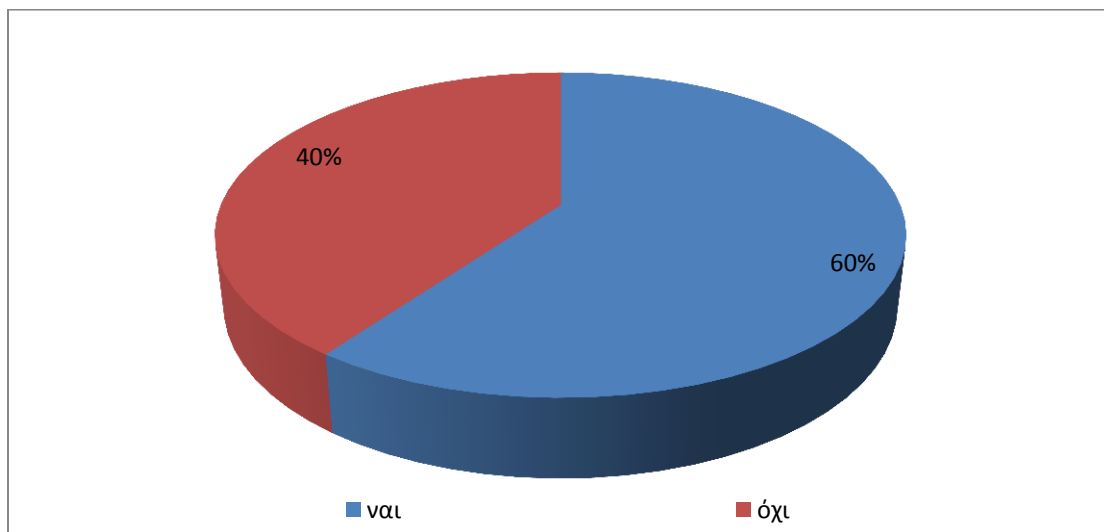
Διάγραμμα 4.20. Μέσο ετήσιο κόστος ηλεκτρικού ρεύματος των ΕΕΑ και μέσος όρος

Εκτός αυτών, ζητήθηκε και η ετήσια παροχή εισερχόμενων λυμάτων (m^3/year) σε βάθος 10ετίας. Κατά την επεξεργασία των δεδομένων διαπιστώθηκε ότι η μέση ετήσια παροχή λυμάτων των ΕΕΑ αυξάνεται εκθετικά καθώς αυξάνεται αντίστοιχα ο εξυπηρετούμενος ισοδύναμος πληθυσμός στις εγκαταστάσεις (Διάγραμμα 4.21).



Διάγραμμα 4.21. Μέση ετήσια εισερχόμενη παροχή λυμάτων των ΕΕΑ και μέσος όρος

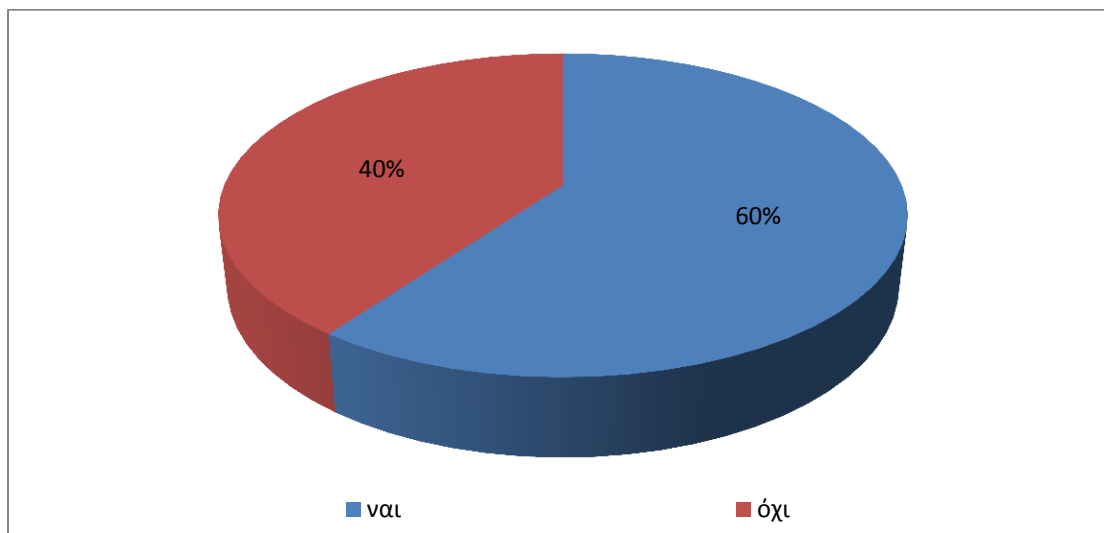
Τέλος, στην ερώτηση που αφορούσε το εάν γίνεται χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την κάλυψη έστω μέρους της απαιτούμενης ενέργειας, όλες οι απαντήσεις ήταν αρνητικές. Ακολούθως, στην ερώτηση που αφορούσε το εάν γίνεται χρήση καυσίμων (όπως πετρέλαιο ή φυσικό αέριο), δώδεκα (12) ΕΕΑ απάντησαν θετικά (βλ. Διάγραμμα 4.22) ότι κάνουν χρήση πετρελαίου κυρίως για λειτουργία εφεδρικού ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους και κατόπιν για θέρμανση στο κτίριο Διοίκησης.



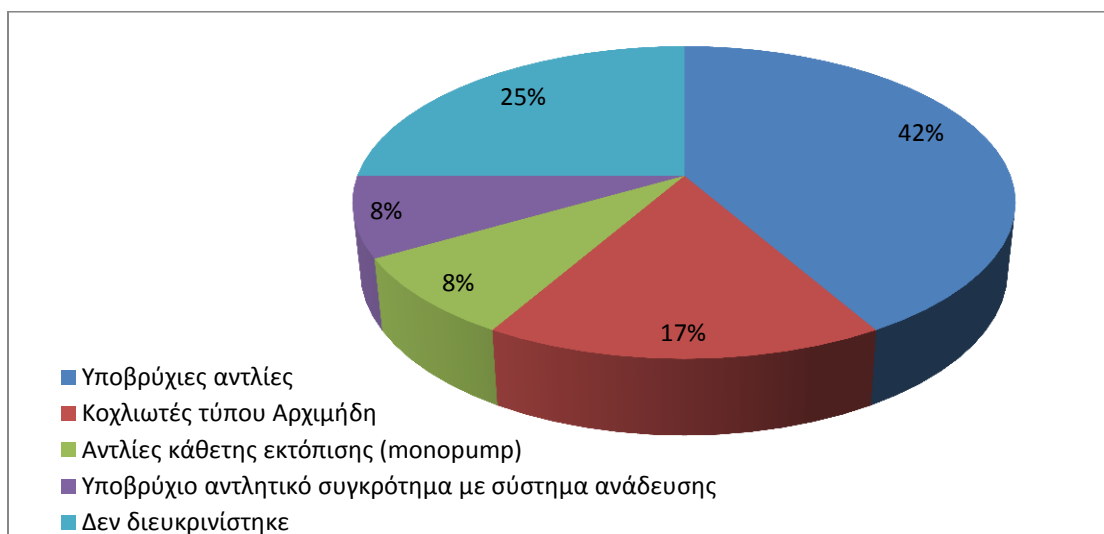
Διάγραμμα 4.22. Ερώτηση 6: Γίνεται χρήση καυσίμων (όπως πετρέλαιο ή φυσικό αέριο);

4.4. Προεπεξεργασία & Πρωτοβάθμια επεξεργασία εισερχόμενων λυμάτων

Σχετικά με τις μονάδες επεξεργασίας των λυμάτων, αρχικά, ερωτήθηκε εάν διαθέτει η ΕΕΛ αντλιοστάσιο ανύψωσης, το είδος και ο αριθμός των αντλιών. Οι απαντήσεις φαίνονται στα Διαγράμματα 4.23 και 4.24. Κατά την επεξεργασία των δεδομένων διαπιστώθηκε ότι οι ΕΕΛ χρησιμοποιούν από δύο (2) έως τέσσερις (4) αντλίες ανύψωσης διαφόρων τύπων ανάλογα με τις ανάγκες τους.

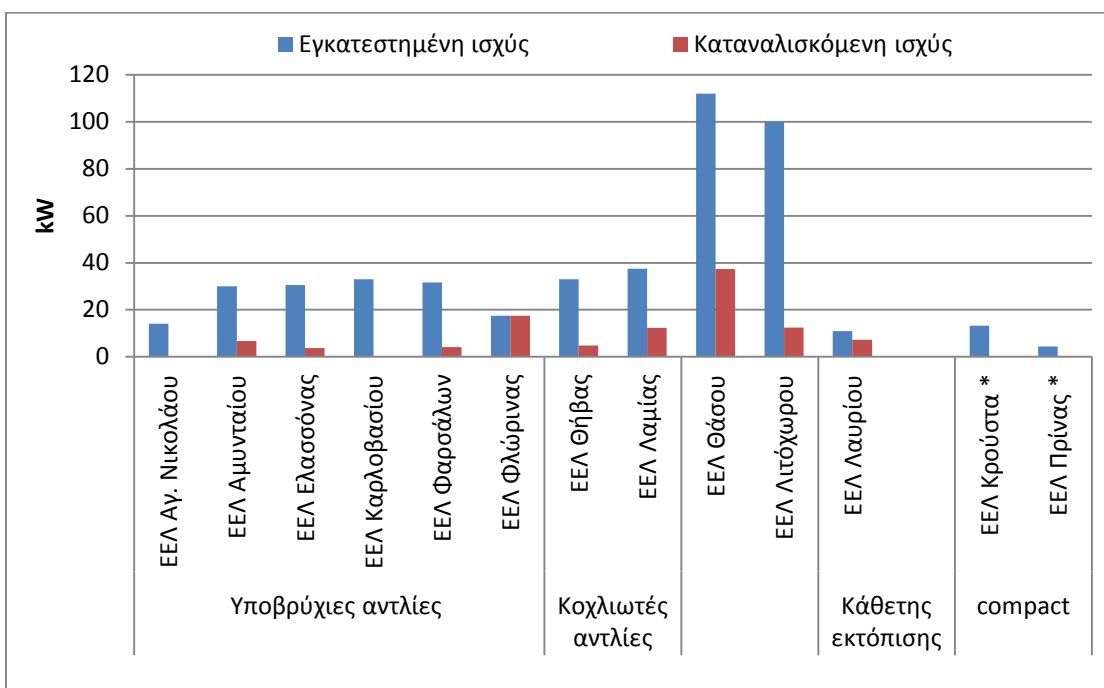


Διάγραμμα 4.23. Ερώτηση 15.: Έχει η ΕΕΛ αντλιοστάσιο ανύψωσης;

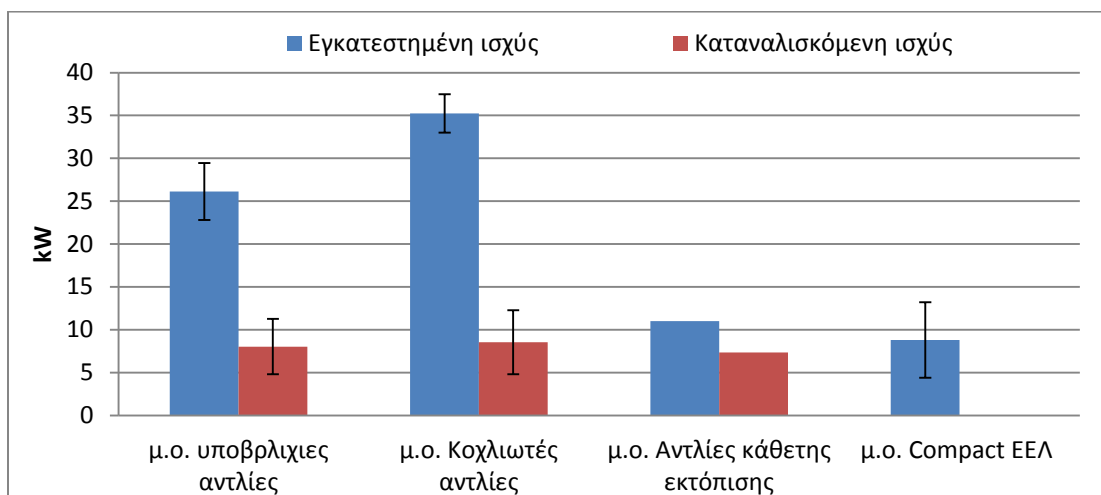


Διάγραμμα 4.24. Είδος αντλιών

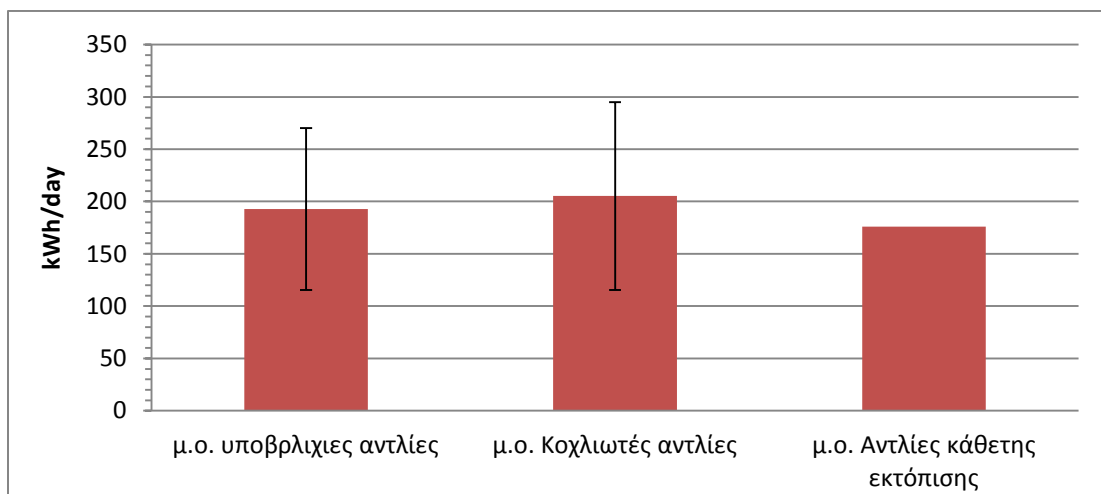
Επίσης, ζητήθηκε η συνολική εγκατεστημένη και καταναλισκόμενη ισχύς, καθώς και οι ώρες λειτουργίας των αντλιών ανά 24ωρο. Κατά την επεξεργασία των δεδομένων οι ΕΕΛ χωρίστηκαν σε κατηγορίες ανάλογα με το είδος αντλιών που χρησιμοποιούν και έτσι προκύπτουν τα ακόλουθα τρία διαγράμματα. Στο Διαγράμματα 4.25 παρατηρείται ότι η καταναλισκόμενη ισχύς είναι επί το πλείστον κατά πολύ μικρότερη από ότι η εγκατεστημένη. Ακόμα, είναι διακριτό ότι η μέση καταναλισκόμενη ισχύς βρίσκεται σε παρόμοια επίπεδα για όλα τα είδη αντλιών (βλ. Διάγραμμα 4.26), όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 4.27, όπου παρουσιάζεται σε kWh/day ο μέσος όρος της καταναλισκόμενης ενέργειας ανάλογα με το είδος των αντλιών.



Διαγράμματα 4.25. Εγκατεστημένη και καταναλισκόμενη ισχύς για άντληση ανά ΕΕΛ σε kW

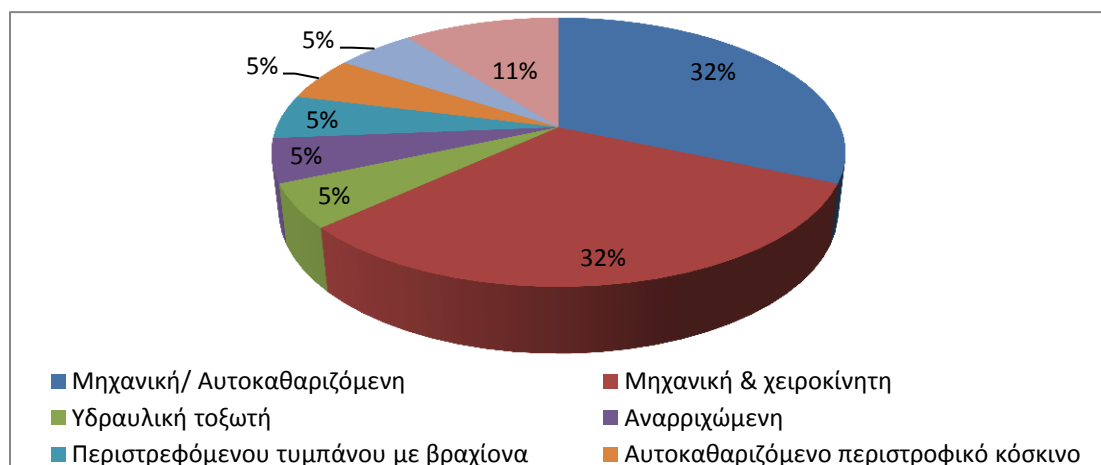


Διάγραμμα 4.26. Μέσος όρος εγκατεστημένης και καταναλισκόμενης ισχύος για άντληση σε kW



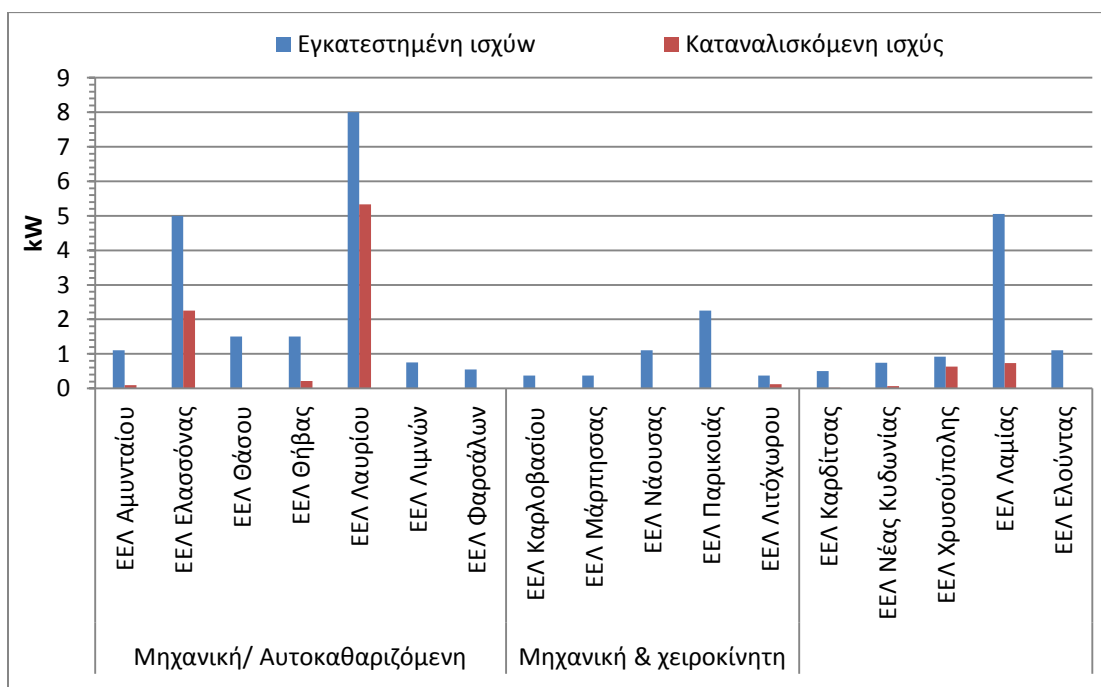
Διάγραμμα 4.27. Μέσος όρος καταναλισκόμενης ενέργειας για άντληση σε kWh/day

Στη συνέχεια, ερωτήθηκε εάν διαθέτει η ΕΕΛ μονάδα εσχάρωσης και ο τύπος εσχάρας. Όλες οι απαντήσεις ήταν θετικές με δημοφιλέστερη επιλογή εσχάρας, όπως απεικονίζεται στο Διάγραμμα 4.28, αυτή της μηχανικής ή αυτοκαθοριζόμενης εσχάρας ή και σε συνδυασμό με μια χειροκίνητη εσχάρα, η οποία ήταν συνήθως εφεδρική.

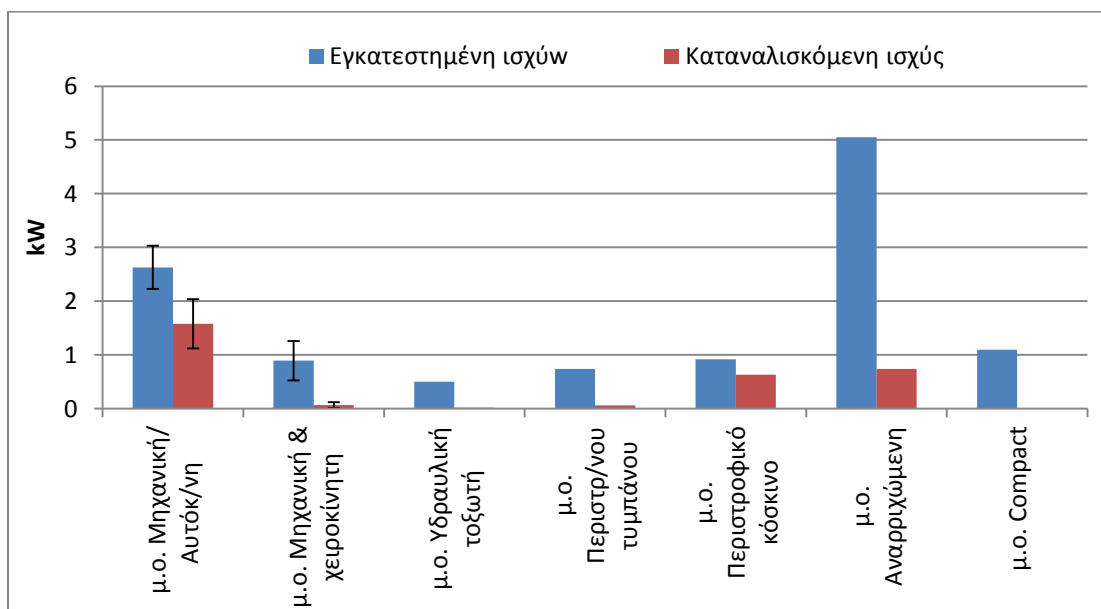


Διάγραμμα 4.28. Τύπος εσχάρας.

Επίσης, ζητήθηκε η συνολική εγκατεστημένη και καταναλισκόμενη ισχύς, καθώς και οι ώρες λειτουργίας ανά 24ωρο. Κατά την επεξεργασία των δεδομένων οι ΕΕΛ χωρίστηκαν σε κατηγορίες ανάλογα με τον τύπο των εσχάρων που χρησιμοποιούν και έτσι προκύπτουν τα παρακάτω τρία διαγράμματα. Στο Διαγράμματα 4.29 παρατηρείται ότι η καταναλισκόμενη ισχύς είναι επί το πλείστον μικρότερη από ότι η εγκατεστημένη. Ακόμα, είναι διακριτό ότι η μέση καταναλισκόμενη ισχύς δεν βρίσκεται σε παρόμοια επίπεδα για όλους τους τύπους εσχάρων, όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 4.30.

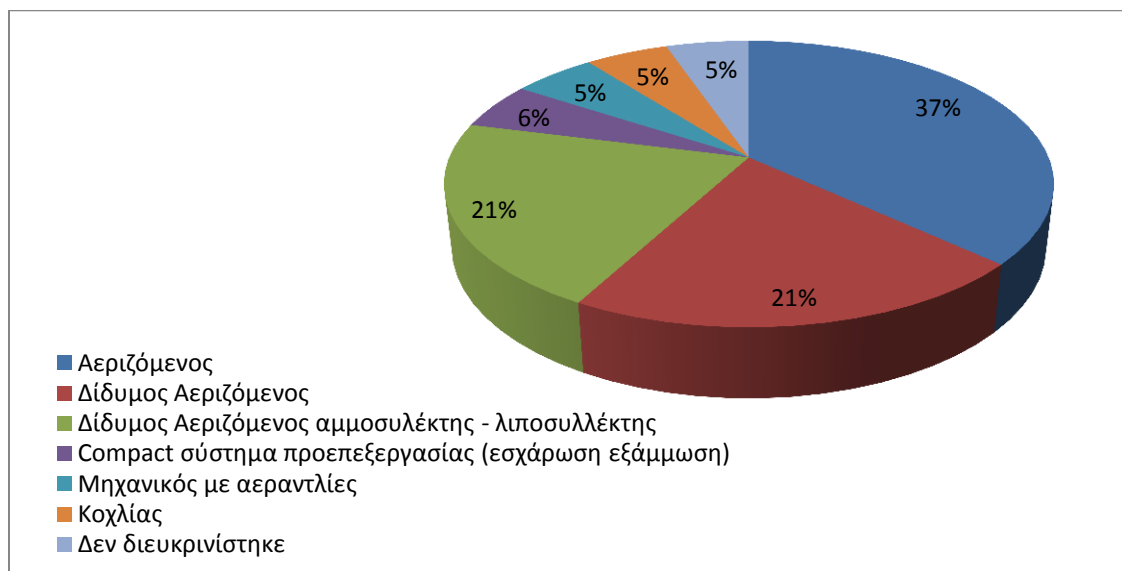


Διάγραμμα 4.29. Εγκατεστημένη και καταναλισκόμενη ισχύς εσχάρωσης ανά ΕΕΛ σε kW

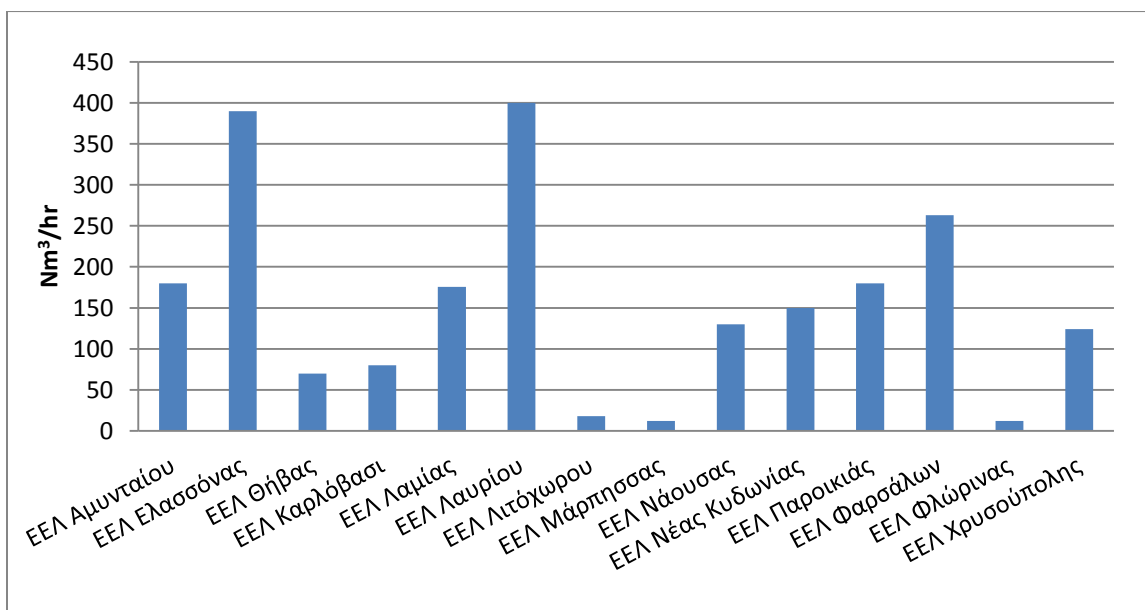


Διάγραμμα 4.30. Μέσος όρος εγκατεστημένης και καταναλισκόμενης ισχύος εσχάρωσης σε kW

Έπειτα, ερωτήθηκε εάν διαθέτει η ΕΕΛ μονάδα εξάμμιωσης, ο τύπος εξαμμιωτή και η παροχή του αέρα. Όλες οι απαντήσεις ήταν θετικές εκτός από μια. Δημοφιλέστερος τύπος εξαμμιωτή είναι ο αεριζόμενος εξαμμιωτής με ποσοστό 71%, όπως απεικονίζεται και στο Διάγραμμα 4.31. Σε συνέχεια της ερώτησης ζητήθηκε η παροχή του αέρα στον εξαμμιωτή με τις απαντήσεις να ποικίλουν, όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 4.32.



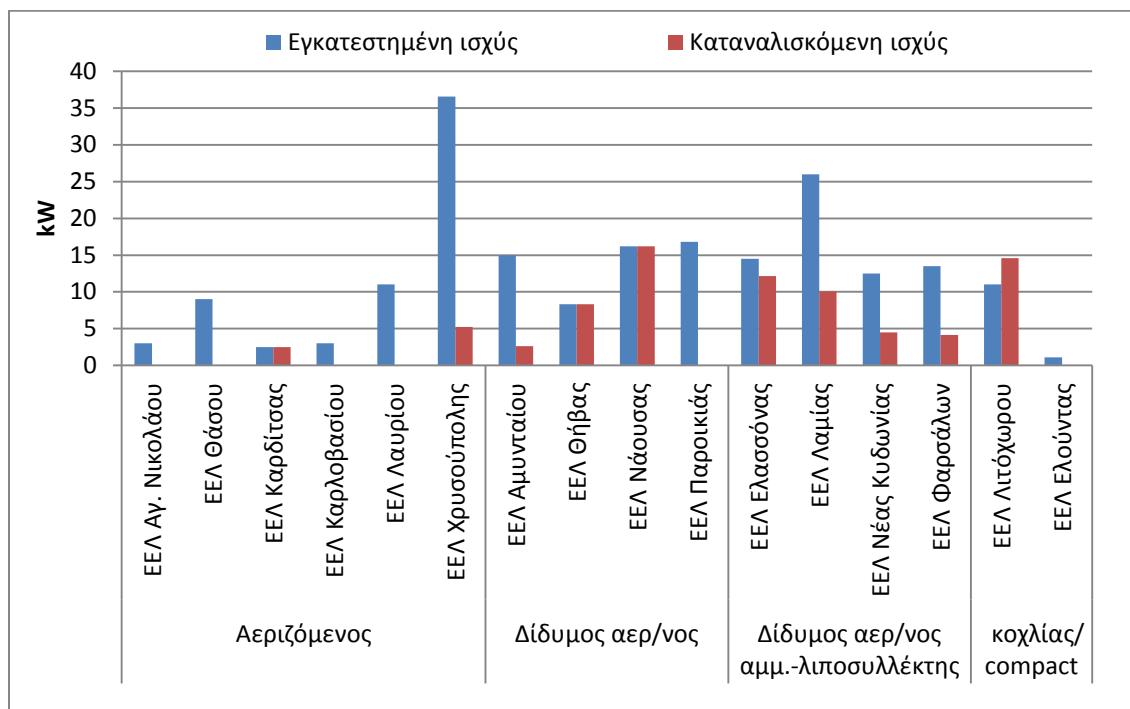
Διάγραμμα 4.31. Διαθέτει η ΕΕΛ Εξάμμιωση;



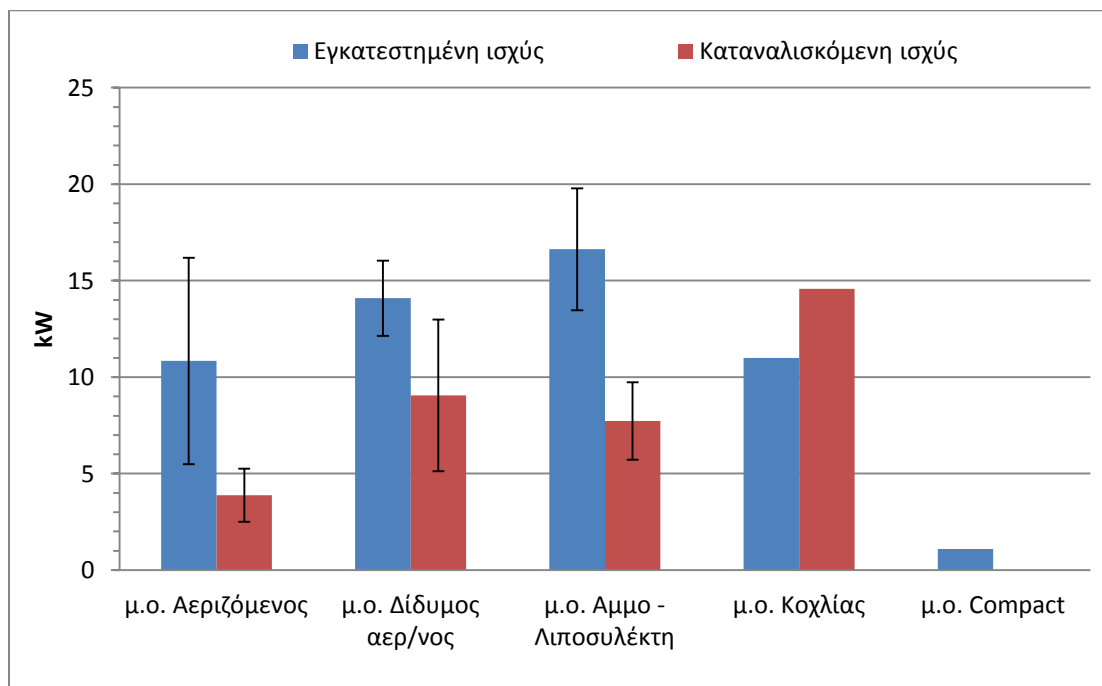
Διάγραμμα 4.32. Παροχή αέρα στον αεριζόμενο εξαμμιωτή ανά ΕΕΛ

Επίσης, ζητήθηκε η συνολική εγκατεστημένη και καταναλισκόμενη ισχύς, καθώς και οι ώρες λειτουργίας ανά 24ωρο. Κατά την επεξεργασία των δεδομένων οι ΕΕΛ χωρίστηκαν σε κατηγορίες ανάλογα με τον τύπο εξαμμιωτή που χρησιμοποιούν και έτσι προκύπτουν τα παρακάτω τρία διαγράμματα. Στο Διαγράμματα 4.33 παρατηρείται ότι η καταναλισκόμενη ισχύς είναι επί το πλείστον μικρότερη από ότι η εγκατεστημένη. Ακόμα, είναι διακριτό ότι η μέση

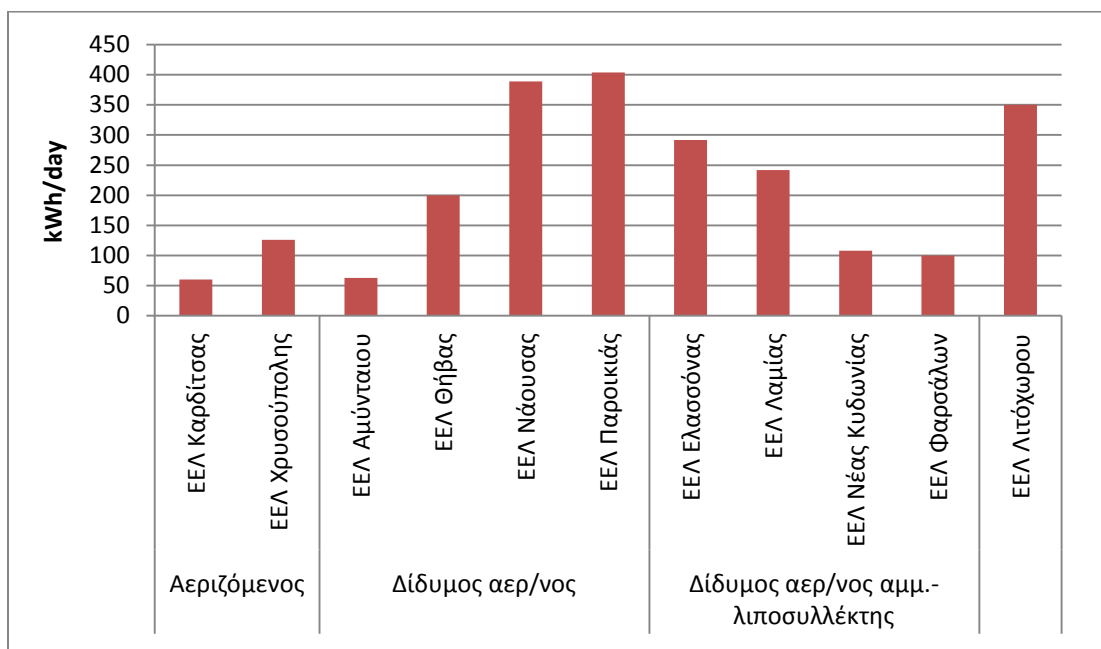
καταναλισκόμενη ισχύς δεν βρίσκεται σε παρόμοια επίπεδα για όλους τους τύπους εσχαρών (βλ. Διάγραμμα 4.34), όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 4.35, όπου παρουσιάζεται σε kWh/day η μέση καταναλισκόμενη ενέργεια κάθε ΕΕΛ.



Διάγραμμα 4.33. Εγκατεστημένη και καταναλισκόμενη ισχύς αμμοσυλλογής ανά ΕΕΛ σε kW

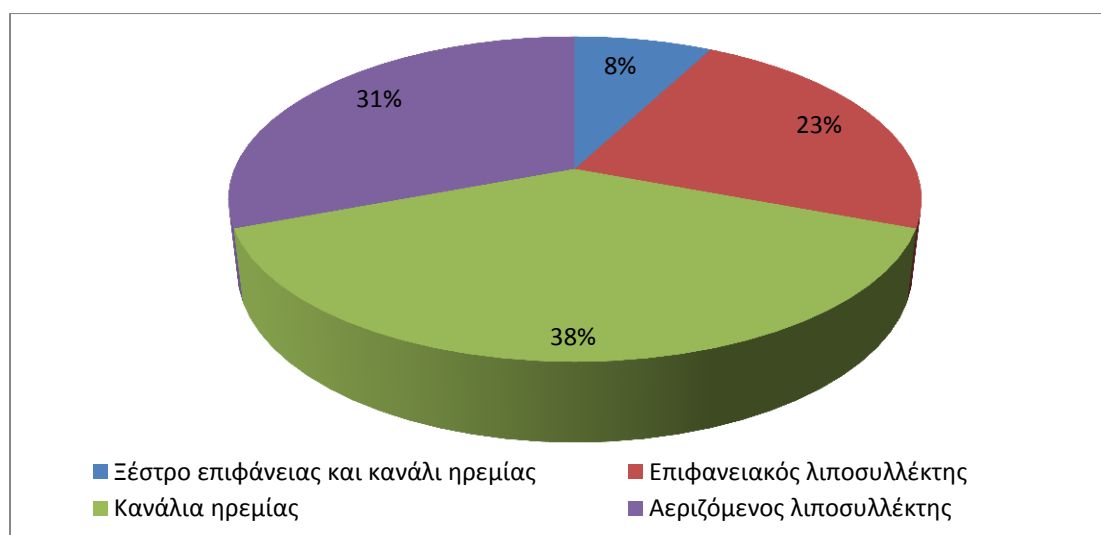


Διάγραμμα 4.34. Μέσος όρος εγκατεστημένης και καταναλισκόμενης ισχύος αμμοσυλλογής σε kW



Διάγραμμα 4.35. Καταναλισκόμενη ενέργεια ανά ΕΕΛ σε kWh/day

Ακολούθως, ερωτήθηκε εάν διαθέτει η ΕΕΛ μονάδα απολίπανσης και ο τύπος απολιπαντή. Θετικά απάντησαν 15 ΕΕΛ (75%) και αρνητικά 5 ΕΕΛ (25%). Δημοφιλέστερος τύπος απολιπαντή φαίνεται να είναι το κανάλι ηρεμίας με ποσοστό 38% (βλ. Διάγραμμα 4.36). Επίσης, ερωτήθηκε εάν η ΕΕΛ διαθέτει δεξαμενή εξισορρόπησης, καθώς και ο όγκος αυτής, όπως και εάν η ΕΕΛ διαθέτει πρωτοβάθμια καθίζηση, και σε κάθε ερώτηση μόνο μια ΕΕΛ απάντησε θετικά (5%).

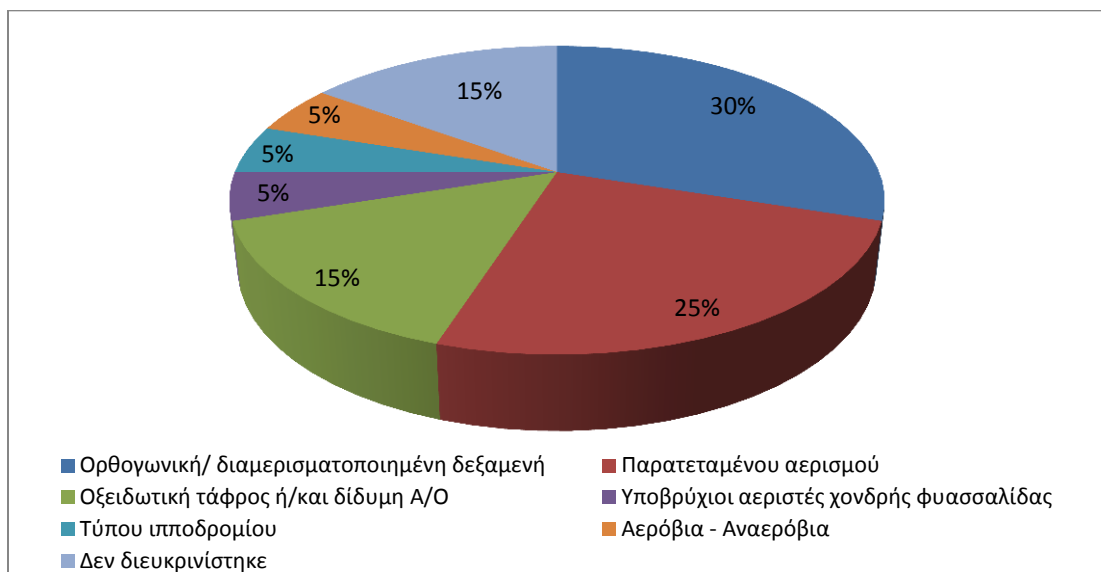


Διάγραμμα 4.36. Τύπος απολιπαντή

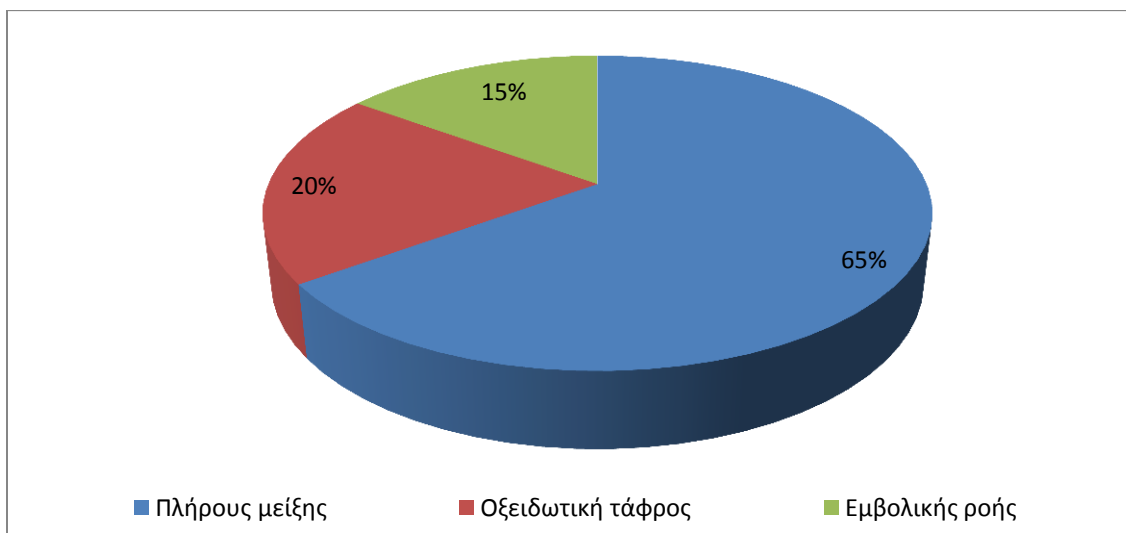
4.5. Δευτεροβάθμια και Τριτοβάθμια επεξεργασία εισερχόμενων λυμάτων

Συνεχίζοντας, ερωτήθηκε εάν η ΕΕΛ διαθέτει μονάδα αερισμού (νιτροποίησης-απονιτροποίησης) και όλες οι απαντήσεις ήταν θετικές. Ακολούθως, ερωτήθηκε το είδος, το πλήθος και ο όγκος των δεξαμενών, καθώς και ποιό σύστημα

βιολογικής επεξεργασίας χρησιμοποιείται. Η δεξαμενή που συναντάται περισσότερο είναι η ορθογωνική ή και διαμερισματοποιημένη δεξαμενή, όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 4.37. Επίσης, μετά την επεξεργασία των δεδομένων, διαπιστώθηκε ότι η πλειοψηφία των ΕΕΛ (65%) αποτελούνται από δεξαμενές Πλήρους μείξης (βλ. Διάγραμμα 4.38).

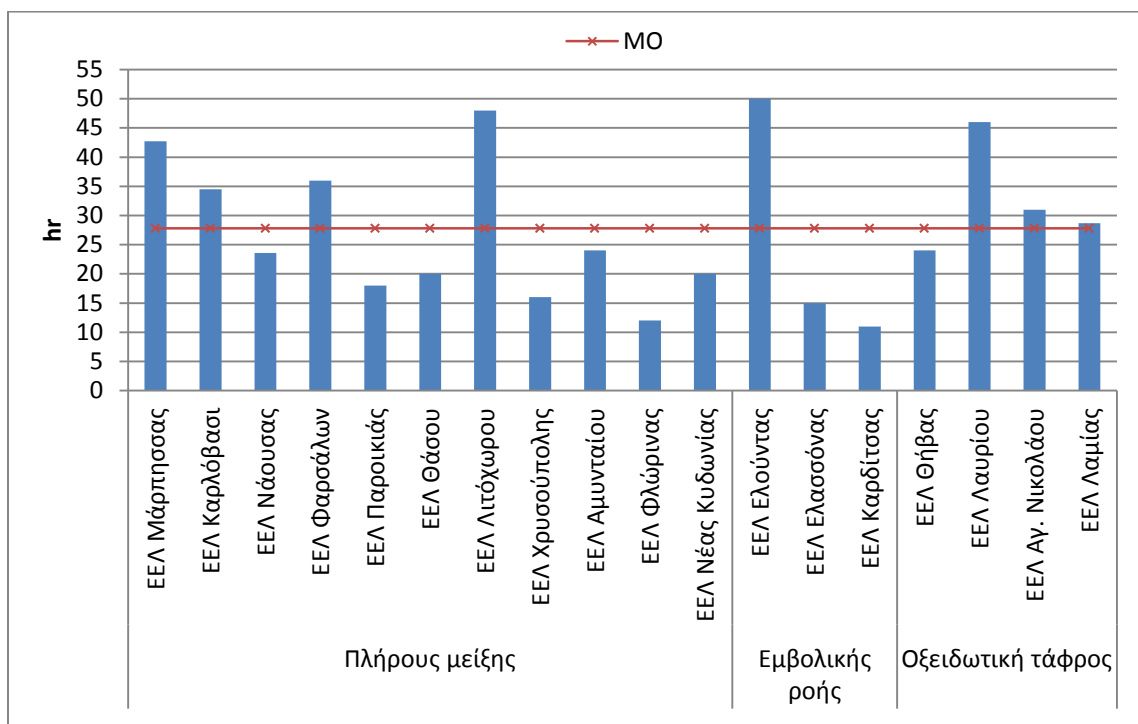


Διάγραμμα 4.37. Είδος Δεξαμενής βιολογικής επεξεργασίας

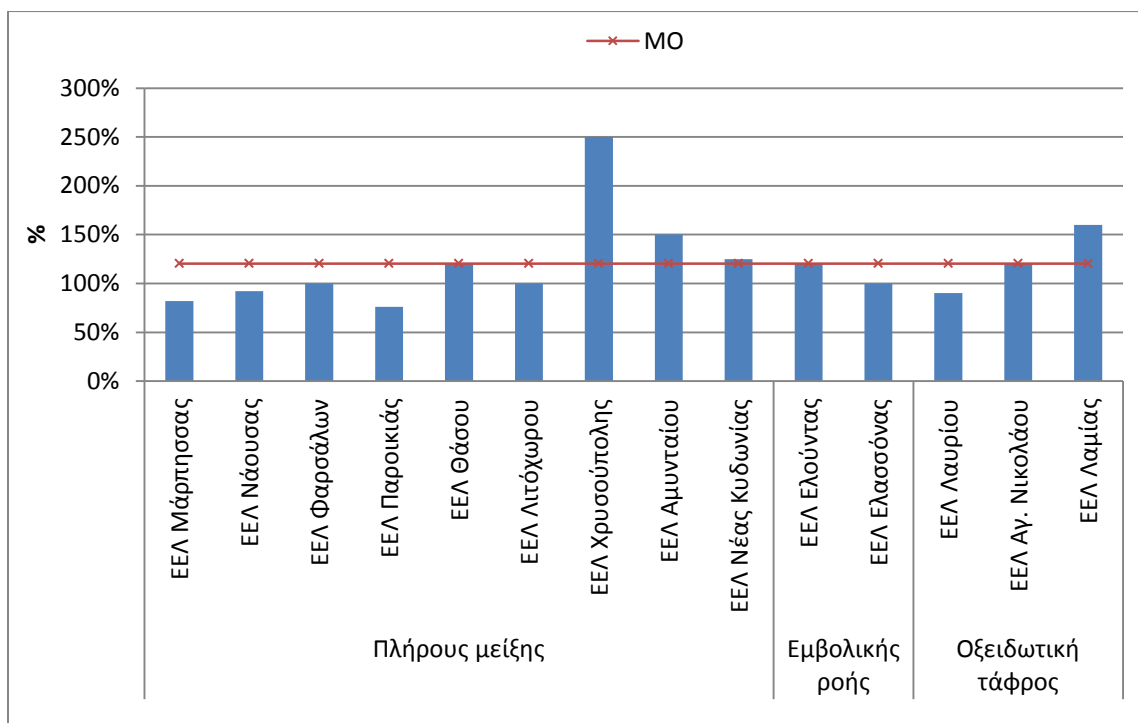


Διάγραμμα 4.38. Μέθοδος βιολογικής επεξεργασίας

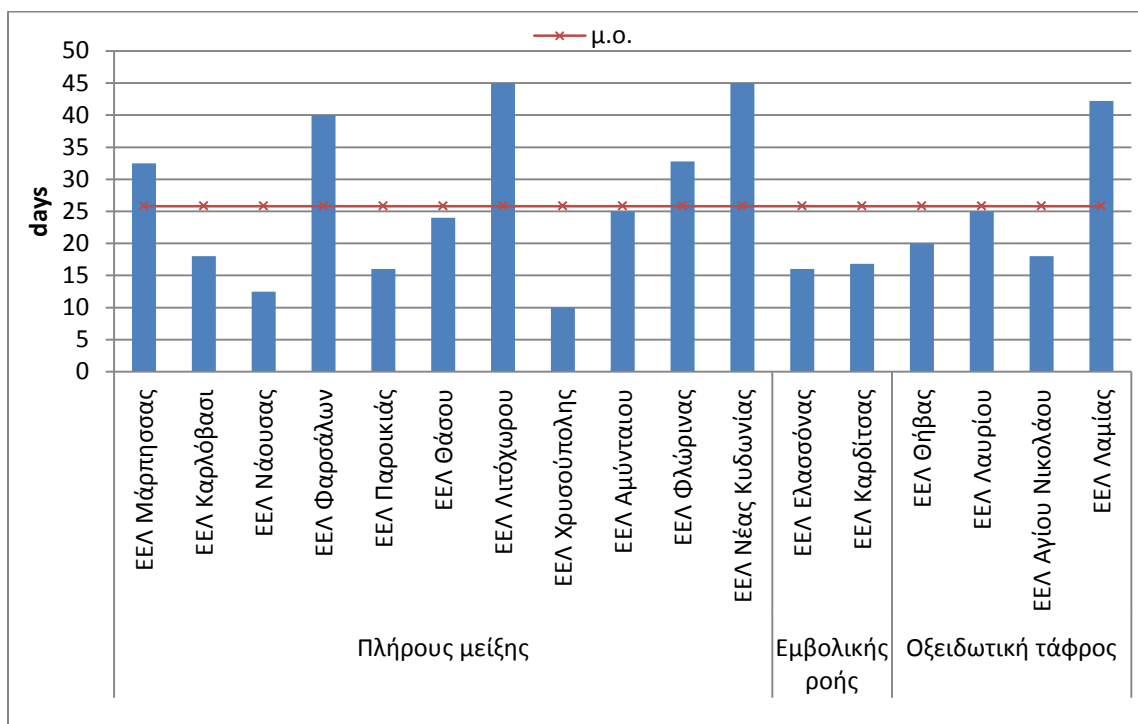
Έπειτα, ζητήθηκαν κάποια τυπικά χαρακτηριστικά των δεξαμενών βιολογικής επεξεργασίας. Αυτά ήταν ο μέσος υδραυλικός χρόνος παραμονής, ο ρυθμός επανακυκλοφορίας, η ηλικία της ιλύος, τα MLSS και η τυπική τιμή F/M. Οι απαντήσεις και εδώ ποικίλουν, όπως φαίνεται στα Διαγράμματα 4.39 έως 4.43, που ακολουθούν. Οι ΕΕΛ εμφανίζονται στα διαγράμματα βάσει της μέσης ετήσιας εισερχόμενης παροχής και το σύστημα βιολογικής επεξεργασίας που χρησιμοποιείται. Σε γενικές γραμμές δεν παρατηρείται κάποια γραμμική συσχέτιση των χαρακτηριστικών με την εισερχόμενη παροχή.



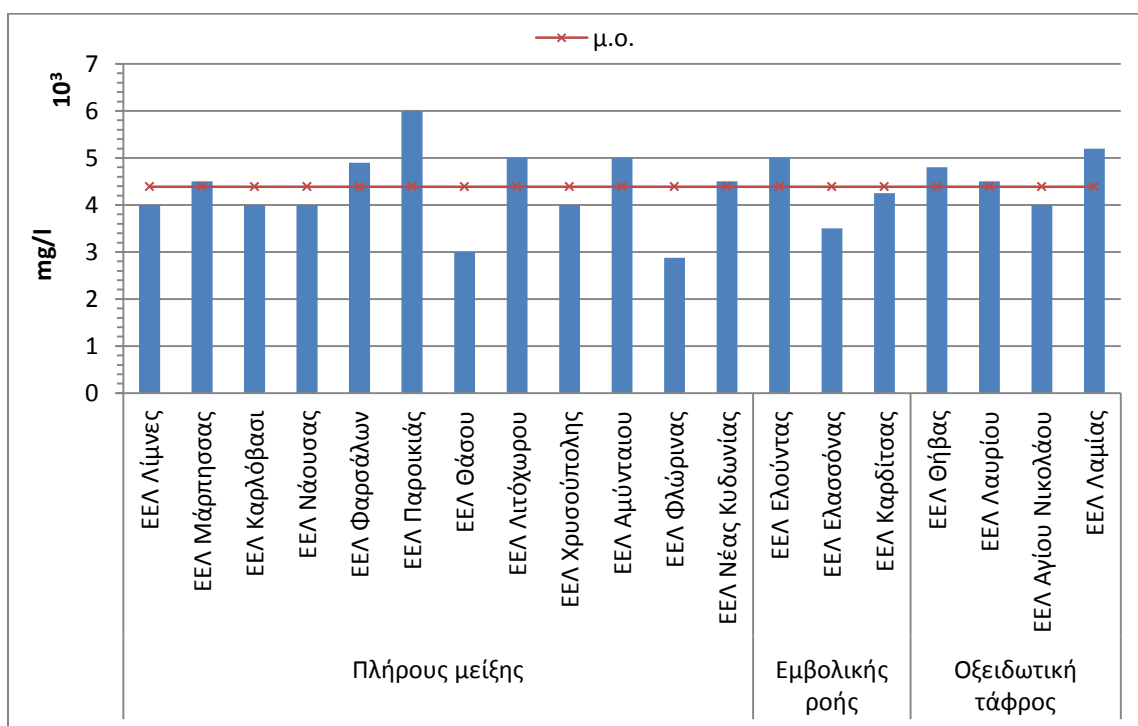
Διάγραμμα 4.39. Μέσος υδραυλικός χρόνος παραμονής στη δεξαμενή αερισμού ανά ΕΕΛ



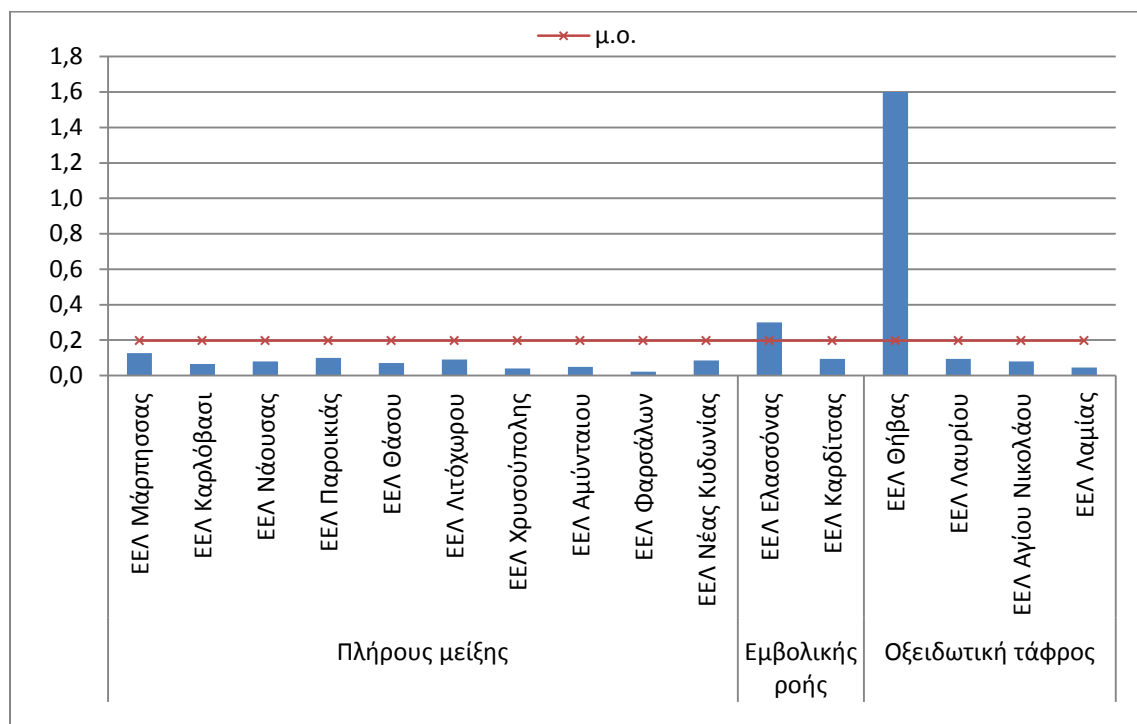
Διάγραμμα 4.40. Ρυθμός ανακυκλοφορίας ανά ΕΕΛ



Διάγραμμα 4.41. Ηλικία υλός ανά ΕΕΛ



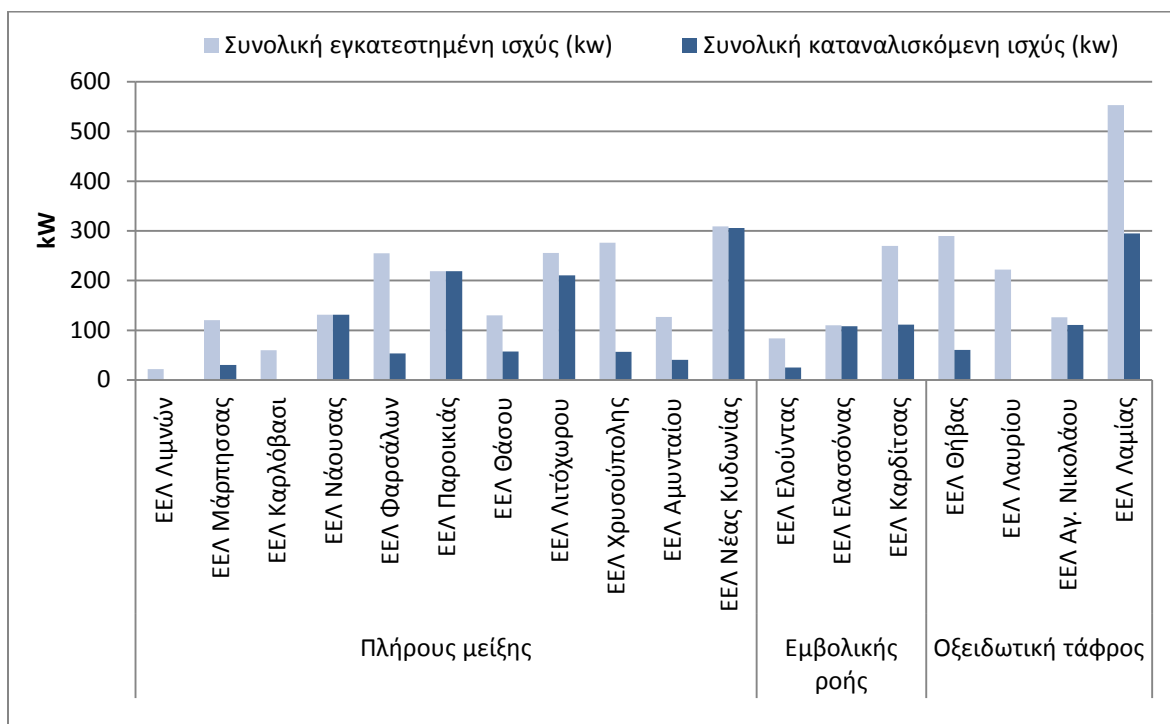
Διάγραμμα 4.42. MLSS ανά ΕΕΛ



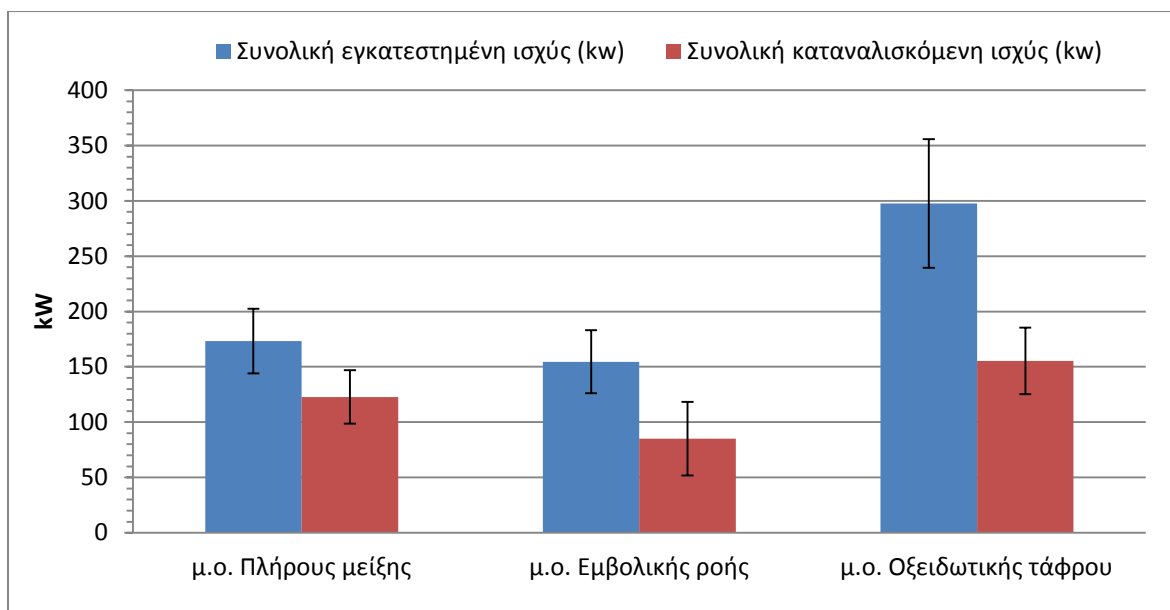
Διάγραμμα 4.43. Τυπική τιμή F/M ανά ΕΕΛ

Οι τελευταίες ερωτήσεις για τη δεξαμενή αερισμού, όπως και στις προηγούμενες μονάδες, σχετίζονται με την ενέργεια. Ζητήθηκε η συνολική εγκατεστημένη και καταναλισκόμενη ισχύς των δεξαμενών αερισμού, καθώς και οι ώρες λειτουργίας των φυσητήρων και των αναδευτήρων ανά 24ωρο και, όπως φαίνεται στα διαγράμματα που ακολουθούν, οι απαντήσεις ποικίλουν. Η κατάταξη των ΕΕΛ στα διαγράμματα αυτά έγινε με βάση την μέση ετήσια εισερχόμενη παροχή και το σύστημα βιολογικής επεξεργασίας που χρησιμοποιείται. Στο Διάγραμμα 4.44 παρατηρείται ότι η καταναλισκόμενη ισχύς είναι επί το πλείστον μικρότερη από την εγκατεστημένη, με δύο ΕΕΛ να παρουσιάζουν ίδια επίπεδα καταναλισκόμενης και εγκατεστημένης ισχύς. Επίσης, στα Διαγράμματα 4.45 και 4.46 φαίνεται ότι η μέση καταναλισκόμενη ισχύς κάθε συστήματος βιολογικής επεξεργασίας διαφέρει από σύστημα σε σύστημα και ότι η απαιτούμενη ενέργεια σε κάθε ΕΕΛ διαφέρει αισθητά ακόμα και μεταξύ των εγκαταστάσεων με το ίδιο σύστημα βιολογικής επεξεργασίας.

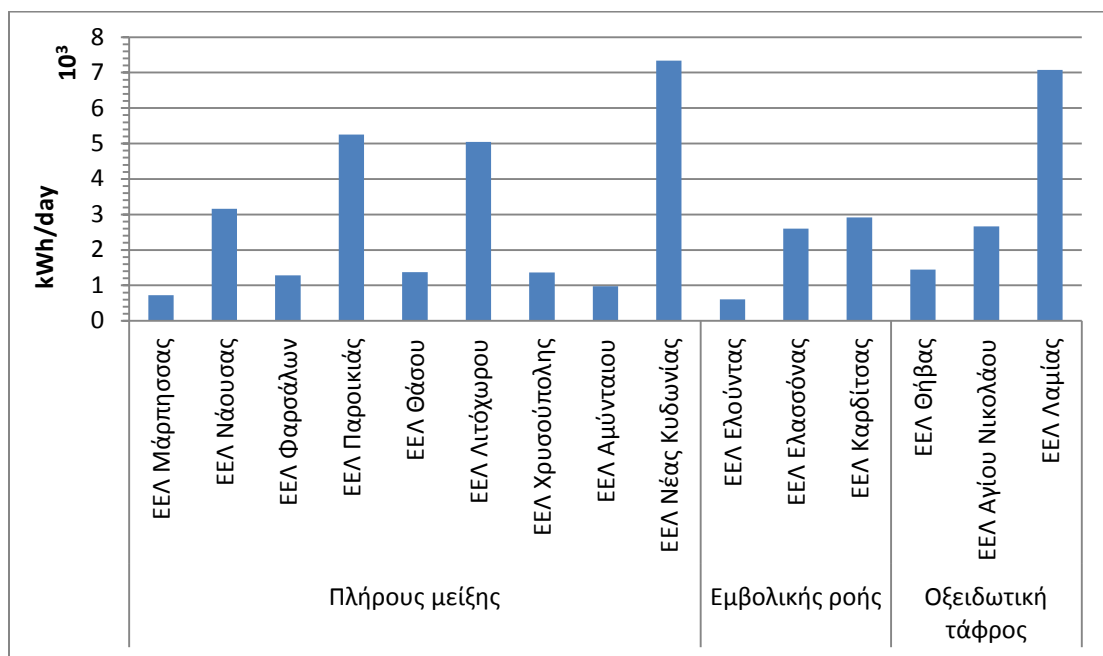
Σε γενικές γραμμές δεν παρατηρείται κάποια γραμμική συσχέτιση μεταξύ της εγκατεστημένης και καταναλισκόμενης ισχύος της δεξαμενής αερισμού με την εισερχόμενη παροχή. Μελετώντας όμως το κάθε σύστημα μεμονωμένα, παρατηρείται μια αύξηση της απαιτούμενης ενέργειας (kWh/day) καθώς αυξάνεται η εισερχόμενη παροχή στις δεξαμενές Εμβολικής ροής και στις Οξειδωτικές τάφρους, κάτι που δεν φαίνεται να ισχύει για τις δεξαμενές Πλήρους μείξης. Από τις ΕΕΛ που απάντησαν στην ερώτηση σχετικά με το πόσες ώρες λειτουργούν οι φυσητήρες/ επιφανειακοί αεριστήρες, το 62% απάντησε όλο το εικοσιτετράωρο και από τις ΕΕΛ που απάντησαν στην ερώτηση σχετικά με το πόσες ώρες λειτουργούν οι αναδευτήρες, το 85% απάντησε όλο το εικοσιτετράωρο.



Διάγραμμα 4.44. Εγκατεστημένη και καταναλισκόμενη ισχύς των συστημάτων αερισμού ανά ΕΕΛ σε kW

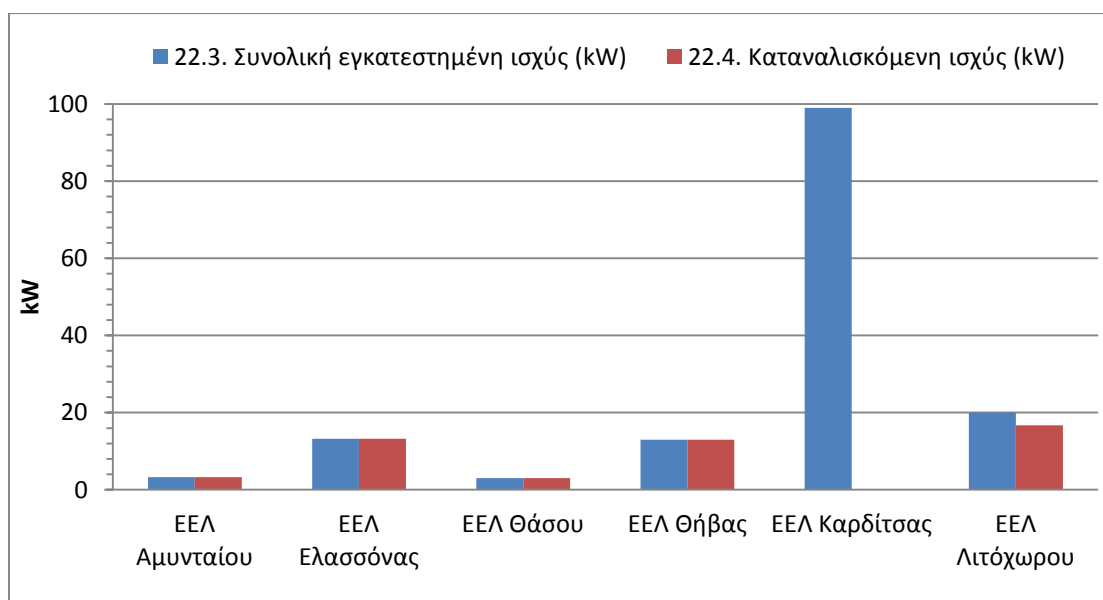


Διάγραμμα 4.45. Μέσος όρος εγκατεστημένης και καταναλισκόμενης ισχύος των συστημάτων αερισμού σε kW

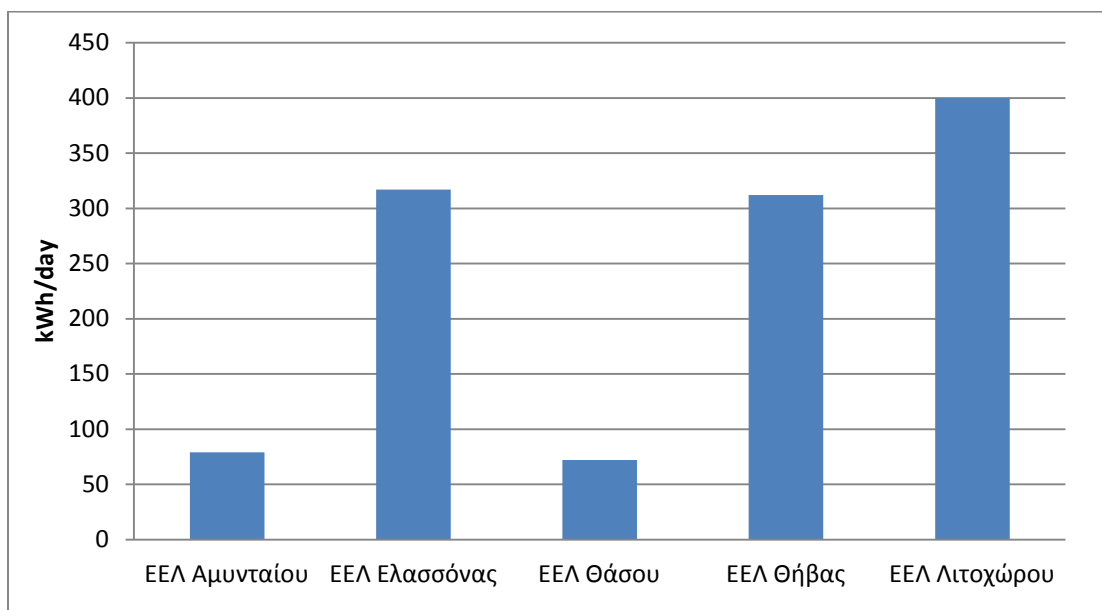


Διάγραμμα 4.46. Καταναλισκόμενη ενέργεια των συστημάτων αερισμού ανά ΕΕΛ σε kWh/day

Επόμενη ερώτηση ήταν εάν η ΕΕΛ διαθέτει αποφωσφόρωση, το πλήθος και ο όγκος των δεξαμενών αυτής της διαδικασίας. Από τις 20 ΕΕΛ που απάντησαν στο ερωτηματολόγιο, οι 7 (35%) απάντησαν θετικά και οι 13 (65%) αρνητικά. Κατά την επεξεργασία των δεδομένων διαπιστώθηκε ότι οι ΕΕΛ χρησιμοποιούν από μια (1) έως τρεις (3) δεξαμενές αποφωσφόρωσης ανάλογα με τις ανάγκες τους. Ακολούθως, ερωτήθηκε η συνολική εγκατεστημένη και καταναλισκόμενη ισχύς των δεξαμενών αποφωσφόρωσης, καθώς και οι ώρες λειτουργίας των αναδευτήρων ανά 24ωρο. Στο Διάγραμμα 4.47 παρατηρείται ότι η καταναλισκόμενη ισχύς κάθε ΕΕΛ είναι επί το πλείστον ίδια με την εγκατεστημένη και στο Διάγραμμα 4.48 φαίνεται ότι η χρήση ενέργειας διαφέρει μεταξύ των εγκαταστάσεων. Επίσης, οι αναδευτήρες λειτουργούν όλο το εικοσιτετράωρο. Η κατάταξη των ΕΕΛ στα διαγράμματα αυτά έγινε αλφαβητικά.

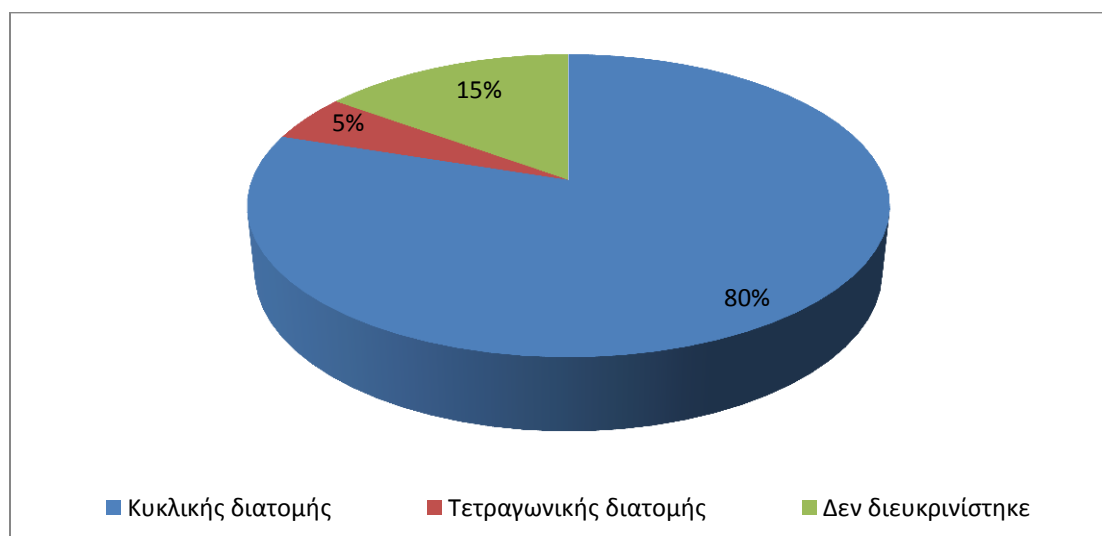


Διάγραμμα 4.47. Εγκατεστημένη και καταναλισκόμενη ισχύς για αποφωσφόρωση ανά ΕΕΛ σε kW

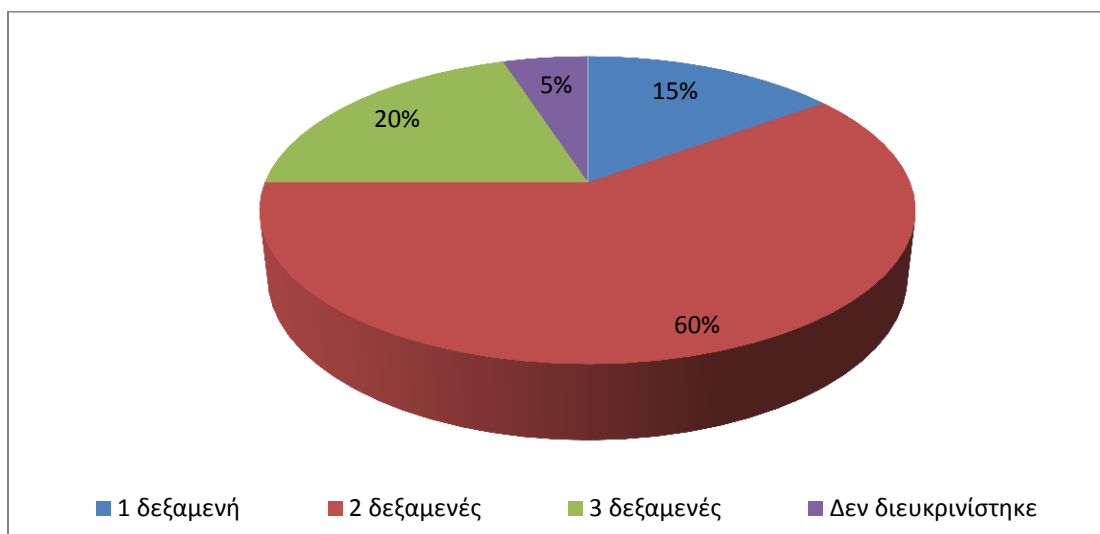


Διάγραμμα 4.48. Καταναλισκόμενη ενέργεια ανά ΕΕΛ για αποφωσφόρωση σε kWh/d

Στη συνέχεια, ερωτήθηκε εάν η ΕΕΛ διαθέτει δευτεροβάθμια καθίζηση και όλες οι απαντήσεις ήταν θετικές. Ακολούθως, ερωτήθηκε το είδος, το πλήθος και ο όγκος των δεξαμενών καθίζησης. Μετά την επεξεργασία των δεδομένων φαίνεται ότι η δεξαμενή που συναντάται περισσότερο είναι αυτή με κυκλική διατομή και ότι οι ΕΕΛ απαρτίζονται επί το πλείστον από 2 δεξαμενές (βλ. Διάγραμμα 4.49 και 4.50).

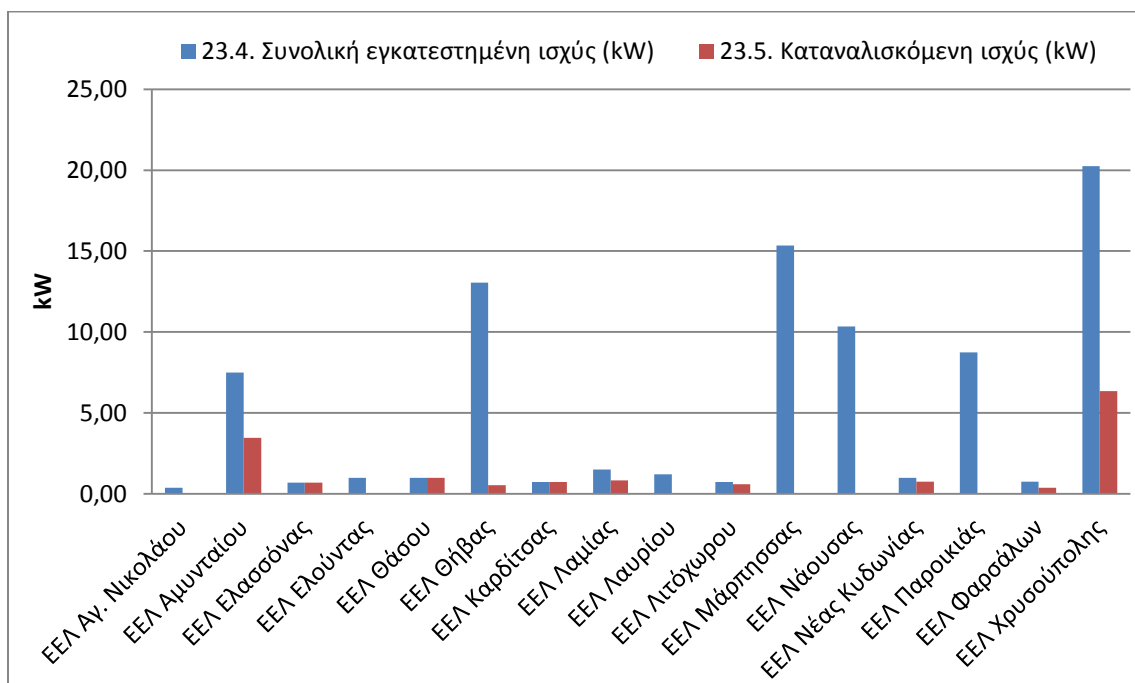


Διάγραμμα 4.49. Είδος δεξαμενής δευτεροβάθμιας καθίζησης

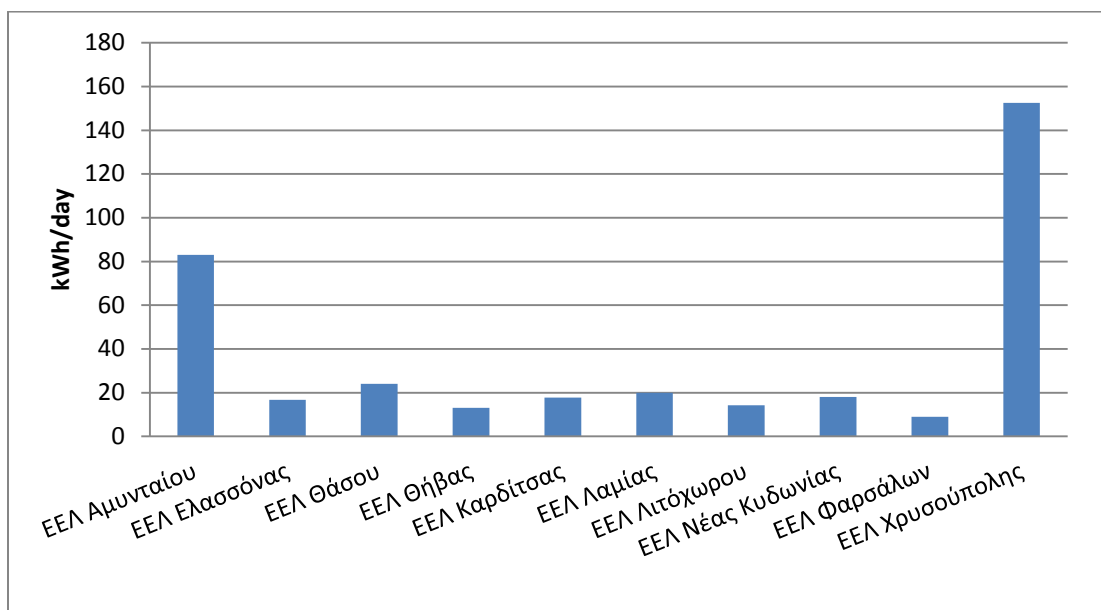


Διάγραμμα 4.50. Πλήθος δεξαμενών δευτεροβάθμιας καθίζησης

Επίσης, ερωτήθηκε η συνολική εγκατεστημένη και καταναλισκόμενη ισχύς των δεξαμενών καθίζησης. Στο Διάγραμμα 4.51 παρατηρείται ότι η καταναλισκόμενη ισχύς αυτού του σταδίου σε κάθε ΕΕΛ είναι επί το πλείστον μικρότερη από την εγκατεστημένη και στο Διάγραμμα 4.52 φαίνεται ότι η χρήση ενέργειας δεν διαφέρει αισθητά μεταξύ των εγκαταστάσεων, εκτός δύο εξαιρέσεων. Η κατάταξη των ΕΕΛ στα διαγράμματα αυτά έγινε αλφαβητικά.

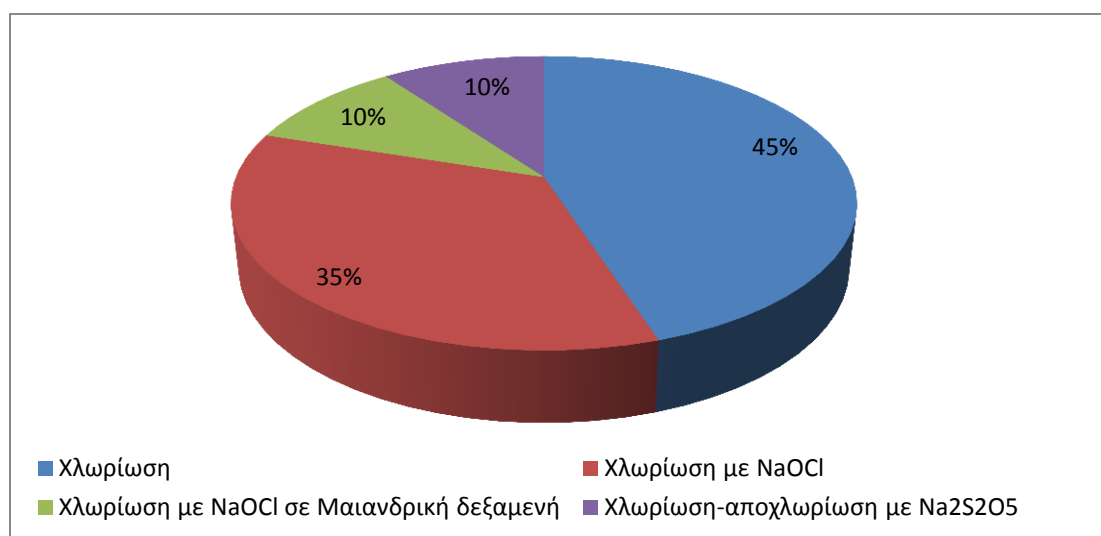


Διάγραμμα 4.51. Εγκατεστημένη και καταναλισκόμενη ισχύς για δευτεροβάθμια καθίζηση ανά ΕΕΛ σε kW

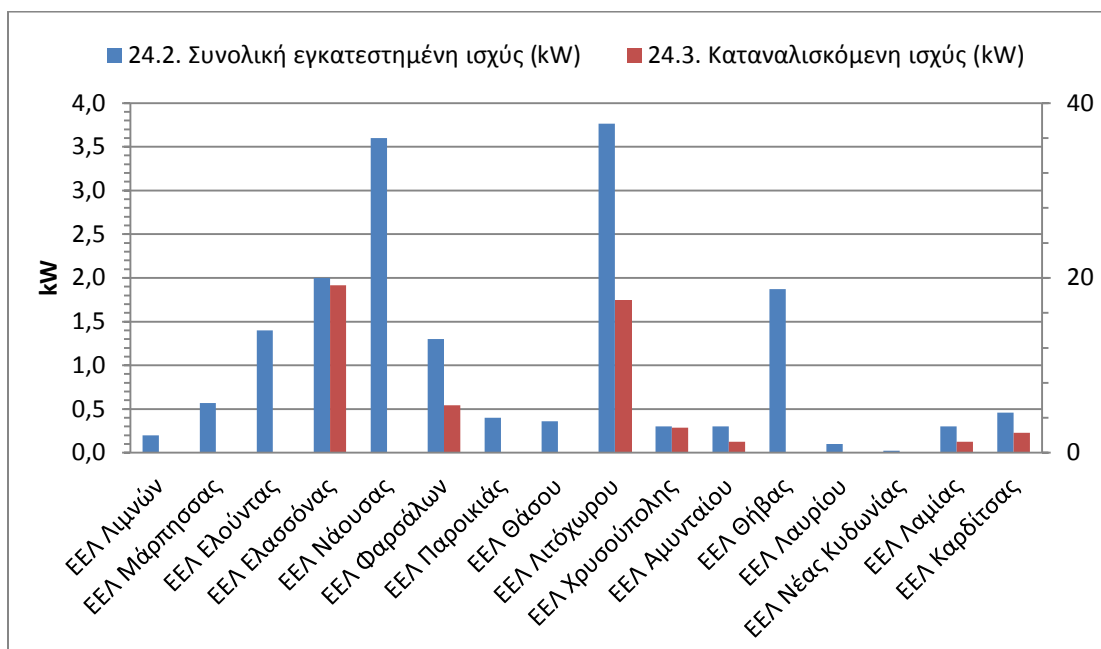


Διάγραμμα 4.52. Καταναλισκόμενη ενέργεια για δευτεροβάθμια καθίζηση ανά ΕΕΛ σε kWh/d

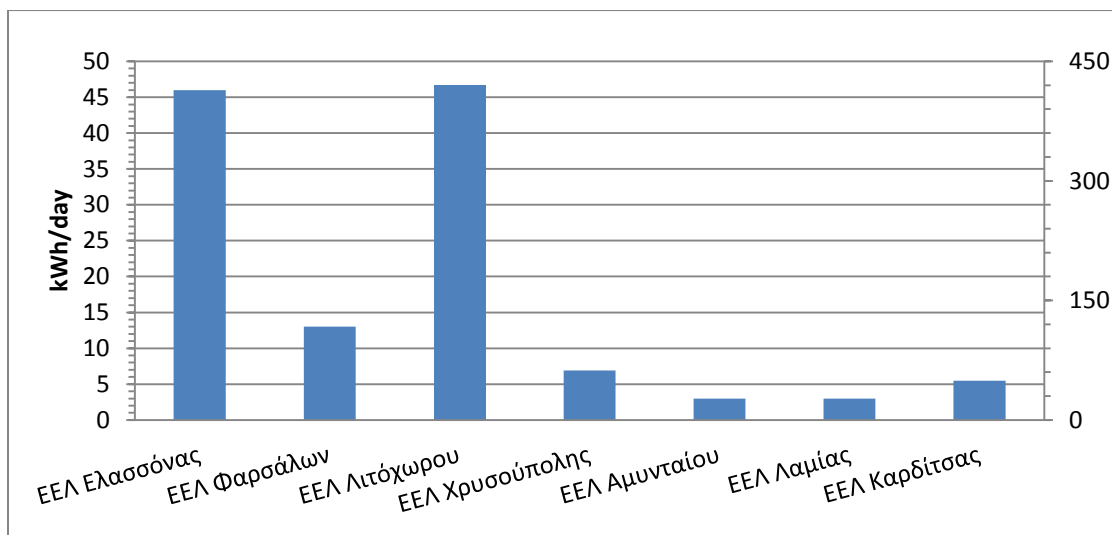
Στην ερώτηση σχετικά με το αν διαθέτει η ΕΕΛ απολύμανση, όλες οι ΕΕΛ απάντησαν θετικά και ότι πραγματοποιείται χλωρίωση κυρίως διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου NaOCl (βλ. Διάγραμμα 4.53). Επίσης, ερωτήθηκε η συνολική εγκατεστημένη και καταναλισκόμενη ισχύς των δεξαμενών καθίζησης. Στο Διάγραμμα 4.54 παρατηρείται ότι η καταναλισκόμενη ισχύς κάθε ΕΕΛ είναι επί το πλείστον μικρότερη από την εγκατεστημένη και στο Διάγραμμα 4.55 φαίνεται ότι η χρήση ενέργειας δεν διαφέρει αισθητά μεταξύ των εγκαταστάσεων, εκτός δύο εξαιρέσεων. Ο δεξιός άξονας του διαγράμματος υποδεικνύει το μέγεθος για την ΕΕΛ Λιτόχωρου. Η κατάταξη των ΕΕΛ στα διαγράμματα αυτά έγινε αλφαβητικά.



Διάγραμμα 4.53. Είδος απολύμανσης



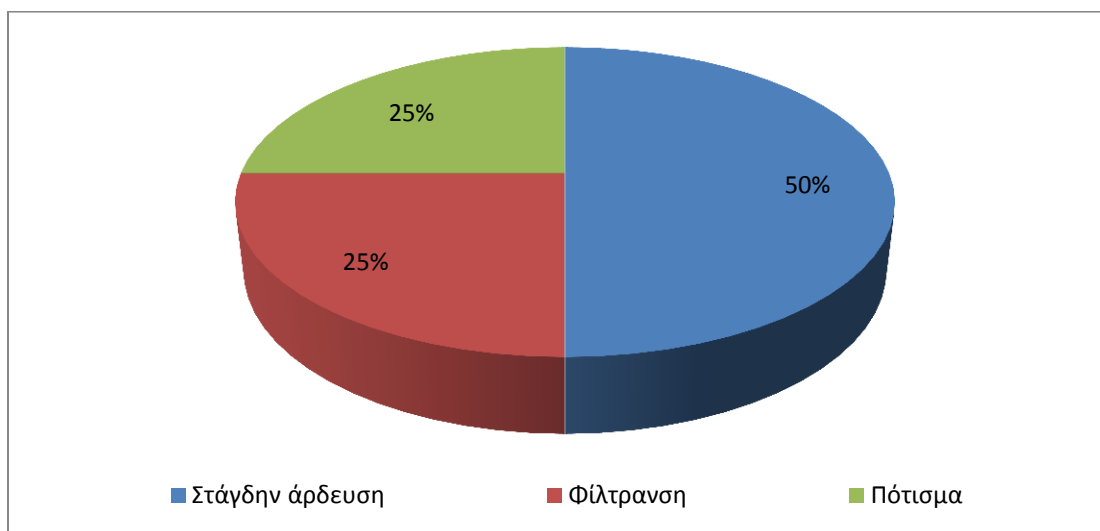
Διάγραμμα 4.54. Εγκατεστημένη και καταναλισκόμενη ισχύς για απολύμανση ανά ΕΕΛ σε kW



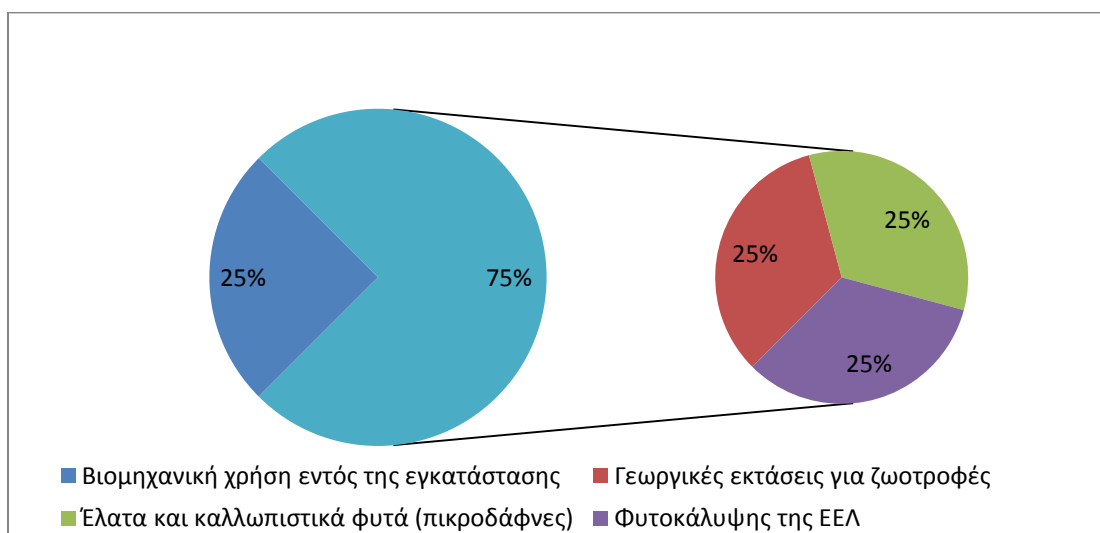
Διάγραμμα 4.55. Καταναλισκόμενη ενέργεια για απολύμανση ανά ΕΕΛ σε kWh/day

4.5. Επαναχρησιμοποίηση διαυγασμένου νερού

Η τελευταία ερώτηση σχετικά με την επεξεργασία των λυμάτων αφορούσε την ανάκτηση ή επαναχρησιμοποίηση του διαυγασμένου νερού της ΕΕΛ. Μετά την επεξεργασία των απαντήσεων συμπεραίνεται ότι η εκροή από το 80% των ΕΕΛ οδηγείται σε υδάτινο αποδέκτη, ενώ το 20% των εγκαταστάσεων χρησιμοποιεί περαιτέρω το επεξεργασμένο νερό κυρίως για στάγδην άρδευση πρασίνου και καλλιέργειών (75%), όπως φαίνεται και στα Διαγράμματα 4.56 και 4.57.

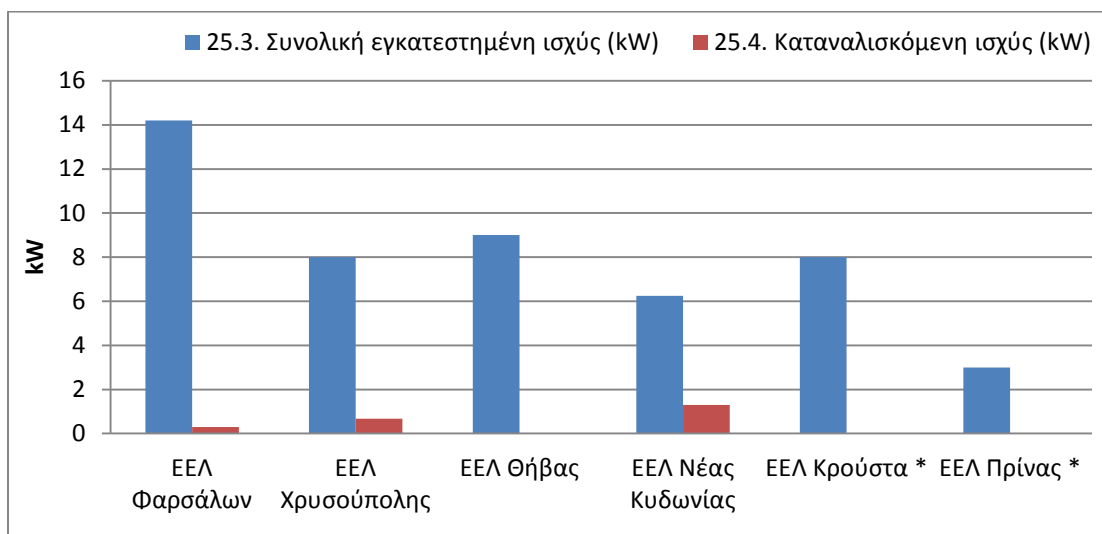


Διάγραμμα 4.56. Διεργασία που χρησιμοποιείται για την επαναχρησιμοποίηση νερού

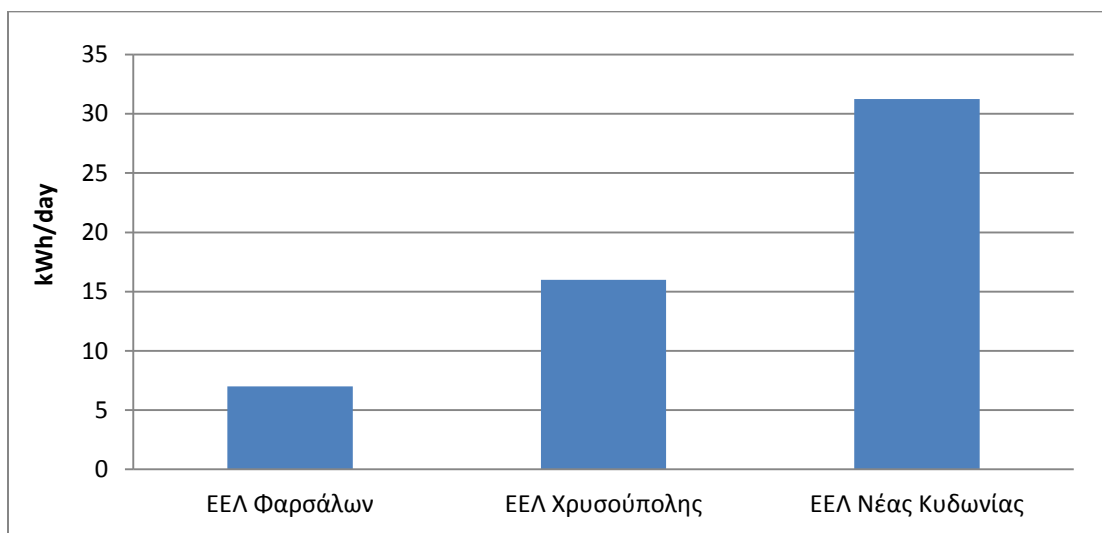


Διάγραμμα 4.57. Είδος καλλιέργειας που αρδεύεται με το διαυγασμένο νερό

Επίσης, ερωτήθηκε η συνολική εγκατεστημένη και καταναλισκόμενη ισχύς που απαιτείται για την ανάκτηση του νερού. Στο Διάγραμμα 4.58 παρατηρείται ότι η καταναλισκόμενη ισχύς κάθε ΕΕΛ είναι επί το πλείστον κατά πολύ μικρότερη από την εγκατεστημένη. Στο Διάγραμμα 4.59 φαίνεται ότι η χρήση ενέργειας διαφέρει από ΕΕΛ σε ΕΕΛ και ότι αυξάνεται καθώς αυξάνεται η εισερχόμενη παροχή. Η κατάταξη των ΕΕΛ στα διαγράμματα που έπονται έγινε βάσει της μέσης ετήσιας παροχής. Εκτός αυτού, στον Πίνακα 4.2 παρατίθενται κάποια ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού επαναχρησιμοποίησης, όπως παραχωρήθηκαν από τις ΕΕΛ.



Διάγραμμα 4.58. Εγκατεστημένη και καταναλισκόμενη ισχύς για ανάκτηση νερού ανά ΕΕΛ σε kW



Διάγραμμα 4.59. Καταναλισκόμενη ενέργεια για ανάκτηση νερού ανά ΕΕΛ σε kWh/day

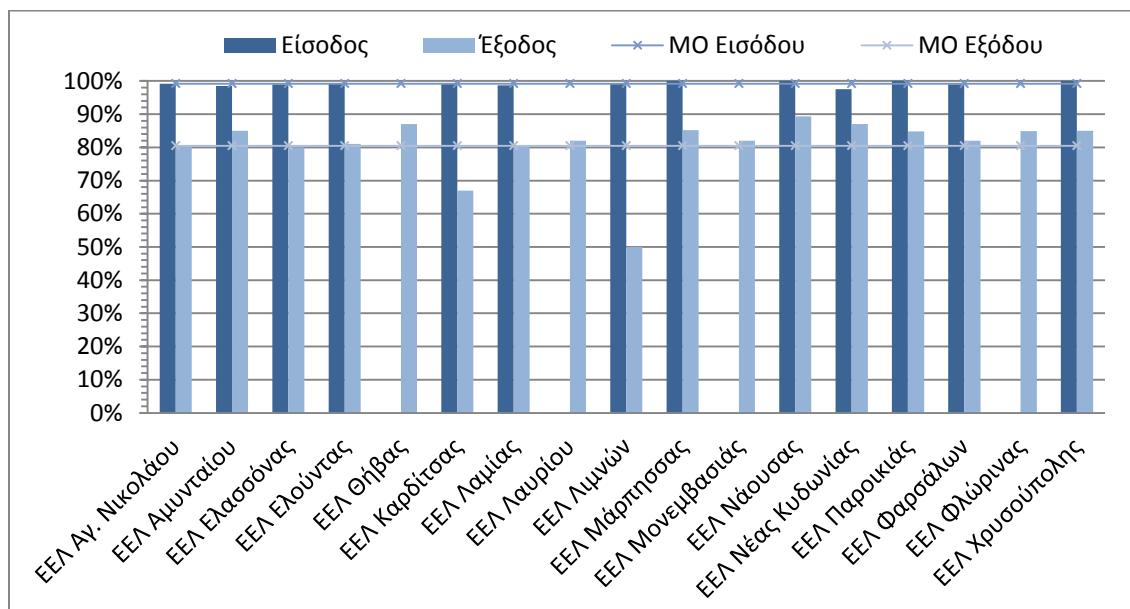
Ονομασία ΕΕΛ	TC/100ml	FC/100ml	BOD	TN	P	Άλλο	Ecoli (cfu/100ml)
ΕΕΛ Θήβας	20,00		6,00	1,90	0,70	cod: 30 mg/l	0,00
ΕΕΛ Νέας Κυδωνίας		0,00	2,50			TSS: 3 - 10 mg/l	
ΕΕΛ Φαρσάλων	<200	<50	2,50	14,00	3,10		
ΕΕΛ Χρυσούπολης	0,00	0,00	8,92	9,48	3,36		
ΕΕΛ Κρούστας *			8,00	36,60	3,90		< 1,0
ΕΕΛ Πρίνας *			9,00	35,00	3,50		< 1,0

Πίνακας 4.2. Ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού επαναχρησιμοποίησης

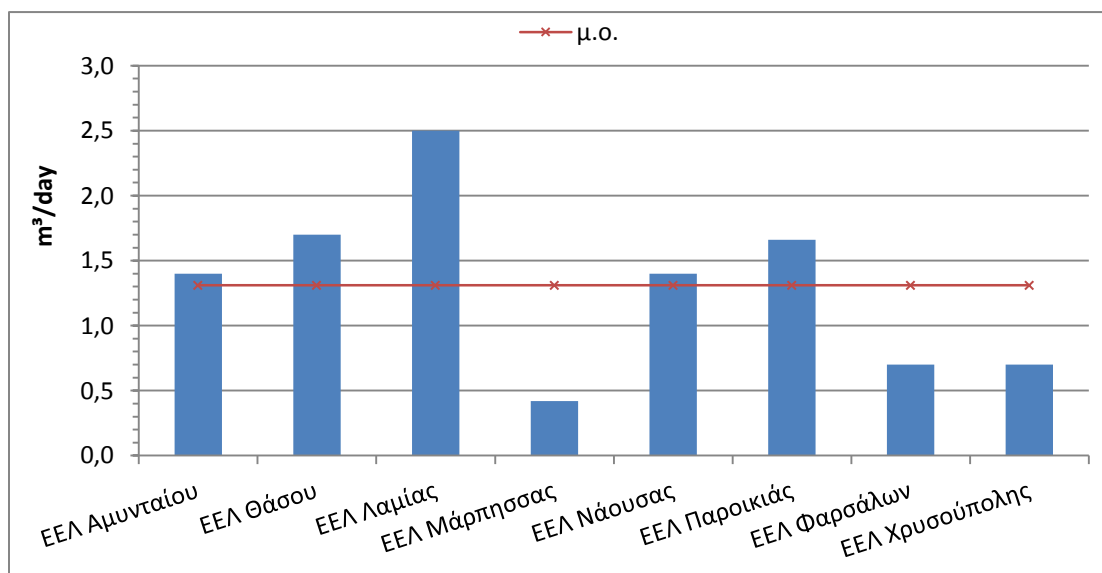
4.6. Επεξεργασία παραγόμενης ιλύος

Για τις μονάδες επεξεργασίας παραγόμενης ιλύος ζητήθηκαν, αρχικά, η ποσότητα παραγόμενης ιλύος και η υγρασία στην είσοδο και στην έξοδο του συστήματος επεξεργασίας. Οι απαντήσεις σχετικά με την ποσότητα ιλύος ήταν ποικίλες και φαίνονται αναλυτικά στο θεωρητικό μέρος της κάθε ΕΕΛ. Σε ό,τι αφορά την υγρασία, μετά την επεξεργασία των

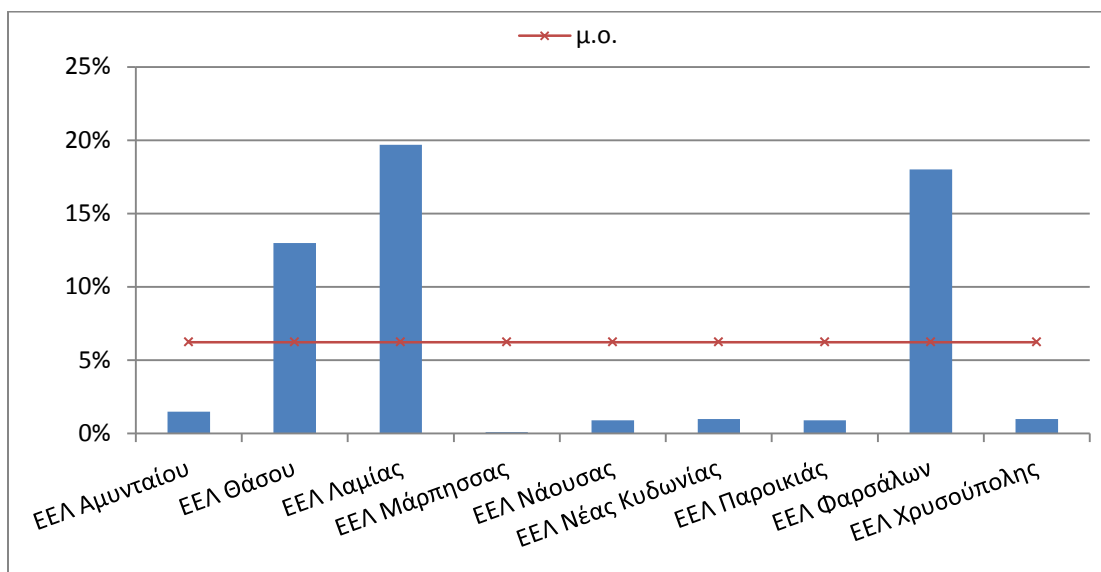
απαντήσεων, παρατηρείται κατά μέσο όρο μια μείωση της τάξης του 19,4%, ενώ τα αποτελέσματα παρουσιάζονται πιο αναλυτικά στο Διάγραμμα 4.60. Επίσης, ζητήθηκαν η ημερήσια ποσότητα πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας ιλύος και το ποσοστό των στερεών τους. Η ημερήσια ποσότητα πρωτοβάθμιας ιλύος είναι μηδαμινή, ενώ η ημερήσια ποσότητα δευτεροβάθμιας ιλύος κάθε ΕΕΛ και ο μέσος όρος τους ($1,31 \text{ m}^3/\text{d}$) παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 4.61. Το ποσοστό των στερεών δευτεροβάθμιας ιλύος κάθε εγκατάστασης και ο μέσος όρος αυτών (6,23%) παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 4.62.



Διάγραμμα 4.60. Υγρασία στην είσοδο και έξοδο του συστήματος επεξεργασίας ιλύος

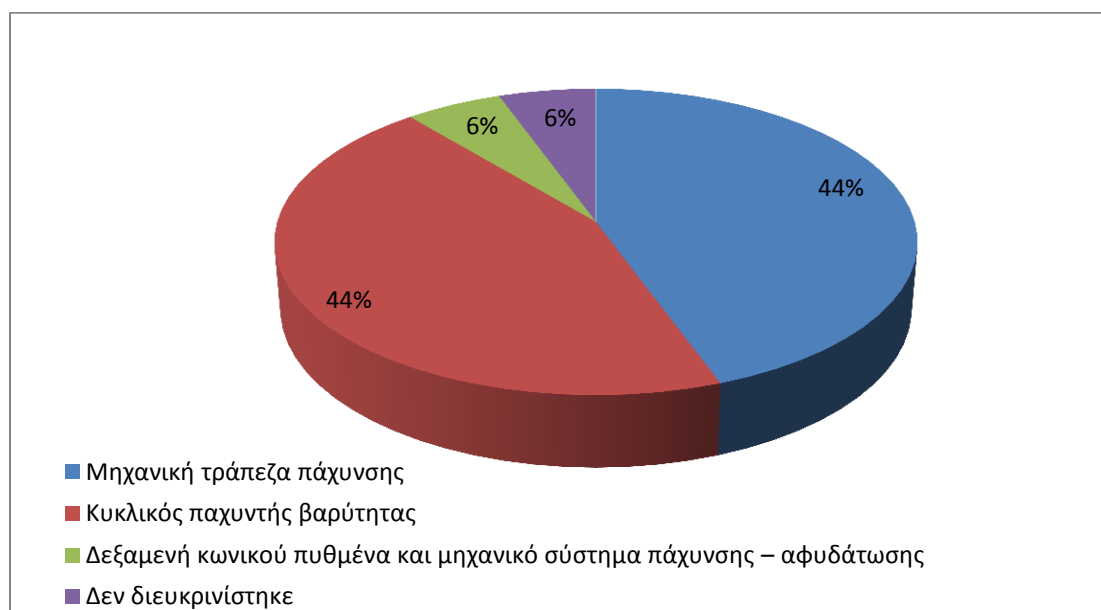


Διάγραμμα 4.61. Ημερήσια ποσότητα δευτεροβάθμιας ιλύος ανά ΕΕΛ



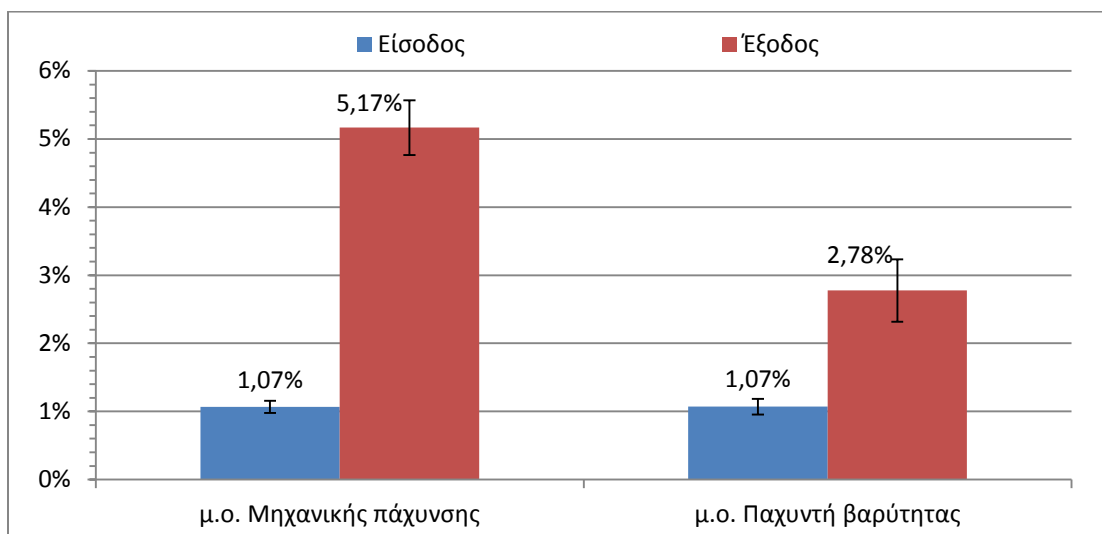
Διάγραμμα 4.62. Ποσοστό στερεών δευτεροβάθμιας ύλης ανά ΕΕΛ και ο μέσος όρος

Στη συνέχεια ερωτήθηκε εάν η ΕΕΛ διαθέτει πάχυνση και το 90% των ΕΕΛ απάντησαν θετικά με προτίμηση σε δύο τύπους παχυντών, όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 4.63. Επίσης, ζητήθηκε το ποσοστό των στερεών στην είσοδο και στην έξοδο του παχυντή. Μετά την επεξεργασία των δεδομένων παρατηρείται ότι το ποσοστό στερεών στην έξοδο ενός μηχανικού παχυντή είναι σχεδόν διπλάσιο από αυτό ενός παχυντή βαρύτητας (βλ Διάγραμμα 4.64).

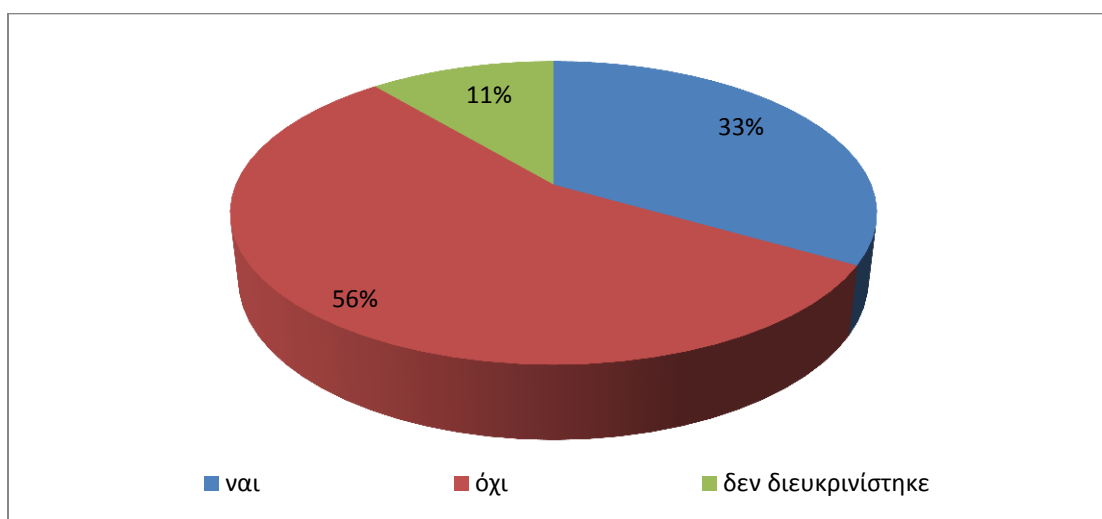


Διάγραμμα 4.63. Τύπος παχυντή

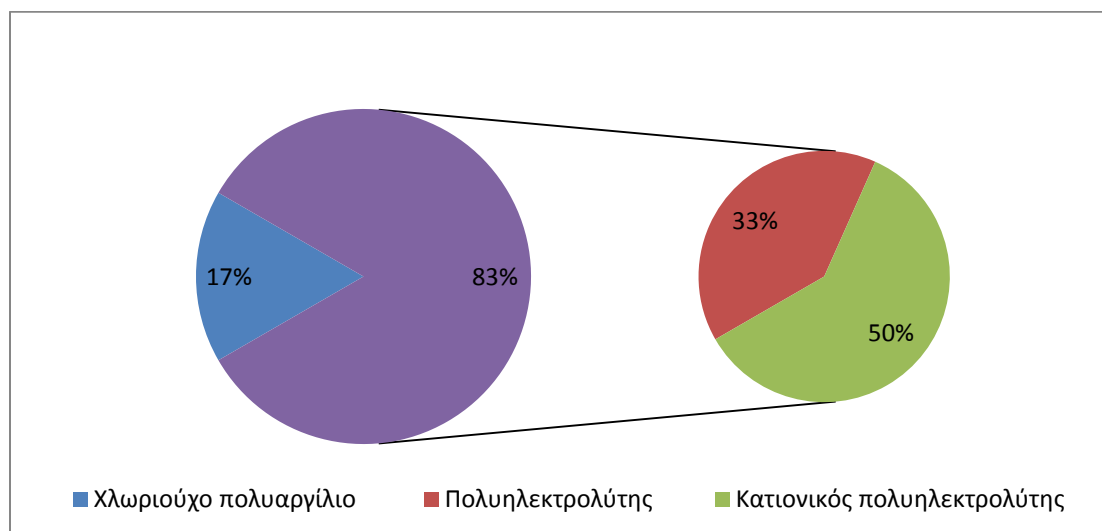
Εκτός αυτού, ερωτήθηκε εάν γίνεται χρήση κροκιδωτικών με το 33% να απαντάει «ναι» (βλ. Διάγραμμα 4.65). Το κροκιδωτικό μέσο που προτιμάται είναι ο πολυηλεκτρολύτης, όπως φαίνεται και πιο αναλυτικά στο Διάγραμμα 4.66. Οι ώρες λειτουργίας του παχυντή και η ποσότητα του κροκιδωτικού ποικίλουν, ανάλογα με τις απαιτήσεις κάθε ΕΕΛ.



Διάγραμμα 4.64. Μέσος όρος του ποσοστού στερεών για διαφορετικούς παχυντές

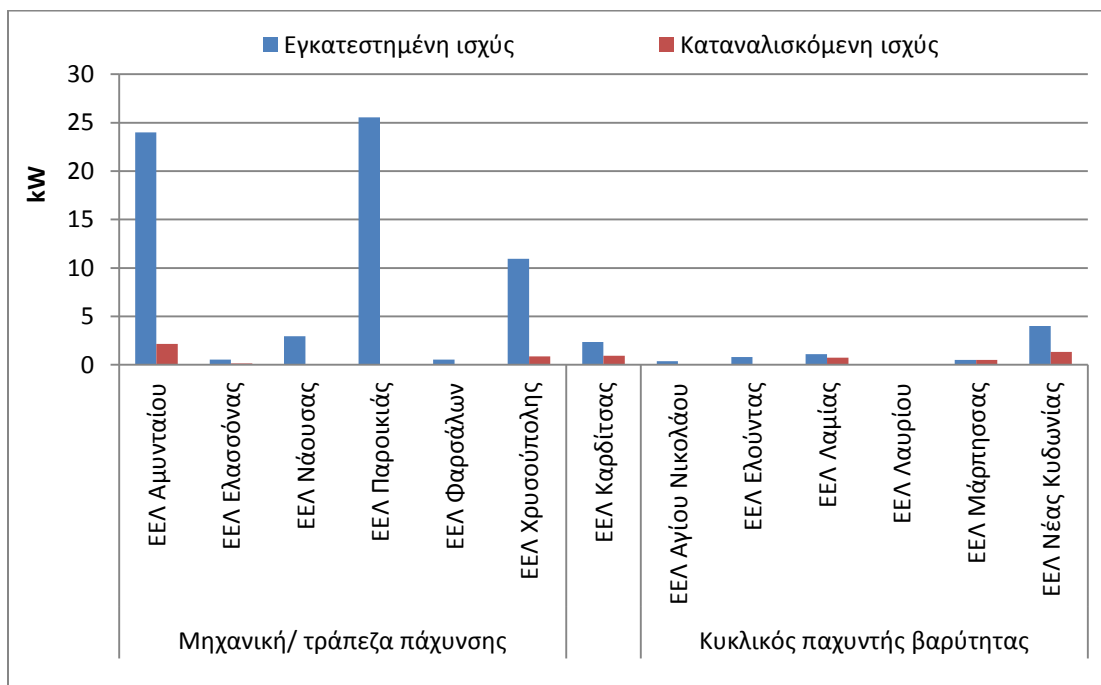


Διάγραμμα 4.65. Χρήση κροκιδωτικών στην πάχυνση

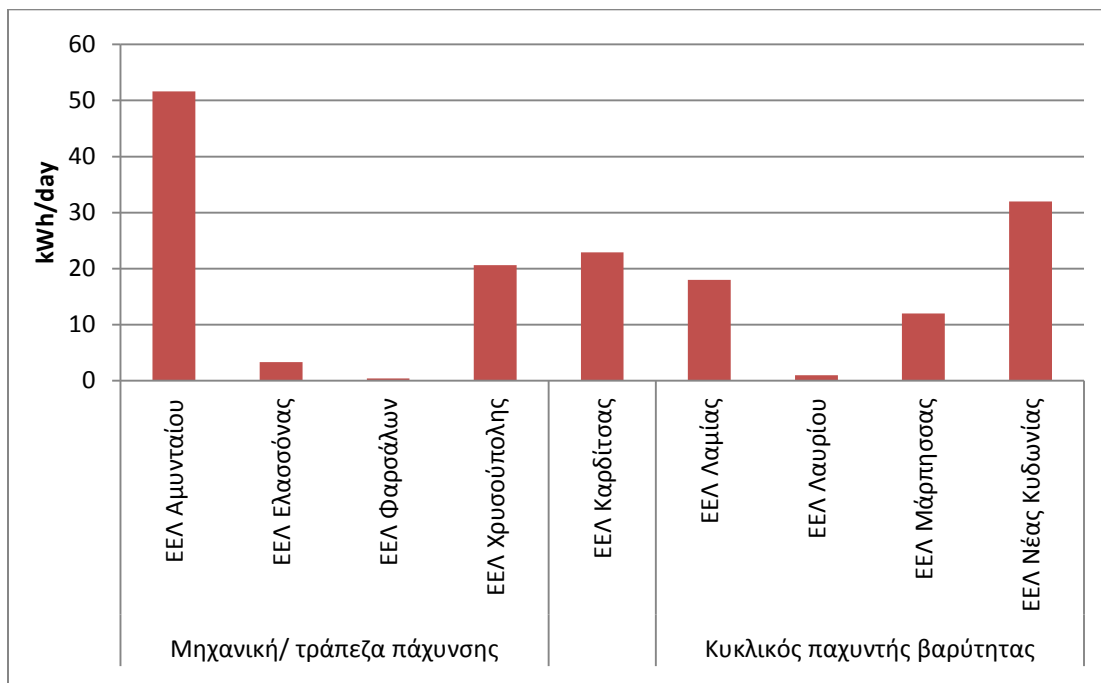


Διάγραμμα 4.66. Τύπος κροκιδωτικού

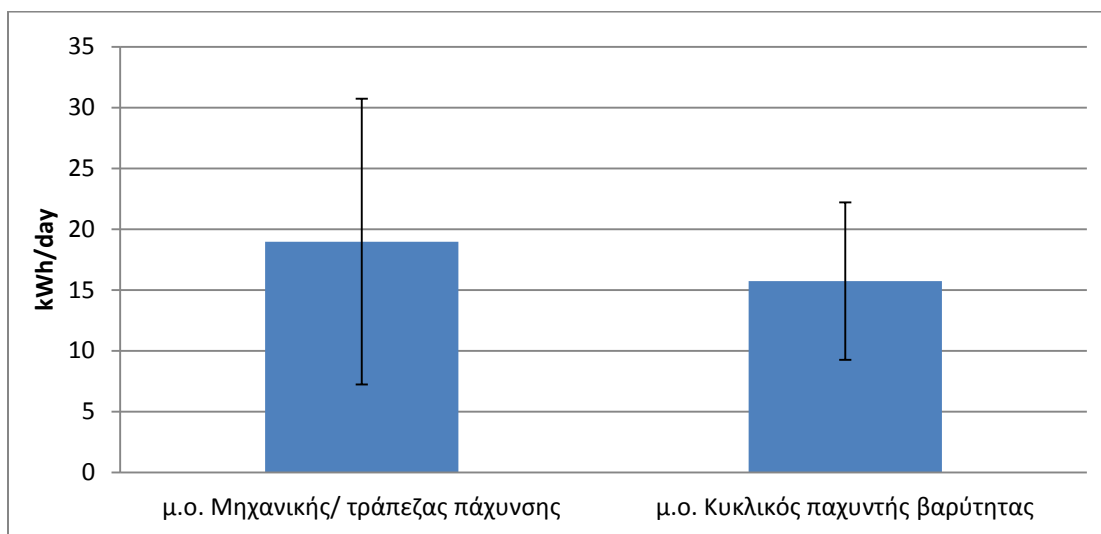
Επίσης, ερωτήθηκε η συνολική εγκατεστημένη και καταναλισκόμενη ισχύς που απαιτείται για την πάχυνση της ιλύος. Στο Διάγραμμα 4.67 παρατηρείται ότι η καταναλισκόμενη ισχύς κάθε ΕΕΛ ως επί το πλείστον είναι πολύ μικρότερη από την εγκατεστημένη. Στο Διάγραμμα 4.68 φαίνεται ότι η χρήση ενέργειας από ΕΕΛ σε ΕΕΛ διαφέρει αισθητά, όμως οι μέσοι όροι της καταναλισκόμενης ισχύς των δύο τύπων παχυντών δεν έχουν μεγάλη ποσοστιαία διαφορά (βλ. Διάγραμμα 4.69). Έγινε αλφαβητική κατάταξη των ΕΕΛ.



Διάγραμμα 4.67. Εγκατεστημένη και καταναλισκόμενη ισχύς ανά ΕΕΛ για πάχυνση ιλύος σε kW

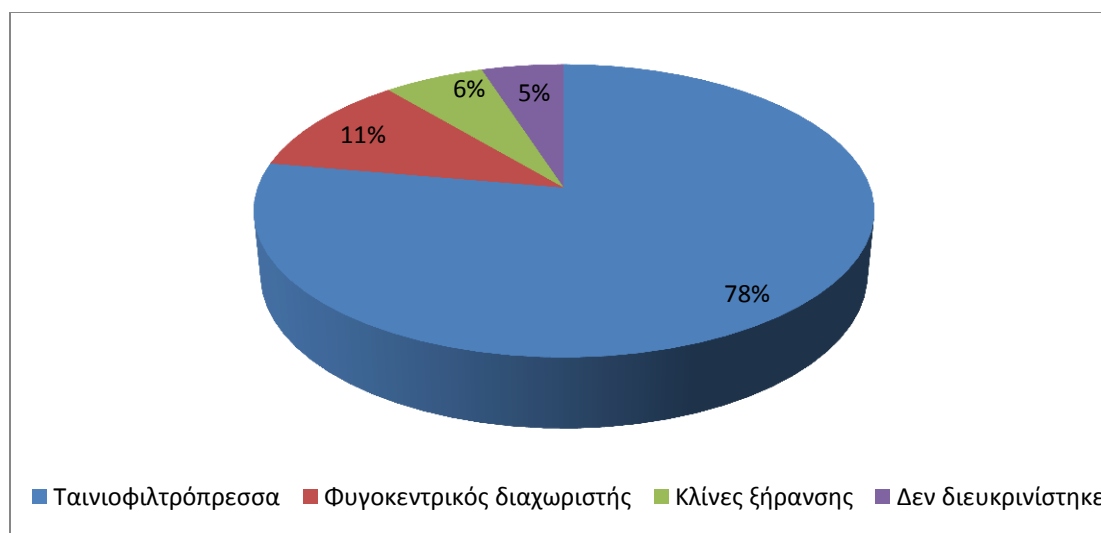


Διάγραμμα 4.68. Καταναλισκόμενη ενέργεια ανά ΕΕΛ για πάχυνση ιλύος σε kWh/day

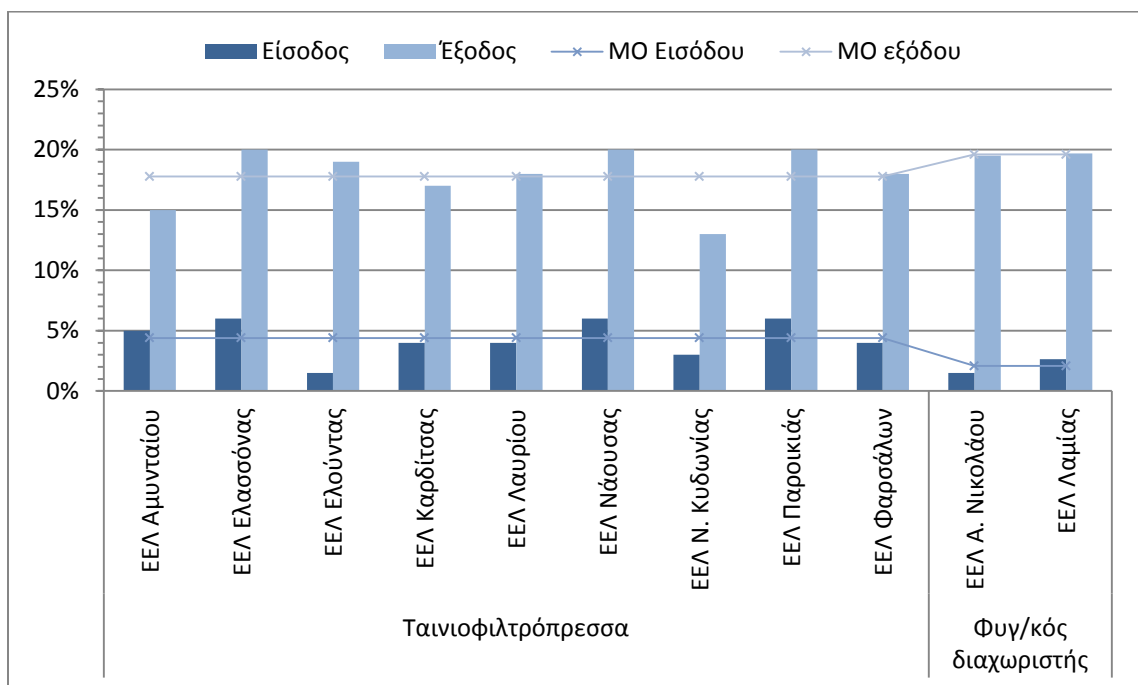


Διάγραμμα 4.69. Μέσος όρος καταναλισκόμενης ενέργειας για διαφορετικού τύπου παχυντές.

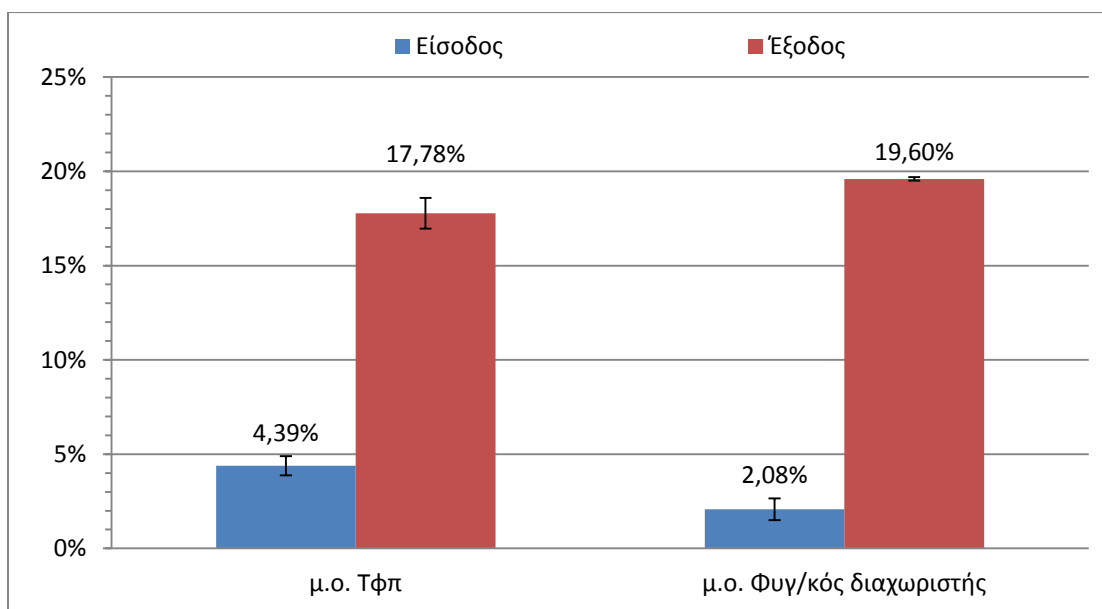
Έπειτα, ερωτήθηκε εάν η ΕΕΛ διαθέτει αφυδατωτή και το 90% των ΕΕΛ απάντησαν θετικά με προτίμηση στην ταινιοφιλτρόπρεσσα (βλ. Διάγραμμα 4.70). Επίσης, ζητήθηκε το ποσοστό των στερεών στην είσοδο και στην έξοδο του αφυδατωτή. Μετά την επεξεργασία των δεδομένων παρατηρείται ότι το ποσοστό στερεών στην έξοδο μιας ταινιοφιλτρόπρεσσας και ενός φυγοκεντρικού διαχωριστή είναι σε παρόμοια επίπεδα, όμως επιτυγχάνεται μεγαλύτερη αφυδάτωση της υλός στον φυγοκεντρικό διαχωριστή (βλ. Διάγραμμα 4.71 και 4.72).



Διάγραμμα 4.70. Τύπος αφυδατωτή

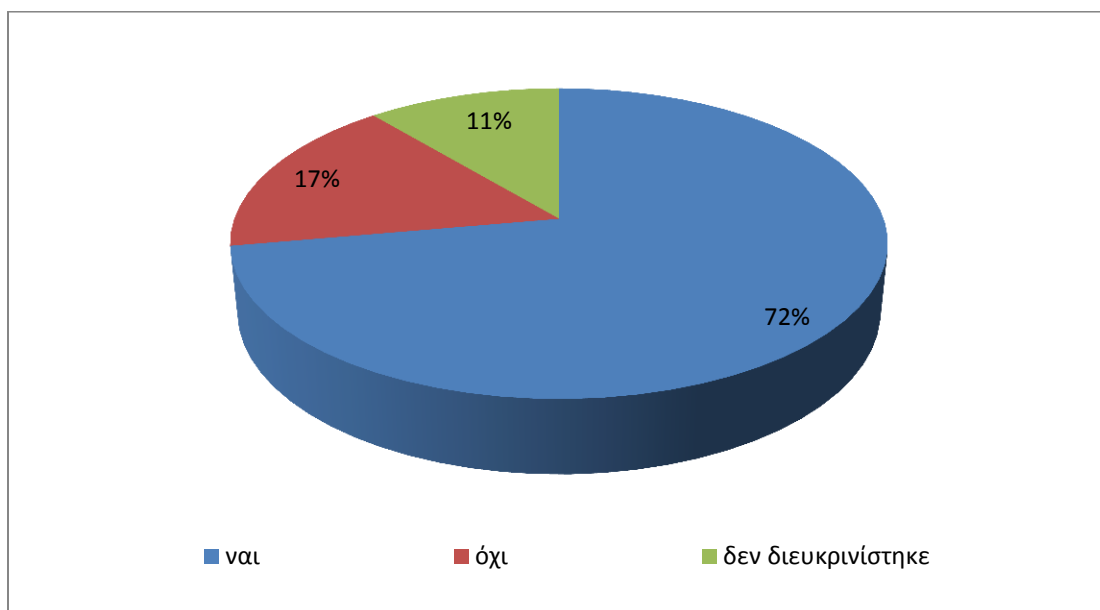


Διάγραμμα 4.71. Ποσοστό των στερεών στην είσοδο και στην έξοδο του αφυδατωτή

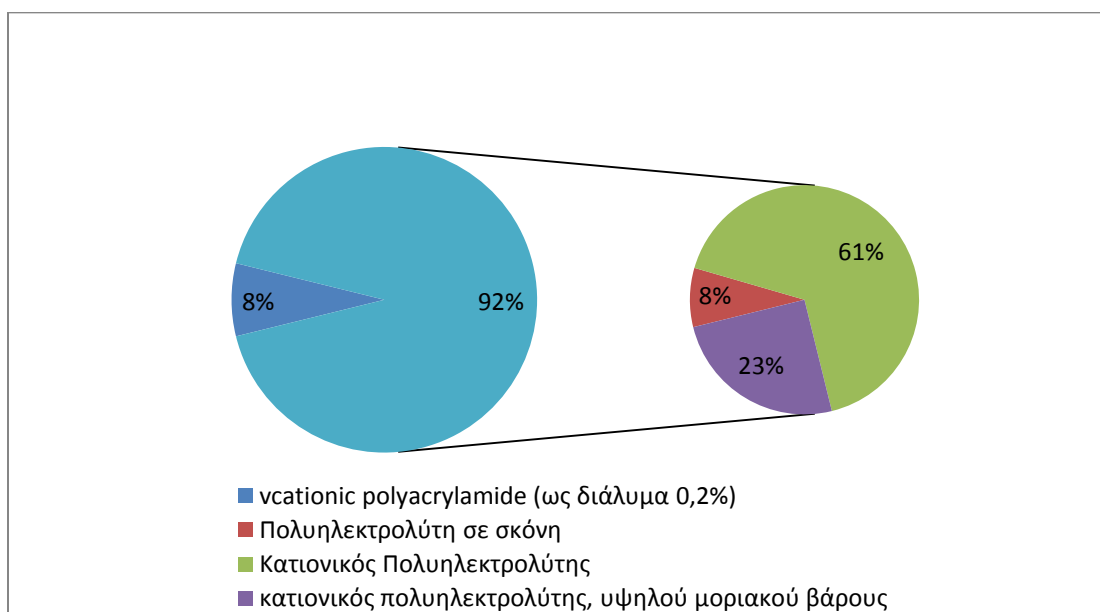


Διάγραμμα 4.72. Μέσος όρος του ποσοστού στερεών για διαφορετικού τύπου αφυδατωτές

Εκτός αυτού, ερωτήθηκε εάν γίνεται χρήση κροκιδωτικών με το 68% των ΕΕΛ να απαντάει «ναι» (βλ. Διάγραμμα 4.73). Το κροκιδωτικό μέσο που προτιμάται είναι πολυηλεκτρολύτης, όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 4.74. Σε μια περίπτωση η κροκίδωση της πάχυνσης και της αφυδάτωσης ήταν ενιαίο στάδιο. Οι ώρες λειτουργίας του αφυδατωτή και η ποσότητα του κροκιδωτικού ποικίλουν, ανάλογα με τις απαιτήσεις κάθε ΕΕΛ.

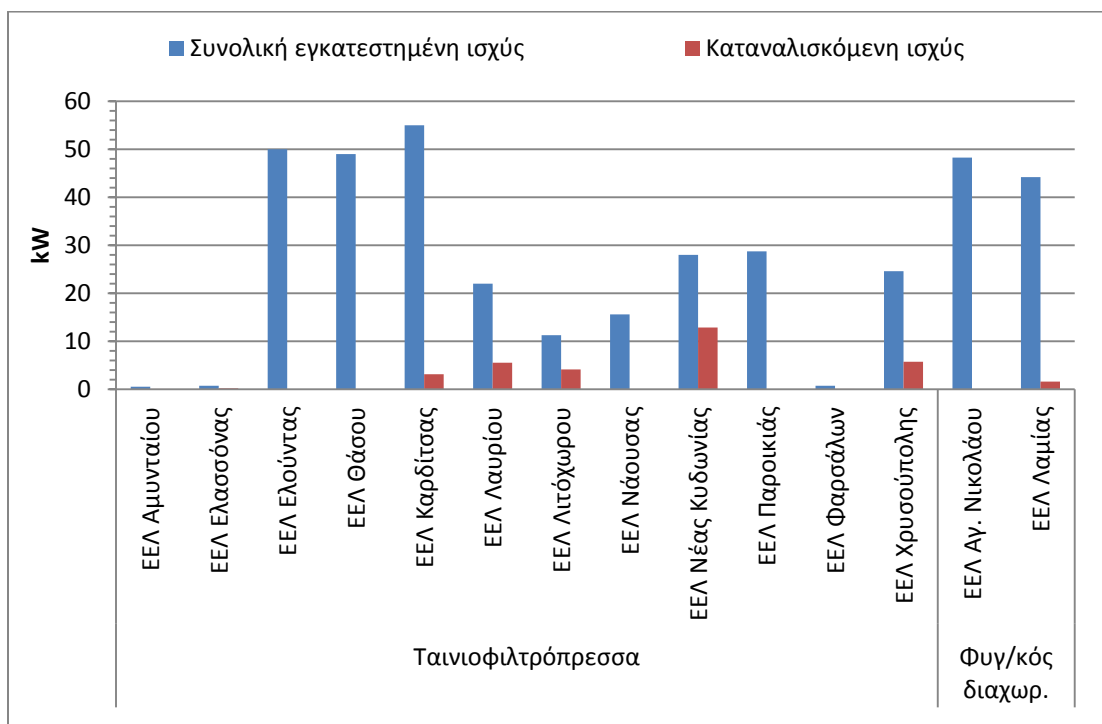


Διάγραμμα 4.73. Χρήση κροκιδωτικών στην αφυδάτωση

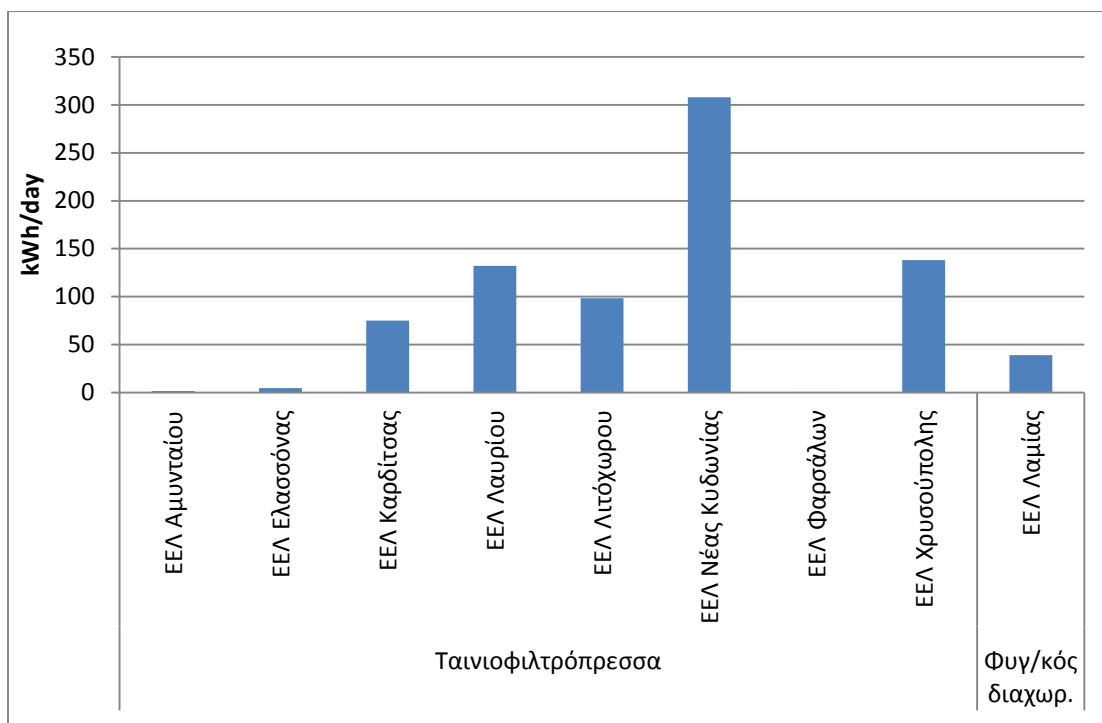


Διάγραμμα 4.74. Τύπος κροκιδωτικού

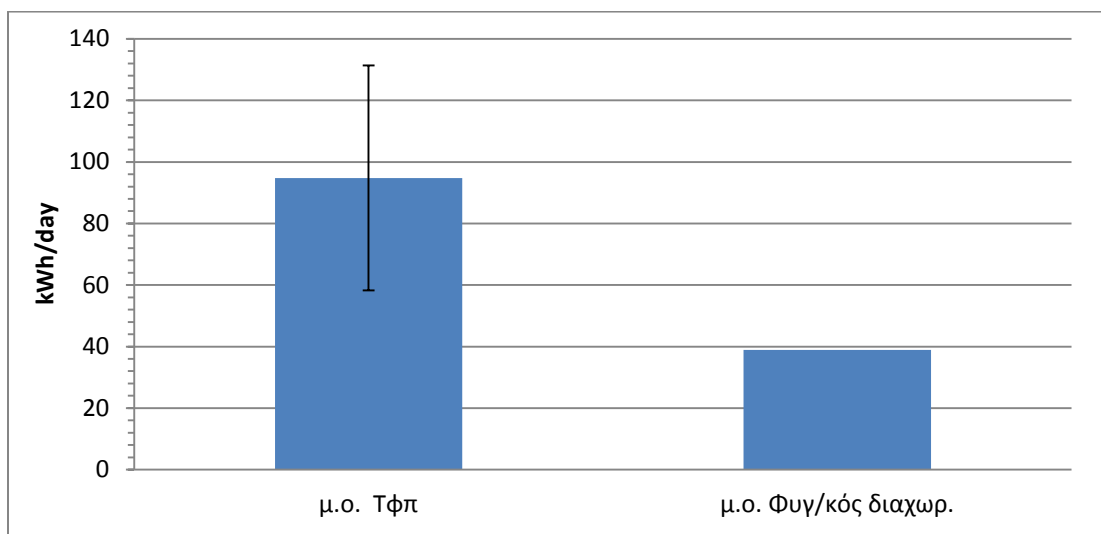
Επίσης, ερωτήθηκε η συνολική εγκατεστημένη και καταναλισκόμενη ισχύς που απαιτείται για την αφυδάτωση της ύλης. Στο Διάγραμμα 4.75 παρατηρείται ότι η καταναλισκόμενη ισχύς κάθε ΕΕΛ είναι επί το πλείστον μικρότερη από την εγκατεστημένη. Στο Διάγραμμα 4.76 φαίνεται ότι η χρήση ενέργειας σε κάποιες ΕΕΛ διαφέρει αισθητά, και τελικά παρατηρείται ότι η καταναλισκόμενη ισχύς της ταινιοφιλτρόπρεσσας είναι σχεδόν τριπλάσια από αυτή του φυγοκεντρικού διαχωριστή (Διάγραμμα 4.77).



Διάγραμμα 4.75. Εγκατεστημένη και καταναλισκόμενη ισχύς ανά ΕΕΛ για αφυδάτωση ιλύος σε kW

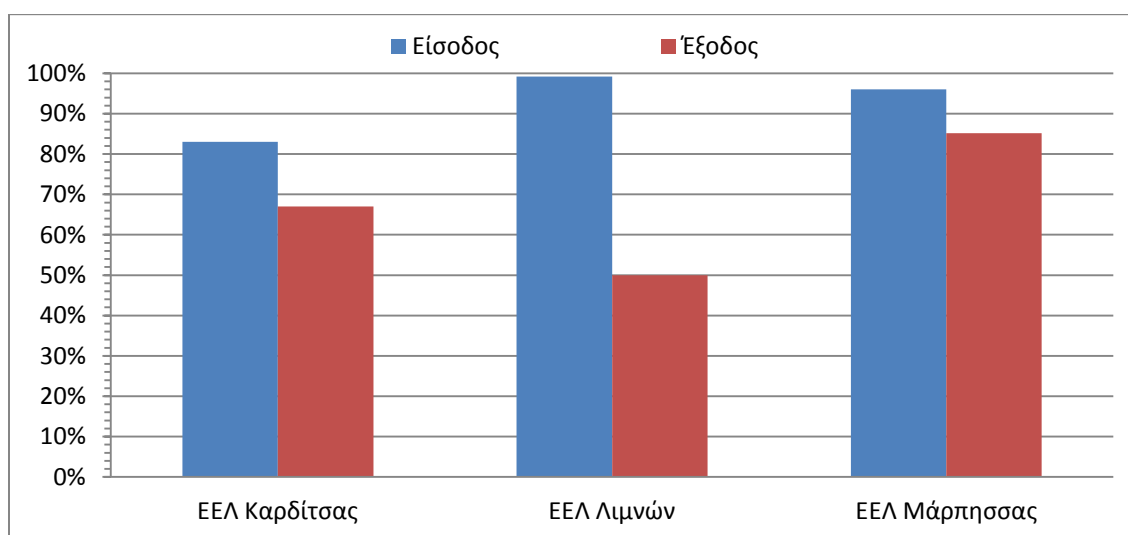


Διάγραμμα 4.76. Καταναλισκόμενη ενέργεια ανά ΕΕΛ για αφυδάτωση της ιλύος σε kWh/day



Διάγραμμα 4.77. Μέσος όρος καταναλισκόμενης ενέργειας για διαφορετικού τύπου αφυδατωτές

Στη συνέχεια ερωτήθηκε εάν η ΕΕΛ διαθέτει αναερόβια χώνευση και το 100% των ΕΕΛ απάντησαν «όχι». Έτσι, απάντησαν αρνητικά και στην ερώτηση σχετικά με την αξιοποίηση του παραγόμενου βιοαερίου. Αρνητικά απάντησε το 100% και στην ερώτηση εάν η ΕΕΛ διαθέτει κομποστοποίηση. Έπειτα, στην ερώτηση «Διαθέτει η ΕΕΛ ξήρανση;» τέσσερις ΕΕΛ (20%) απάντησαν θετικά και ότι χρησιμοποιούν κλίνες ξήρανσης. Μετά την επεξεργασία των απαντήσεων προέκυψε το Διάγραμμα 4.78, όπου παρατηρείται κατά μέσο όρο 25,3% απομάκρυνση υγρασίας. Τέλος, στην ερώτηση εάν η ΕΕΛ διαθέτει ασβεστοποίηση, μια ΕΕΛ (5%) απάντησε θετικά, με 12 έως 15% ποσότητα ασβεστίου ανά ποσότητα υλός.



Διάγραμμα 4.78. Ποσοστό υγρασίας στην είσοδο και έξοδο της ξήρανσης

5. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΚΟΣΤΟΣ

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται σε πίνακες οι συσχετίσεις της ενεργειακής κατανάλωσης, του ενεργειακού κόστους, των ισοδύναμων κατοίκων και της εισερχόμενης παροχής κάθε ΕΕΛ, όπως αυτές προέκυψαν από την επεξεργασία των δεδομένων. Στόχος ήταν η εύρεση του μέσου όρου όλων των τιμών κάθε πίνακα, όπως φαίνεται στη συνέχεια.

5.1. Ενεργειακό κόστος ανά κιλοβατώρα για κάθε ΕΕΛ και έτος

Αρχικά, παρουσιάζεται, στον Πίνακα 5.1, το μέσο ενεργειακό κόστος ανά κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος (€/kWh) και η τυπική απόκλισή του για κάθε ΕΕΛ και όλα τα εξεταζόμενα έτη, ανάλογα με τα δεδομένα που συλλέχθηκαν. Τα αποτελέσματα που παρατίθενται προέκυψαν διαιρώντας τα ετήσια ενεργειακά κόστη προς την αντίστοιχη κατανάλωση ενέργειας των ΕΕΛ (βλ. Παράρτημα VII), όπως αναλύεται στο υποκεφάλαιο 2.3.5. Παρατηρείται ότι η ΕΕΛ Φαρσάλων παρουσιάζει το μικρότερο ενεργειακό κόστος ανά κιλοβατώρα (0,075 €/kWh), ενώ η ΕΕΛ Μονεμβασιάς το μεγαλύτερο (1,392 €/kWh). Τελικά, υπολογίστηκε ο μέσος όρος (δείκτης PI_4) όλων των ΕΕΛ εκτός της ΕΕΛ Μονεμβασιάς, που θεωρήθηκε εξαίρεση λόγω του ότι παρουσιάζει εξαιρετικά μεγάλο μέσο όρο συγκριτικά με τις υπόλοιπες υπό εξέταση ΕΕΛ, καθώς και της ΕΕΛ Κρούστας και της ΕΕΛ Πρίνας, επειδή αποτελούνται εξολοκλήρου από Compact τεχνολογίες. Όπως προέκυψε από την τελική επεξεργασία των δεδομένων, ο μέσος όρος του μέσου ενεργειακού κόστους ανά κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος με 99,7% βεβαιότητα είναι $PI_4 = 0,140 \pm 0,032 \text{ €/kWh}$, ενώ αναμένεται το 99,7% των μετρήσεων να βρίσκονται μεταξύ 0,006 και 0,273 €/kWh.

ΕΕΛ	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	μ.ο. (€/kWh),
Αγ. Νικολάου	0,154	0,165	0,163	0,153	0,133	0,120	0,125					$0,145 \pm 0,018$
Αμυνταίου							0,106					0,106
Ελασσόνας	0,119	0,123	0,120									$0,121 \pm 0,002$
Ελούντας	0,154	0,165	0,157	0,146	0,137	0,122	0,130					$0,144 \pm 0,016$
Θήβας	0,109	0,127	0,125	0,121	0,116	0,096	0,105	0,122	0,132	0,116	0,121	$0,117 \pm 0,010$
Καρδίτσας	0,126	0,131	0,140	0,134			0,094	0,094			0,076	$0,113 \pm 0,025$
Λαμίας		0,118	0,115	0,114	0,109	0,081	0,088	0,082	0,080	0,071	0,071	$0,093 \pm 0,019$
Λαυρίου	0,125											0,125
Λιμνών	0,205	0,182	0,183	0,174	0,153	0,161	0,141					$0,171 \pm 0,021$
Λιτόχωρου	0,251	0,288	0,218									$0,252 \pm 0,035$
Μάρπησσας	0,194	0,153	0,198	0,147	0,164	0,127	0,000					$0,140 \pm 0,067$
Μονεμβασιάς	1,392											1,392
Νάουσας	0,181	0,159	0,196	0,178	0,155	0,133	0,000					$0,143 \pm 0,066$
Νέας Κυδωνίας	0,117	0,136	0,135									$0,129 \pm 0,011$
Παροικιάς	0,285	0,218	0,290	0,289	0,239	0,225	0,000					$0,221 \pm 0,102$
Φαρσάλων	0,067	0,072	0,077	0,077	0,072	0,066	0,091					$0,075 \pm 0,009$
Φλώρινας	0,121	0,133	0,133	0,123	0,101	0,101	0,106	0,093	0,090	0,080	0,077	$0,105 \pm 0,020$
Χρυσούπολης	0,180	0,192	0,174	0,164	0,138							$0,170 \pm 0,021$
Κρούστα *	0,199											0,199
Πρίνας *	0,204											0,204

Πίνακας 5.1. Ενεργειακό κόστος ανά κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος (€/kWh)

5.2.Ενεργειακή κατανάλωση ανά ισοδύναμο κάτοικο για κάθε ΕΕΛ και έτος

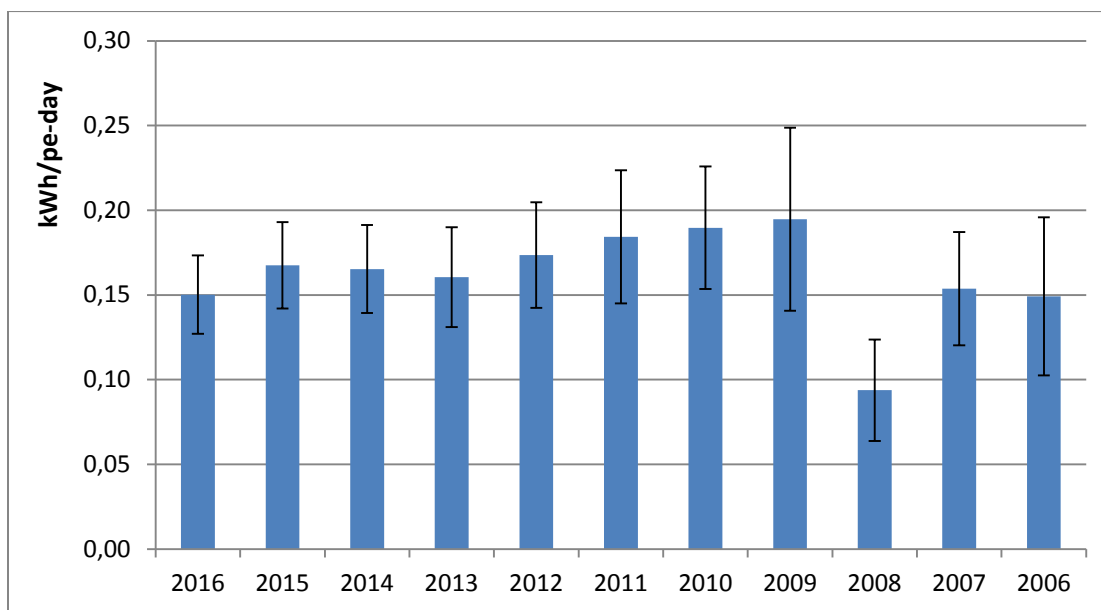
Αρχικά, παρουσιάζεται στον Πίνακα 5.2 η μέση ημερήσια κατανάλωση ρεύματος ανά ισοδύναμο κάτοικο (kWh/pe-day) και η τυπική απόκλιση της για κάθε ΕΕΛ και όλα τα εξεταζόμενα έτη, ανάλογα με τα δεδομένα που συλλέχθηκαν. Τα αποτελέσματα που παρατίθενται προέκυψαν διαιρώντας τις ημερήσιες καταναλώσεις ηλεκτρικού ρεύματος (kWh/day) προς τον αντίστοιχο μέσο ισοδύναμο πληθυσμό (ιπ) των ΕΕΛ, όπως αναλύεται στο υποκεφάλαιο 2.3.5. Παρατηρείται ότι η ΕΕΛ Μονεμβασιάς παρουσιάζει τη μικρότερη ημερήσια κατανάλωση ρεύματος ανά ισοδύναμο κάτοικο (0,032 kWh/pe-day), με την ΕΕΛ Θήβας και την ΕΕΛ Καρδίτσας να ακολουθούν, ενώ τη μεγαλύτερη η ΕΕΛ Μάρπησσας (0,407 kWh/pe-day).

ΕΕΛ	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	μ.ο. (kWh/pe -day))
Αγ.Νικολάου	0,099	0,097	0,104	0,097	0,101	0,099	0,097					0,099 ± 0,002
Αμυνταίου							0,306					0,306
Ελασσόνας	0,118	0,120	0,115									0,117 ± 0,003
Ελούντας	0,135	0,148	0,135	0,122	0,121	0,132	0,073					0,124 ± 0,024
Θάσου	0,261	0,266	0,204	0,232	0,200	0,213	0,257					0,233 ± 0,028
Θήβας	0,048	0,041	0,044	0,039	0,041	0,045	0,047	0,041	0,037	0,036	0,030	0,041 ± 0,005
Καρδίτσας	0,049	0,054	0,047	0,055			0,062	0,064			0,056	0,055 ± 0,006
Λαμίας		0,191	0,194	0,183	0,170	0,151	0,154	0,148	0,139	0,131	0,094	0,156 ± 0,030
Λαυρίου	0,090											0,090
Λιμνών	0,080	0,156	0,136	0,121	0,129	0,104	0,099					0,118 ± 0,026
Λιτόχωρου	0,233	0,184	0,250	0,148								0,204 ± 0,047
Μάρπησσας	0,420	0,432	0,440	0,452	0,442	0,511	0,474	0,425		0,192	0,281	0,407 ± 0,096
Μονεμβασιάς	0,032											0,032
Νάουσας	0,316	0,304	0,300	0,275	0,289	0,301	0,303	0,317		0,273	0,351	0,303 ± 0,023
Νέας Κυδωνίας	0,112	0,108	0,123									0,115 ± 0,008
Παροικιάς	0,110	0,107	0,100	0,084	0,124	0,124	0,285	0,259		0,186	0,269	0,165 ± 0,078
Φαρσάλων	0,233	0,247	0,251	0,247	0,235	0,235	0,235					0,240 ± 0,007
Φλώρινας	0,104	0,094	0,108	0,105	0,137	0,113	0,074	0,108	0,105	0,104	0,112	0,106 ± 0,015
Χρυσούπολης	0,114	0,130	0,093	0,087	0,094							0,104 ± 0,018
Κρούστα *	0,114											0,114
Πρίνας *	0,102											0,102

Πίνακας 5.2. Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά κάτοικο την ημέρα (kWh/pe -day)

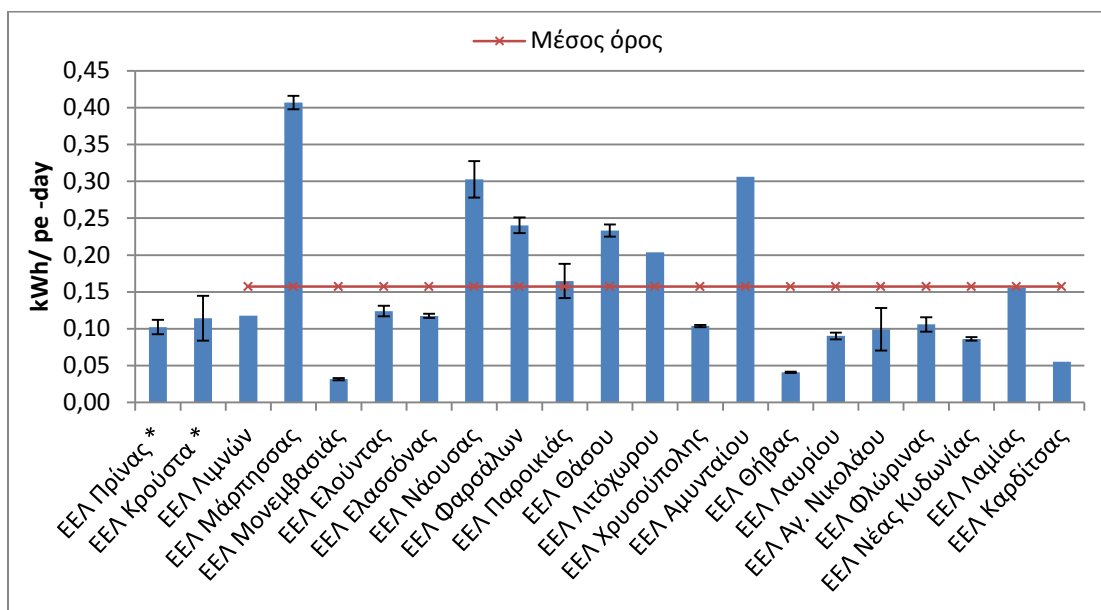
Επίσης, στο Διάγραμμα 5.1 παρουσιάζεται η διακύμανση της ημερήσιας ενεργειακής κατανάλωσης ανά ισοδύναμο κάτοικο (kWh/ικ-day) για το σύνολο των εγκαταστάσεων των τελευταίων 10 χρόνων, καθώς και το τυπικό σφάλμα των τιμών. Από το διάγραμμα προκύπτει ότι η ενεργειακή κατανάλωση ανά ικ είναι σχετικά σταθερή, ενώ το 2008 παρατηρείται μια χαρακτηριστικά μικρότερη τιμή, που ίσως οφείλεται στο μικρό πλήθος δεδομένων. Τελικά, όπως προέκυψε από την επεξεργασία των δεδομένων όλων των ΕΕΛ, εκτός της ΕΕΛ Κρούστας και της ΕΕΛ Πρίνας, που θεωρήθηκαν εξαιρέση λόγω του ότι αποτελούνται εξολοκλήρου από Compact τεχνολογίες, ο μέσος όρος της μέσης

ημερήσιας κατανάλωσης ρεύματος ανά ισοδύναμο κάτοικο με 99,7% βεβαιότητα είναι $PI_2 = 0,159 \pm 0,069 \text{ kWh/pe-day}$, ενώ αναμένεται το 68,0% των μετρήσεων να βρίσκονται μεταξύ 0,059 και 0,259 kWh/pe-day.



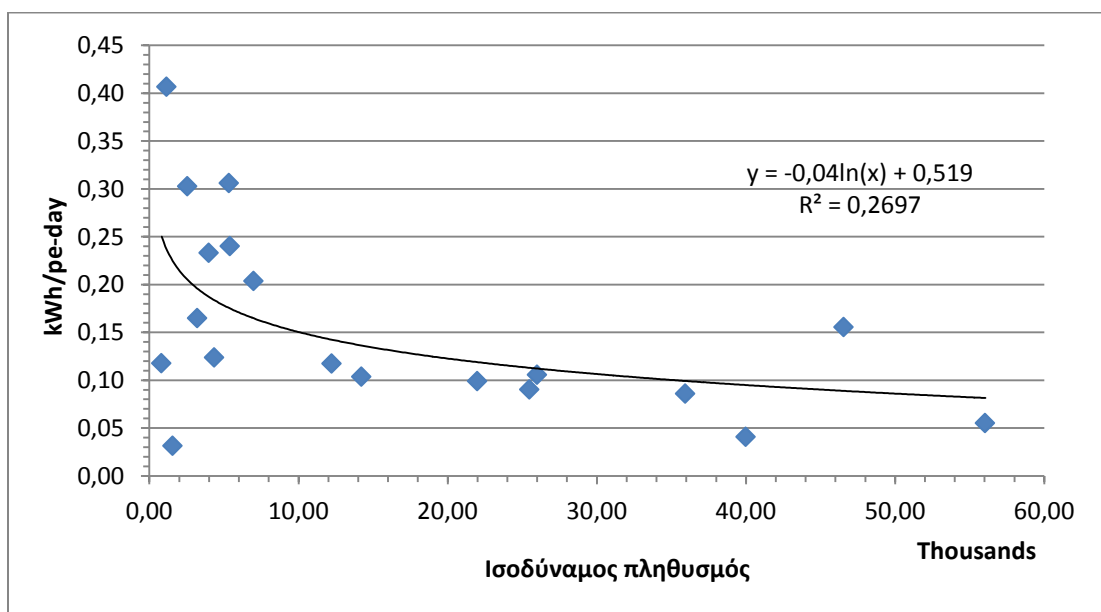
Διάγραμμα 5.1. Ημερήσια ενεργειακή κατανάλωση ανά κάτοικο κάθε έτους

Εκτός αυτού, στο Διάγραμμα 5.2 παρουσιάζεται η μέση καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια ανά ισοδύναμο κάτοικο (kWh/pe-day) για κάθε εξεταζόμενη ΕΕΛ, ο γενικός μέσος όρος, καθώς και το τυπικό σφάλμα της κάθε τιμής. Οι εγκαταστάσεις παρουσιάζονται από αυτή με την μικρότερη προς αυτή με τη μεγαλύτερη παροχή. Από το διάγραμμα προκύπτει ότι σε γενικές γραμμές η ημερήσια ενεργειακή κατανάλωση ανά κάτοικο μειώνεται γραμμικά καθώς αυξάνεται η εισερχόμενη παροχή, με κάποιες εξαιρέσεις. Τέλος, στο Διάγραμμα 5.3, που ακολουθεί, παρουσιάζεται η ημερήσια κατανάλωση ενέργειας ανά ισοδύναμο κάτοικο (kWh/pe-day) σε σχέση με τον εξυπηρετούμενο ισοδύναμο πληθυσμό (ιπ) κάθε ΕΕΛ. Από το διάγραμμα προκύπτει ότι η ημερήσια ενεργειακή κατανάλωση ανά κάτοικο ακολουθεί μια λογαριθμική μείωση καθώς αυξάνεται ο ιπ κάθε ΕΕΛ.



Διάγραμμα 5.2. Ημερήσια ενεργειακή κατανάλωση ανά κάτοικο (kWh/pe-day) κάθε ΕΕΛ

Τέλος, στο Διάγραμμα 5.3, που ακολουθεί, παρουσιάζεται η ημερήσια κατανάλωση ενέργειας ανά ισοδύναμο κάτοικο σε σχέση με τον εξυπηρετούμενο ισοδύναμο πληθυσμό κάθε ΕΕΛ. Από το διάγραμμα προκύπτει ότι η ενεργειακή κατανάλωση ανά κάτοικο ακολουθεί μια λογαριθμική μείωση καθώς αυξάνεται ο ιπ των ΕΕΛ.



Διάγραμμα 5.3. Ημερήσια κατανάλωση ενέργειας ανά κάτοικο (kWh/pe-day) ως προς τον ιπ

5.3. Ενεργειακό κόστος ανά ισοδύναμο κάτοικο για κάθε ΕΕΛ και έτος

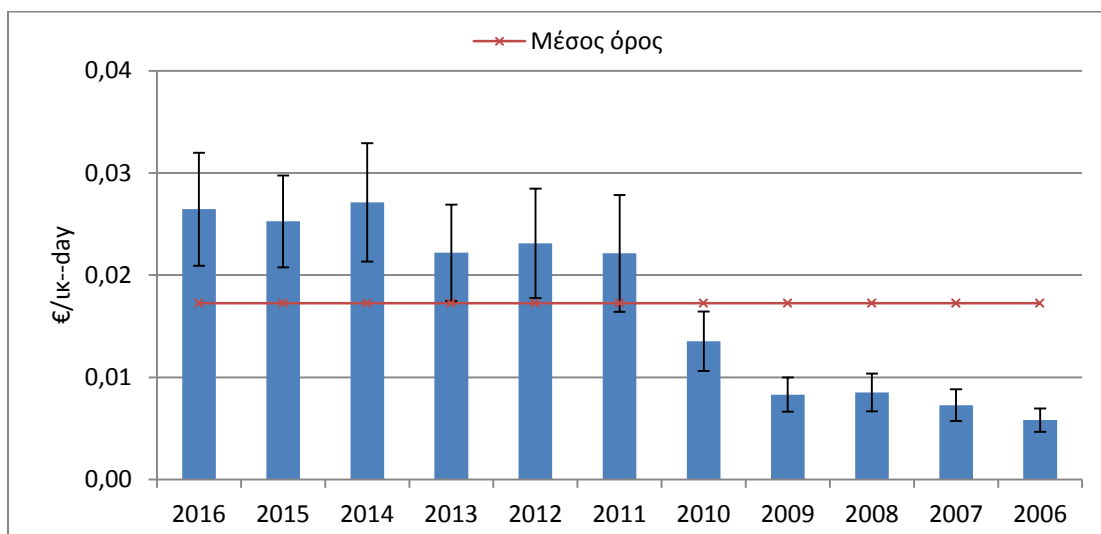
Αρχικά, παρουσιάζεται στον Πίνακα 5.3 το μέσο ημερήσιο ενεργειακό κόστος ανά ισοδύναμο κάτοικο (€/pe-day) και η τυπική απόκλιση της για κάθε ΕΕΛ και όλα τα εξεταζόμενα έτη, ανάλογα με τα δεδομένα που συλλέχθηκαν. Τα αποτελέσματα που παρατίθενται προέκυψαν διαιρώντας το μέσο ημερήσιο ενεργειακό κόστος προς τον αντίστοιχο μέσο ισοδύναμο πληθυσμό των ΕΕΛ, όπως αναλύεται στο υποκεφάλαιο 2.3.5. Παρατηρείται ότι η ΕΕΛ Θήβας παρουσιάζει το μικρότερο μέσο ημερήσιο ενεργειακό κόστος ανά ισοδύναμο κάτοικο με 0,005 €/ικ-day, με την ΕΕΛ Καρδίτσας να ακολουθεί με πολύ μικρή διαφορά (0,006 €/pe-day), ενώ το μεγαλύτερο μέσο ημερήσιο ενεργειακό κόστος ανά ικ παρουσιάζει η ΕΕΛ Μάρπησσας με 0,073 €/pe-day.

Τελικά, όπως προέκυψε από την επεξεργασία των δεδομένων όλων των ΕΕΛ, εκτός της ΕΕΛ Κρούστας και της ΕΕΛ Πρίνας, που θεωρήθηκαν εξαίρεση λόγω του ότι αποτελούνται εξολοκλήρου από Compact τεχνολογίες, ο μέσος όρος με 99,7% βεβαιότητα είναι $PI_5 = 0,025 \pm 0,013$ €/ικ-day, ενώ αναμένεται το 68,0% των μετρήσεων να βρίσκονται μεταξύ 0,006 και 0,044 €/pe-day.

ΕΕΛ	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	μ.ο.
Αγ. Νικολάου	0,015	0,016	0,017	0,015	0,013	0,012	0,012					$0,014 \pm 0,002$
Αμυνταίου							0,033					0,033
Ελασσόνας	0,014	0,015	0,014									$0,014 \pm 0,001$
Ελούντας	0,021	0,025	0,021	0,018	0,017	0,016	0,010					$0,018 \pm 0,005$
Θήβας	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,004	0,005	0,005	0,005	0,004	0,004	$0,005 \pm 0,001$
Καρδίτσας	0,006	0,007	0,007	0,007			0,006	0,006			0,004	$0,006 \pm 0,001$
Λαμίας		0,022	0,022	0,021	0,019	0,012	0,014	0,012	0,011	0,009	0,007	$0,015 \pm 0,006$
Λαυρίου	0,011											0,011
Λίμνων	0,016	0,028	0,025	0,021	0,020	0,017	0,014					$0,020 \pm 0,005$
Λιτόχωρου	0,058	0,053	0,055									$0,055 \pm 0,003$
Μάρπησσας	0,081	0,066	0,087	0,066	0,073	0,065						$0,073 \pm 0,009$
Μονεμβασιάς	0,044											0,044
Νάουσας	0,057	0,048	0,059	0,049	0,045	0,040						$0,050 \pm 0,007$
Νέας Κυδωνίας	0,013	0,015	0,017	0,016	0,013							$0,015 \pm 0,002$
Παροικιάς	0,031	0,023	0,029	0,024	0,030	0,028						$0,028 \pm 0,003$
Φαρσάλων	0,016	0,018	0,019	0,019	0,017	0,016	0,021					$0,018 \pm 0,002$
Φλώρινας	0,013	0,013	0,014	0,013	0,014	0,011	0,008	0,010	0,009	0,008	0,009	$0,011 \pm 0,002$
Χρυσούπολης	0,021	0,025	0,016	0,014	0,013							$0,018 \pm 0,005$
Κρούστα *	0,020											0,014
Πρίνας *	0,032											0,033

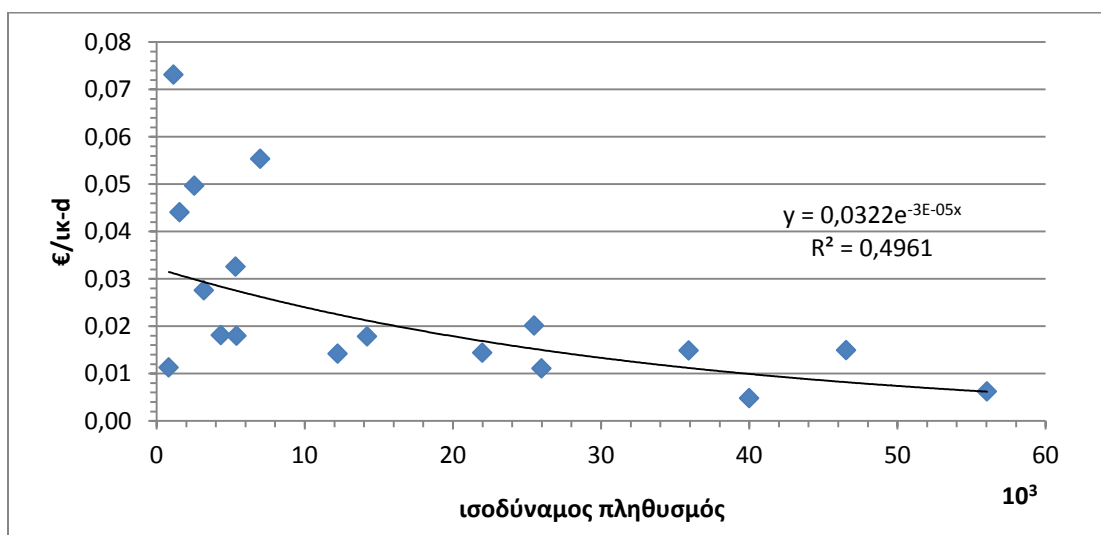
Πίνακας 5.3. Ενεργειακό κόστος ανά κάτοικο την ημέρα (€/pe-day)

Επίσης, στο Διάγραμμα 5.4 παρουσιάζεται το ημερήσιο ενεργειακό κόστος ανά ισοδύναμο κάτοικο (€/ικ-day) για το σύνολο των εγκαταστάσεων των τελευταίων 10 χρόνων, ο γενικός μέσος όρος, καθώς και το τυπικό σφάλμα των τιμών. Από το διάγραμμα προκύπτει ότι το ημερήσιο ενεργειακό κόστος ανά ικ αυξάνεται σχετικά με το πέρασμα των χρόνων, ενώ από το 2006 έως το 2009 παρατηρούνται χαρακτηριστικά μικρότερες τιμές σε σχέση με τα επόμενα έτη.



Διάγραμμα 5.4. Το ημερήσιο ενεργειακό κόστος ανά κάτοικο (€/pe-day) κάθε έτους

Τέλος, στο Διάγραμμα 5.6, που ακολουθεί, παρουσιάζεται το ημερήσιο ενεργειακό κόστος ανά ισοδύναμο κάτοικο (€/pe-day) σε σχέση με τον εξυπηρετούμενο ισοδύναμο πληθυσμό (ιπ) των ΕΕΛ. Από το διάγραμμα προκύπτει ότι το ενεργειακό κόστος ανά ικ παρουσιάζει μια εκθετική μείωση καθώς αυξάνεται ο ιπ των εγκαταστάσεων.



Διάγραμμα 5.5. Το ημερήσιο ενεργειακό κόστος ανά κάτοικο κάθε έτους

5.4.Εισερχόμενη παροχή ανά ισοδύναμο κάτοικο για κάθε ΕΕΛ και έτος

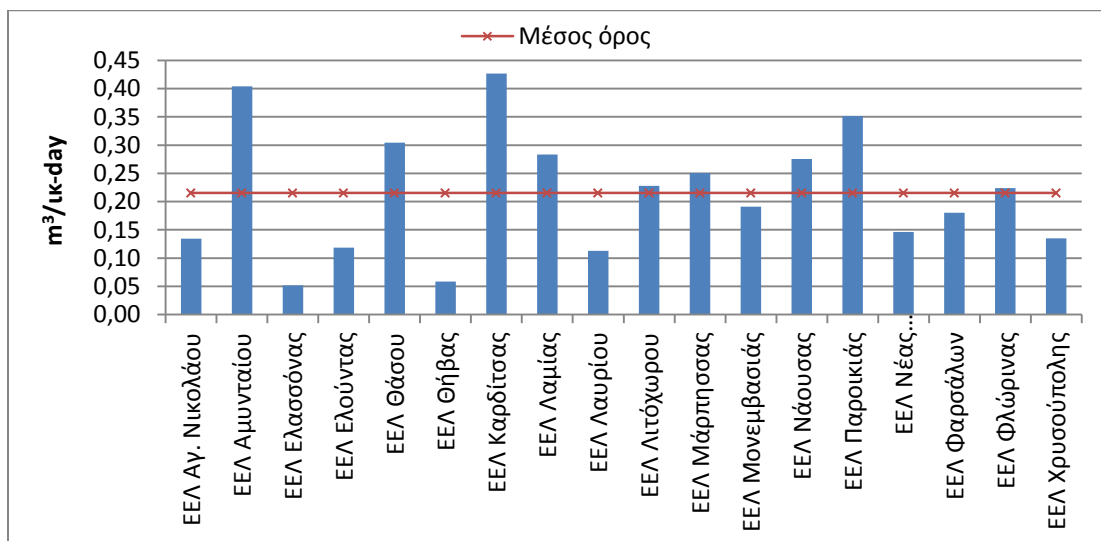
Αρχικά, παρουσιάζεται στον Πίνακα 5.4. η μέση ετήσια εισερχόμενη παροχή ανά ισοδύναμο κάτοικο ($m^3/pe-day$) και η τυπική απόκλιση της για κάθε ΕΕΛ και όλα τα εξεταζόμενα έτη, ανάλογα με τα δεδομένα που συλλέχθηκαν. Τα αποτελέσματα που παρατίθενται προέκυψαν διαιρώντας την ημερήσια παροχή εισροής ως προς τον αντίστοιχο μέσο ισοδύναμο πληθυσμό των ΕΕΛ, όπως αναλύεται στο υποκεφάλαιο 2.3.5. Παρατηρείται ότι η ΕΕΛ Ελασσόνας παρουσιάζει τη μικρότερη μέση ημερήσια εισερχόμενη παροχή ανά ισοδύναμο κάτοικο με $0,052 m^3/pe-day$, με την ΕΕΛ Θήβας να ακολουθεί με πολύ μικρή διαφορά ($0,059 m^3/pe-day$), ενώ τη μεγαλύτερη παροχή ανά ικ παρουσιάζει η ΕΕΛ

Καρδίτσας με $0,426 \text{ m}^3/\text{pe-day}$. Τελικά, όπως προέκυψε από την επεξεργασία των δεδομένων όλων των ΕΕΛ που αναγράφονται στον Πίνακα 5.4, ο μέσος όρος με 99,7% βεβαιότητα είναι $\text{PI}_3 = 0,215 \pm 0,008 \text{ m}^3/\text{pe-day}$, ενώ αναμένεται το 68,0% των μετρήσεων να βρίσκονται μεταξύ $0,105$ και $0,326 \text{ m}^3/\text{pe-day}$.

ΕΕΛ	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	μ.ο. ($\text{m}^3/\text{pe-day}$)
Αγ. Νικολάου	0,137	0,147	0,133	0,128	0,123	0,126	0,144					$0,134 \pm 0,009$
Αμυνταίου							0,404					0,404
Ελασσόνας	0,052	0,053	0,050									$0,052 \pm 0,002$
Ελούντας	0,137	0,136	0,100	0,103								$0,119 \pm 0,020$
Θάσου	0,284	0,413	0,318	0,323	0,256	0,253	0,282					$0,304 \pm 0,055$
Θήβας	0,044	0,059	0,057	0,061	0,061	0,073	0,065	0,065	0,058	0,052	0,051	$0,059 \pm 0,008$
Καρδίτσας	0,493	0,468	0,416	0,429	0,435	0,471	0,461	0,417	0,372	0,355	0,373	$0,426 \pm 0,045$
Λαμίας	0,000	0,306	0,287	0,325	0,302	0,301	0,322	0,324	0,363	0,321	0,268	$0,284 \pm 0,097$
Λαυρίου	0,113											0,113
Λιτόχωρου	0,354	0,262	0,211	0,083								$0,228 \pm 0,113$
Μάρπησσας	0,246	0,302	0,252	0,260	0,229	0,330	0,314	0,298		0,139	0,138	$0,251 \pm 0,068$
Μονεμβασιάς	0,191											0,191
Νάουσας	0,312	0,303	0,265	0,251	0,248							$0,276 \pm 0,030$
Παροικιάς	0,276	0,449	0,335	0,322	0,306	0,387	0,411	0,373	0,369	0,287		$0,351 \pm 0,056$
Νέας Κυδωνίας	0,190	0,200	0,161	0,163	0,162	0,152	0,130	0,126	0,124	0,054		$0,146 \pm 0,041$
Φαρσάλων	0,213	0,249	0,280	0,207	0,157	0,132	0,110	0,094				$0,180 \pm 0,067$
Φλώρινας	0,335	0,288	0,195	0,202	0,263	0,217	0,141	0,207	0,201	0,200	0,215	$0,224 \pm 0,053$
Χρυσούπολης	0,141	0,140	0,138	0,131	0,125							$0,135 \pm 0,007$

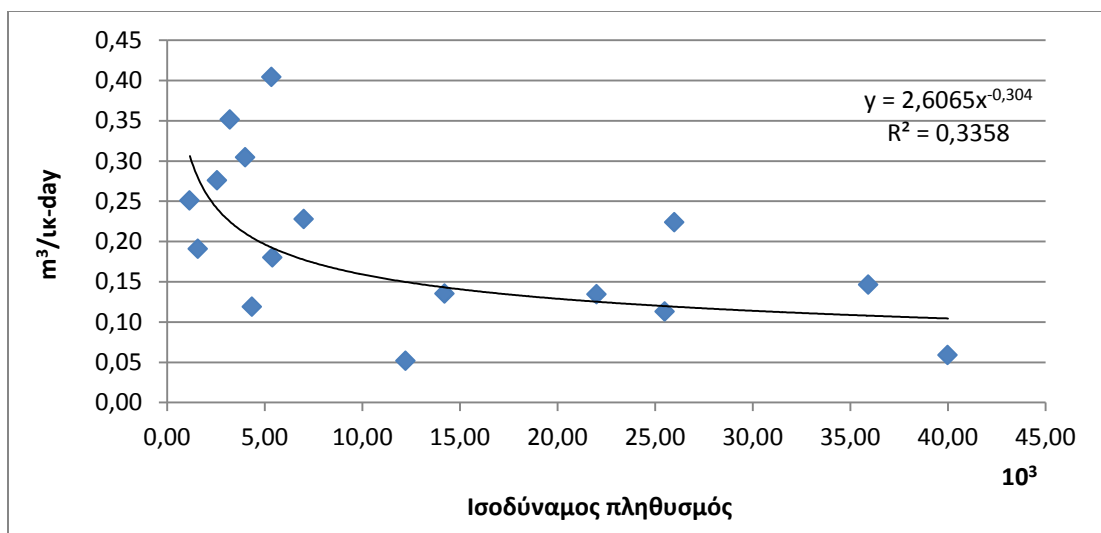
Πίνακας 5.4. Εισερχόμενη παροχή ανά κάτοικο την ημέρα ($\text{m}^3/\text{pe-day}$)

Στη συνέχεια, στο Διάγραμμα 5.6. παρουσιάζεται η ημερήσια παροχή ανά ισοδύναμο κάτοικο ($\text{m}^3/\text{pe-day}$) για το σύνολο των εγκαταστάσεων των τελευταίων 10 χρόνων και ο γενικός μέσος όρος. Από το διάγραμμα προκύπτει ότι η παροχή ανά κάτοικο είναι σχετικά σταθερή με το πέρασμα των χρόνων, με το 2016 να είναι μια από τις χρονιές με την χαμηλότερη ημερήσια εισερχόμενη παροχή ανά ικ.



Διάγραμμα 5.6. Ημερήσια εισερχόμενη παροχή ανά κάτοικο και έτος

Τέλος, στο Διάγραμμα 5.7 παρουσιάζεται η ημερήσια παροχή ανά ισοδύναμο κάτοικο ($\text{m}^3/\text{pe-day}$) συναρτήσει του εξυπηρετούμενου ισοδύναμου πληθυσμού κάθε ΕΕΛ. Από το διάγραμμα προκύπτει ότι η ημερήσια παροχή ανά ικ μειώνεται εκθετικά καθώς αυξάνεται ο ιπ κάθε ΕΕΛ, με τις μικρότερες τιμές να συναντούνται μεταξύ 10 και 40 χιλιάδες ικ.



Διάγραμμα 5.7. Ημερήσια παροχή ανά κάτοικο ως προς τον ιπ

6. ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΧΡΗΣΗΣ

Αυτό το κεφάλαιο πραγματεύεται μια πιο αναλυτική επεξεργασία των δεδομένων που σχετίζονται με την ενεργειακή απαίτηση. Αρχικά, παρουσιάζεται η ποσοστιαία διανομή της ενεργειακής χρήσης στις επί μέρους μονάδες επεξεργασίας των εξεταζόμενων εγκαταστάσεων, που προκύπτει από την επεξεργασία των δεδομένων που έχουν παραχωρηθεί από τους/τις υπεύθυνους/-ες λειτουργίας των ΕΕΛ (βλ. Παράρτημα II) και, έπειτα, η κατανομή της ενεργειακής χρήσης μιας πρότυπης ΕΕΛ, η οποία προέκυψε από την περαιτέρω επεξεργασία των δεδομένων αυτών.

6.1. Κατανομή ενεργειακής χρήσης στις επιμέρους μονάδες επεξεργασίας των ΕΕΛ

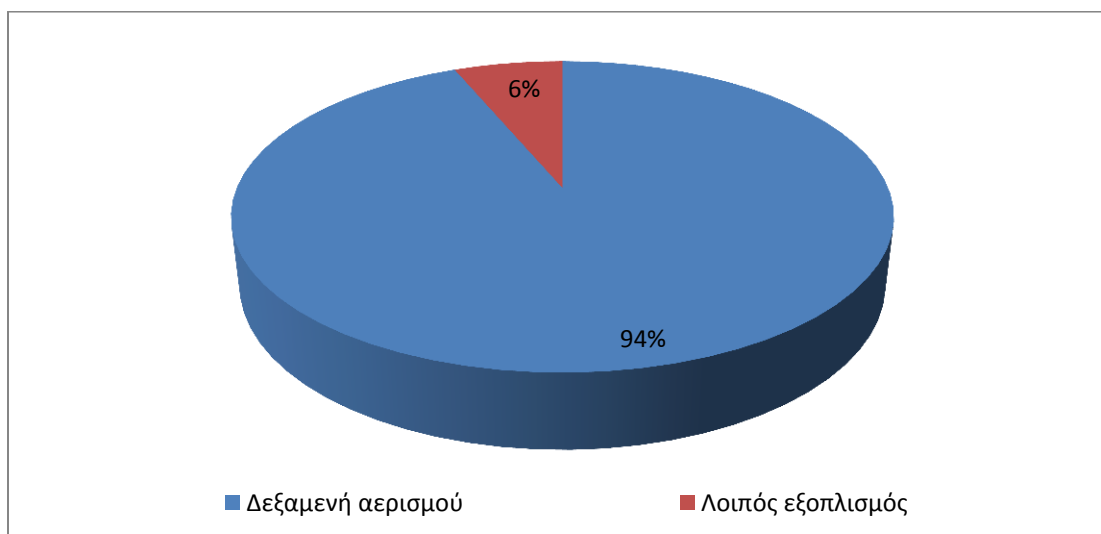
Οι λειτουργικές απαιτήσεις των συστημάτων συλλογής και επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων διαφέρει από ΕΕΛ σε ΕΕΛ, λόγω της διαφορετικής ποιότητας της εισερχόμενης παροχής. Καθώς το φορτίο των υγρών αποβλήτων αλλάζει κατά τη διάρκεια της ημέρας, αλλά και από ημέρα σε ημέρα, όπως φαίνεται και στα διαγράμματα με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά εισόδου των ΕΕΛ, έτσι αλλάζουν και οι απαιτήσεις της άντλησης, του αερισμού και της επεξεργασίας των στερεών. (Metcalf & Eddy, 2006)

Σημαντικό ρόλο στον υπολογισμό της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας παίζουν οι ώρες λειτουργίας ανά ημέρα των τμημάτων του εξοπλισμού των ΕΕΛ. Από την επεξεργασία των δεδομένων προκύπτει ότι μερικές από τις εξεταζόμενες ΕΕΛ (38% στη δεξαμενή αερισμού) προσαρμόζουν τον χρόνο λειτουργίας του εξοπλισμού τους ανάλογα με τις συνθήκες της εισερχόμενης παροχής. Οι περισσότερες, όμως, (62% στη δεξαμενή αερισμού) δεν λαμβάνουν υπόψη τους την παροχή, θέτοντας σε 24ωρη λειτουργία τμήματα του εξοπλισμού τους, όπως οι φυσητήρες αερισμού και οι αναμεικτήρες.

Για τη δημιουργία των διαγραμμάτων που ακολουθούν σε αυτή την ενότητα, αρχικά, υπολογίστηκε για κάθε ΕΕΛ η μέση ημερήσια κατανάλωση ρεύματος του έτους με την μεγαλύτερη κατανάλωση. Στη συνέχεια, με βάση τα δεδομένα που παραχωρήθηκαν από τους/τις υπεύθυνους/-ες λειτουργίας των ΕΕΛ για την καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια (kWh/day) ή την εγκαταστημένη και καταναλισκόμενη ισχύς (kW) και τις ώρες λειτουργίας κάθε διεργασίας, υπολογίστηκε η ποσοστιαία χρήση ενέργειας κάθε σταδίου. (βλ. Παράρτημα IV) Στις περιπτώσεις, όμως, που αυτός ο τρόπος δεν έβγαζε κάποιο λογικό αποτέλεσμα, λήφθηκε ως συνολική απαιτούμενη ενέργεια για τη λειτουργία της ΕΕΛ το άθροισμα της καταναλισκόμενης ισχύς (kWh/day) των επί μέρους μονάδων, που είχε ζητηθεί με το ερωτηματολόγιο.

6.1.1. Δήμος Αγίου Νικολάου Κρήτης (ΕΕΛ Ελούντας)

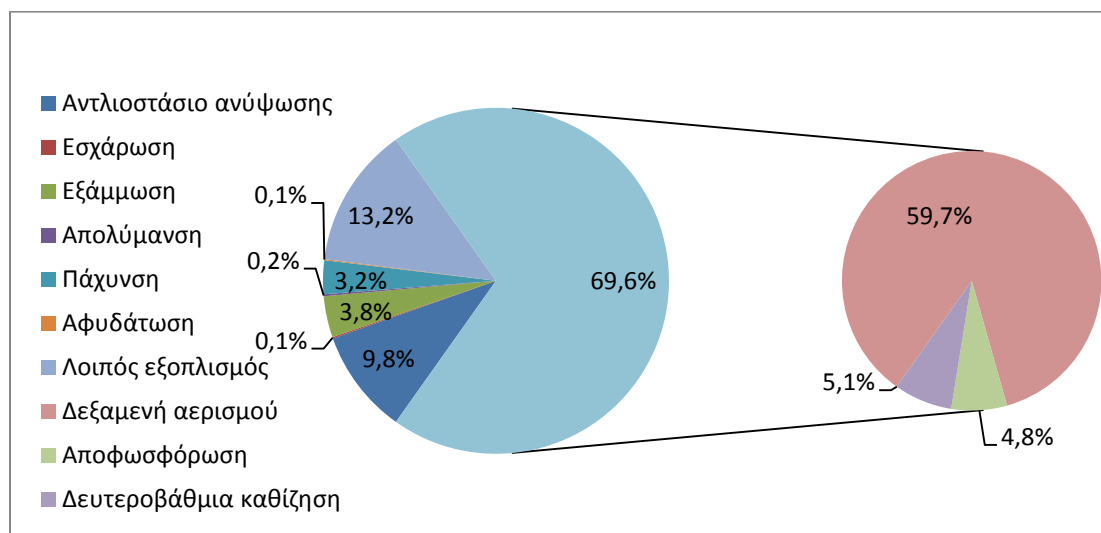
Αρχικά, παρουσιάζεται η διανομή ενεργειακής χρήσης στις επί μέρους μονάδες επεξεργασίας της ΕΕΛ (βλ. Διάγραμμα 6.1). Η δεξαμενή αερισμού φαίνεται να καταναλώνει σχεδόν όλη την ενέργεια, κάτι που δύσκολα συμβαίνει στην πραγματικότητα. Γι' αυτό το λόγω θεωρείται σφάλμα, το οποίο μπορεί να οφείλεται στην έλλειψη δεδομένων από τις υπόλοιπες μονάδες επεξεργασίας της ΕΕΛ.



Διάγραμμα 6.1. Διανομή ενεργειακής χρήσης στις μονάδες επεξεργασίας της ΕΕΛ Ελούντας

6.1.2. Δήμος Αμυνταίου

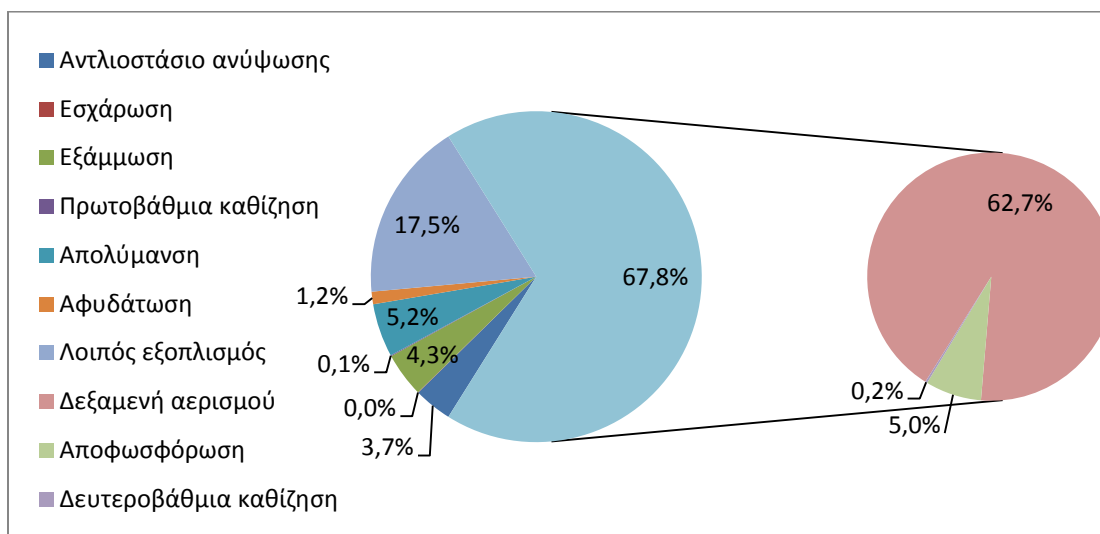
Έπειτα, στο Διάγραμμα 6.2 παρουσιάζεται η διανομή ενεργειακής χρήσης στις επί μέρους μονάδες επεξεργασίας της ΕΕΛ Αμυνταίου. Η δευτεροβάθμια (βιολογική) επεξεργασία φαίνεται να χρησιμοποιεί το μεγαλύτερο ποσοστό (69,6%) με τη δεξαμενή αερισμού να καταναλώνει το 59,7% της συνολικής ενέργειας της εγκατάστασης.



Διάγραμμα 6.2. Διανομή ενεργειακής χρήσης στις μονάδες επεξεργασίας της ΕΕΛ Αμυνταίου

6.1.3. Δήμος Δίου Ολύμπου

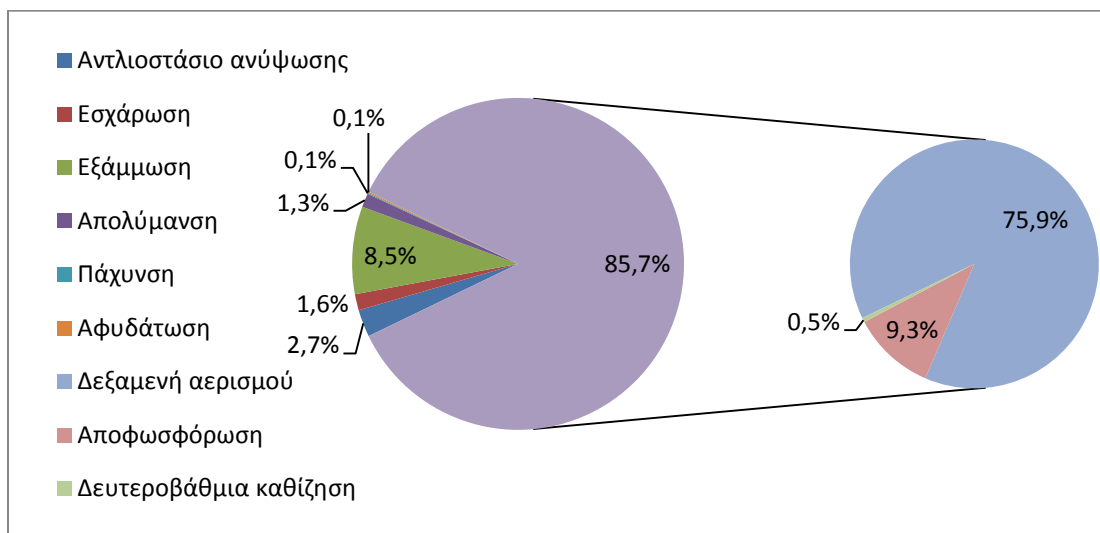
Στη συνέχεια, παρουσιάζεται η διανομή ενεργειακής χρήσης στις επί μέρους μονάδες επεξεργασίας της ΕΕΛ Λιτόχωρου (βλ. Διάγραμμα 6.3). Η δευτεροβάθμια (βιολογική) επεξεργασία φαίνεται να χρησιμοποιεί το μεγαλύτερο ποσοστό (67,9%), με τη δεξαμενή αερισμού να καταναλώνει το 62,7% της συνολικής ενέργειας της εγκατάστασης.



Διάγραμμα 6.3. Διανομή ενεργειακής χρήσης στις μονάδες επεξεργασίας της ΕΕΛ Λιτόχωρου

6.1.4. Δήμος Ελασσόνας

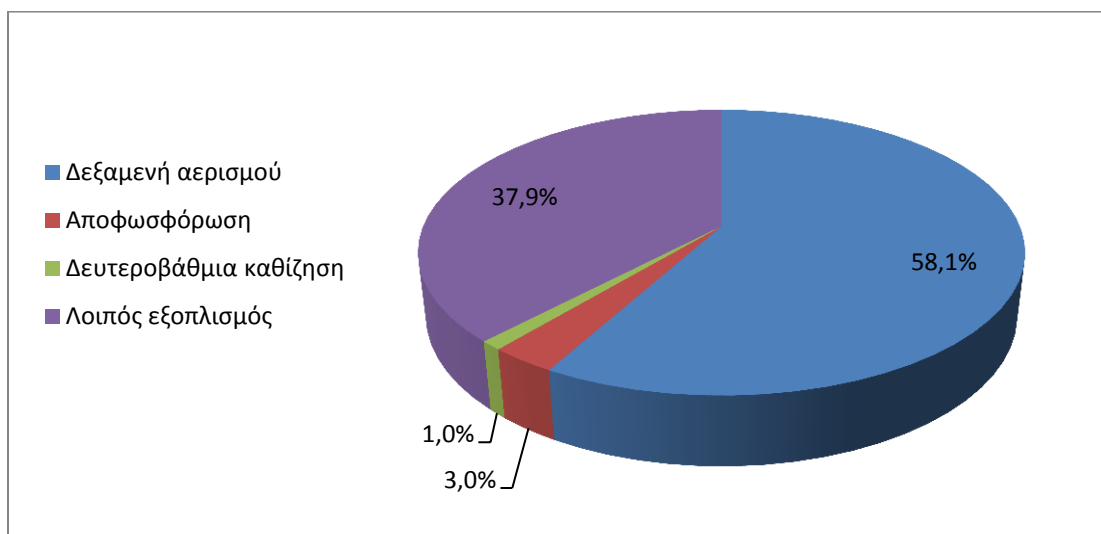
Στο Διάγραμμα 6.4 παρουσιάζεται η διανομή ενεργειακής χρήσης στις επί μέρους μονάδες επεξεργασίας της ΕΕΛ Ελασσόνας. Η δευτεροβάθμια (βιολογική) επεξεργασία φαίνεται να χρησιμοποιεί το μεγαλύτερο ποσοστό (85,7%) με τη δεξαμενή αερισμού να καταναλώνει το 75,9% της συνολικής ενέργειας της εγκατάστασης.



Διάγραμμα 6.4. Διανομή ενεργειακής χρήσης στις μονάδες επεξεργασίας της ΕΕΛ Ελασσόνας

6.1.5. Δήμος Θάσου

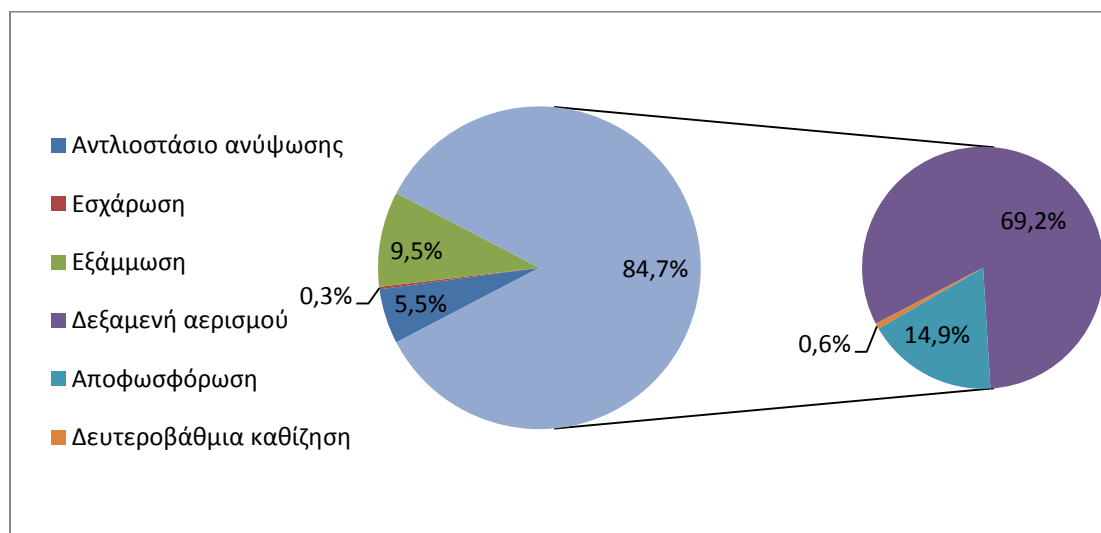
Επίσης, στο Διάγραμμα 6.5 παρουσιάζεται η διανομή ενεργειακής χρήσης στις επί μέρους μονάδες επεξεργασίας της ΕΕΛ Θάσου. Η δευτεροβάθμια (βιολογική) επεξεργασία φαίνεται να χρησιμοποιεί το μεγαλύτερο ποσοστό (62,1%) με τη δεξαμενή αερισμού να καταναλώνει το 58,0% της συνολικής ενέργειας της εγκατάστασης. Το ποσοστό στο «Λοιπός εξοπλισμός» (37,9%) φαίνεται να είναι αρκετά μεγαλύτερο σε σχέση με αυτό των υπολοίπων ΕΕΛ, πράγμα που οφείλεται στην έλλειψη δεδομένων στις υπόλοιπες επί μέρους μονάδες επεξεργασίας της εγκατάστασης.



Διάγραμμα 6.5. Διανομή ενεργειακής χρήσης στις μονάδες επεξεργασίας της ΕΕΛ Θάσου

6.1.6. Δήμος Θηβαίων

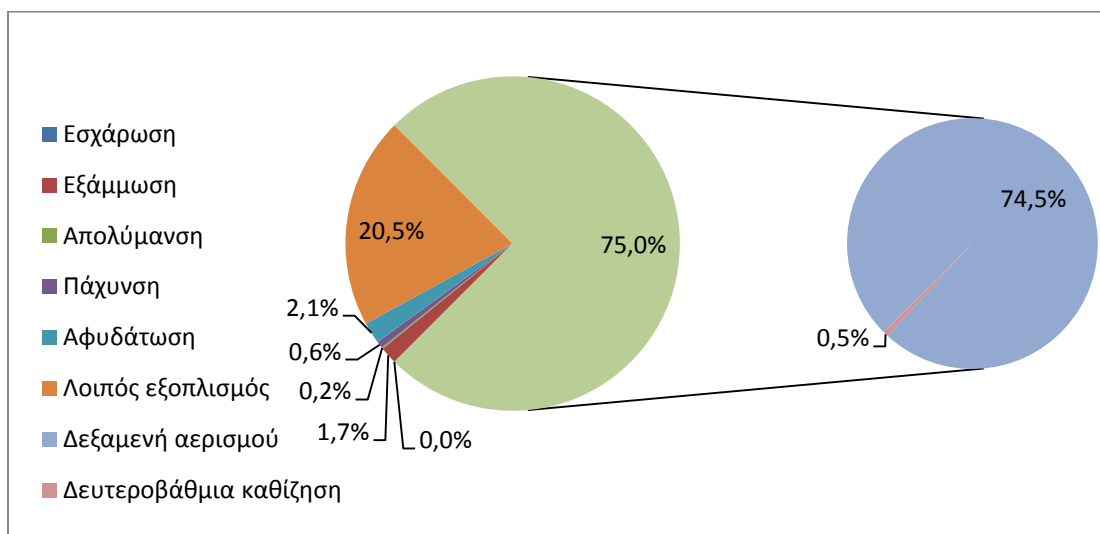
Στο Διάγραμμα 6.6 παρουσιάζεται η διανομή ενεργειακής χρήσης στις επί μέρους μονάδες επεξεργασίας της ΕΕΛ Θήβας. Η δευτεροβάθμια (βιολογική) επεξεργασία φαίνεται να χρησιμοποιεί το μεγαλύτερο ποσοστό (84,7%) με τη δεξαμενή αερισμού να καταναλώνει το 69,2% της συνολικής ενέργειας της ΕΕΛ.



Διάγραμμα 6.6. Διανομή ενεργειακής χρήσης στις μονάδες επεξεργασίας της ΕΕΛ Θήβας

6.1.7. Δήμος Καρδίτσας

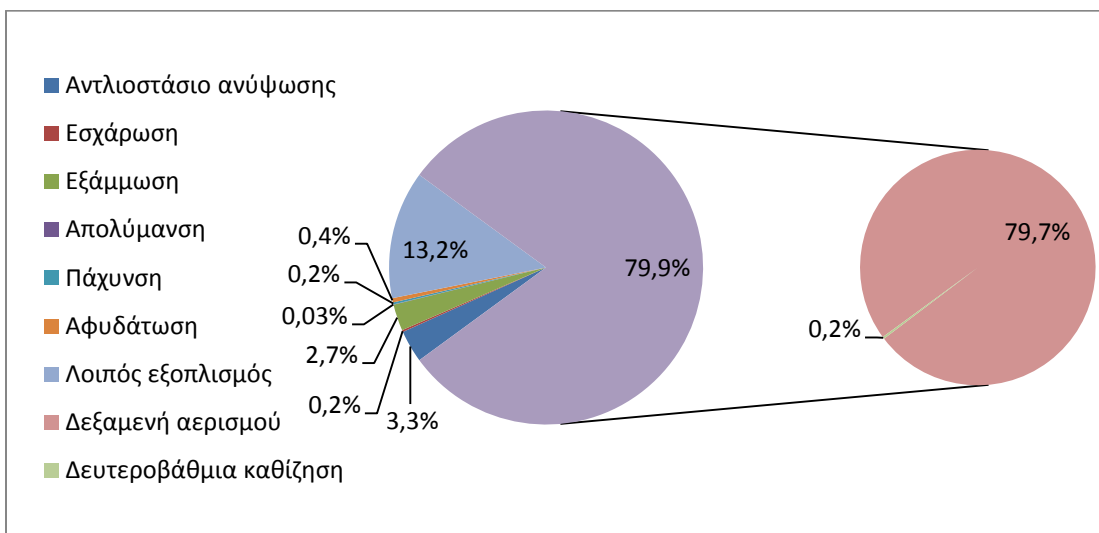
Στη συνέχεια, στο Διάγραμμα 6.7, παρουσιάζεται η διανομή ενεργειακής χρήσης στις επί μέρους μονάδες επεξεργασίας της ΕΕΛ Καρδίτσας. Η δευτεροβάθμια (βιολογική) επεξεργασία φαίνεται να χρησιμοποιεί το μεγαλύτερο ποσοστό (81,6%) με τη δεξαμενή αερισμού να καταναλώνει το 81,1% της συνολικής ενέργειας της εγκατάστασης. Στην ΕΕΛ υπάρχει συγκρότημα αντιμετώπισης πλημμυρικής παροχής (μονάδα actiflo), όπου μπορεί να γίνει απομάκρυνση φωσφόρου με προσθήκη FeCl_3 . Το συγκρότημα χρησιμοποιείται σε περίπτωση υδραυλικής αιχμής και έχει πολύ μικρό ποσοστό κατανάλωσης (0,42%).



Διάγραμμα 6.7. Διανομή ενεργειακής χρήσης στις μονάδες επεξεργασίας της ΕΕΛ Καρδίτσας

6.1.8. Δήμος Λαμιέων

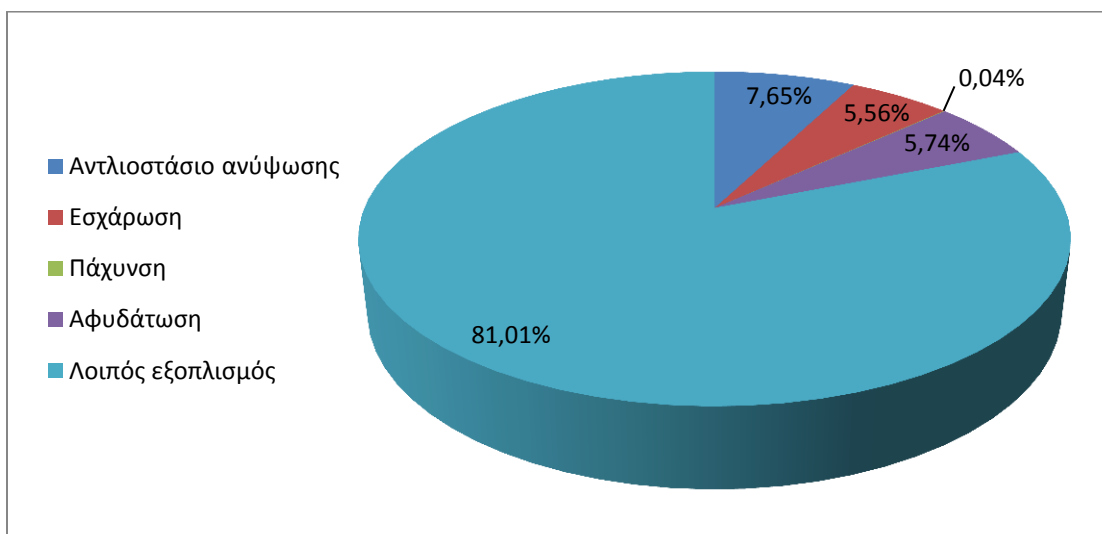
Έπειτα, παρουσιάζεται η διανομή ενεργειακής χρήσης στις επί μέρους μονάδες επεξεργασίας της ΕΕΛ Λαμίας (βλ. Διάγραμμα 6.8). Η δευτεροβάθμια (βιολογική) επεξεργασία φαίνεται να χρησιμοποιεί το μεγαλύτερο ποσοστό (79,9%) με τη δεξαμενή αερισμού να καταναλώνει το 79,7% της συνολικής ενέργειας της εγκατάστασης.



Διάγραμμα 6.8. Διανομή ενεργειακής χρήσης στις μονάδες επεξεργασίας της ΕΕΛ Λαμίας

6.1.9. Δήμος Λαυρεωτικής

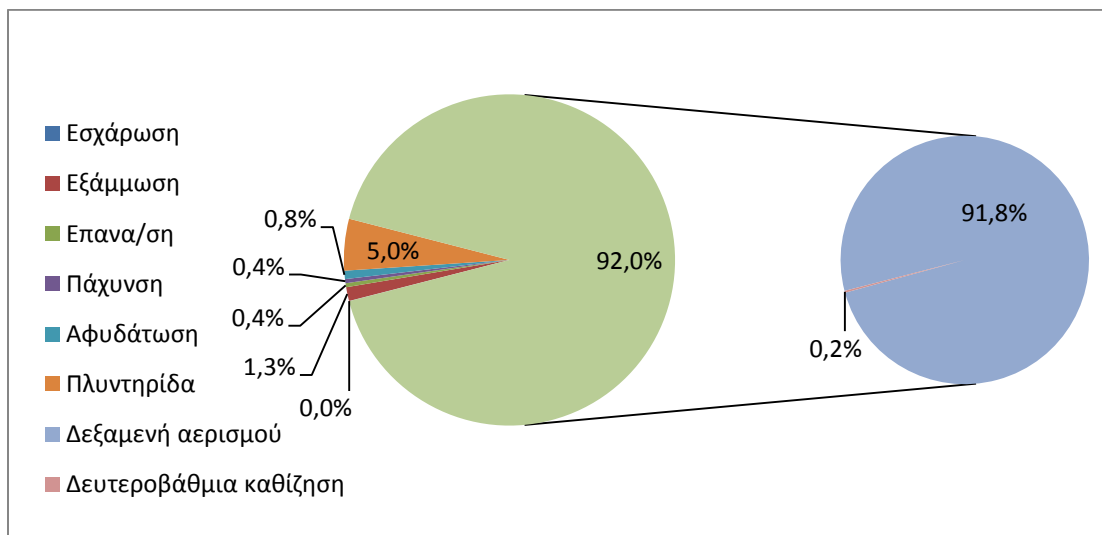
Στο Διάγραμμα 6.9 παρουσιάζεται η διανομή ενεργειακής χρήσης στις επί μέρους μονάδες επεξεργασίας της ΕΕΛ Λαυρίου. Το ποσοστό στο «Λυτικός εξοπλισμός» (81,0%) φαίνεται να είναι αρκετά μεγαλύτερο σε σχέση με αυτό των υπολοίπων ΕΕΛ, πράγμα που οφείλεται στην έλλειψη δεδομένων στις υπόλοιπες επί μέρους μονάδες επεξεργασίας της εγκατάστασης και κυρίως στη δεξαμενή αερισμού, η οποία έχει συνήθως τη μεγαλύτερη απαίτηση ενέργειας.



Διάγραμμα 6.9. Διανομή ενεργειακής χρήσης στις μονάδες επεξεργασίας της ΕΕΛ Λαυρίου

6.1.10. Δήμος Νέας Κυδωνίας

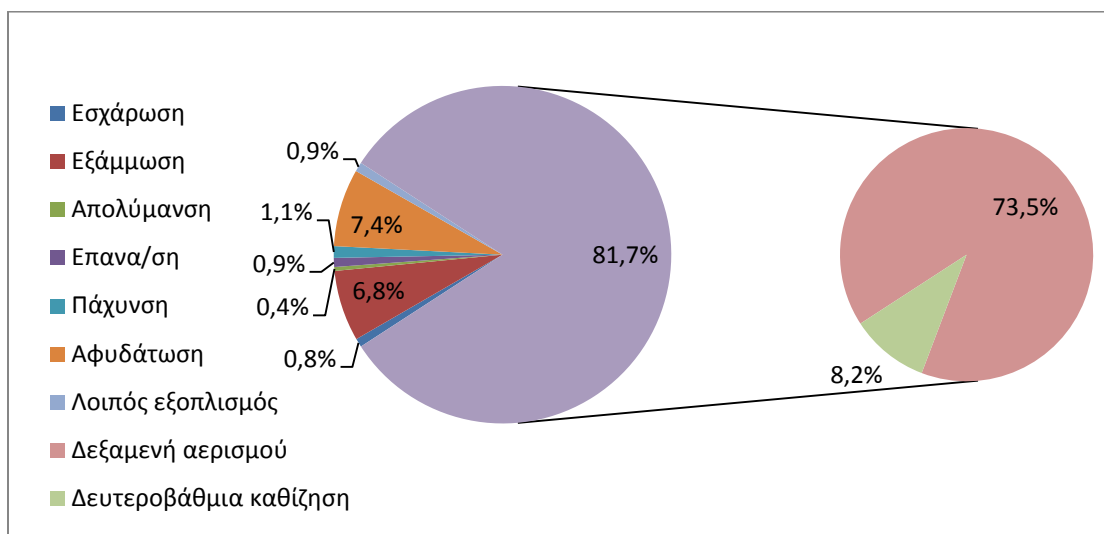
Ακόμα, παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 6.10 η διανομή ενεργειακής χρήσης στις επί μέρους μονάδες επεξεργασίας της ΕΕΛ Νέας Κυδωνίας. Η δευτεροβάθμια (βιολογική) επεξεργασία φαίνεται να απαιτεί το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας (92,0%) με τη δεξαμενή αερισμού να καταναλώνει το 91,8% της συνολικής ενέργειας της εγκατάστασης. Η εγκατάσταση δεν έχει ωρομετρητές σε κάθε στάδιο και έτσι η επεξεργασία δεν έγινε με ακριβείς ώρες, αλλά επιτεύχθηκε πολύ καλή προσέγγιση, όπως αναφέρει η υπεύθυνη λειτουργίας της ΕΕΛ.



Διάγραμμα 6.10. Διανομή ενεργειακής χρήσης στις μονάδες επεξεργασίας της ΕΕΛ Νέας Κυδωνίας

6.1.11. Δήμος Νέστου

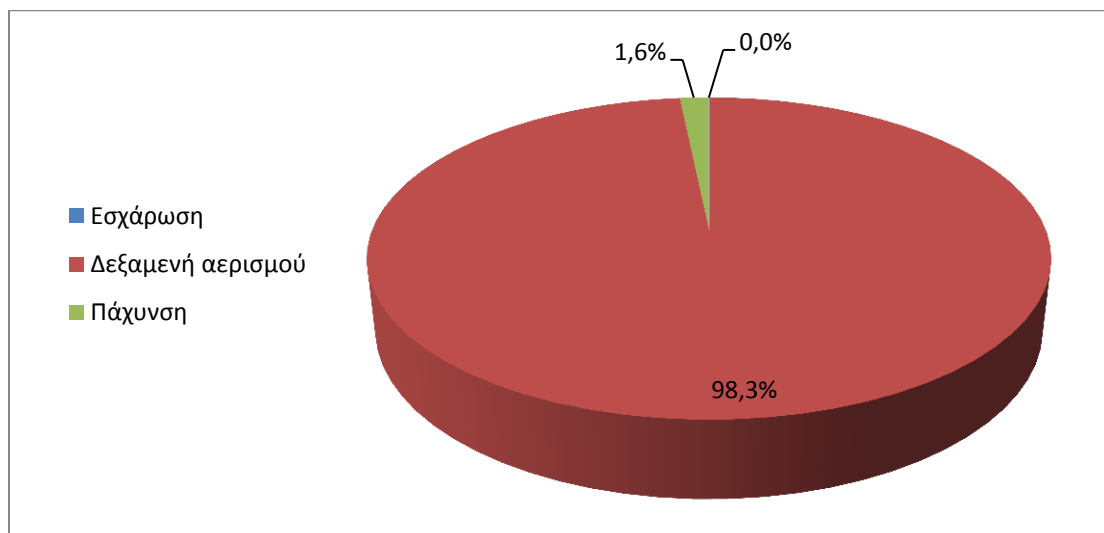
Στη συνέχεια, στο Διάγραμμα 6.11, παρουσιάζεται η διανομή ενεργειακής χρήσης στις επί μέρους μονάδες επεξεργασίας της ΕΕΛ Χρυσούπολης. Η δευτεροβάθμια (βιολογική) επεξεργασία φαίνεται να χρησιμοποιεί το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας (81,7%) με τη δεξαμενή αερισμού να καταναλώνει το 73,5% της συνολικής ενέργειας της εγκατάστασης.



Διάγραμμα 6.11. Διανομή ενεργειακής χρήσης στις μονάδες επεξεργασίας της ΕΕΛ Χρυσούπολης

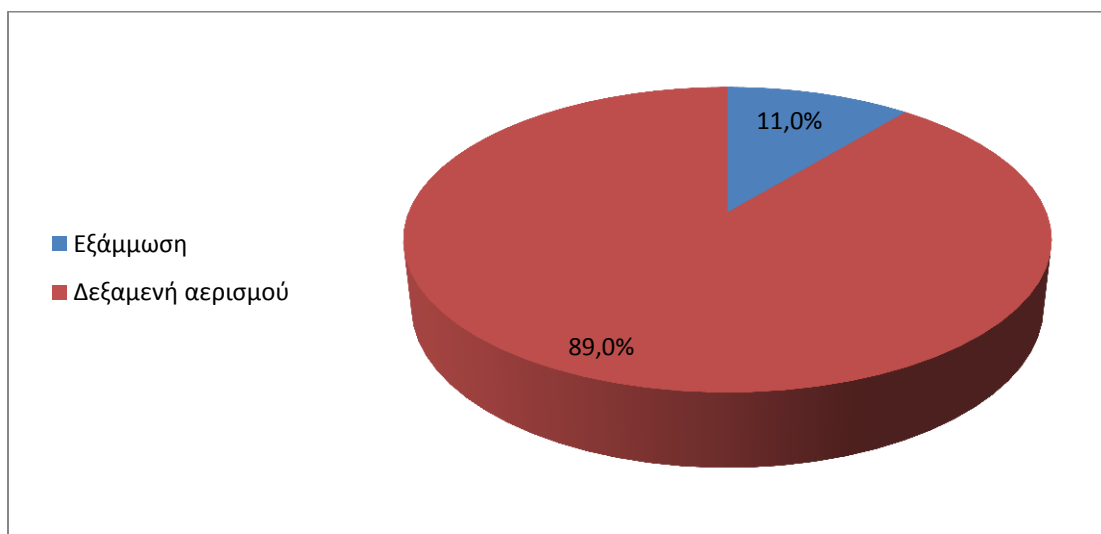
6.1.12. Δήμος Πάρου

Στο Διάγραμμα 6.12, παρουσιάζεται η διανομή ενεργειακής χρήσης στις επί μέρους μονάδες επεξεργασίας της ΕΕΛ Μάρπησσας. Η δεξαμενή αερισμού φαίνεται να καταναλώνει σχεδόν όλη την ενέργεια (98,3%), κάτι που δύσκολα συμβαίνει στην πραγματικότητα. Γι' αυτό το λόγω θεωρείται σφάλμα, το οποίο μπορεί να οφείλεται στην έλλειψη δεδομένων από τις υπόλοιπες μονάδες επεξεργασίας της ΕΕΛ.



Διάγραμμα 6.12. Διανομή ενεργειακής χρήσης στις μονάδες επεξεργασίας της ΕΕΛ Μάρπητσας

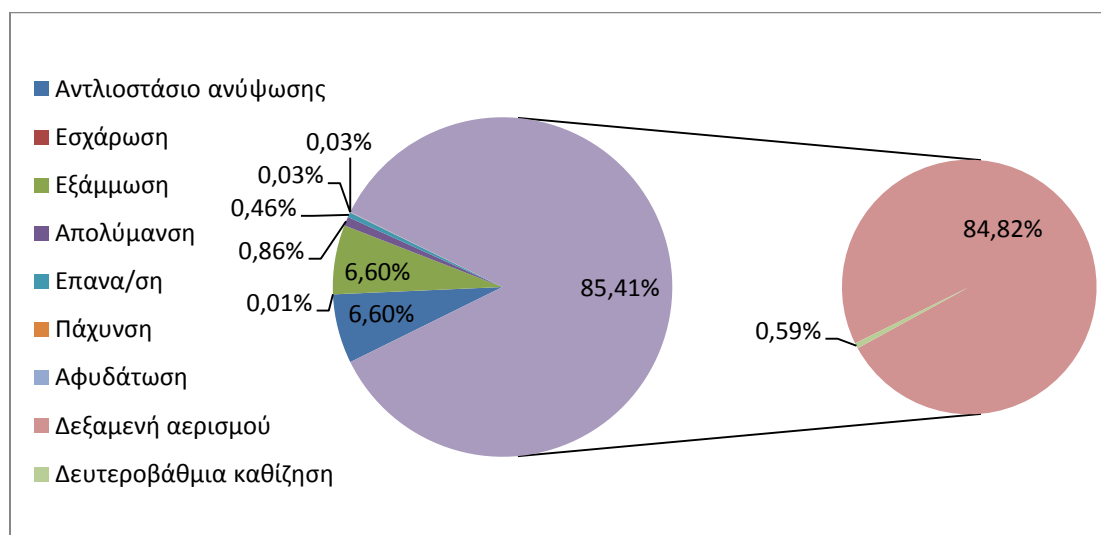
Επίσης, στο Διάγραμμα 6.13, παρουσιάζεται η διανομή ενεργειακής χρήσης στις επί μέρους μονάδες επεξεργασίας της ΕΕΛ Νάουσας. Η δεξαμενή αερισμού φαίνεται να καταναλώνει σχεδόν όλη την ενέργεια (89,0%), κάτι που δύσκολα συμβαίνει στην πραγματικότητα. Γι' αυτό το λόγω θεωρείται σφάλμα, το οποίο μπορεί να οφείλεται στην έλλειψη δεδομένων από τις υπόλοιπες μονάδες επεξεργασίας της ΕΕΛ.



Διάγραμμα 6.13. Διανομή ενεργειακής χρήσης στις μονάδες επεξεργασίας της ΕΕΛ Νάουσας

6.1.13. Δήμος Φαρσάλων

Τέλος, παρουσιάζεται η διανομή ενεργειακής χρήσης στις επί μέρους μονάδες επεξεργασίας της ΕΕΛ Φαρσάλων (βλ. Διάγραμμα 6.14). Η δευτεροβάθμια (βιολογική) επεξεργασία φαίνεται να απαιτεί το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας (85,4%) με τη δεξαμενή αερισμού να καταναλώνει το 84,8% της συνολικής ενέργειας της εγκατάστασης, σε αντίθεση με τις υπόλοιπες μονάδες που το ποσοστό χρήσης ενέργειας τους είναι μηδαμινό.



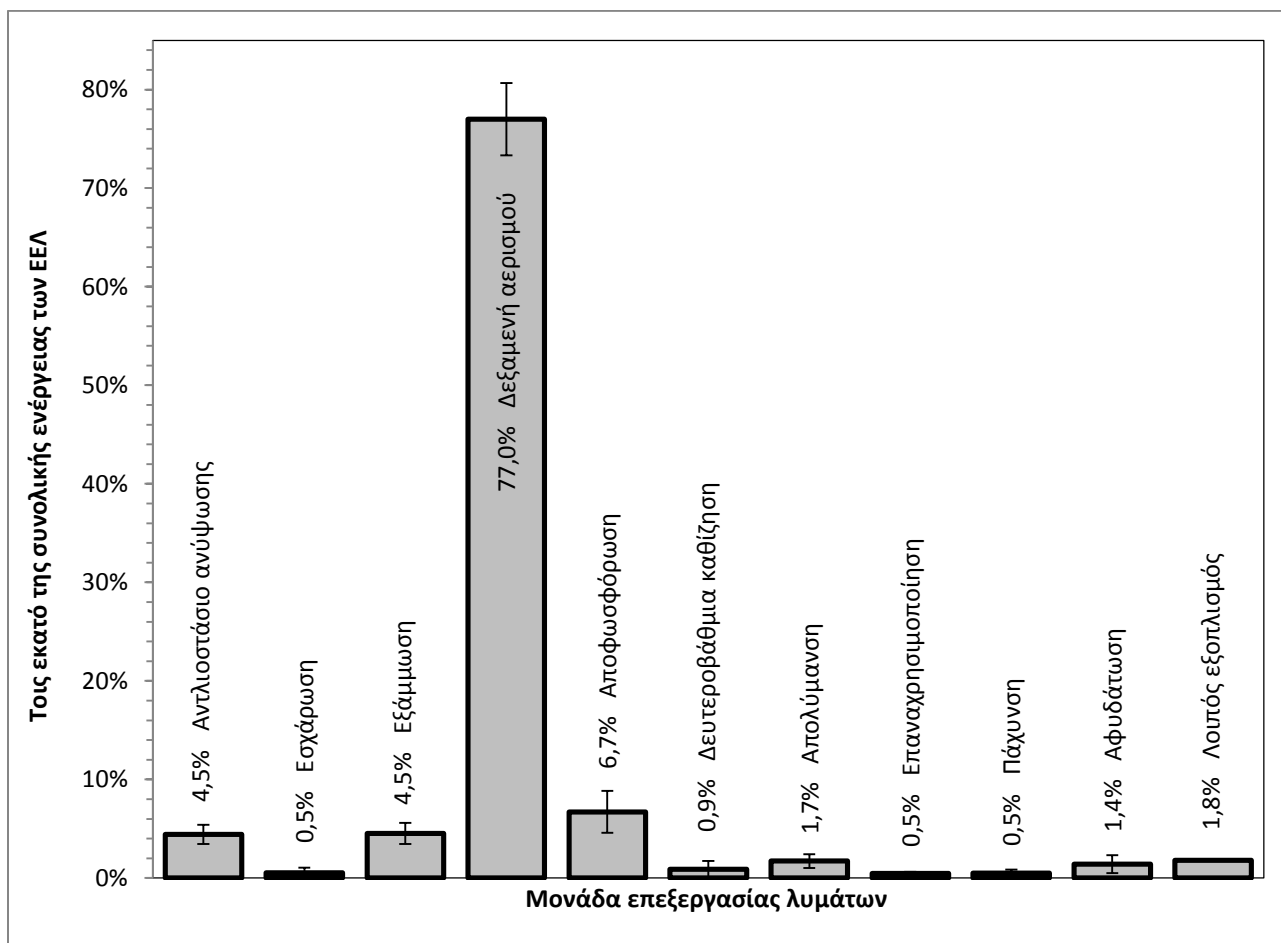
Διάγραμμα 6.14. Διανομή ενεργειακής χρήσης στις μονάδες επεξεργασίας της ΕΕΛ Φαρσάλων

6.2. Κατανομή ενεργειακής χρήσης πρότυπης ΕΕΛ

Η χαρακτηριστική κατανομή της ενεργειακής χρήσης που προκύπτει από την επεξεργασία των δεδομένων δεκατεσσάρων (14) ΕΕΛ παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 6.15, που ακολουθεί. Στο διάγραμμα παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο μέρος της ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιείται για τη βιολογική επεξεργασία. Βάσει της βιβλιογραφίας, η αναμενόμενη απαίτηση ενέργειας για τον αερισμό, που με τη σειρά του απαιτεί ενέργεια για την άντληση των εισροών και την επανακυκλοφορία

των εκροών, όπως αναφέρεται στο υποκεφάλαιο 2.2, κυμαίνεται από 45,0 έως 78,0% της συνολικής καταναλισκόμενης ενέργειας στην εγκατάσταση, ενώ συνήθως συναντάται ένα ποσοστό της τάξης του 50-60%.

Στην περίπτωση που εξετάζεται σε αυτή την εργασία φαίνεται να απαιτείται για την διεργασία του αερισμού το 77,0% της συνολικής απαιτούμενης ενέργειας, το οποίο ποσοστό βρίσκεται στο ανώτερο αναμενόμενο όριο. Ακολουθούν με μεγάλη διαφορά στην ενεργειακή χρήση α) η προεπεξεργασία (9,5%), β) η αποφωσφόρωση (6,7%) και γ) ο εξοπλισμός επεξεργασίας της ιλύος (1,9%). Στο Παράρτημα V παρατίθενται περισσότερα στοιχεία σχετικά με το ποσοστό της ενέργειας που απαιτείται για την επεξεργασία του νερού στις επιμέρους μονάδες των ΕΕΛ ανάλογα με τον τύπο διεργασιών που εφαρμόζουν. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι για τη δεξαμενή αερισμού πλήρους μείξης κατά μέσο όρο απαιτείται το 76,8%, για τη δεξαμενή εμβολικής ροής κατά μέσο όρο απαιτείται το 76,7% και για την οξειδωτική τάφρο κατά μέσο όρο απαιτείται το 77,7% της συνολικής ενέργειας της εγκατάστασης.



Διάγραμμα 6.15. Διανομή ενεργειακής χρήσης στις μονάδες επεξεργασίας των ΕΕΛ που εφαρμόζουν τη μέθοδο της ενεργού ιλύος.

7. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΑΙΤΗΣΗ

Το 7^ο κεφάλαιο πραγματεύεται μια πιο αναλυτική επεξεργασία των δεδομένων που σχετίζονται με την ενεργειακή κατανάλωση δέκα οχτώ (18) εξεταζόμενων εγκαταστάσεων. Αρχικά, παρουσιάζεται το ποσό της ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται για την επεξεργασία ενός κυβικού μέτρου των υγρών αποβλήτων (kWh/m^3) για κάθε εξεταζόμενη ΕΕΛ, καθώς και η μέση ενεργειακή απαίτηση ανά κυβικό μέτρο για το σύνολο των εγκαταστάσεων. Στη συνέχεια, παρουσιάζεται η διακύμανση του ποσού της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας ανά κυβικού μέτρου υγρών αποβλήτων (kWh/m^3) ανάλογα με τον ισοδύναμο εξυπηρετούμενο πληθυσμό των ΕΕΛ. Τέλος, παρατίθενται τα διαγράμματα του ποσού της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας ανά κυβικού μέτρου υγρών αποβλήτων (kWh/m^3) συναρτήσει της μέσης ετήσιας εισερχόμενης παροχής (m^3/year), όπως τελικά προέκυψαν από την συγκεντρωτική επεξεργασία των δεδομένων όλων των υπό εξέταση εγκαταστάσεων.

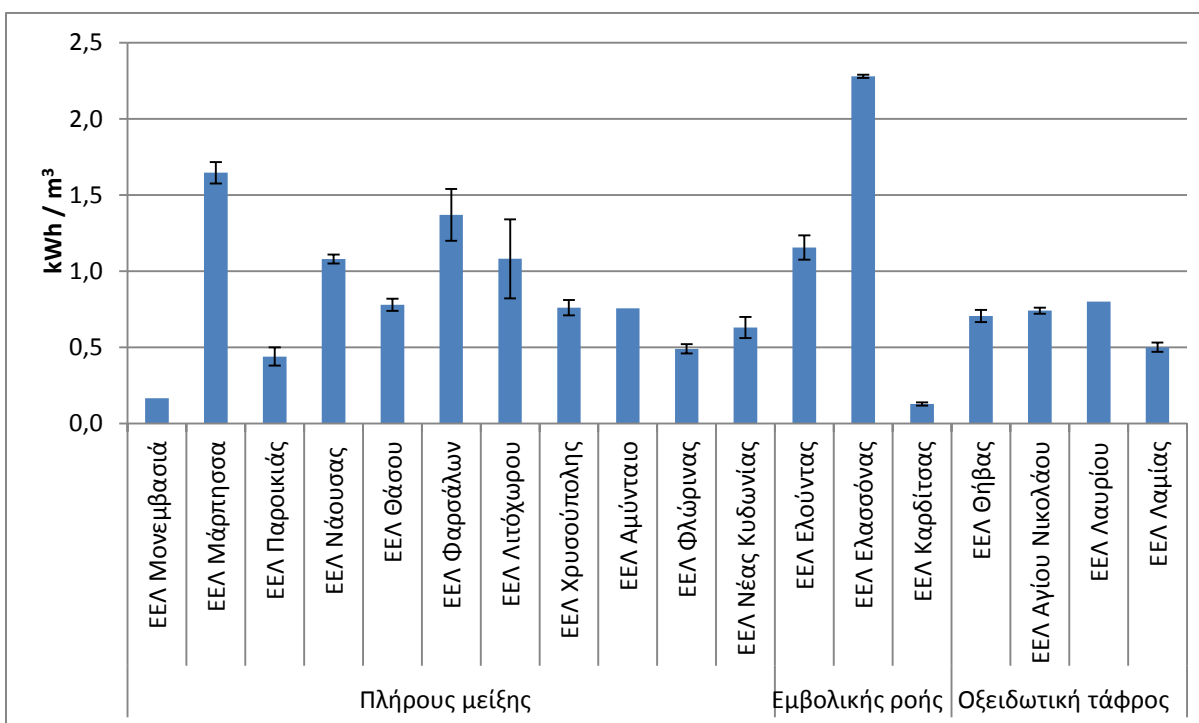
7.1. Μέση ετήσια ενεργειακή απαίτηση ανά κυβικό μέτρο για κάθε ΕΕΛ

Αρχικά, στον Πίνακα 7.1 παρουσιάζεται με αλφαβητική σειρά η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά κυβικό μέτρο εισερχόμενου λύματος (kWh/m^3) και η τυπική απόκλισή της για κάθε ΕΕΛ και όλα τα εξεταζόμενα έτη, ανάλογα με τα δεδομένα που συλλέχθηκαν. Τα αποτελέσματα που παρατίθενται προέκυψαν διαιρώντας τις ετήσιες καταναλώσεις ηλεκτρικού ρεύματος προς την αντίστοιχη ετήσια εισερχόμενη παροχή των ΕΕΛ (βλ. Παράρτημα VI), όπως αναλύεται στο υποκεφάλαιο 2.3.5.

Στη συνέχεια, παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 7.1 η μέση καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια ανά κυβικό μέτρο υγρών αποβλήτων (kWh/m^3) κάθε εξεταζόμενης ΕΕΛ. Οι εγκαταστάσεις παρουσιάζονται βάσει της διεργασίας που χρησιμοποιούν για τον αερισμό των λυμάτων κατά την δευτεροβάθμια (βιολογική) επεξεργασία των λυμάτων και από αυτή με την μικρότερη προς αυτή με τη μεγαλύτερη ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Από τον Πίνακα 7.1 και το Διάγραμμα 7.1 παρατηρείται ότι η ΕΕΛ Καρδίτσας παρουσιάζει τη μικρότερη μέση κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά κυβικό μέτρο εισερχόμενου λύματος με $0,128 \text{ kWh/m}^3$, με την ΕΕΛ Μονεμβασιάς να ακολουθεί με μικρή διαφορά ($0,166 \text{ kWh/m}^3$), ενώ τη μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας ανά κυβικό μέτρο λύματος παρουσιάζει η ΕΕΛ Ελασσόνας με $2,279 \text{ kWh/m}^3$. Αξίζει να σημειωθεί ότι η ΕΕΛ Καρδίτσας, αλλά και η ΕΕΛ Ελασσόνας χρησιμοποιούν βιολογική διεργασία εμβολικής ροής. Τελικά, όπως προέκυψε από την επεξεργασία των δεδομένων όλων των ΕΕΛ που αναγράφονται στον Πίνακα 7.1, ο μέσος όρος με 99,7% βεβαιότητα είναι $PI_1 = 0,862 \pm 0,370 \text{ kWh/m}^3$, ενώ αναμένεται το 68,0% των μετρήσεων να βρίσκονται μεταξύ $0,312$ και $1,359 \text{ kWh/m}^3$.

Ονομασία ΕΕΛ	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	μ.ο.
Αγ. Νικολάου	0,718	0,661	0,783	0,757	0,818	0,782	0,669					$0,741 \pm 0,060$
Αμύνταιο							0,757					0,757
Ελασσόνας	2,261	2,268	2,308									$2,279 \pm 0,026$
Ελούντας	0,992	1,092	1,356	1,182								$1,155 \pm 0,155$
Θάσου	0,919	0,642	0,643	0,720	0,780	0,840	0,910					$0,779 \pm 0,116$
Θήβας	1,088	0,692	0,777	0,639	0,674	0,614	0,718	0,636	0,640	0,705	0,587	$0,706 \pm 0,137$
Καρδίτσας	0,099	0,115	0,113	0,129			0,135	0,154			0,151	$0,128 \pm 0,020$
Λαμίας		0,624	0,675	0,562	0,564	0,502	0,479	0,457	0,384	0,409	0,352	$0,501 \pm 0,105$
Λαυρίου	0,800											0,800
Λιτόχωρου	0,657	0,702	1,185	1,780								$1,081 \pm 0,524$
Μάρπησσας	1,709	1,434	1,745	1,740	1,931	1,548	1,508	1,425		1,383	2,039	$1,646 \pm 0,224$
Μονεμβασιάς	0,166											0,166
Νάουσας	1,012	1,003	1,132	1,095	1,165							$1,082 \pm 0,072$
Νέας Κυδωνίας	0,592	0,541	0,765									$0,633 \pm 0,118$
Παροικιάς	0,397	0,238	0,298	0,262	0,406	0,319	0,694	0,695		0,648		$0,440 \pm 0,188$
Φαρσάλων	1,094	0,989	0,896	1,194	1,500	1,787	2,138					$1,371 \pm 0,458$
Φλώρινας	0,310	0,327	0,555	0,521	0,521	0,521	0,521	0,521	0,521	0,521	0,521	$0,487 \pm 0,084$
Χρυσούπολης	0,807	0,932	0,670	0,668	0,747							$0,765 \pm 0,110$

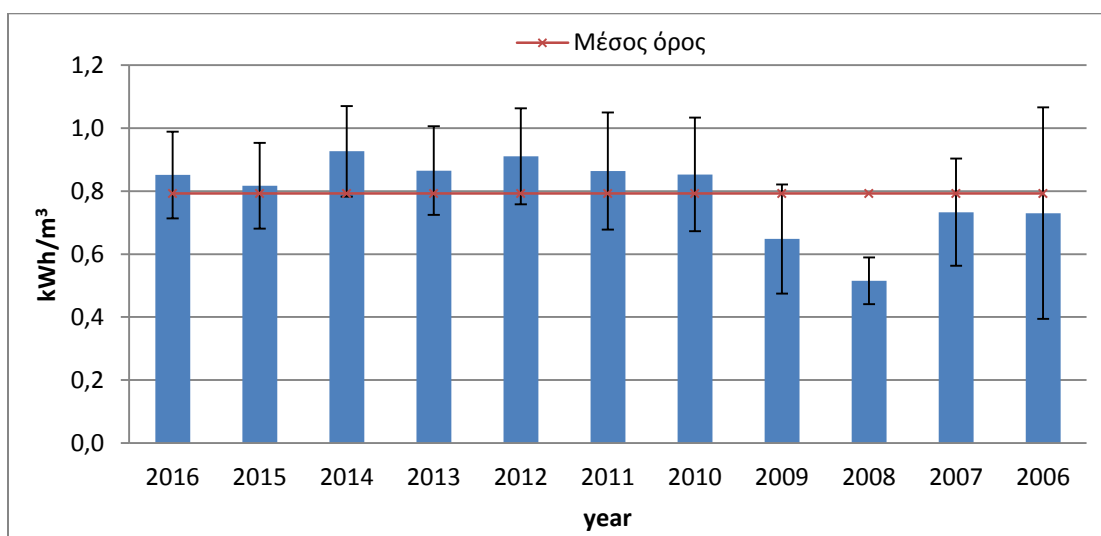
Πίνακας 7.1. Μέση ενεργειακή απαίτηση ανά κυβικό μέτρο (kWh/m^3) ανά ΕΕΛ και ανά έτος



Διάγραμμα 7.1. Μέση ενεργειακή απαίτηση ανά κυβικό μέτρο (kWh/m^3) ανά ΕΕΛ.

Εκτός αυτού, στο διάγραμμα παρατηρείται μια σχετική μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρική ενέργεια ανά κυβικό μέτρο λυμάτων καθώς αυξάνεται η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνουν οι εγκαταστάσεις με συστήματα πλήρους μείξης, με λίγες εξαιρέσεις. Ακόμα, στις εγκαταστάσεις με Οξειδωτική τάφρο παρατηρούνται παρόμοιες επίπεδα τιμών, εκτός της ΕΕΛ Λαμίας που είναι σχετικά μικρότερη, γεγονός που ίσως να οφείλεται στο ότι αυτή η εγκατάσταση έχει σχεδόν πενταπλάσια μέση εισερχόμενη παροχή από τις άλλες τρεις ΕΕΛ. Όπως επίσης, πιθανό να συμβαίνει και με την πολύ μικρή κατανάλωση της ΕΕΛ Καρδίτσας σε σχέση με τις άλλες δύο ΕΕΛ, που χρησιμοποιούν σύστημα εμβολικής ροής. Σε γενικές γραμμές από το διάγραμμα προκύπτει ότι η ενεργειακή απαίτηση ανά κυβικό μέτρο μειώνεται καθώς αυξάνεται η ετήσια καταναλισκόμενη ενέργεια των εγκαταστάσεων.

Επίσης, στο Διάγραμμα 7.2 παρουσιάζεται η μέση ετήσια ενεργειακή απαίτηση ανά κυβικό μέτρο για το σύνολο των εγκαταστάσεων (kWh/m^3) των τελευταίων 10 χρόνων, ο γενικός μέσος όρος, καθώς και το τυπικό σφάλμα της κάθε τιμής. Από το διάγραμμα προκύπτει ότι, σε γενικές γραμμές, η ενεργειακή απαίτηση ανά κυβικό μέτρο των τελευταίων επτά ετών κυμαίνεται στα ίδια επίπεδα, ενώ από το 2006 έως το 2009 παρατηρείται μια χαρακτηριστικά μικρότερη ενεργειακή απαίτηση, που ίσως να οφείλεται στην έλλειψη πληθώρας δεδομένων.



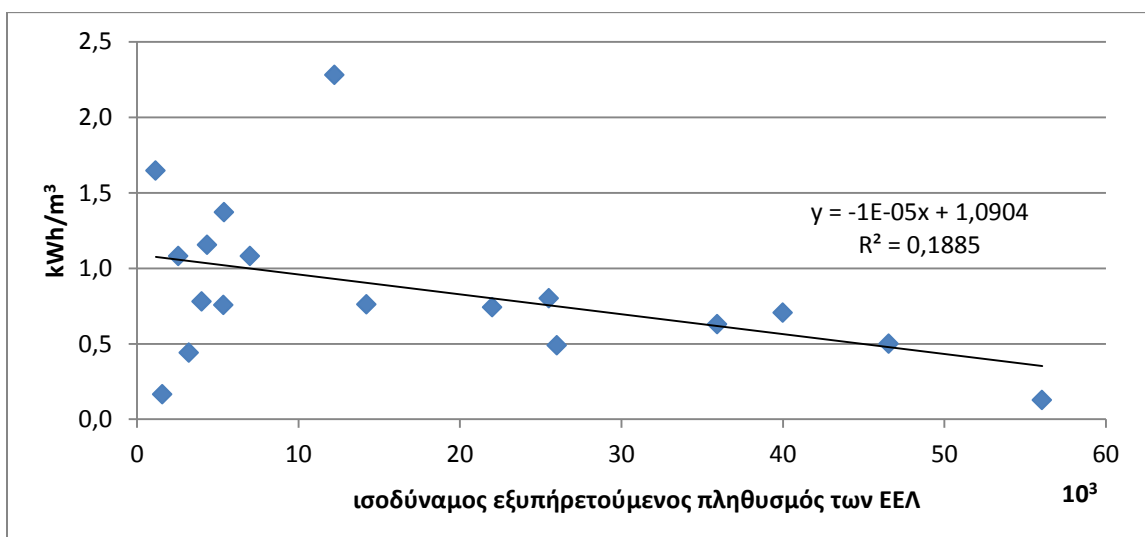
Διάγραμμα 7.2. Μέση ετήσια ενεργειακή απαίτηση ανά κυβικό μέτρο (kWh/m^3)

7.2.Ενεργειακή απαίτηση ανά κυβικό μέτρο ως προς τον ΠΙ

Αρχικά, παρουσιάζεται στον Πίνακα 7.2 η μέση κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά κυβικό μέτρο εισερχόμενου λύματος (kWh/m^3) των ΕΕΛ με μια τυπική απόκλιση, ανάλογα με τον μέσο ισοδύναμο εξυπηρετούμενο πληθυσμό (ιπ) και την μέση εισερχόμενη παροχή τους (m^3). Ακολούθως, παρουσιάζεται διαγραμματικά η διακύμανση του ποσού της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας ανά κυβικού μέτρου υγρών αποβλήτων (kWh/m^3) ανάλογα με τον μέσο ισοδύναμο εξυπηρετούμενο πληθυσμό (ιπ) των ΕΕΛ. Σε γενικές γραμμές, από τον Πίνακα 7.2 και Διάγραμμα 7.3 προκύπτει ότι η ενεργειακή απαίτηση ανά κυβικό μέτρο (kWh/m^3) μειώνεται γραμμικά καθώς αυξάνεται ο ΠΙ και η παροχή.

Ισοδύναμος εξυπηρετούμενος πληθυσμός (ιπ)	Μέση εισερχόμενη παροχή (m^3/d)	Αριθμός ΕΕΛ	Μέση ηλεκτρική ενέργεια ανά κυβικό μέτρο λύματος (kWh/m^3)
< 4.000	632,10	5	$0,897 \pm 0,593$
4.000 – 10.000	1565,00	4	$0,997 \pm 0,289$
10.001 – 26.000	2.745,67	3	$0,767 \pm 0,030$
> 26.000	13.712,50	5	$0,491 \pm 0,222$

Πίνακας 7.2. Μέση ενεργειακή απαίτηση ανά κυβικό μέτρο (kWh/m^3) συγκριτικά με τον ΠΙ.



Διάγραμμα 7.3. Καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια ανά κυβικό μέτρο υγρών αποβλήτων (kWh/m^3) προς τον μέσο ΠΙ.

7.3.Ενεργειακή απαίτηση ανά κυβικό μέτρο ως προς τη παροχή

Κύριος στόχος της μέχρι τώρα επεξεργασίας των δεδομένων είναι η δημιουργία του διαγράμματος που παρουσιάζει την απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια ως προς τη μέση ετήσια εισερχόμενη παροχή. Έτσι, τελικά προέκυψε το Διάγραμμα 7.4, που ακολουθεί. Βάσει του διαγράμματος συμπεραίνεται ότι το ποσό της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας ανά κυβικό μέτρο υγρών αποβλήτων (kWh/m³) μειώνεται λογαριθμικά καθώς αυξάνεται η εισερχόμενη παροχή λυμάτων. Η μείωση αυτή απεικονίζεται από την μείωση της κλίσης της καμπύλης του Διαγράμματος 7.4. Η εξίσωση που τη εκφράζει την σχέση της καταναλισκόμενης ενέργειας ανά κυβικό μέτρο με την εισερχόμενη παροχή είναι:

$$y = -0,23 \ln(x) + 3,9446$$

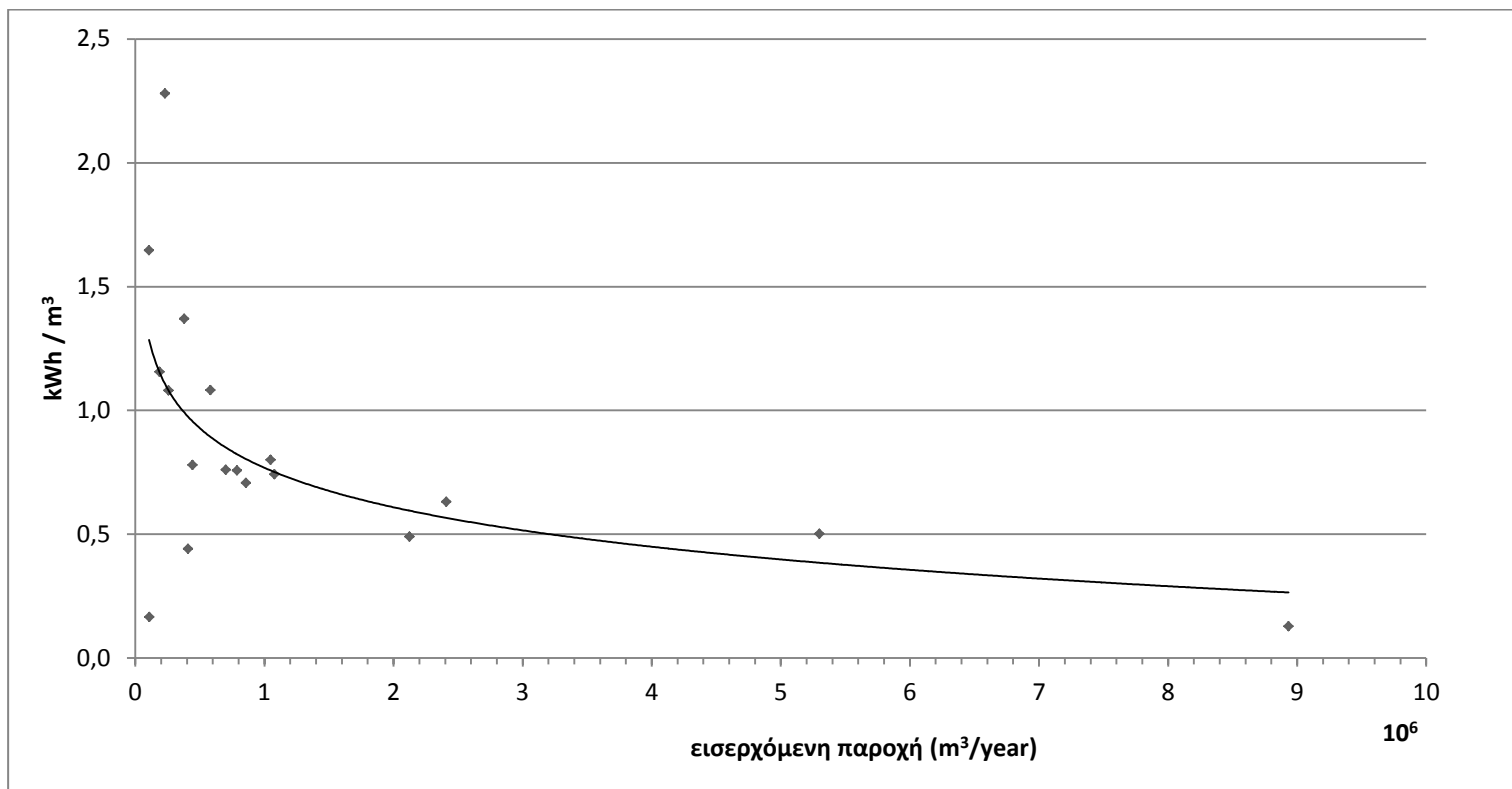
όπου y είναι η καταναλισκόμενη ενέργεια ανά κυβικό μέτρο και x η εισερχόμενη παροχή που δέχονται οι ΕΕΛ, για παροχές μεγαλύτερες του μηδενός.

Επίσης, από την περαιτέρω επεξεργασία των δεδομένων προέκυψε το Διάγραμμα 7.5, από όπου και συμπεραίνεται ότι το ποσό της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας ανά κυβικό μέτρο υγρών αποβλήτων (kWh/m³) ποικίλλει ανάλογα με τον τύπο του συστήματος βιολογικής επεξεργασίας που χρησιμοποιείται όπως υποστηρίζουν και οι Metcalf & Eddy (2007). Από το διάγραμμα και τις λογαριθμικές εξισώσεις που εκφράζουν τις καμπύλες, φαίνεται ότι οι εγκαταστάσεις με δεξαμενή εμβολικής ροής χρησιμοποιούν έως και 50,0% περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια για τον αερισμό, την άντληση και την επεξεργασία των στερεών από ότι οι εγκαταστάσεις με δεξαμενή πλήρους μείξης. Εκτός αυτού, παρατηρείται ότι για μικρές παροχές οι εγκαταστάσεις με οξειδωτικές τάφρους χρησιμοποιούν έως και 45,0% λιγότερη ηλεκτρική ενέργεια απ' ότι οι εγκαταστάσεις με δεξαμενή εμβολικής ροής, ενώ για μεγαλύτερες παροχές οι εγκαταστάσεις με δεξαμενή εμβολικής ροής χρησιμοποιούν περίπου 40,0% λιγότερη ηλεκτρική ενέργεια από ότι αυτές με οξειδωτικές τάφρους. Τέλος, για παροχές από 800.000 έως 2.500.000 m³ οι εγκαταστάσεις με δεξαμενή πλήρους μείξης και οι εγκαταστάσεις με οξειδωτικές τάφρους καταναλώνουν, σε γενικές γραμμές, παρόμοια επίπεδα ενέργειας ανά κυβικό μέτρο εισερχόμενων υγρών αποβλήτων.

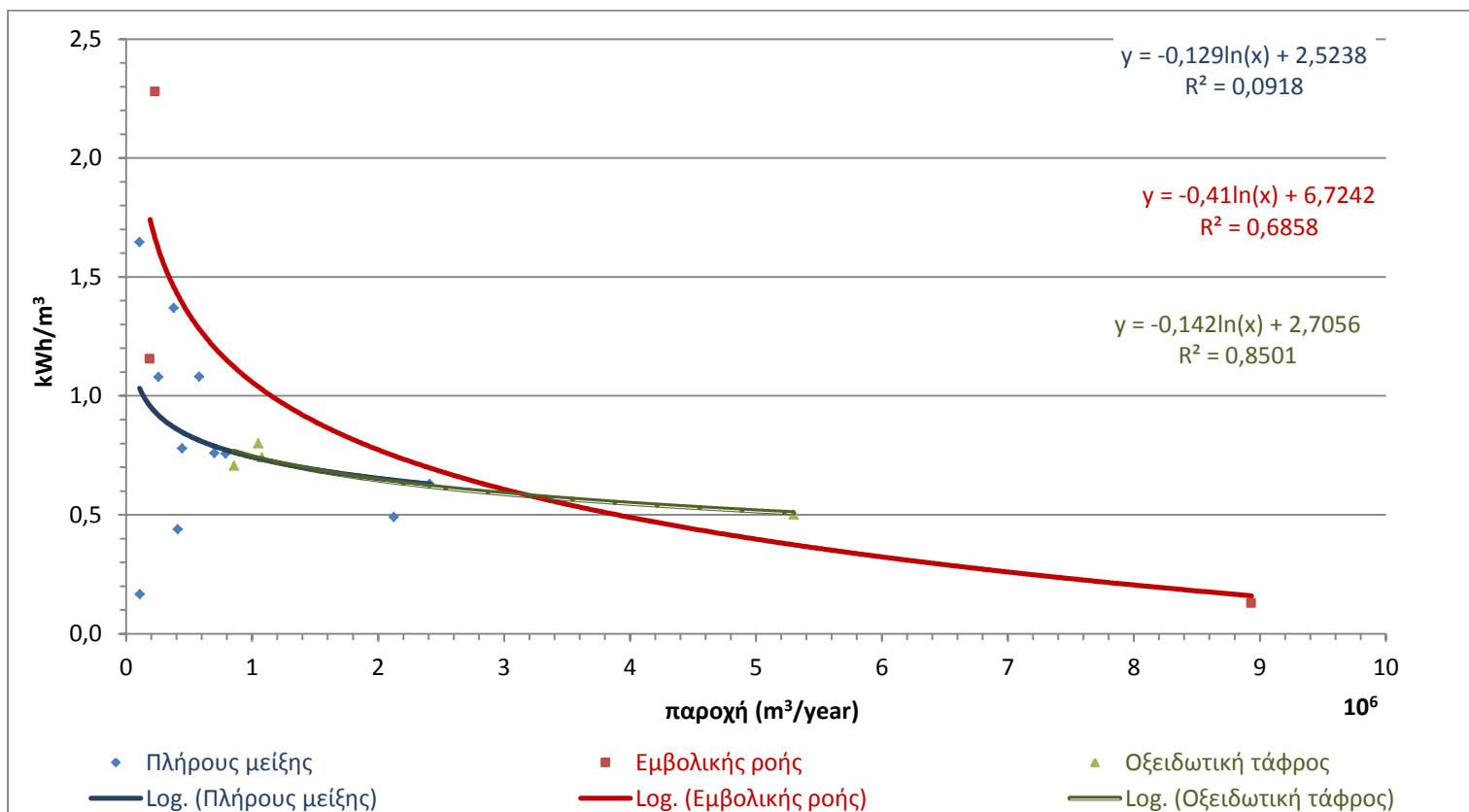
Πέραν αυτού, από την περαιτέρω επεξεργασία των δεδομένων προκύπτει ότι η μέση κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά κυβικό μέτρο εισερχόμενου λύματος σε εγκαταστάσεις με Οξειδωτική τάφρο είναι μικτότερη από εκείνη στις εγκαταστάσεις με δεξαμενές Πλήρους μείξης, η οποία με τη σειρά της είναι μικρότερη εκείνης σε ΕΕΛ με δεξαμενές Εμβολικής ροής, όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 7.3, που ακολουθεί. Το εύρος της ενεργειακής χρήσης είναι ± μια τυπική απόκλιση και ο μέσος όρος παρουσιάζεται με ένα τυπικό σφάλμα. Η μεγάλη τυπική απόκλιση και το μεγάλο σε κάποιες περιπτώσεις τυπικό σφάλμα είναι πιθανή απόρροια του μικρού σχετικά δείγματος.

Σύστημα βιολογικής επεξεργασίας	Ενεργειακή χρήση (kWh/m ³)	Μέσος όρος (kWh/m ³)
Εμβολικής ροής (3 ΕΕΛ)	0,112 – 2,263	1,187 ± 0,621
Οξειδωτικής τάφρου (4 ΕΕΛ)	0,557 – 0,817	0,687 ± 0,344
Πλήρους μείξης (11 ΕΕΛ)	0,514 – 1,258	0,836 ± 0,129
Όλες οι εξεταζόμενες ΕΕΛ	0,396 – 1,388	0,862 ± 0,123

Πίνακας 7.3. Ενεργειακή απαίτηση (kWh/m³) για διαφορετικά συστήματα βιολογικής επεξεργασίας



Διάγραμμα 7.4. Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά κυβικό μέτρο λύματος (kWh/m³) ως προς τη μέση ετήσια εισερχόμενη παροχή (m³/ year)



Διάγραμμα 7.5. Σύγκριση απαιτούμενης ηλεκτρικής ενέργειας ανά κυβικό μέτρο (kWh/m³) για διαφορετικούς τύπους διεργασιών επεξεργασίας ως προς τη μέση ετήσια εισερχόμενη παροχή (m³/year)

8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας επιχειρήθηκε μέσω ερωτηματολογίου μια συγκριτική αξιολόγηση είκοσι δύο (22) διαφορετικού μεγέθους εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων (ΕΕΛ) της Ελλάδας, οι οποίες απαρτίζονται από διάφορες διεργασίες και διαφορετικά συστήματα επεξεργασίας. Τα ενεργειακά δεδομένα που συλλέχθηκαν αφορούσαν τη συνολική ετήσια ενεργειακή κατανάλωση της εκάστοτε εγκατάστασης, αλλά και την ημερήσια ενεργειακή κατανάλωση κάθε σταδίου και επιμέρους διεργασίας, όπως το σύστημα αερισμού στη δευτεροβάθμια επεξεργασία. Τα υπόλοιπα δεδομένα σχετίζονται με τα γενικά στοιχεία, το ενεργειακό κόστος και την εισερχόμενη παροχή της εκάστοτε εγκατάστασης. Η επεξεργασία και η ανάλυση των δεδομένων έγινε με στόχο την διερεύνηση της κατανομής και της κατανάλωσης ενέργειας, καθώς και του ενεργειακού κόστους των ΕΕΛ. Με βάση τα δεδομένα των είκοσι δύο (22) εξεταζόμενων ΕΕΛ, προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα.

8.1. Ενεργειακή κατανάλωση ανά κυβικό μέτρο λυμάτων (kWh/m^3)

Σε γενικές γραμμές, από την περαιτέρω επεξεργασία των δεδομένων, προκύπτει ότι η ενεργειακή απαίτηση ανά κυβικό μέτρο (kWh/m^3) μειώνεται καθώς αυξάνεται η ετήσια καταναλισκόμενη ενέργεια των εγκαταστάσεων, ο ισοδύναμος πληθυσμός και η εισερχόμενη παροχή λυμάτων, καθώς επίσης και ότι η ενεργειακή απαίτηση ανά κυβικό μέτρο υγρών αποβλήτων (kWh/m^3) των τελευταίων επτά ετών κυμαίνεται στα ίδια επίπεδα.

Επίσης, το ποσό της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας ανά κυβικό μέτρο υγρών αποβλήτων (kWh/m^3) ποικίλλει ανάλογα με τον τύπο του συστήματος βιολογικής επεξεργασίας που χρησιμοποιείται, όπως υποστηρίζουν και οι Metcalf & Eddy (2007). Οι εγκαταστάσεις με δεξαμενή εμβολικής ροής χρησιμοποιούν έως και 50,0% περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια για τον αερισμό, την άντληση και την επεξεργασία των στερεών από ότι οι εγκαταστάσεις με δεξαμενή πλήρους μείξης. Εκτός αυτού, παρατηρείται ότι για μικρές παροχές οι εγκαταστάσεις με οξειδωτικές τάφρους χρησιμοποιούν έως και 45,0% λιγότερη ηλεκτρική ενέργεια απ' ότι οι εγκαταστάσεις με δεξαμενή εμβολικής ροής, ενώ για μεγαλύτερες παροχές οι εγκαταστάσεις με δεξαμενή εμβολικής ροής χρησιμοποιούν περίπου 40,0% λιγότερη ηλεκτρική ενέργεια από ότι αυτές με οξειδωτικές τάφρους. Για παροχές από 800.000 έως 2.500.000 m^3 οι εγκαταστάσεις με δεξαμενή πλήρους μείξης και οι εγκαταστάσεις με οξειδωτικές τάφρους καταναλώνουν παρόμοια επίπεδα ενέργειας ανά κυβικό μέτρο εισερχόμενων υγρών αποβλήτων (kWh/m^3). Τελικά, παρατηρείται ότι η μέση κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά κυβικό μέτρο εισερχόμενου λύματος σε εγκαταστάσεις με Οξειδωτική τάφρο ($0,687 \pm 0,344 \text{ kWh/m}^3$) είναι μικρότερη από εκείνη στις εγκαταστάσεις με δεξαμενές Πλήρους μείξης ($0,836 \pm 0,129 \text{ kWh/m}^3$), η οποία με τη σειρά της είναι μικρότερη εκείνης σε ΕΕΛ με δεξαμενές Εμβολικής ροής ($1,187 \pm 0,621 \text{ kWh/m}^3$).

Σημαντικό ρόλο στον υπολογισμό της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας παίζουν οι ώρες λειτουργίας ανά ημέρα των τμημάτων του εξοπλισμού των ΕΕΛ. Από την επεξεργασία των δεδομένων προκύπτει ότι το 38% των εξεταζόμενων ΕΕΛ προσαρμόζουν τον χρόνο λειτουργίας του εξοπλισμού τους στη δεξαμενή αερισμού ανάλογα με τις συνθήκες της εισερχόμενης παροχής. Οι περισσότερες, όμως, (62%) δεν λαμβάνουν υπόψη τους την παροχή, θέτοντας σε 24ωρη λειτουργία τμήματα του εξοπλισμού τους, όπως οι φυσητήρες αερισμού και οι αναμεικτήρες.

Βάσει των αποτελεσμάτων παρατηρείται ότι η ΕΕΛ Καρδίτσας παρουσιάζει τη μικρότερη μέση κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά κυβικό μέτρο εισερχόμενου λύματος με $0,128 \text{ kWh/m}^3$, με την ΕΕΛ Παροικιάς να ακολουθεί με αρκετή διαφορά ($0,440 \text{ kWh/m}^3$), ενώ τη μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας ανά κυβικό μέτρο λύματος παρουσιάζει η ΕΕΛ Ελασσόνας με $2,279 \text{ kWh/m}^3$. Αξίζει να σημειωθεί ότι η ΕΕΛ Καρδίτσας, αλλά και η ΕΕΛ Ελασσόνας χρησιμοποιούν βιολογική διεργασία εμβολικής ροής. Τελικά, όπως προέκυψε από την επεξεργασία των δεδομένων όλων των ΕΕΛ που αναγράφονται στον Πίνακα 7.1, ο μέσος όρος της καταναλισκόμενης ενέργειας ανά όγκο εισερχόμενων λυμάτων είναι $PI_1 = 0,862 \pm 0,370 \text{ kWh/m}^3$. Παρατηρείται ότι η ενεργειακή κατανάλωση ανά κυβικό μέτρο λυμάτων είναι μεγαλύτερη αυτής των περισσότερων ευρωπαϊκών χωρών και των περισσότερων παγκόσμιων βιβλιογραφικών αναφορών (βλ. κεφ. 2.2.4), και κυμαίνεται μεταξύ $0,312$ και $1,359 \text{ kWh/m}^3$.

8.2. Ημερήσια ενεργειακή κατανάλωση ανά κάτοικο (kWh/pe-day)

Το αποτέλεσμα μιας έρευνας που διεξήχθη το 2011 σε έντεκα (11) ΕΕΛ της Ελλάδος ήταν ότι η ενεργειακή κατανάλωση ανά ισοδύναμο κάτοικο μειώνεται όσο αυξάνεται ο εξυπηρετούμενος ισοδύναμος πληθυσμός της ΕΕΛ. Ο μέσος όρος των ΕΕΛ με δυναμικότητα έως 10.000 είναι $0,36 \text{ kWh/pe-day}$, των ΕΕΛ με δυναμικότητα 10.000 έως 50.000 είναι $0,13 \text{ kWh/pe-day}$ και των ΕΕΛ με δυναμικότητα άνω των 50.000 είναι $0,11 \text{ kWh/pe-day}$ (Δημοπούλου, 2011). Βάσει των δεδομένων της παρούσας διπλωματικής εργασίας προκύπτει ότι οι εξεταζόμενες ΕΕΛ με δυναμικότητα λειτουργίας μικρότερη των 10.000 ικ. βρίσκονται κάτω του αναμενόμενου μέσου όρου με μόνη εξαίρεση την ΕΕΛ Μάρπησσας ($0,41 \text{ kWh/pe-day}$). Οι εξεταζόμενες ΕΕΛ με δυναμικότητα λειτουργίας μεταξύ 10.000 και 50.000 ικ. είναι κάτω του αναμενόμενου μέσου όρου με μόνη εξαίρεση την ΕΕΛ Λαμίας ($0,16 \text{ kWh/pe-day}$), η οποία όμως βρίσκεται πολύ κοντά στον μέσο όρο. Η ΕΕΛ Καρδίτσας είναι η μόνη υπό εξέταση ΕΕΛ με δυναμικότητα λειτουργίας μεγαλύτερη των 50.000 ικ, και βρίσκεται κάτω του μέσου όρου (βλ. Πίνακας 5.2.). Από την επεξεργασία των δεδομένων των εξεταζόμενων ΕΕΛ με δυναμικότητα από 1.000 έως 56.000 ικ, στην παρούσα διπλωματική εργασία, προκύπτει ότι ο μέσος όρος της ημερήσιας καταναλισκόμενης ενέργειας ανά κάτοικο είναι $PI_2 = 0,159 \pm 0,069 \text{ kWh/pe-day}$, ενώ αναμένεται το 68,0% των μετρήσεων να βρίσκονται μεταξύ $0,059$ και $0,259 \text{ kWh/pe-day}$.

8.3. Ημερήσια εισερχόμενη παροχή ανά ικ ($\text{m}^3/\text{pe-day}$)

Από την επεξεργασία των δεδομένων των εξεταζόμενων ΕΕΛ, παρατηρείται ότι η ημερήσια παροχή ανά ικ μειώνεται εκθετικά καθώς αυξάνεται ο ικ κάθε ΕΕΛ ως και για 40.000 ικ (βλ. Διάγραμμα 5.7). Ενδεικτικά αναφέρεται ότι η ΕΕΛ Ελασσόνας (δυναμικότητα 12.225 ικ) παρουσιάζει τη μικρότερη μέση ημερήσια εισερχόμενη παροχή ανά ισοδύναμο κάτοικο με $0,052 \text{ m}^3/\text{pe-day}$, ενώ κατ' εξαίρεση τη μεγαλύτερη παροχή ανά ικ παρουσιάζει η ΕΕΛ Καρδίτσας (δυναμικότητα 56.050 ικ) με $0,426 \text{ m}^3/\text{pe-day}$. Επίσης, από την επεξεργασία των δεδομένων προκύπτει ότι ο μέσος όρος της ημερήσιας παροχής ανά κάτοικο είναι $PI_3 = 0,215 \pm 0,008 \text{ m}^3/\text{pe-day}$, ενώ αναμένεται το 68,0% των μετρήσεων να βρίσκονται μεταξύ $0,105$ και $0,326 \text{ m}^3/\text{pe-day}$.

8.4. Ενεργειακό κόστος (€/kWh)

Το 2005 στην Ευρωπαϊκή Ένωση το ενεργειακό κόστος ήταν κατά μέσο όρο 0,0756 €/kWh, το 2009 ήταν 0,1023 €/kWh, ενώ το 2015 ήταν 0,114 €/kWh (Hernández-Sancho et al., 2011; Eurostat). Ο μέσος όρος του ενεργειακού κόστους, όπως προέκυψε από την επεξεργασία των δεδομένων των εξεταζόμενων ΕΕΛ, είναι $PI_4 = 0,140 \pm 0,032 \text{ €/kWh}$, ενώ αναμένεται το 99,7% των μετρήσεων να βρίσκονται μεταξύ 0,006 και 0,273 €/kWh. Παρατηρείται μια σταδιακή αύξηση από το 2005, κάτι που δικαιολογεί πιθανώς το αυξημένο μέσο όρο των εξεταζόμενων ΕΕΛ σε σχέση με το ενεργειακό κόστος στην ΕΕ. Παρ' όλ' αυτά η ΕΕΛ Θήβας, η ΕΕΛ Λαμίας, η ΕΕΛ Φαρσάλων και η ΕΕΛ Φλώρινας βρίσκονται κάτω από τον μέσο όρο του 2015, όπως φαίνεται στον Πίνακα 5.1.

Βάση της ίδια έρευνας που διεξάχθηκε στην Ελλάδα το 2011 προκύπτει ότι το ενεργειακό κόστος ανά ισοδύναμο κάτοικο μειώνεται όσο αυξάνεται ο εξυπηρετούμενος ισοδύναμος πληθυσμός της ΕΕΛ κατά 86,0% από 0,032 €/pe-day σε 0,0045 €/pe-day. Ο μέσος όρος των ΕΕΛ με δυναμικότητα έως 10.000 είναι 0,032 €/pe-day, των ΕΕΛ με δυναμικότητα 10.000 έως 50.000 είναι 0,014 €/pe-day και των ΕΕΛ με δυναμικότητα άνω των 50.000 είναι 0,0095 €/pe-day (Δημοπούλου, 2011). Από την επεξεργασία των δεδομένων προκύπτει ότι μόνο τρεις από τις εξεταζόμενες ΕΕΛ με δυναμικότητα λειτουργίας μικρότερη των 10.000 ικ. βρίσκονται κάτω του αναμενόμενου μέσου όρου με την ΕΕΛ Μάρπησσας να παρουσιάζει τον μεγαλύτερο μέσο όρο (0,073 €/pe-day). Οι περισσότερες εξεταζόμενες ΕΕΛ με δυναμικότητα λειτουργίας μεταξύ 10.000 και 50.000 ικ. είναι κάτω του αναμενόμενου μέσου όρου με μόνη εξαίρεση την ΕΕΛ Λαμίας (0,15 €/pe-day), την ΕΕΛ Νέας Κυδωνίας (0,15 €/pe-day) και ΕΕΛ Χρυσούπολης (0,18 €/pe-day), η οποίες όμως βρίσκονται πολύ κοντά στον προαναφερθέντα μέσο όρο. Η ΕΕΛ Καρδίτσας είναι η μόνη υπό εξέταση ΕΕΛ με δυναμικότητα λειτουργίας μεγαλύτερη των 50.000 ικ, και βρίσκεται κάτω του μέσου όρου (βλ. Πίνακας 5.3.). Όπως προέκυψε από την επεξεργασία των δεδομένων των εξεταζόμενων ΕΕΛ με δυναμικότητα από 1.000 έως 56.000 ικ ο μέσος όρος του ημερήσιου ενεργειακού κόστους ανά κάτοικο είναι $PI_5 = 0,025 \pm 0,013 \text{ €/pe-day}$, ενώ αναμένεται το 68,0% των μετρήσεων να βρίσκονται μεταξύ 0,006 και 0,044 €/pe-day.

8.5. Ενεργειακή απαίτηση ή κατανομή (%)

Η αναμενόμενη απαίτηση ενέργειας για τον αερισμό, που με τη σειρά του απαιτεί ενέργεια για την άντληση των εισροών και την επανακυκλοφορία των εκροών, όπως αναφέρεται στο υποκεφάλαιο 2.2, κυμαίνεται από 45,0 έως 78,0% της συνολικής καταναλισκόμενης ενέργειας στην εγκατάσταση, ενώ συνήθως συναντάται ένα ποσοστό της τάξης του 50-60% (Metcalf & Eddy, 2007). Πραγματοποιήθηκε μια αναλυτική επεξεργασία των δεδομένων που σχετίζονται με την ενεργειακή απαίτηση και βρέθηκε η ποσοστιαία διανομή της ενεργειακής χρήσης στις επί μέρους μονάδες επεξεργασίας των εξεταζόμενων εγκαταστάσεων, καθώς και η κατανομή της ενεργειακής χρήσης μιας πρότυπης ΕΕΛ (βλ. Διάγραμμα 6.15). Στην περίπτωση που εξετάζεται σε αυτή την εργασία φαίνεται ότι το μεγαλύτερο μέρος της ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιείται για τη βιολογική επεξεργασία. Το ποσοστό της κατανάλωσης στη βιολογική βαθμίδα βάσει των δεδομένων λειτουργίας είναι 84,6% επί της συνολικής κατανάλωσης και το ποσοστό που αντιστοιχεί στο σύστημα αερισμού είναι 77,0% επί της συνολικής απαιτούμενης ενέργειας, το οποίο ποσοστό βρίσκεται στο ανώτερο αναμενόμενο όριο. Ακολουθούν με μεγάλη διαφορά στην ενεργειακή χρήση α) η προεπεξεργασία (9,5%), β) η αποφωσφόρωση (6,7%) και γ) ο εξοπλισμός επεξεργασίας της ιλύος (1,9%). Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι για τη δεξαμενή εμβολικής ροής κατά

μέσο όρο απαιτείται το 76,7%, για τη δεξαμενή αερισμού πλήρους μείξης κατά μέσο όρο απαιτείται το 76,8% και για την οξειδωτική τάφρο κατά μέσο όρο απαιτείται το 77,7% επί της συνολικής ενέργειας της εγκατάστασης.

8.6. Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Η μελέτη πραγματοποιήθηκε σε ΕΕΛ από διαφορετικές περιοχές της Ελλάδας και διαφορετικών δυναμικοτήτων, οι οποίες ομαδοποιήθηκαν αναλόγως. Ο λόγος που έγινε αυτό είναι η ανάγκη να γίνουν αντιληπτές και να αναλυθούν οι διαφοροποιήσεις που δημιουργούνται στην ενεργειακή κατανάλωση ανάλογα με τις απαιτήσεις της κάθε περιοχής και κατ' επέκταση της εκάστοτε ΕΕΛ. Στόχος για τα ελληνικά δεδομένα πρέπει να αποτελεί η εξοικονόμηση ενέργειας στις υφιστάμενες ΕΕΛ και η δημιουργία μελλοντικών εγκαταστάσεων με μικρότερες ενεργειακές απαιτήσεις. Η ενεργειακή αξιολόγηση είναι ένα εργαλείο από το οποίο απορρέει μια σειρά πιθανών επεμβάσεων και μπορεί να συμβάλει θετικά στην επίτευξη του προαναφερθέντος στόχου. Προτάσεις για περαιτέρω επιστημονική διερεύνηση αποτελούν ενδεικτικά:

- Η ενεργειακή αξιολόγηση και μοντελοποίηση κάθε ΕΕΛ με στόχο την αποτύπωση της υφιστάμενης ενεργειακής κατάστασης και την πρόταση ενός πλάνου για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης της εγκατάστασης.
- Ο υπολογισμός της ενεργειακής κατανομής (%) στα στάδια και στις διεργασίες των ΕΕΛ και η εκτίμηση της καταναλισκόμενης ενέργειας ανά όγκο εισερχόμενων λυμάτων (kWh/m^3) των εγκαταστάσεων που μελετήθηκαν σε αυτή τη διπλωματική εργασία με διαφορετική ομαδοποίηση των εξεταζόμενων ΕΕΛ, ως προς το εισερχόμενο φορτίο, τον εξυπηρετούμενο πληθυσμό ή του μηχανολογικού εξοπλισμού.
- Ο υπολογισμός της ενεργειακής κατανομής (%) στα στάδια και στις διεργασίες των ΕΕΛ και η εκτίμηση της καταναλισκόμενης ενέργειας ανά όγκο εισερχόμενων λυμάτων (kWh/m^3) των εγκαταστάσεων που μελετήθηκαν σε αυτή τη διπλωματική εργασία με χρήση κάποιου άλλου λογισμικού ή μοντέλου για σύγκριση των αποτελεσμάτων.
- Η διαφοροποίηση της καταναλισκόμενης ενέργειας ανά όγκο εισερχόμενων λυμάτων (kWh/m^3) των ΕΕΛ ανάλογα με τον χρονική περίοδο (θέρος ή χειμώνας).
- Η μελέτη της επίδρασης των ωρών λειτουργίας των μηχανημάτων, κυρίως στη δεξαμενή αερισμού που από ότι φαίνεται αποτελεί το πιο ενεργοβόρο στάδιο επεξεργασίας λυμάτων, στη συνολική ενεργειακή απαίτηση των ΕΕΛ.
- Η μελέτη της επίδρασης της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από παραγόμενο βιοαέριο ή και ανανεώσιμες πηγές μέσω φωτοβολταϊκών, ανεμογεννητριών ή άλλων μηχανισμών εντός των εγκαταστάσεων στη συνολική κατανάλωση ενέργειας των ΕΕΛ.
- Η εγκατάσταση ωρομετρητών στις επί μέρους μονάδες που μελετήθηκαν, ώστε να υπάρχουν πιο ακριβή στοιχεία για μελλοντικές μελέτες.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική βιβλιογραφία

Αγγελάκης, Α. Ν. (2004) Διαχείριση Αστικών Υγρών Αποβλήτων, Ένωση Δημοτικών Επιχειρήσεων Ύδρευσης και Αποχέτευσης (ΕΔΕΥΑ), Λάρισα, Έκδοση: Εθνικό Κέντρο Περιβάλλοντος και Αειφόρου Ανάπτυξης

Αγραφιώτη Ε. (2010) Μεταπτυχιακή Διατριβή «Στρατηγικό Σχέδιο για την Επαναχρησιμοποίηση των Εκροών των Εγκαταστάσεων Επεξεργασίας Λυμάτων στην Κρήτη», Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά 2010

Α.Ε.Π.Ο. (Απόφαση Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων) ΕΕΛ Αγίου Νικολάου, Δ/ση ΠΕ.ΧΩ, Γενική Δ/ση Περιφέρειας, Περιφέρεια Κρήτης, Ελληνική Δημοκρατία, Ηράκλειο 2000 (Διαθέσιμη: <http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/View.aspx?xuwcode=GR432001011>)

Α.Ε.Π.Ο. (Απόφαση Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων) ΕΕΛ Αμύνταιου, 2011 (Διαθέσιμη: <http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/View.aspx?xuwcode=GR134003017>)

Α.Ε.Π.Ο. (Απόφαση Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων) ΕΕΛ Ελασσόνας, 2011 (Διαθέσιμη: <http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/View.aspx?xuwcode=GR142008018>)

Α.Ε.Π.Ο. (Απόφαση Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων) ΕΕΛ Ελούντας, 1994 (Διαθέσιμη: <http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/View.aspx?xuwcode=GR43200103113>)

Α.Ε.Π.Ο. (Απόφαση Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων) ΕΕΛ Θήβας, 2016 (Διαθέσιμη: <http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/View.aspx?xuwcode=GR241010013>)

Α.Ε.Π.Ο. (Απόφαση Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων) ΕΕΛ Καρδίτσας, 2012 (Διαθέσιμη: <http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/View.aspx?xuwcode=GR141001015>)

Α.Ε.Π.Ο. (Απόφαση Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων) ΕΕΛ Λαμίας, 2012 (Διαθέσιμη: <http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/View.aspx?xuwcode=GR244001015>)

Α.Ε.Π.Ο. (Απόφαση Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων) ΕΕΛ Λαυρίου, 2011 (Διαθέσιμη: <http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/View.aspx?xuwcode=GR300062018>)

Α.Ε.Π.Ο. (Απόφαση Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων) ΕΕΛ Λιτόχωρου, 2012 (Διαθέσιμη: <http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/View.aspx?xuwcode=GR1250030180110>)

Α.Ε.Π.Ο. (Απόφαση Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων) ΕΕΛ Μονεμβασίας, 2012 (Διαθέσιμη: <http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/View.aspx?xuwcode=GR2540120117>)

Α.Ε.Π.Ο. (Απόφαση Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων) ΕΕΛ Νάουσας, 2010 (Διαθέσιμη: <http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/View.aspx?xuwcode=GR422015073>)

Α.Ε.Π.Ο. (Απόφαση Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων) ΕΕΛ Νέας Κυδωνίας, 2016 (Διαθέσιμη: <http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/View.aspx?xuwcode=GR434018035>)

Α.Ε.Π.Ο. (Απόφαση Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων) ΕΕΛ Παροικιάς, 2006 (Διαθέσιμη: <http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/View.aspx?xuwcode=GR422015014>)

Α.Ε.Π.Ο. (Απόφαση Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων) ΕΕΛ Φαρσάλων, 689/19-4-1999 (Διαθέσιμη: <http://www.thessaly.gov.gr/main.aspx?catid=130&id=3434>)

Α.Ε.Π.Ο. (Απόφαση Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων) ΕΕΛ Φαρσάλων: Μελέτη ανανέωσης - τροποποίησης, 2016 (Διαθέσιμη: <http://www.thessaly.gov.gr/main.aspx?catid=130&id=3434>)

Α.Ε.Π.Ο. (Απόφαση Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων) ΕΕΛ Χρυσούπολης, 2002 (Διαθέσιμη: <http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/View.aspx?xuwcode=GR115011018>)

Γεντεκάκης, Ι. (2010) ΦΥΣΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ: Ανάλυση & Σχεδιασμός, Αθήνα, Εκδόσεις Κλειδάριθμος

Δημοπούλου, Α. (2011) Μεταπτυχιακή Διατριβή «Συγκριτική Αξιολόγηση Ενεργειακής κατανάλωσης και εκπομπών αερίων θερμοκηπίου σε Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων (ΕΕΛ), Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα

Διαλυνάς, Γ. (1994) PETRA II: λειτουργία & συντήρηση μικρών μονάδων επεξεργασίας λυμάτων, Αθήνα, Εκδόσεις Action

Δημόπουλος, Ι. (2017) Παρουσίαση «ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ: Έρευνα με χρήση ερωτηματολογίου», Τμήμα Διοίκησης Μονάδων Υγείας και Πρόνοιας -ΤΕΙ Καλαμάτας (Διαθέσιμη: <http://www.eclass.teipel.gr/eclass2/modules/document/file.php/HSPLTH157/ΠΑΡΑΔΟΣΕΙΣ%20ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ.pdf>)

Ειδική Γραμματεία Υδάτων (2012) Κείμενο Κατευθυντήριων Γραμμών για τη Διαχείριση Λυμάτων Μικρών Οικισμών, Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας

Επιχειρησιακό σχέδιο αγροτικής ανάπτυξης 2014-2020, ΠΑΡΟΣ, Γενική Διεύθυνση Περιφερικής Αγροτικής οικονομίας και Κτηνιατρικής, Περιφέρεια Νότιου Αιγαίου (Διαθέσιμη: <https://ecoanemos.files.wordpress.com/2010/01/paros.pdf>)

Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2004) 3^η Έκθεση Ευρωπαϊκής Επιτροπής για την εφαρμογή της Οδηγίας 91/271/EC

Ζαφειρίου Α. (2014) Τεχνική Περιβάλλοντος, Έκδοση: 1.0, Θεσσαλονίκη, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (Διαθέσιμο: <http://eclass.auth.gr/courses/OCRS460/>)

Ζούμη, Α. (2011) Πτυχιακή εργασία «Οικολογική και Αισθητική Αποκατάσταση πάρκου Αϊ-Γιάννη ΔΕΤΗ Πάρος, , Τμήμα Αρχιτεκτονικής Τοπίου, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας, Παράρτημα Δράμας, ΤΕΙ Καβάλας, Δράμα

Ιακωβάκης, Β. και Κυριάκης, Ν. (2005) Παρουσίαση «Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων Φλώρινας: Αποτελέσματα των τριών πρώτων ετών λειτουργίας», Heleco '05, ΤΕΕ, Αθήνα (Διαθέσιμο: http://library.tee.gr/digital/m2045/m2045_iakovakis.pdf)

Κρούστα, Ου. (2012) Πτυχιακή εργασία «Δυνατότητα Επαναχρησιμοποίησης των Εκροών των Εγκαταστάσεων Επεξεργασίας Λυμάτων νήσου Σάμου, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά

Μαρίνος-Κουρής, Δ. και Μαρούλης, Ζ. Β. (1993) Σχεδιασμός Χημικών Βιομηχανιών, Αθήνα, Εκδόσεις Παπασωτηρίου

Μαυράκης, Ε., Τζαβλάκη, Κ., Αγριόγιαννος, Μ. και Παπαματθαίου, Χ. (2002) Όροι και Προϋποθέσεις: Επεξεργασίας Λυμάτων σε μικρά και φυσικά συστήματα, Ομάδα Εργασίας του ΤΕΕ/ΤΑΚ (Διαθέσιμο: http://www.teetak.gr/files/domh_TEE/omades_ergasias/epksergasia_limatwn.pdf)

Μήτρακας, Μ. (2001) Ποιοτικά Χαρακτηριστικά και Επεξεργασία Νερού, Θεσσαλονίκη, Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ

Παπαγεωργίου, Ι. (2015) Θεωρία δειγματοληψίας, Αθήνα. Στον δικτυακό τόπο Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα και Βοηθήματα (<https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/1296/1/Book-Newer.pdf>)

Παπαγιάννης Θ. και συνεργάτες ΑΕΜ (2011) Στρατηγική μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων του νέου Ρυθμιστικού Σχεδίου Αθήνας-Αττικής (ΡΣΑ) 2021, Οργανισμός Ρυθμιστικού Σχεδίου και Προστασίας Περιβάλλοντος Αθήνας (Διαθέσιμη: <http://courses.arch.ntua.gr>)

Ρόντος, Κ. και Παπάνης, Ε. (2007) Οι τεχνικές του καλού ερωτηματολογίου. Αθήνα: Εκδόσεις Σιδέρη. Στον δικτυακό τόπο της Ελληνικής Κοινωνικής Έρευνας (http://epapanis.blogspot.gr/2007/09/blog-post_1084.html)

Στρατηγικός Σχεδιασμός Δήμου Αγίου Νικολάου 2015-2019 (Διαθέσιμο: http://www.dimosagn.gr/files/items/1/1478/a_enotita_stratigikos_shediasmos.pdf?rnd=1468919684)

Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Νήσων Αιγαίου GR14: Στάδιο Ι, 3^η Φάση – Παραδοτέο 6, Χάρτες Επικινδυνότητας Πλημμύρας – Μη Τεχνική Έκθεση (2016) Έκδοση 1, Ειδική Γραμματεία Υδάτων, Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας & Κλιματικής Αλλαγής

Ταυτότητα Υδάτων Κολύμβησης Καρλόβας (2015) Ειδική Γραμματεία Υδάτων, Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας (Διαθέσιμο: <http://www.bathingwaterprofiles.gr/bathingprofiles/GRBW149264270>)

Ταυτότητα Υδάτων Κολύμβησης Λογαράς (2015) Ειδική Γραμματεία Υδάτων, Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας (Διαθέσιμο: <http://www.bathingwaterprofiles.gr/bathingprofiles/GRBW149294199>)

Τεχνική περιγραφή (2014) ΕΕΛ Κρούστας, Τεχνική Υπηρεσία, Τμήμα Μελετών, Δ.Ε.Υ.Α.Α.Ν. (Διαθέσιμη:

Τεχνική περιγραφή (2014) Προμήθεια Εγκατάστασης Επεξεργασίας Λυμάτων Οικισμού Πρίνας, Τεχνική Υπηρεσία, Τμήμα Μελετών, Δ.Ε.Υ.Α.Α.Ν (Διαθέσιμη: http://www.deyaan.gr/images/stories/eel_prinas/tehn.perigrafh.pdf)

Τεχνική Περιγραφή (2017) Παροχή υπηρεσίας: Διαχείριση Ιλύος Εγκαταστάσεων Επεξεργασίας Λυμάτων Πόλης Φλώρινας (Βιολογικός Καθαρισμός), Δ.Ε.Υ.Α.Φ., Φλώρινα (Διαθέσιμη: <http://deyafl.gr/files/108/%CE%94%CE%99%CE%91%CE%A7%CE%95%CE%99%CE%A1%CE%99%CE%A3%CE%97%20%CE%99%CE%9B%CE%A5%CE%9F%CE%A3.pdf>)

Τοπικό Σχέδιο Αποκεντρωμένης Διαχείρισης Αποβλήτων, Δήμος Αγίου Νικολάου, Φεβρουάριος 2016 (Διαθέσιμο: <http://www.dimosagn.gr/files/items/1/1295/tds.pdf>)

Τσιχριντζής, Β. Α., Γκίκας, Π. και Αγγελάκης, Α. Ν. (2008) Διαχείριση βιοστερεών με έμφαση στην εθνική και διεθνή νομοθεσία, Λάρισα, Ειδική Έκδοση, Ένωση Δημοτικών Επιχειρήσεων Ύδρευσης και Αποχέτευσης (ΕΔΕΥΑ)

Τσώνης, Π. Σ. (2004) Επεξεργασία λυμάτων, Αθήνα, Εκδόσεις Παπασωτηρίου

ΦοΔΣΑ - Φορέας Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων Νήσων Νοτίου Αιγαίου (2016) Επικαιροποιημένο Περιφερειακό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων (ΠΕΣΔΑ) της Περιφέρειας Νοτίου Αιγαίου, Περιφέρεια Νότιου Αιγαίου (Διαθέσιμη: <http://pepna.gr/news/egkrisi-epikairopoiimenoy-pesda-perifereias-notiou-aigaiou>)

Χρυσικόπουλος, Κ. (2013) Εισαγωγή στις Διεργασίες Καθαρισμού Νερού και Λυμάτων, Θεσσαλονίκη, Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

Amiri, A. W., Tsutsumi, G.J. and Nakamatsu, R (2015) Energy from Domestic Wastewater and Recovering the Potential Energy of Sewage Sludge, Journal of Energy Technologies and Policy, 5 (12)

Arnold ME. and Merta ES. (2011) Towards energy self-sufficiency in wastewater treatment by optimized sludge treatment. Water Practice & Technology, 6 (4): wpt20110069.

Awe OW, Liu R. and Zhao Y. (2016) Analysis of Energy Consumption and Saving in Wastewater Treatment Plant: Case Study from Ireland, Journal of Water Sustainability, 6 (2), 63-76

Barillon B, Ruel SM, Langlais C, Lazarova V. (2013) Energy efficiency in membrane bioreactors. Water Science and Technology, 67:2685-91.

Bodik, I. and Kubaská, M. (2013) Energy and sustainability of operation of a wastewater treatment plant, Environment Protection Engineering, 39 (2), 15-24

Bruce, A. M., Cambell, H. W. and Balmer, P. (1983) Developments and trends in sludge processing techniques: processing and use of sewage sludge. Commission of the European Communities, L' Hermite (eds), D. Reidell Publishing Company

Burton, F.L. (1996) Water and Wastewater Industries: Characteristics and Energy Management Opportunities, CR-10691, Electric Power Research Institute, St. Louis, MO

Cao, Y. S. (2011) Mass Flow and Energy Efficiency of Municipal Wastewater Treatment Plants, London, IWA Publishing

Daw, J., Hallett, K., DeWolfe, J. and Venner, I. (2012) Energy Efficiency Strategies for Municipal Wastewater Treatment Facilities, National Renewable Energy Laboratory, Technical Report, NREL/TP-7A30-53341 at <https://www.nrel.gov/docs/fy12osti/53341.pdf> (Επίσκεψη ιστοσελίδας: Φεβρουάριος 2018)

Eurostat (Νοέμβριος 2017) Energy price statistics (Επίσκεψη ιστοσελίδας: Φεβρουάριος 2018) (Διαθέσιμο: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Electricity_price_statistics)

Foladori, P, Vaccari, M. and Vitali, F.(2015) Energy audit in small wastewater treatment plants: methodology, energy consumption indicators, and lessons learned, Water Science and Technology, 72 (6), 1007-1015

- Gikas, P. (2017) Towards energy positive wastewater treatment plants, *Journal of Environmental Management*, 203, 621-629
- Gikas, P. (2014) Electrical energy production from biosolids: a comparative study between anaerobic digestion and ultra-high-temperature gasification, *Environmental Technology*, 35 (17), 2140-2146
- Gillham, B. (2000) Developing a Questionnaire, *Continuum Publications*
- Gu, Y., Li, Y., Li, X., Luo, P., Wang, H., Wang, X., Wu, J., Li, F. (2017) Energy self-sufficient wastewater treatment plants: feasibilities and challenges, *Energy Procedia*, 105, 3741-3751 (ScienceDirect)
- Guimet V, Kelly R, Doung F, Rosina M, Audic JM, Terry JM. (2010) Green energy resource: research and learning experiences from wastewater treatment plants. *Proceedings of IWA World Water Congress, Canada*
- Hernández-Sancho, F., Molinos-Senante, M. and Sala-Garrido, R. (2011) Energy efficiency in Spanish wastewater treatment plants: A non-radial DEA approach, *Science of The Total Environment*, 409 (14), 2693-2699
- Javeau, Cl. (2000) Η έρευνα με ερωτηματολόγιο. Το εγχειρίδιο του καλού ερευνητή., Αθήνα: Τυπωθήτω/ Δαρδανός
- Jonasson, M (2007) Energy Benchmark for Wastewater Treatment Processes – a comparison between Sweden and Austria, Dept. of Industrial Electrical Engineering and Automation, Lind University
- Longo, St., d'Antoni, B. M., Bongards, M., Chaparro, A., Cronrath, A., Fatone, F., Lema, J. M., Mauricio-Iglesias, M., Soares, A., Hospido, A. (2016) Monitoring and diagnosis of energy consumption in wastewater treatment plants. A state of the art and proposals for improvement, *Applied Energy*, 179, pp. 1251-1268
- Mamais D, Noutsopoulos C, Dimopoulou A, Stasinakis A, Lekkas T. (2015) Wastewater treatment process impact on energy savings and greenhouse gas emissions. *Water Science and Technology*, 71:303-8.
- Metcalf & Eddy (2006) Μηχανική υγρών αποβλήτων: Επεξεργασία και επαναχρησιμοποίηση, Τόμος Α', Αθήνα, Εκδόσεις TZIOAA
- Metcalf & Eddy (2007) Μηχανική υγρών αποβλήτων: Επεξεργασία και επαναχρησιμοποίηση, Τόμος Β', Αθήνα, Εκδόσεις TZIOAA
- Mizuta K, and Shimada M. (2010) Benchmarking energy consumption in municipal wastewater treatment plants in Japan. *Water Science and Technology*. 62:2256-62.
- Molinos-Senante ,M., Hernández-Sancho, F. and Sala-Garrido, R. (2010) Economic feasibility study for wastewater treatment: A cost–benefit analysis, *Science of The Total Environment*, 408 (20), 4396-4402
- Morgan S.J. (2012) Energy Audits Waste Water Treatment Plants, Ohio Water Environment Association Conference at http://www.ohiowea.org/docs/Wed1100Green_Energy_Audits_Case_Studies.pdf
- Newell T, Batista JR, Ahmad S, Johnson W. (2012) Energy Consumption in Large Wastewater Treatment Plants as a Function of Wastewater Strength

- Olsson G. (2012) Water water and Energy Nexus water energy nexus. In: Meyers RA, editor. Encyclopedia of Sustainability Science and Technology. New York, NY: Springer New York, 11932-46
- Panepinto D, Fiore S, Zappone M, Genon G, Meucci L. (2016) Evaluation of the energy efficiency of a large wastewater treatment plant in Italy. Applied Energy, 161, 404-11
- Panepinto, D., Fiore S., Zappone, M., Genon, G. and Meucci, L. (2016) Evaluation of the energy efficiency of a large wastewater treatment plant in Italy, Applied Energy 161, 404-411
- Perry, R. H. and Chilton, C. H. (1973) Chemical Engineers' Handbook, 5th Edition, McGraw Hill
- Peters, M. S., Timmerhaus K. D. and West, R. E. (2006) Σχεδιασμός και Οικονομική μελέτη Εγκαταστάσεων για Μηχανικούς, 5^η Έκδοση, Θεσσαλονίκη, Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ
- Qasim S. R. (1999) WASTEWATER TREATMENT PLANTS: PLANNING, DESIGN, AND OPERATION, 2nd edition, CRC Press
- Schosseler P, Lohmann T, Schmitt B, Perbal S, Dubois C, Saverborn K. (2007) Implementing sustainable sanitation concepts in Luxembourg — methodological approach and outcomes. Water Science and Technology, 56 (5):33–41.
- University of Minnesota (MnTAP), Wastewater Treatment Plant Project: Energy Efficiency & Renewable Energy Generation, at the website <http://www.mntap.umn.edu/industries/facility/potw/wwtp/>
- Voltz, T. and Grischek, T. (2018) Energy Management in the Water Sector – Comparative Case Study of Germany and the United States, Water-Energy Nexus, KeAi
- Wang H, Yang Y, Keller AA, Li X, Feng S, Dong Y-n, et al. (2016) Comparative analysis of energy intensity and carbon emissions in wastewater treatment in USA, Germany, China and South Africa. Applied Energy
- Wett B, Buchauer K, Fimml C. (2007) Energy self-sufficiency as a feasible concept for wastewater treatment systems. IWA Leading Edge Technology Conference: Singapore: Asian Water, p. 21-4.

Ιστοσελίδες

AKATT: <http://www.akatt.gr/clients-env4.asp>

Δ.Ε.Υ.Α. ΕΛΑΣΣΟΝΑΣ (http://deyael.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=61&Itemid=211)

Δ.Ε.Υ.Α. ΕΛΑΣΣΟΝΑΣ (http://deyael.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=62&Itemid=67)

Δ.Ε.Υ.Α. ΕΛΑΣΣΟΝΑΣ (http://deyael.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=62&Itemid=211)

Δ.Ε.Υ.Α. ΕΛΑΣΣΟΝΑΣ (http://deyael.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=59&Itemid=211)

Δ.Ε.Υ.Α. ΕΛΑΣΣΟΝΑΣ (http://deyael.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=63&Itemid=211)

Δ.Ε.Υ.Α.Α.Ν. (<http://www.deyaan.gr/apoxeteusi/15-prokurikseis-asep/33-egkatastaseis-epksergasias-lumatwn.html>)

Δ.Ε.Υ.Α. Θάσου – GIS (<http://thassos.191.gr/>)

Δ.Ε.Υ.Α.Φ. – Βιολογικός Καθαρισμός (<http://deyafarsalon.gr/αποχέτευση/βιολογικός-καθαρισμός>)

Δήμος ΕΛΑΣΣΟΝΑΣ (<http://www.dimoselassonas.gr/index.php/dioikisi/nomika-pros/191-d-e-y-a-el>)

Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων: Βάση Δεδομένων Παρακολούθησης Λειτουργίας, Ειδική Γραμματεία Υδάτων (<http://astikalimata.ypeka.gr>)

Εθνικό Δίκτυο Πληροφοριών Περιβάλλοντος (<http://www.e-per.gr>)

Καρτέλα έργου (<http://2013.anaptyxi.gov.gr/ergopopup.aspx?mis=349314&wnd=x&dnnprintmode=true>)

Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας (<http://ypeka.gr>)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: Ερωτηματολόγιο έρευνας

Το παρόν ερωτηματολόγιο είναι μέρος της διπλωματικής εργασίας της φοιτήτριας **Αλεξάνδρας Σιάτου** με επιβλέποντα τον **καθηγητή Πέτρο Γκίκα**, της Σχολής Μηχανικών Περιβάλλοντος του Πολυτεχνείου Κρήτης.

Σκοπός αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι να διερευνηθεί η κατανομή των ενεργειακών αναγκών στις ΕΕΛ, ή τουλάχιστον να εκτιμηθεί η καταναλισκόμενη ενέργεια ανά μονάδα όγκου εισερχόμενων λυμάτων.

A. Γενικά στοιχεία

Ονομασία της ΕΕΛ:

ΔΕΥΑ στην οποία ανήκει:

Λειτουργός της εγκατάστασης:

Υπεύθυνος επικοινωνίας:

1. Έχει υλοποιηθεί ενεργειακή αξιολόγηση της εγκατάστασης στο παρελθόν; Ναι ☐ Όχι ☐

B. Τεχνικό μέρος - Σχετικά με την συνολική ενεργειακή απαίτηση της εγκατάστασης

Παρακαλώ συμπληρώστε τα στοιχεία στον παρακάτω πίνακα.

Έτος	2. Συνολική κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος* (kWh/year)	3. Συνολικό ετήσιο κόστος ηλεκτρικού ρεύματος* (€/year)	4. Ετήσια παροχή (m ³ /year)
1. 2016			
2. 2015			
3. 2014			
4. 2013			
5. 2012			
6. 2011			
7. 2010			
8. 2009			
9. 2008			
10. 2007			
11. 2006			

* χωρίς τα αντλιοστάσια

5. Γίνεται χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την κάλυψη έστω μέρους της απαιτούμενης ενέργειας;

Ναι ☐ Όχι ☐

5.1. Αν ναι, ποιάς μορφής;

6. Γίνεται χρήση καυσίμων (όπως πετρέλαιο, φυσικό αέριο); Ναι ☐ Όχι ☐

6.1. Σε τι ποσότητες και για τι είδους χρήση;

Γ. Τεχνικό μέρος – Σχετικά με την εγκατάσταση

7. Πόσα χρόνια λειτουργεί η ΕΕΛ;
8. Ποιο είναι το συνολικό εμβαδό της ΕΕΛ;

	9. Μέση ημερήσια παροχή εισόδου (m ³)	10. Εξυπηρετούμενος ισοδύναμος πληθυσμός (ΙΠ)
1. Θέρος		
2. Χειμώνας		

11. Δέχεται η ΕΕΛ βοθρολύματα; Ναι ☐ Όχι ☐
11.1. Πόσα βυτία ανά ημέρα κατά μέσο όρο;
12. Ποιός είναι ο μέσος χρόνος υδραυλικής παραμονής
12.1. στο σύνολο της εγκατάστασης;
12.2. στη δεξαμενή αερισμού;
13. Ποιά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά εισόδου και εξόδου για το 2016 (mg/L);

	BOD ₅	COD	TSS	T-N	T-P	pH
Είσοδος						
Εξοδος						

Πίνακας 1. Ποιοτικά χαρακτηριστικά εισόδου και εξόδου της ΕΕΛ.

Γ.1. Compact τεχνολογίες

14. Απαρτίζεται η ΕΕΛ από Compact τεχνολογίες; Ναι ☐ Όχι ☐

Εξηγήστε:

Γ.2. Προεπεξεργασία και Πρωτοβάθμια επεξεργασία

15. Διαθέτει η ΕΕΛ αντλιοστάσιο ανύψωσης; Ναι ☐ Όχι ☐

- 15.1. Είδος:
15.2. Αριθμός αντλιών:
15.3. Συνολική εγκατεστημένη ισχύς (kW):
15.4. Καταναλισκόμενη ισχύς (kW ή kWh/ημέρα):
15.5. Ώρες λειτουργίας ανά 24ωρο:

16. Διαθέτει η ΕΕΛ εσχάρωση; Ναι ☐ Όχι ☐

- 16.1. Τύπος σχάρας:
16.2. Συνολική εγκατεστημένη ισχύς (kW):
16.3. Καταναλισκόμενη ισχύς (kW ή kWh/ημέρα):
16.4. Ώρες λειτουργίας ανά 24ωρο:

17. Διαθέτει η ΕΕΛ εξάμμωση; Ναι ☐ Όχι ☐

- 17.1. Τύπος εξαμμωτή:
17.2. Παροχή αέρα:
17.3. Συνολική εγκατεστημένη ισχύς (kW):
17.4. Καταναλισκόμενη ισχύς (kW ή kWh/ημέρα):
17.5. Ώρες λειτουργίας ανά 24ωρο:

18. Διαθέτει η ΕΕΛ απολίπανση; Ναι ☐ Όχι ☐

18.1. Τύπος απολιπαντή:

19. Διαθέτει η ΕΕΛ δεξαμενή εξισορρόπησης; Ναι ☐ Όχι ☐

19.1. Όγκος δεξαμενής:

20. Διαθέτει η ΕΕΛ δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης; Ναι ☐ Όχι ☐

20.1. Πλήθος δεξαμενών:

20.2. Όγκος έκαστης:

20.3. Συνολική εγκατεστημένη ισχύς (kW):

20.4. Καταναλισκόμενη ισχύς (kW ή kWh/ημέρα):

Γ.3. Δευτεροβάθμια, Τριτοβάθμια επεξεργασία & Επαναχρησιμοποίηση νερού

21. Διαθέτει η ΕΕΛ δεξαμενή αερισμού; Ναι ☐ Όχι ☐

21.1. Γίνεται νιτροποίηση; Ναι ☐ Όχι ☐

21.2. Γίνεται απονιτροποίηση; Ναι ☐ Όχι ☐

21.3. Είδος δεξαμενής:

21.4. Πλήθος δεξαμενών:

21.5. Όγκος και ύψος έκαστης:

21.6. Σύστημα βιολ. επεξεργασίας: Πλήρους μείξης ☐ Εμβολικής ροής ☐ Οξειδωτική τάφρος ☐ Άλλο ☐

21.7. Μέσος Υδραυλικός χρόνος παραμονής:

21.8. Ρυθμός επανακυκλοφορίας:

21.9. Ηλικία ιλύος:

21.10. MLSS (mg/l):

21.11. Τυπική τιμή F/M:

21.12. Συνολική εγκατεστημένη ισχύς (kW):

21.13. Καταναλισκόμενη ισχύς (kW ή kWh/ημέρα):

21.14. Ώρες λειτουργίας φυσητήρων/επιφανειακών αεριστήρων ανά 24ωρο: /

21.15. Ώρες λειτουργίας αναδευτήρων ανά 24ωρο:

Σχόλια:

22. Διαθέτει η ΕΕΛ αποφωσφόρωση; Ναι ☐ Όχι ☐

22.1. Πλήθος Δεξαμενών:

22.2. Όγκος έκαστης:

22.3. Συνολική εγκατεστημένη ισχύς (kW):

22.4. Καταναλισκόμενη ισχύς (kW ή kWh/ημέρα):

22.5. Ώρες λειτουργίας αναμεικτήρων ανά 24ωρο:

23. Διαθέτει η ΕΕΛ δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης; Ναι ☐ Όχι ☐

23.1. Είδος δεξαμενής:

23.2. Πλήθος δεξαμενών:

23.3. Όγκος έκαστης:

23.4. Συνολική εγκατεστημένη ισχύς (kW):

23.5. Καταναλισκόμενη ισχύς (kW ή kWh/ημέρα):

24. Διαθέτει η ΕΕΛ απολύμανση;

Ναι ☐ Όχι ☐

- 24.1. Είδος απολύμανσης:
24.2. Συνολική εγκατεστημένη ισχύς (kW):
24.3. Καταναλισκόμενη ισχύς (kW ή kWh/ημέρα):

25. Γίνεται ανάκτηση νερού για επαναχρησιμοποίηση;

Ναι ☐ Όχι ☐

- 25.1. Ποια διεργασία χρησιμοποιείται;
25.2. Τι είδους καλλιέργεια αρδεύεται;
25.3. Συνολική εγκατεστημένη ισχύς (kW):
25.4. Καταναλισκόμενη ισχύς (kW ή kWh/ημέρα):
25.5. Ποια η ποιότητα του νερού επαναχρησιμοποίησης;

TC/100ml		FC/100ml		BOD		TN		P		άλλα	
----------	--	----------	--	-----	--	----	--	---	--	------	--

Γ.4. Επεξεργασία ιλύος

26. Ποια είναι η ποσότητα παραγόμενης ιλύος και η υγρασία στην είσοδο και έξοδο του συστήματος επεξεργασίας;

	26.1 Ιλύς	26.2 Υγρασία
Είσοδος		
Έξοδος		

27. Ποια είναι η ημερήσια ποσότητα πρωτοβάθμιας ιλύος;

28. Στερεά % πρωτοβάθμιας;

29. Ποια είναι η ημερήσια ποσότητα δευτεροβάθμιας ιλύος;

30. Στερεά % δευτεροβάθμιας;

31. Διαθέτει η ΕΕΛ πάχυνση;

Ναι ☐ Όχι ☐

- 31.1. Τύπος παχυντή:
31.2. Ποσοστό στερεών στην είσοδο και στην έξοδο: /
31.3. Συνολική εγκατεστημένη ισχύς (kW):
31.4. Καταναλισκόμενη ισχύς (kW ή kWh/ημέρα):
31.5. Ώρες λειτουργίας ανά 24ωρο:

31.6. Γίνεται χρήση κροκιδωτικών; Ναι ☐ Όχι ☐

31.6.1. Είδος:

31.6.2. Ποσότητα:

32. Διαθέτει η ΕΕΛ αφυδάτωση;

Ναι ☐ Όχι ☐

- 32.1. Τύπος αφυδατωτή:
32.2. Ποσοστό στερεών στην είσοδο και στην έξοδο: /
32.3. Συνολική εγκατεστημένη ισχύς (kW):
32.4. Καταναλισκόμενη ισχύς (kW ή kWh/ημέρα):
32.5. Ώρες λειτουργίας ανά 24ωρο:

32.6. Γίνεται χρήση κροκιδωτικών; Ναι ☐ Όχι ☐

32.6.1. Είδος:

32.6.2. Ποσότητα:

33. Διαθέτει η ΕΕΛ αναερόβια χώνευση; Ναι ☐ Όχι ☐

- 33.1. Αριθμός χωνευτών:
- 33.2. Όγκος έκαστου:
- 33.3. Συνολική εγκατεστημένη ισχύς (kW):
- 33.4. Καταναλισκόμενη ισχύς (kW ή kWh/ημέρα):
- 33.5. Χρόνος παραμονής ιλύος:
- 33.6. Ποσοστό στερεών στην είσοδο και στην έξοδο: /
- 33.7. Πτητικά στερεά στην είσοδο και στην έξοδο: /
- 33.8. Παραγόμενος όγκος βιοαερίου ανά ημέρα:
- 33.9. Παραγόμενη ισχύς (kW):
- 33.10. Γίνεται αξιοποίηση του βιοαερίου; Ναι ☐ Όχι ☐
 - 33.10.1. Τι είδους;

34. Διαθέτει η ΕΕΛ ξήρανση; Ναι ☐ Όχι ☐

- 34.1. Τι είδους;
- 34.2. Ποσοστό υγρασίας στην είσοδο και στην έξοδο: /

35. Διαθέτει η ΕΕΛ κομποστοποίηση; Ναι ☐ Όχι ☐

- 35.1. Τι είδους;
- 35.2. Ποσότητα παραγόμενου κόμποστ:
- 35.3. Συνολική εγκατεστημένη ισχύς (kW):
- 35.4. Καταναλισκόμενη ισχύς (kW ή kWh/ημέρα):

36. Γίνεται ασβεστοποίηση; Ναι ☐ Όχι ☐

- 36.1. Ποσότητα ασβεστίου ανά ιλύος:

Δ. Γενικά σχόλια και παρατηρήσεις

Ευχαριστώ πολύ για τον χρόνο σας!!
Αλεξάνδρα Σιάτου

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II: Δεδομένα

«Ενεργειακή Αξιολόγηση Εγκαταστάσεων Επεξεργασίας Υγρών Αστικών Αποβλήτων στην Ελλάδα»

a/a	ΕΕΛ	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	ΜΟ
1	Λίμνες	23.969,00	47.020,00	40.970,00	36.412,00	38.717,00	31.239,00	29.819,00					35.449,43
2	Μάρπησας	177.440,00	182.640,00	185.948,00	190.818,00	186.720,00	215.707,00	200.000,00	179.520,00		80.910,00	118.480,00	171.818,30
3	Μονεμβασιάς	18.160,00											18.160,00
4	Ελούντας	214.960,00	235.600,00	214.780,00	193.180,00	192.800,00	209.640,00	116.640,00					196.800,00
5	Ελασσόνας	524.430,72	535.122,78	512.337,00									523.963,50
6	Νάουσας	294.400,00	283.280,00	279.760,00	256.080,00	269.280,00	280.880,00	282.160,00	295.920,00		254.960,00	327.280,00	282.400,00
7	Φαρσάλων	459.600,00	486.300,00	494.300,00	486.400,00	463.200,00	463.800,00	462.400,00					473.714,29
8	Παροιτιάς	128.707,00	125.196,00	117.164,00	99.003,00	145.604,00	144.998,00	334.600,00	304.200,00		218.400,00	316.200,00	193.407,20
9	Θάσου	381.203,00	387.740,00	298.148,00	339.414,00	291.763,00	310.769,00	375.181,00					340.602,57
10	Λιτόχωρου	594.445,00	470.026,00	639.993,00	377.726,00								520.547,50
11	Χρυσούπολης	592.520,00	676.400,00	480.880,00	453.120,00	485.400,00							537.664,00
12	Αμύνταιου							597.600,00					597.600,00
13	Θήβας	699.624,00	593.204,00	642.772,00	566.000,00	602.000,00	652.000,00	686.000,00	602.000,00	544.000,00	532.000,00	440.000,00	596.327,27
14	Λαυρίου	840.000,00											840.000,00
15	Αγίου Νικολάου	792.560,00	782.320,00	832.880,00	780.960,00	809.360,00	793.680,00	776.000,00					795.394,29
16	Φλώρινας	986.655,84	893.601,58	1.025.509,56	997.292,63	1.298.753,63	1.074.000,00	698.612,00	1.023.600,00	996.000,00	987.600,00	1.062.000,00	1.003.965,93
17	Νέας Κυδωνίας	1.475.209,35	1.420.794,70	1.618.629,50									1.504.877,85
18	Λαμίας		3.241.200,00	3.288.700,00	3.106.200,00	2.894.500,00	2.569.600,00	2.624.400,00	2.518.500,00	2.365.200,00	2.226.500,00	1.602.400,00	2.643.720,00
19	Καρδίτσας	995.661,00	1.099.581,00	960.886,00	1.132.800,00			1.273.200,00	1.312.020,00			1.150.560,00	1.132.101,14
20	Κρούστα *	20.510,00											20.510,00
21	Πρίνας *	10.533,00											10.533,00
	ΜΟ	541.149,70	716.251,63	727.103,57	643.957,55	639.841,47	613.301,18	650.508,62	890.822,86	1.301.733,33	716.728,33	716.702,86	653.079,65

Πίνακας 2.1. Ερώτηση 2.: Συνολική κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος* (kWh/year)

a/a	ΕΕΛ	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	ΜΟ
1	Μονεμβασιάς	25.287,52											25.287,52
2	Λιμνών	4.907,00	8.539,00	7.505,00	6.334,00	5.910,00	5.029,00	4.206,00					6.061,43
3	Μάρπησσας	34.400,00	27.905,00	36.762,00	28.068,00	30.630,00	27.489,00						30.875,67
4	Παροικιάς	36.731,00	27.282,00	33.937,00	28.612,00	34.859,00	32.659,00						32.346,67
5	Ελούντας	33.149,00	38.951,00	33.652,00	28.172,00	26.417,00	25.598,00	15.146,00					28.726,43
6	Νάουσας	53.230,00	45.083,00	54.717,00	45.529,00	41.826,00	37.451,00						46.306,00
7	Φαρσάλων	30.630,00	35.180,00	38.120,00	37.310,00	33.500,00	30.660,00	42.210,00					35.372,86
8	Λιτόχωρου	149.397,00	135.172,00	139.586,00									141.385,00
9	Ελασσόνας	62.400,00	65.931,00	61.583,00									63.304,67
10	Χρυσούπολης	106.832,00	130.037,00	83.629,00	74.498,00	66.802,00							92.359,60
11	Θήβας	76.387,47	75.239,95	80.126,90	68.359,14	69.982,88	62.725,66	71.751,92	73.640,91	71.783,00	61.487,00	53.090,00	69.506,80
12	Αμύνταιου							63.583,80					63.583,80
13	Αγίου Νικολάου	122.259,00	129.151,00	135.556,00	119.699,00	107.918,00	95.334,00	97.194,00					115.301,57
14	Λαυρίου	105.000,00											105.000,00
15	Φλώρινας	119.730,00	118.781,00	136.257,00	122.207,00	130.717,00	108.229,00	73.750,00	95.241,00	90.078,00	78.549,00	81.907,00	105.040,55
16	Καρδίτσας	125.037,00	143.583,00	134.239,00	152.108,00			119.834,00	123.487,00			87.466,00	126.536,29
17	Νέας Κυδωνίας	171.894,69	192.850,59	218.128,33	212.421,07	176.610,79							194.381,09
18	Λαμίας		380.900,00	379.300,00	353.200,00	315.800,00	207.800,00	231.900,00	205.800,00	189.200,00	158.500,00	113.800,00	253.620,00
19	Κρούστα *	4.073,00											4.073,00
20	Πρίνας *	2.147,00											2.147,00
	ΜΟ	78.579,48	103.639,04	104.873,22	98.193,63	86.747,72	63.297,47	79.952,86	124.542,23	117.020,33	99.512,00	84.065,75	85.277,55

Πίνακας 2.2. Ερώτηση 3.: Συνολικό ετήσιο κόστος ηλεκτρικού ρεύματος (€/year)

«Ενεργειακή Αξιολόγηση Εγκαταστάσεων Επεξεργασίας Υγρών Αστικών Αποβλήτων στην Ελλάδα»

a/a	ΕΕΛ	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	ΜΟ
1	Μάρπησας	103.809,00	127.385,00	106.531,00	109.684,00	96.717,00	139.315,00	132.650,00	126.012,00		58.517,00	58.101,00	105.872,10
2	Μονεμβασιάς	109.500,00											109.500,00
3	Νάουσας	290.827,00	282.363,00	247.178,00	233.871,00	231.103,00							257.068,40
4	Παροικιάς	324.195,00	526.952,00	393.247,00	377.745,00	358.646,00	453.863,00	481.811,00	437.669,00	432.906,00	337.250,00		412.428,40
5	Θάσου	414.635,00	603.649,00	463.985,00	471.409,00	374.056,00	369.964,00	412.287,00					444.283,57
6	Ελούντας	216.790,00	215.770,00	158.350,00	163.420,00								188.582,50
7	Αμύνταιου							789.370,00					789.370,00
8	Φαρσάλων	420.134,00	491.561,00	551.490,00	407.278,00	308.700,00	259.605,00	216.240,00	184.900,00				354.988,50
9	Λιτόχωρου	905.362,00	669.235,00	540.247,00	212.209,00								581.763,25
10	Ελασσόνας	231.976,95	235.957,37	221.936,41									229.956,91
11	Χρυσούπολης	734.015,00	725.620,00	717.459,00	678.360,00	649.695,00							701.029,80
12	Αγίου Νικολάου	1.103.160,00	1.183.920,00	1.064.110,00	1.031.350,00	989.650,00	1.014.600,00	1.160.000,00					1.078.112,86
13	Λαυρίου	1.050.000,00											1.050.000,00
14	Φλώρινας	3.177.898,00	2.733.870,00	1.848.091,00	1.913.645,00	2.492.100,00	2.060.833,00	1.340.523,00	1.964.122,00	1.911.162,00	1.895.043,00	2.037.804,00	2.125.008,27
15	Νέας Κυδωνίας	2.492.612,00	2.624.823,00	2.114.955,00	2.135.101,00	2.126.323,00	1.999.214,00	1.700.130,00	1.650.120,00	1.630.451,00	713.436,00		1.918.716,50
16	Θήβας	643.248,00	857.020,00	826.725,00	885.855,00	893.520,00	1.062.515,00	954.840,00	946.000,00	850.000,00	755.000,00	750.000,00	856.793,00
17	Λαμίας		5.197.600,00	4.869.100,00	5.526.100,00	5.131.900,00	5.121.000,00	5.475.000,00	5.511.500,00	6.161.200,00	5.449.500,00	4.551.500,00	5.299.440,00
18	Καρδίτσας	10.080.789,00	9.569.358,00	8.502.949,00	8.783.331,00	8.906.942,00	9.639.205,00	9.430.505,00	8.533.700,00	7.616.302,00	7.272.107,00	7.637.198,00	8.724.762,36
	ΜΟ	1.393.684,43	1.736.338,89	1.508.423,56	1.637.811,29	1.879.946,00	2.212.011,40	2.008.486,91	2.419.252,88	3.100.336,83	2.354.407,57	3.006.920,60	1.401.537,58

Πίνακας 2.3. Ερώτηση 4.: Ετήσια παροχή (m³/year)

a/a		ΕΕΛ	Εγκατεστημένη ισχύς (kW)	Καταναλισκόμενη ενέργεια (kWh/day)	Ώρες λειτουργίας (h)
1	Υποβρύχιες αντλίες	Αγίου Νικολάου	14,10		
2		Αμύνταιου	30,00	160,00	16,00
3		Ελασσόνας	30,50	91,00	3,00
4		Καρλοβάσιου	33,00		
5		Φαρσάλων	31,60	100,00	14,00
6		Φλώρινας	17,50	420,00	24,00
7	Κοχλιωτές αντλίες	Θήβας	33,00	115,50	3,50
8		Λαμίας	37,50	295,00	21,30
9		Θάσου	112,00	896,00	8,00
10		Λιτοχωρίου	100,00	300,00	3,00
11	Αντ. κάθετης εκτόπισης	Λαυρίου	11,00	176,00	16,00
12	compact	ΕΕΛ Κρούστα *	13,20		
13		ΕΕΛ Πρίνας *	4,40		

Πίνακας 2.4. Εγκατεστημένη και καταναλισκόμενη ισχύς αντλιοστασίου εισόδου

a/a		ΕΕΛ	Εγκατεστημένη ισχύς (kW)	Καταναλισκόμενη ενέργεια (kWh/day)	Ώρες λειτουργίας (h)
1	Μηχανική/ Αυτοκαθαριζόμενη	Αμύνταιου	1,10	2,20	2,00
2		Ελασσόνας	5,00	54,00	24,00
3		Θάσου	1,50		
4		Θήβας	1,50	5,25	3,50
5		Λαυρίου	8,00	128,00	16,00
6		Λιμνών	0,75		
7		Φαρσάλων	0,55	0,10	0,60
8	Μηχανική & χειροκίνητη	Καρλοβάσιου	0,37		
9		Μάρπησσας	0,37	0,30	0,80
10		Νάουσας	1,10		
11		Παρικοιάς	2,25		
12		Λιτόχωρου	0,37	2,96	10,00
13		Καρδίτσας	0,50	0,50	1,00
14		Νέας Κυδωνίας	0,74	1,48	2,00
15		Χρυσούπολης	0,92	15,21	16,54
16		Λαμίας	5,05	17,70	10,20
17		Ελούντας	1,10		

Πίνακας 2.5. Εγκατεστημένη και καταναλισκόμενη ισχύς εσχάρωσης

a/a	ΕΕΛ	Εγκατεστημένη ισχύς (kW)	Καταναλισκόμενη ενέργεια (kWh/day)
1	Λιτόχωρου	0,37	7,10

Πίνακας 2.6. Εγκατεστημένη και καταναλισκόμενη ισχύς πρωτοβάθμιας καθίζησης

a/a		ΕΕΛ	Εγκατεστημένη ισχύς (kW)	Καταναλισκόμενη ενέργεια (kWh/day)	Ώρες λειτουργίας (h)
1	Αεριζόμενος εξαμμοτής	Αγίου Νικολάου	3,00		
2		Θάσου	9,00		
3		Καρδίτσας	2,50	60,00	24,00
4		Καρλοβασίου	3,00		
5		Λαυρίου	11,00		
6		Χρυσούπολης	36,56	126,00	9,00
7	Δίδυμος αερ/νος εξαμμοτής	Αμύνταιου	15,00	63,00	18,00
8		Θήβας	8,33	199,92	24,00
9		Νάουσας	16,20	388,80	24,00
10		Παροικιάς	16,82		24,00
11	Δίδυμος αερ/νος αμμ.-λιποσυλλέκτης	Ελασσόνας	14,50	292,00	12,00
12		Λαμίας	26,00	241,60	24,00
13		Νέας Κυδωνίας	12,50	108,00	24,00
14		Φαρσάλων	13,50	100,00	18,00
15	κοχλίας/compact	Λιτόχωρου	11,00	350,00	24,00
16		Ελούντας	1,10		

Πίνακας 2.7. Εγκατεστημένη και καταναλισκόμενη ισχύς εξαμμωσης – λιποσυλλογής

a/a	ΕΕΛ	Εγκατεστημένη ισχύς (kW)				
		φυσητήρων	επιφ. αεριστήρων	προωθητές (Τάφροι)	αναδευτήρων	Συνολική
Πλήρους μείξης	Λιμνών					22,00
	Μάρπησσας					120,30
	Καρλοβασίου					60,00
	Νάουσας					131,60
	Φαρσάλων					255,00
	Παροικιάς					219,00
	Θάσου					130,00
	Λιτόχωρου					255,70
	Χρυσούπολης	265,40			11,00	276,40
	Αμύνταιου					127,00
	Νέας Κυδωνίας	296,00			13,20	309,20
Εμβολικής ροής	Ελούντας	66,00				83,70
	Ελασσόνας					110,00
	Καρδίτσας		270,00			270,00
Οξειδωτική τάφρος	Θήβας	289,80				289,80
	Λαυρίου					222,00
	Αγίου Νικολάου	93,00	18,00			126,05
	Λαμίας	225,00	300,00	20,60	7,40	553,00

Πίνακας 2.8. Εγκατεστημένη ισχύς αερισμού

a/a	ΕΕΛ	Καταναλισκόμενη ενέργεια (kWh/day)				
		φυσητήρων	επιφ. αεριστήρων	Προωθητές (Τάφροι)	αναδευτήρων	Συνολική
1	Πλήρους μείξης	Μάρπησσας				721,80
2		Νάουσας				3.158,40
3		Φαρσάλων				1.285,00
4		Παροικιάς				5.256,00
5		Θάσου				1.372,80
6		Λιτόχωρου				5.048,80
7		Χρυσούπολης	1.130,20		231,00	1.361,20
8		Αμύνταιου				978,00
9		Νέας Κυδωνίας	7.104,00		237,60	7.341,60
10	Εμβολικής ροής	Ελούντας	604,56			604,56
11		Ελασσόνας				2.600,00
12		Καρδίτσας				2.677,50
13	Οξειδωτική τάφρος	Θήβας	1.449,00			1.449,00
14		Αγίου Νικολάου	2.232,00	432,00		2.664,00
15		Λαμίας	1.990,00	4.780,00	244,00	7.075,00

Πίνακας 2.9. Καταναλισκόμενη ισχύς αερισμού

a/a	Ονομασία της ΕΕΛ	Εγκατεστημένη ισχύς (kW)	Καταναλισκόμενη ισχύς (kW)
1	ΕΕΛ Αμυνταίου	3,30	79,00
2	ΕΕΛ Ελασσόνας	13,20	317,00
3	ΕΕΛ Θάσου	3,00	72,00
4	ΕΕΛ Θήβας	13,00	312,00
5	ΕΕΛ Καρδίτσας	99,00	
6	ΕΕΛ Λιτόχωρου	20,00	400,00

Πίνακας 2.10. Καταναλισκόμενη ισχύς αποφωσφόρωσης

a/a	ΕΕΛ	Εγκατεστημένη ισχύς (kW)	Καταναλισκόμενη ενέργεια (kWh/d)
1	Αγίου Νικολάου	0,37	
2	Αμυνταίου	7,50	83,00
3	Ελασσόνας	0,70	16,80
4	Ελούντας	1,00	
5	Θάσου	1,00	24,00
6	Θήβας	13,06	13,06
7	Καρδίτσας	0,74	17,76
8	Λαμίας	1,50	20,00
9	Λαυρίου	1,20	
10	Λιτρου	0,74	14,20
11	Μάρπησσας	15,34	
12	Νάουσας	10,35	
13	Νέας Κυδωνίας	1,00	18,00
14	Παροικιάς	8,75	
15	Φαρσάλων	0,75	9,00
16	Χρυσούπολης	20,24	152,52

Πίνακας 2.11. Καταναλισκόμενη ισχύς δευτεροβάθμιας καθίζησης

a/a	ΕΕΛ	Εγκατεστημένη ισχύς (kW)	Καταναλισκόμενη ενέργεια (kW/day)
1	Λιμνών	0,20	
2	Μάρπησσας	0,57	
3	Ελούντας	1,40	
4	Ελασσόνας	2,00	46,00
5	Νάουσας	3,60	
6	Φαρσάλων	1,30	13,00
7	Παροικιάς	0,40	
8	Θάσου	0,36	
9	Λιτόχωρου	37,66	420,00
10	Χρυσούπολης	0,30	6,90
11	Αμύνταιου	0,30	3,00
12	Θήβας	18,70	
13	Λαυρίου	0,10	
14	Νέας Κυδωνίας	0,022	
15	Λαμίας	0,30	3,00
16	Καρδίτσας	0,458	5,50

Πίνακας 2.12. Καταναλισκόμενη ισχύς απολύμανσης

a/a	ΕΕΛ	Εγκατεστημένη ισχύς (kW)	Καταναλισκόμενη ενέργεια (kWh/day)
1	Φαρσάλων	14,20	7,00
2	Χρυσούπολης	8,00	16,00
3	Θήβας	9,00	
4	Νέας Κυδωνίας	6,25	31,25
5	Κρούστας *	8,00	
6	Πρίνας *	3,00	

Πίνακας 2.13. Εγκατεστημένες και καταναλισκόμενη ισχύς επαναχρησιμοποίησης εκροής

a/a		ΕΕΛ	Εγκατεστημένη ισχύς (kW)	Καταναλισκόμενη ενέργεια (kWh/day)
1	Μηχανική/ τράπεζα πάχυνσης	Αμύνταιου	24,00	51,60
2		Ελασσόνας	0,55	3,30
3		Νάουσας	2,94	
4		Παροικιάς	25,54	
5		Φαρσάλων	0,55	0,40
6		Χρυσούπολης	10,95	20,64
7		Καρδίτσας	2,37	22,88
8	Κυκλικός παχυντής βαρύτητας	Αγίου Νικολάου	0,37	
9		Ελούντας	0,80	
10		Λαμίας	1,10	18,00
11		Λαυρίου	0,04	0,96
12		Μάρπησσας	0,50	12,00
13		Νέας Κυδωνίας	4,00	32,00

Πίνακας 2.14. Εγκατεστημένες και καταναλισκόμενη ισχύς πάχυνσης

a/a		ΕΕΛ	Εγκατεστημένη ισχύς (kW)	Καταναλισκόμενη ενέργεια (kWh/day)
1	Ταινιοφιλτρόπρεσσα	Αμύνταιου	0,55	1,65
2		Ελασσόνας	0,75	4,50
3		Ελούντας	50,00	
4		Θάσου	49,00	
5		Καρδίτσας	55,00	75,00
6		Λαυρίου	22,00	132,00
7		Λιτοχώρου	11,28	98,50
8		Νάουσας	15,57	
9		Νέας Κυδωνίας	28,00	308,00
10		Παροικιάς	28,75	
11		Φαρσάλων	0,75	0,53
12		Χρυσούπολης	24,62	137,96
13	Φυγ/κός διαχωρ.	Αγίου Νικολάου	48,25	
14		Λαμίας	44,20	38,90

Πίνακας 2.15. Εγκατεστημένες και καταναλισκόμενη ισχύς αφυδάτωσης

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ: Περιγραφή των ΕΕΛ

1, Δήμος Αγίου Νικολάου (ΔΕΥΑ Αγίου Νικολάου)

1.1. ΕΕΛ Αγίου Νικολάου

Γενικά στοιχεία και στοιχεία σχεδιασμού

Η Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων Αγίου Νικολάου (βλ. Εικόνα 3.1) βρίσκεται νότια-νοτιοδυτικά της πόλης του Αγίου Νικολάου στη θέση «Βουρκιάς» και λειτουργεί από το 1990, με εξυπηρετούμενο ισοδύναμο πληθυσμό 26.000 το καλοκαίρι και 18.000 τον χειμώνα (2016). Στην εγκατάσταση οδηγούνται τα λύματα της πόλης του Αγίου Νικολάου και των Κοινοτήτων Καλού Χωριού και Κριτσάς. Η μέση ημερήσια παροχή είναι 4.000 m^3 λυμάτων το θέρους και 2.800 m^3 λυμάτων το χειμώνα, έχοντας τη δυνατότητα επεξεργασίας 5.600 m^3 λυμάτων και βοθρολυμάτων την μέρα. Η μονάδα έχει κατασκευαστεί σε έκταση 14.859 m^2 , σε απόσταση περίπου 700 m από τον Κόλπο του Αγίου Νικολάου, με αποδέκτη τον Κόλπο του Μεραμβέλλου (Κρητικό Πέλαγος) (Α.Ε.Π.Ο. ΕΕΛ Αγίου Νικολάου, 2000).



Εικόνα 3.1 Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων Αγίου Νικολάου Κρήτης (πηγή www.ypeka.gr)

Συνδεδεμένες βιομηχανίες - Επαναχρησιμοποίηση νερού

Σύμφωνα με την υπεύθυνη της εγκατάστασης η ΕΕΛ δεν δέχεται και δεν επεξεργάζεται βιομηχανικά λύματα, απόβλητα ελαιουργείων και οινοποιείων και δεν γίνεται επαναχρησιμοποίηση του νερού της εγκατάστασης για άρδευση, έχει όμως εκπονηθεί μελέτη για αναβάθμιση της ΕΕΛ σε μονάδα τριτοβάθμιας επεξεργασίας, ώστε μελλοντικά να επαναχρησιμοποιηθεί η εκροή για άρδευση. Αυτή την στιγμή βρίσκεται σε εξέλιξη έργο αναβάθμισης και επέκτασης της Ε.Ε.Λ. που περιλαμβάνει μεταξύ άλλων την κατασκευή παράλληλης μονάδας προχωρημένης επεξεργασίας λυμάτων, με εκροή κατάλληλη για άρδευση (Α.Ε.Π.Ο.ΕΕΛ Αγίου Νικολάου, 2000; Στρατηγικός Σχεδιασμός Δήμου Αγίου Νικολάου).

Δεδομένα σχεδιασμού

Στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 3.1) παρουσιάζονται τα δεδομένα σχεδιασμού της εγκατάστασης για το σύνολο των εισερχόμενων αστικών λυμάτων, όπως αναφέρονται στην Απόφαση Έγκρισης Π.Ο. για την ΕΕΛ Αγίου Νικολάου στην Εθνική Βάση Δεδομένων των ΕΕΛ της χώρας, η οποία είναι αναρτημένη στην ιστοσελίδα του ΥΠΕΚΑ (www.ypeka.gr), στην ενότητα “Περιβάλλον - Διαχείριση Λυμάτων”.

Παράμετρος	Χειμώνας (m^3/d)	Καλοκαίρι (m^3/d)
Μέγιστη ημερήσια παροχή	2500	5600
Μέγιστη ωριαία παροχή	180	400
Παροχή αιχμής	270	600

Πίνακας 3.1. Δεδομένα βάσει των οποίων έγινε ο σχεδιασμός της εγκατάστασης Αγίου Νικολάου

Ποιοτικά χαρακτηριστικά νερού

Στον Πίνακα 3.2 που ακολουθεί φαίνονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά εισόδου και εξόδου της ΕΕΛ για το 2016 (mg/L), όπως μας παραχωρήθηκαν από την υπεύθυνη της εγκατάστασης και στον Πίνακα 3.3 φαίνονται τα όρια εκροής, όπως αυτά αναφέρονται στην Α.Ε.Π.Ο. για την ΕΕΛ Αγίου Νικολάου στη βάση δεδομένων της Ειδικής Γραμματείας Υδάτων στην ιστοσελίδα του ΥΠΕΚΑ. Επίσης, στα Σχήματα 3.1 και 3.2 φαίνονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά εισόδου και εξόδου της ΕΕΛ κατά τη διάρκεια του 2016 (mg/L), όπως αυτά δίνονται στη βάση δεδομένων της Ειδικής Γραμματείας Υδάτων στην ιστοσελίδα του ΥΠΕΚΑ (<http://astikalimata.ypeka.gr>).

Παράμετρος	Είσοδος	Έξοδος	ΜΜ
BOD ₅	457,00	13,00	mg/l
COD	732,00	69,00	mg/l
TSS	250,00	11,00	mg/l
T-N	75,00	6,60	mg/l
T-P	10,60	5,10	mg/l
pH	7,66	7,77	

Πίνακας 3.2. Ποιοτικά χαρακτηριστικά εισόδου και εξόδου ΕΕΛ Αγίου Νικολάου

Παράμετρος	Μέση Ημερήσια Συγκέντρωση	ΜΜ
BOD ₅	25 ή μείωση 70-90%	mg/l
COD	< 125 ή μείωση 70%	mg/l
Ολικά αιωρούμενα στερεά (TSS)	35 ή μείωση 90%	mg/l
pH	6,6-8,5	
Λίπη – Έλαια	< 10	mg/l
Ολικό υπολειμματικό χλώριο	0,5	mg/l
Αμμωνία	2-4	mg/l
Θερμοκρασία	< 30	°C
Περιττωματικά κολοβακτηριοειδή (FC)	< 500/100 ml	
E.coli	< 500/100 ml	
Επιπλέοντα στερεά	0/100 ml	
Διαλυμένο οξυγόνο (DO)	> 5 ή 80-120% της συγκέντρωσης κορεσμού	mg/l

Πίνακας 3.3. Όρια εκροής ΕΕΛ Αγίου Νικολάου

Χαρακτηριστικά παραγόμενης ιλύος

Η παραγόμενη λυματολάσπη διατίθεται για μονοταφή σε ΧΥΤΑ (55.000 kgDS/έτος). Το ποσοστό των στερεών δευτεροβάθμιας ιλύος κυμαίνεται από 18% έως 20%. Στον Πίνακα 3.5 που ακολουθεί βλέπουμε το ποσοστό στερεών στην είσοδο και έξοδο των μονάδων επεξεργασίας ιλύος και στον Πίνακα 3.6 βλέπουμε την κατά μέσο όρο ποσότητα παραγόμενης ιλύος και υγρασίας στην είσοδο και έξοδο του συστήματος επεξεργασίας της, όπως μας δόθηκε από την υπεύθυνη λειτουργίας μέσω του ερωτηματολογίου.

Μονάδα	Είσοδος	Έξοδος	ΜΜ
Πάχυνση	0,80	1,50	%
Αφυδάτωση	1,50	19,50	%

Πίνακας 3.5. Ποσοστό στερεών στις μονάδες επεξεργασίας ιλύος της ΕΕΛ Αγίου Νικολάου

Παράμετρος	Είσοδος	Έξοδος	ΜΜ
Ιλύς	312.000	312.000	kg
Υγρασία	99,2	80,5	%

Πίνακας 3.6. Ποσότητα παραγόμενης ιλύος και υγρασίας της ΕΕΛ Αγίου Νικολάου

Χαρακτηριστικά δεξαμενής αερισμού

Ο μέσος χρόνος υδραυλικής παραμονής στο σύνολο της εγκατάστασης είναι 35 h. Στον Πίνακα 3.4 που ακολουθεί αναφέρονται οι τιμές κάποιων χαρακτηριστικών παραμέτρων της διαδικασίας του αερισμού των λυμάτων, όπως αυτές μας δόθηκαν από την υπεύθυνη λειτουργίας μέσω του ερωτηματολογίου.

Παράμετρος	Τιμή	ΜΜ
Μέσος υδραυλικός χρόνος παραμονής	31	h
Ρυθμός επανακυκλοφορίας	120	%
Ηλικία ιλύος	18	d
MLSS	4.000	mg/l
Τυπική τιμή F/M	0,08	kg BOD/ kg MLVSS/d
Ικανότητα αερισμού ¹	156	mg Dz/h

Πίνακας 3.4. Τιμές χαρακτηριστικών παραμέτρων κατά τον αερισμό των λυμάτων

Συνοπτική περιγραφή της εγκατάστασης

Στην εγκατάσταση γίνεται δευτεροβάθμιος καθαρισμός των λυμάτων με πρόσθετη νιτροποίηση-απονιτροποίηση και χλωρίωση. Η ΕΕΛ Αγίου Νικολάου απαρτίζεται από τις ακόλουθες μονάδες και κτιριακές δομές (Α.Ε.Π.Ο. ΕΕΛ Αγίου Νικολάου, 2000):

Μηχανική επεξεργασία: Αντλιοστάσιο εισόδου • Μονάδα προεπεξεργασίας βοθρολυμάτων • Φρεάτιο εισροής • Μονάδα Εσχάρωσης • Μονάδα Εξάμμιωσης – Λιποσυλλογής • Μονάδα μέτρησης παροχής εισροής τύπου Parshall

Βιολογική επεξεργασία: Μονάδα παρατεταμένου αερισμού • Δεξαμενή Δευτεροβάθμιας Καθίζησης

Τελική επεξεργασία: Δεξαμενή χλωρίωσης

Επεξεργασία ιλύος: Μονάδα Πάχυνσης • Μονάδα Μηχανικής Αφυδάτωσης

Κτίρια λειτουργίας και Βοηθητικά κτίρια: Κτίριο διοίκησης • Εργαστήριο ποιοτικού ελέγχου λυμάτων

Αναλυτική περιγραφή της εγκατάστασης

Κοντά στην είσοδο της εγκατάστασης και το φρεάτιο άφιξης των λυμάτων συναντάται μια compact **Μονάδα Προεπεξεργασίας Βοθρολυμάτων**, η οποία αποτελείται εκτός των άλλων από μια κλειστή δεξαμενή εξισορρόπησης. Η ΕΕΛ Αγίου Νικολάου δέχεται κατά μέσω όρο 3,2 βυτία βοθρολυμάτων ημερησίως. Τα προ-επεξεργασμένα βοθρολύματα μετά την δεξαμενή εξισορρόπησης αντλούνται στην μονάδα προεπεξεργασίας και των ανεπεξέργαστων λυμάτων, που φτάνουν στην εγκατάσταση μέσω του δικτύου κεντρικών αποχετευτικών αγωγών (Κ.Α.Α.). Η ανύψωση των λυμάτων προς τη μονάδα εσχάρωσης γίνεται με τρεις (3) **υποβρύχιες αντλίες ανύψωσης** (η μια εφεδρική).

Η **Μονάδα Εσχάρωσης** αποτελείται από μια τοξωτή μηχανικά αυτοκαθοριζόμενη εσχάρα με διάκενα 15mm και ένα κανάλι παράκαμψης με μια εφεδρική απλή εσχάρα με διάκενα 20mm και πλάτος 10m. Κάθε κανάλι έχει θυρόφραγμα έκπλυσης των εσχάρων με αποχέτευση στο φρεάτιο εισροής. Τα εσχαρίσματα που συλλέγονται συμπιέζονται μηχανικά σε πρέσσα και συγκεντρώνονται σε κλειστά δοχεία αποθήκευσης. Τα στραγγίσματα που μπορεί να προκύψουν κατά την συμπίεση οδηγούνται στα κανάλια εσχάρωσης. Στη συνέχεια τα λύματα περνάνε στην **Μονάδα Εξάμμιωσης-Λιποσυλλογής**, η οποία αποτελείται από έναν αεριζόμενο θάλαμο εξάμμιωσης (αμμοσυλλέκτη) με θυρόφραγμα έκπλυσης με αποχέτευση στο φρεάτιο εισόδου, όγκου 45 m³. Η απολίπανση γίνεται στην ζώνη ηρεμίας του αεριζόμενου εξαμμιωτή.

Η άμμος που συλλέγεται οδηγείται στο στραγγιστήριο και τα συλλεγόμενα στραγγίσματα επιστρέφουν στην είσοδο της εγκατάστασης. Σε απολύτως αναγκαίες περιπτώσεις, μετά την εξάμμιση η τροφοδοσία του έργου μπορεί να απομονωθεί πλήρως με θυροφράγματα, ώστε να είναι δυνατή η γενική παράκαμψη του έργου μέσω του **Κεντρικού Αγωγού Παράκαμψης (by pass)** της εγκατάστασης απευθείας στο φρεάτιο εξόδου. Υπό φυσιολογικές συνθήκες, μετά την εξάμμιση τα λύματα οδηγούνται στον διανομέα φόρτισης των δεξαμενών αερισμού μέσω της **Διώρυγας PARSHALL**, όπου και καταγράφεται η παροχή εισόδου, και από εκεί στη μονάδα παρατεταμένου αερισμού.

Η **Μονάδα Παρατεταμένου Αερισμού** (βλ. Εικόνα 2) αποτελείται από δύο (2) **Οξειδωτικές Τάφρους** χωρητικότητας 2138m^3 έκαστη, οι οποίες λειτουργούν σε σειρά με την μέθοδο “Biodenitro”, όπου επιτυγχάνεται απομάκρυνση του οργανικού φορτίου και του αμμωνιακού αζώτου και σταθεροποίηση της περισσειας ιλύος. Ο αερισμός γίνεται με επιφανειακούς αναδευτήρες οριζόντιου άξονα τύπου βούρτσας. Στις τάφρους είναι εγκατεστημένοι τέσσερις ρότορες ισχύος $15,0\text{ kW/τεμάχιο}$, δύο ρότορες ισχύος $16,5\text{ kW/τεμάχιο}$ και δύο υποβρύχιοι αεριστήρες ισχύος $9,0\text{ kW/τεμάχιο}$, οι οποίοι λειτουργούν όλο το 24ωρο. Κατά την καλοκαιρινή περίοδο, όπου συναντάται και η μεγαλύτερη παροχή, η λειτουργία γίνεται με τον ίδιο αερισμό, αλλά με μεγαλύτερο έλλειμμα οξυγόνου. Κατάντη των οξειδωτικών τάφρων υπάρχει αντλιοστάσιο ανακυκλοφορίας ανάμικτου υγρού. Αυτό το αντλιοστάσιο, όπως και το αντλιοστάσιο περισσειας ιλύος, αποτελείται από μια διθάλαμη δεξαμενή σε κάθε θάλαμο της οποίας υπάρχουν δύο αντλίες. Στις αντλίες εξασφαλίζεται πάντα η ταχύτητα περιστροφής ώστε να μην υπάρχει πιθανότητα καταστροφής των συσσωμάτων της ενεργούς ιλύος.

Έπειτα, τα λύματα οδηγούνται στη **Δεξαμενή Καθίζησης**. Η δευτεροβάθμια καθίζηση επιτυγχάνεται σε μια (1) κυκλική δεξαμενή χωρητικότητας 510 m^3 και διαμέτρου 25m , η οποία φέρει ανοξείδωτο υπερχειλιστή. Μετά τη δεξαμενή καθίζησης, τα επεξεργασμένα λύματα οδηγούνται μέσω καναλιού στη **Δεξαμενή Χλωρίωσης** για την τελική τους επεξεργασία. Η απολύμανση επιτυγχάνεται με διάλυμα υποχλωριόδου νατρίου (NaOCl). Στη συνέχεια τα επεξεργασμένα λύματα διατίθενται μέσω υποθαλάσσιου αγωγού στον κόλπο του Μεραμβέλλου.

Τμήμα της ιλύος που καθιζάνει στη χοάνη του πυθμένα της δεξαμενής καθίζησης ανακυκλοφορείται στην δεξαμενή αερισμού ενώ η περίσσεια ιλύος απομακρύνεται για περαιτέρω επεξεργασία. Αρχικά, οδηγείται στην **Μονάδα Πάχυνσης**, η οποία αποτελείται από έναν παχυντή τύπου βαρύτητας. Στη συνέχεια υφίσταται αφυδάτωση στη **Μονάδα Μηχανικής Αφυδάτωσης**. Η αφυδάτωση επιτυγχάνεται σε φυγόκεντρο διαχωριστή με χρήση υψηλού μοριακού βάρους κατιονικού πολυηλεκτρολύτη (1.550 kg/year) ως κροκιδωτικό μέσο. Για την ανακυκλοφορία της ιλύος είναι εγκατεστημένες δύο αντλίες ($4,7\text{ kW/αντλία}$), οι οποίες λειτουργούν αθροιστικά $15,2\text{ h/day}$. Κατά την περίοδο του καλοκαιρινού peak παροχής, και κατά συνέπεια και κατανάλωσης ενέργειας, λειτουργούν αθροιστικά και οι δύο μαζί περίπου $22,0\text{ h/day}$. Όπως αναφέρεται στην Α.Ε.Π.Ο. για την ΕΕΛ Αγίου Νικολάου, η παραγόμενη λάσπη διατίθεται σε οργανωμένο χώρο απόθεσης απορριμμάτων. Τα υγρά υπερχειλίσματα από όλα τα στάδια επεξεργασίας της ιλύος, καθώς και τα παραγόμενα στραγγίσματα από τα στάδια προεπεξεργασίας των λυμάτων επιστρέφουν μέσω του αντλιοστασίου συλλογής στο φρεάτιο εισόδου. Τέλος, να σημειωθεί ότι για την πλήρη και ολοκληρωμένη λειτουργία της, η ΕΕΛ διαθέτει περίφραξη και κεντρική πόρτα ασφαλείας, **Κτίριο Διοίκησης** με αίθουσα ελέγχου και **Εργαστήριο**, όπου γίνεται ο ποιοτικός έλεγχος των λυμάτων.

Σε ότι αφορά τις εγκαταστάσεις τριτοβάθμιας επεξεργασίας, και όπως αναφέρεται στην Α.Ε.Π.Ο. για την ΕΕΛ Αγίου Νικολάου, προβλέπεται να περιλαμβάνουν α) μονάδα αποθήκευσης, παρασκευής διαλυμάτων και δοσομέτρησης κροκιδωτικών, β) δεξαμενή κροκιδώσης-καθίζησης, γ) διωλιστήριο και δ) μονάδα τελικής απολύμανσης. Για την επαναχρησιμοποίηση της εκροής απαιτείται επιπλέον η κατασκευή αντλιοστασίων και αγωγών μεταφοράς καθώς και δεξαμενών ρύθμισης της ροής του νερού. Η σύνδεση των έργων τριτοβάθμιας επεξεργασίας με την υπάρχουσα εγκατάσταση και με το αρδευτικό δίκτυο της περιοχής θα γίνει μέσω του «Κεντρικού Αντλιοστασίου», το οποίο περιλαμβάνει δύο ομάδες αντλητικών συγκροτημάτων.

Άλλες πληροφορίες σχετικά με την εγκατάσταση

Το ανώτατο επιτρεπτό όριο θορύβου, που εκπέμπεται στο περιβάλλον από τη λειτουργία της ΕΕΛ, καθορίζεται σε 55 dB μετρούμενο στα όρια του οικοπέδου της εγκατάστασης.

1.2. ΕΕΛ Ελούντας

Γενικά στοιχεία και στοιχεία σχεδιασμού

Η Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων της Ελούντας (βλ. Εικόνα 3.2) λειτουργεί από το 2000 και βρίσκεται σε χώρο έκτασης 5 στρεμμάτων στη θέση "Ντρουβαλιάς", νότια του οικισμού Σχίσματος και σε απόσταση 1500 m περίπου από την ακτή. Στην ΕΕΛ οδηγούνται τα λύματα των οικισμών Επάνω και Κάτω Ελούντας, Σχίσματος, Μαυρικιανού και Πλάκας. Η μέση ημερήσια παροχή εισόδου της εγκατάστασης είναι 900 m³ λυμάτων το θέρος και 500 m³ λυμάτων το χειμώνα. Ο εξυπηρετούμενος ισοδύναμος πληθυσμός είναι 5.600 κάτοικοι το καλοκαίρι και 3.100 κάτοικοι το χειμώνα, με τη δυναμικότητα της τρίτης φάσης σχεδιασμού να ανέρχεται στα 6.000 άτομα. Η εκροή διατίθεται σε δύο γεωτρήσεις εντός της ΕΕΛ με σκοπό τον εμπλουτισμό του υδροφορέα (Δ.Ε.Υ.Α.Α.Ν.; Τοπικό Σχέδιο Αποκεντρωμένης Διαχείρισης Αποβλήτων, 2016; Α.Ε.Π.Ο. ΕΕΛ Ελούντας, 1994).



Εικόνα 3.2. Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων Ελούντας (πηγή www.ypeka.gr)

Συνδεδεμένες βιομηχανίες - Επαναχρησιμοποίηση νερού

Σύμφωνα με την υπεύθυνη της εγκατάστασης, η ΕΕΛ δεν δέχεται και δεν επεξεργάζεται ούτε βιομηχανικά λύματα ούτε βοθρολύματα. Αυτή τη στιγμή δεν γίνεται επαναχρησιμοποίηση του νερού της εγκατάστασης για άρδευση, γιατί δεν έχει κατασκευαστεί κατάλληλο δίκτυο άρδευσης. Γι' αυτόν τον λόγο η διάθεση γίνεται με τον εναλλακτικό τρόπο (στις γεωτρήσεις).

Δεδομένα σχεδιασμού

Στον Πίνακα 3.7 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα δεδομένα σχεδιασμού της εγκατάστασης για το σύνολο των εισερχόμενων αστικών, όπως αναφέρονται στην Α.Ε.Π.Ο. ΕΕΛ Ελούντας (2009), η οποία είναι αναρτημένη στην Εθνική Βάση Δεδομένων των ΕΕΛ της χώρας στην ιστοσελίδα του ΥΠΕΚΑ (<http://astikalimata.ypeka.gr>), στην ενότητα “Περιβάλλον - Διαχείριση Λυμάτων”.

Παράμετρος	Α' φάση	Μ.Μ.
Ισοδύναμος Πληθυσμός	5.000	ικ
Μέση ημερήσια παροχή	1.000	m ³ /d
BOD ₅	450	kg/d
Αιωρούμενα στερεά	350	kg/d
Ολικό Άζωτο	65	kg/d
Φώσφορος	13	kg/d

Πίνακας 3.7. Δεδομένα βάσει των οποίων έγινε ο σχεδιασμός της ΕΕΛ Ελούντας

Ποιοτικά χαρακτηριστικά

Στον Πίνακα 3.8, που ακολουθεί, φαίνονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά εισόδου και εξόδου της ΕΕΛ για το 2016 (mg/L), όπως μας διατέθηκαν από την υπεύθυνη της εγκατάστασης και στον Πίνακα 3.9 φαίνονται τα όρια εκροής, όπως καθορίζονται στην Α.Ε.Π.Ο. του 1994 για την ΕΕΛ Ελούντας.

Παράμετρος	Είσοδος	Έξοδος	ΜΜ
BOD ₅	395	15	mg/l
COD	797	89	mg/l
TSS	238	19	mg/l
T-N	83,50	8,27	mg/l
T-P	11,10	5,00	mg/l
pH	7,50	7,85	

Πίνακας 3.8. Ποιοτικά χαρακτηριστικά εισόδου και εξόδου ΕΕΛ Ελούντας

Παράμετρος	Μέση Ημερήσια Συγκέντρωση	ΜΜ
BOD ₅	25	mg/l
COD	125	mg/l
Αιωρούμενα στερεά (SS)	60	mg/l
Λίπη – Έλαια	0	mg/l
Επιπλέοντα στερεά	0	mg/l
Υπολειπόμενο χλώριο	0,5	mg/l
Ολικά κολοβακτηριοειδή	500/100 ml (στο 80% των δειγμάτων)	

Πίνακας 3.9. Όρια εκροής ΕΕΛ Ελούντας

Χαρακτηριστικά δεξαμενής αερισμού

Ο μέσος χρόνος υδραυλικής παραμονής στο σύνολο της εγκατάστασης είναι 61 h. Στον Πίνακα 3.10 που ακολουθεί αναφέρονται οι τιμές κάποιων χαρακτηριστικών παραμέτρων της διαδικασίας του αερισμού των λυμάτων, όπως αυτές μας δόθηκαν από την υπεύθυνη λειτουργίας μέσω του ερωτηματολογίου.

Παράμετρος	Τιμή	ΜΜ
Μέσος υδραυλικός χρόνος παραμονής	50	h
Ρυθμός επανακυκλοφορίας	120	%
MLSS	5.000	mg/l

Πίνακας 3.10 Τιμές χαρακτηριστικών παραμέτρων κατά τον αερισμό των λυμάτων

Χαρακτηριστικά παραγόμενης ύλης

Το ποσοστό των στερεών δευτεροβάθμιας ύλης κυμαίνεται από 18% έως 20%. Η ημερήσια ποσότητα της παραγόμενης αφυδατωμένης ύλης είναι περίπου 0,6 m³/day (Δ.Ε.Υ.Α.Α.Ν). Στον Πίνακα 3.11 που ακολουθεί βλέπουμε το ποσοστό στερεών στην είσοδο και έξοδο των μονάδων επεξεργασίας ύλης και στον Πίνακα 3.12 βλέπουμε την κατά μέσο όρο ποσότητα παραγόμενης ύλης και υγρασίας στην είσοδο και έξοδο του συστήματος επεξεργασίας της, όπως μας δόθηκε από την υπεύθυνη λειτουργίας μέσω του ερωτηματολογίου.

Μονάδα	Είσοδος	Έξοδος	MM
Πάχυνση	0,8	1,5	%
Αφυδάτωση	1,5	19,0	%

Πίνακας 3.11. Ποσοστό στερεών στις μονάδες επεξεργασίας ύλης της ΕΕΛ Ελούντας

Παράμετρος	Είσοδος	Έξοδος	MM
Ύλης	188	188	m ³ /year
Υγρασία	99,2	81,0	%

Πίνακας 3.12. Ποσότητα παραγόμενης ύλης και υγρασίας της ΕΕΛ Ελούντας

Συνοπτική περιγραφή της εγκατάστασης

Στην εγκατάσταση γίνεται καθαρισμός των λυμάτων σε δύο βαθμίδες με τη μέθοδο της ενεργού ύλης με παρατεταμένο αερισμό και απομάκρυνση αζώτου, καθώς και χλωρίωση. Η ΕΕΛ Ελούντας απαρτίζεται από τις ακόλουθες μονάδες:

Μηχανική επεξεργασία: Φρεάτιο εισόδου • Μονάδα Εσχάρωσης - Εξάμμωσης

Βιολογική επεξεργασία: Δεξαμενή Αερισμού • Δεξαμενή Δευτεροβάθμιας Καθίζησης

Τελική επεξεργασία: Δεξαμενή Χλωρίωσης

Επεξεργασία ύλης: Μονάδα Πάχυνσης • Μονάδα Μηχανικής Αφυδάτωσης

Αναλυτική περιγραφή της εγκατάστασης

Τα ανεπεξέργαστα λύματα, που φτάνουν στην εγκατάσταση μέσω του δικτύου κεντρικών αποχετευτικών αγωγών (Κ.Α.Α.) εισέρχονται αρχικά στο **Φρεάτιο εισροής**. Στη συνέχεια, τα λύματα οδεύουν με ελεύθερη ροή προς την **Μονάδα Εσχάρωσης και Εξάμμωσης**, η οποία αποτελείται από ένα Compact (τυποποιημένο, συμπαγές, περιορισμένου χώρου) σύστημα προεπεξεργασίας λυμάτων συνολικής εγκατεστημένης ισχύς 1,1kW, το οποίο έχει πολύ μικρή απαίτηση επιφάνειας για εγκατάσταση. Από εκεί, τα λύματα οδηγούνται στη Δεξαμενή Αερισμού. Στην **Δεξαμενή Αερισμού** συνολικής χωρητικότητας 1.237 m³ επιτυγχάνεται απομάκρυνση του οργανικού φορτίου και του αμμωνιακού αζώτου και σταθεροποίηση της περίσσειας ύλης. Στη δεξαμενή είναι εγκατεστημένο σύστημα διάχυσης χονδρής φυσαλίδας με τρεις φυσητήρες (ο ένας εφεδρικός), οι οποίοι λειτουργούν ανάλογα με την εισερχόμενη παροχή. Τον χειμώνα, όπου και σημειώνονται οι χαμηλότερες παροχές του έτους, λειτουργεί μόνο ο ένας φυσητήρας όλο το 24ωρο ενώ οι δύο βρίσκονται σε στάση. Κατά την καλοκαιρινή περίοδο, όπου και σημειώνονται οι υψηλότερες παροχές του έτους και η μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας, λειτουργούν δύο φυσητήρες, ο ένας όλο το 24ωρο και ο άλλος κατά μέσο όρο 7 hr/day ενώ ο τρίτος βρίσκεται σε στάση.

Έπειτα, τα λύματα οδηγούνται στη **Δεξαμενή Καθίζησης**. Η δευτεροβάθμια καθίζηση επιτυγχάνεται σε μια (1) κυκλική δεξαμενή χωρητικότητας 283 m³. Μετά τη δεξαμενή καθίζησης, τα επεξεργασμένα λύματα οδηγούνται μέσω καναλιού σε τριτοβάθμια επεξεργασία με φίλτρανση και στη συνέχεια στο τελικό στάδιο της απολύμανσης. Η απολύμανση

επιτυγχάνεται με UV ακτινοβολία κι ακολούθως χλωρίωση σε **Δεξαμενή Χλωρίωσης** με διάλυμα υποχλωριόδους νατρίου (NaOCl). Στη συνέχεια τα επεξεργασμένα λύματα διατίθενται στον υδάτινο αποδέκτη.

Τμήμα της ιλύος που καθιζάνει στον πυθμένα της δεξαμενής καθίζησης ανακυκλοφορείται στην δεξαμενή αερισμού ενώ η περίσσεια ιλύος απομακρύνεται για περαιτέρω επεξεργασία. Αρχικά, οδηγείται στην **Μονάδα Πάχυνσης**, η οποία αποτελείται από έναν παχυντή τύπου βαρύτητας. Στη συνέχεια υφίσταται αφυδάτωση στη **Μονάδα Αφυδάτωσης**. Η αφυδάτωση επιτυγχάνεται με χρήση υψηλού μοριακού βάρους κατιονικού πολυηλεκτρολύτη (850 kg/year) ως κροκιδωτικό μέσο. Για την ανακυκλοφορία της ιλύος είναι εγκατεστημένες δύο αντλίες (2 kW/αντλία), οι οποίες λειτουργούν αθροιστικά το χειμώνα 14,5 h/day και το καλοκαίρι 20,0 h/day. Τα υγρά υπερχειλίσματα από όλα τα στάδια επεξεργασίας της ιλύος επιστρέφουν στο φρεάτιο εισόδου. Η παραγόμενη λάσπη (όπως και αυτή των ΕΕΛ του Αγίου Νικολάου και Λιμνών) διατίθεται σε οργανωμένο χώρο απόθεσης απορριμμάτων. Τέλος, να σημειωθεί ότι η ΕΕΛ διαθέτει όλες τις απαραίτητες κτηριακές δομές για την ορθή λειτουργία της.

Άλλες πληροφορίες σχετικά με την εγκατάσταση

Το επιτρεπόμενο όριο θορύβου μετρούμενο στα όρια του οικοπέδου της εγκατάστασης καθορίζεται σε 55 dB(A) (ΑΕΠΟ ΕΕΛ Ελούντας, 1994)

1.3. ΕΕΛ Κρούστα

Γενικά στοιχεία και στοιχεία σχεδιασμού

Η Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων Κρούστα (βλ Εικόνα 3.3) λειτουργεί ένα έτος μετά από δοκιμαστική λειτουργία 3 μηνών. Η ΕΕΛ δέχεται κατά μέσω όρο 51,0 m³ λυμάτων την μέρα τον χειμώνα και 88,5 m³ λυμάτων την μέρα το καλοκαίρι εξυπηρετώντας 510 κατοίκους και 590 κατοίκους αντιστοίχως με τη δυναμικότητα της εγκατάστασης να ανέρχεται στους 650 ισοδύναμους κατοίκους. Η εγκατάσταση έχει κατασκευαστεί σε έκταση κοντά στα όρια του οικισμού.



Εικόνα 3.3 Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων Κρούστα

Συνδεδεμένες βιομηχανίες - Επαναχρησιμοποίηση νερού

Η ΕΕΛ δεν δέχεται και δεν επεξεργάζεται βιομηχανικά απόβλητα της περιοχή ούτε βοθρολύματα και σύμφωνα με την υπεύθυνη λειτουργίας της εγκατάστασης, γίνεται επαναχρησιμοποίηση του επεξεργασμένου νερού για στάγδην άρδευση

φυτοκάλυψης της ΕΕΛ και πρανών κοντινού στην ΕΕΛ υδρορέματος (εναλλακτικός αποδέκτης). Η άρδευση ελαιοκαλλιεργειών (κύριος αποδέκτης) θα ξεκινήσει με την ολοκλήρωση του δικτύου διανομής. Η ποιότητα του νερού προς διάθεση (επαναχρησιμοποίηση) φαίνεται στον Πίνακα 3.13 που ακολουθεί.

BOD (mg/l)	TN (mg/l)	P (mg/l)	Ecoli (cfu/100ml)
8,0	36,6	3,9	< 1,0

Πίνακας 3.13. Ποιοτικά χαρακτηριστικά νερού της ΕΕΛ Κρούστας προς διάθεση κατά τη διάρκεια του 2016

Ποιοτικά χαρακτηριστικά νερού

Στον Πίνακα 3.15 που ακολουθεί φαίνονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά εισόδου και εξόδου της ΕΕΛ για το 2016 (mg/L), όπως μας παραχωρήθηκαν από την υπεύθυνη λειτουργίας της. Επίσης, στον Πίνακα 3.16 φαίνονται τα όρια εκροής (ΕΠΟ: 1035/25-05-2011, ΑΔΑ: Β4ΛΞΟΡ1Θ-19Π). Η ποιότητα εκροής της Ε.Ε.Λ. θα τηρεί τα όρια του Πίνακα 2 του Παραρτήματος Ι της ΚΥΑ οικ. 145116 (ΦΕΚ 354-Β-2011) «Καθορισμός μέτρων, όρων & διαδικασιών για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων και άλλες διατάξεις» για απεριόριστη άρδευση καλλιεργειών.

Παράμετρος	Είσοδος	Έξοδος	ΜΜ
BOD ₅	132	8	mg/l
COD	452	34	mg/l
TSS	234	8	mg/l
T-N		36,6	mg/l
T-P		3,9	mg/l

Πίνακας 3.15. Ποιοτικά χαρακτηριστικά εισόδου και εξόδου ΕΕΛ Κρούστας

Παράμετρος	Μέση Ημερήσια Συγκέντρωση	ΜΜ
BOD ₅	≤ 10	mg/l
COD	< 40	mg/l
Αιωρούμενα στερεά (SS)	≤ 10	mg/l
Ph	6 - 8	
Escherichia coli (EC/100ml)	≤ 5 για το 80% των δειγμάτων	
	≤ 50 για το 95% των δειγμάτων	
Υπολειμματικό χλώριο	≥ 2 mg/l	mg/l

Πίνακας 3.16. Όρια εκροής ΕΕΛ Κρούστας

Δεδομένα σχεδιασμού

Όλες οι δεξαμενές (σηπτική δεξαμενή, δεξαμενή άντλησης-δοσομέτρησης και ανακυκλοφορίας δευτεροβάθμιας επεξεργασίας, δεξαμενή απολύμανσης, δεξαμενή αποθήκευσης και άντλησης της εκροής) κατασκευάστηκαν ώστε να καλυφθούν οι απαιτήσεις του θέρους της 40ετίας. Μόνο οι μονάδες προσκολλημένης βιομάζας εγκαταστάθηκαν ώστε να καλυφθούν οι απαιτήσεις του θέρους 20ετίας, με πρόβλεψη για επέκταση. Στον Πίνακα 3.14 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα δεδομένα σχεδιασμού της εγκατάστασης (ΕΠΟ: 1035/25-05-2011, ΑΔΑ: Β4ΛΞΟΡ1Θ-19Π).

Παράμετρος	20ετια		40ετια		Μ.Μ.
	χειμώνας	θέρους	χειμώνας	θέρους	
Εξυπηρετούμενος πληθυσμός	510	590	590	650	κάτοικοι
Παραγωγή λυμάτων ανά κάτοικο	100	150	120	180	l/d
Μέγιστη παραγωγή λυμάτων ανά κάτοικο	150	225	180	270	l/d
Μέγιστη ωριαία παροχή	3,19	5,53	4,43	7,31	m ³ /h
Παροχή αιχμής	9,56	16,59	13,28	21,94	m ³ /h
Μέγιστο ημερήσιο υδραυλικό φορτίο	76,50	132,75	106,20	175,50	m ³ /d

Πίνακας 3.14. Δεδομένα βάσει των οποίων έγινε ο σχεδιασμός της ΕΕΛ Κρούστας

Συνοπτική περιγραφή της εγκατάστασης

Η επεξεργασία γίνεται σε compact σύστημα προσκολλημένης βιομάζας. Το σύστημα αυτό είναι χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας και χαμηλών απαιτήσεων συντήρησης. Η εγκατάσταση αποτελείται από τα εξής τμήματα:

Εσχάρωση • Σηπτική Δεξαμενή • Αντλιοστάσιο τροφοδοσίας και ανακυκλοφορίας • Σύστημα Προσκολλημένης Βιομάζας • Δεξαμενή Απολύμανσης • Αντλιοστάσιο εκροής • Μονάδα απόσμισης • Ηλεκτρομαγνητικό μετρητή παροχής • Κτίριο ελέγχου

Αναλυτική περιγραφή της εγκατάστασης

Τα ανεπεξέργαστα λύματα φτάνουν στην ΕΕΛ μέσω του δικτύου κεντρικών αποχετευτικών αγωγών (Κ.Α.Α.) εισέρχονται σε φρεάτιο πριν τη σηπτική δεξαμενή, όπου είναι τοποθετημένη μια χειροκαθαριζόμενη χονδροεσχάρα με διάκενα 30-40 mm, για την συγκράτηση των ογκωδών στερεών αντικειμένων. Ο καθαρισμός του φρεατίου γίνεται με έκπλυση των στερεών προς τη σηπτική δεξαμενή.

Στη συνέχεια, τα λύματα εισέρχονται στη διαμερισματοποιημένη **Σηπτική δεξαμενή**, η οποία είναι ορθογωνικής διατομής, ωφέλιμου όγκου 185 m³ (11,00 m x 4,20 m x 4,50m ολικό βάθος). Στην σηπτική δεξαμενή παρατηρούνται τρεις ζώνες: η ζώνη των επιπλεόντων λιπών και ελαίων στην επιφάνεια των υγρών, η ζώνη της λάσπης στον πυθμένα της δεξαμενής, την οποία δημιουργούν τα βαρύτερα αιωρούμενα στερεά που καθιζάνουν, και η ενδιάμεση ζώνη των μερικώς επεξεργασμένων λυμάτων, όπου οδηγούνται τα εισερχόμενα λύματα και αναμιγνύονται με το μίγμα των ήδη μερικώς επεξεργασμένων λυμάτων και μικροοργανισμών. Οι μικροοργανισμοί οξειδώνουν και διαλυτοποιούν τον οργανικό άνθρακα, ο οποίος στη συνέχεια μετατρέπεται σε πτητικά οργανικά οξέα και ακολούθως σε αέρια, τα οποία απομακρύνονται προς το σύστημα απόσμισης. Η δεξαμενή λειτουργεί ουσιαστικά ως ένας αντιδραστήρας εμβολοειδούς ροής (plug flow reactor). Στην δεξαμενή εξασφαλίζεται ο ελάχιστος χρόνος παραμονής των λυμάτων (24 ώρες) ακόμα και για τη μέγιστη παροχή του καλοκαιριού της 40ετίας. Επίσης, υπάρχει επαρκής χώρος για την αποθήκευση ενός έτους ιλύος, επιπλεόντων στερεών και αφρών. Η ποσότητα ιλύος που παράγεται κατά την παραμονή των λυμάτων στη σηπτική δεξαμενή είναι πολύ μικρή και έχει σταθεροποιηθεί πλήρως λόγω του μεγάλου χρόνου αναερόβιας χώνευσής της (>12μήνες). Η αμελητέα αυτή ποσότητα ιλύος μεταφέρεται μια φορά το χρόνο με βυτιοφόρο στην ΕΕΛ Αγίου Νικολάου για περαιτέρω επεξεργασία. Κατά την εκκένωση της δεξαμενής, δεν γίνεται πλήρης απομάκρυνση της ιλύος, ώστε να

παραμένει μέρος των μικροοργανισμών που είναι απαραίτητοι για την διάσπαση του οργανικού φορτίου. Στην έξοδο της σηπτικής δεξαμενής τα υπό επεξεργασία λύματα φιλτράρονται στα **Κόσκινα εκροής** (φίλτρα). Εκεί συγκρατούνται τα όποια στερεά ή λίπη διέφυγαν, ώστε να μην προκληθούν εμφράξεις στα επόμενα στάδια επεξεργασίας (αντλίες, δίκτυα διανομής στα βιολογικά φίλτρα).

Τα λύματα με φυσική ροή μεταφέρονται από κάθε βιολογικό φίλτρο στη συνέχεια στο **Αντλιοστάσιο τροφοδοσίας και ανακυκλοφορίας**, που αποτελεί ξεχωριστό θάλαμο της σηπτικής δεξαμενής. Στην είσοδο του κεντρικού συλλεκτήριου αγωγού διηθημένης εκροής, υπάρχει μια ειδική βαλβίδα που κλείνει την παροχή λυμάτων προς την δεξαμενή, όταν αυτή γεμίσει, και οδηγεί την περίσσεια προς τη δεξαμενή απολύμανσης της εκροής, ενώ ταυτόχρονα τμήμα των λυμάτων, διοχετεύεται στην είσοδο της σηπτικής δεξαμενής. Υπό φυσιολογικές συνθήκες, τα προεπεξεργασμένα λύματα αντλούνται από τις έξι αντλίες τροφοδοσίας (τρεις εφεδρικές) και μέσω αγωγών μεταφοράς και διανομής οδηγούνται στις μονάδες βιολογικής επεξεργασίας.

Η βιολογική επεξεργασία των λυμάτων γίνεται σε κλειστά προκατασκευασμένα συστήματα υψηλών αποδόσεων **Προσκολλημένης βιομάζας** με βιολογικά φίλτρα. Οι μονάδες βρίσκονται μέσα σε containers υψηλής αντοχής και είναι τοποθετημένες πάνω σε κατάλληλη βάση. Η επιφάνεια που καλύπτουν οι μονάδες δεν ξεπερνά τα 120 m², ενώ έχει προβλεφθεί χώρος για μελλοντική εγκατάσταση πρόσθετων μονάδων για την κάλυψη των αναγκών της 40ετίας, αν αυτό τεθεί αναγκαίο. Τα λύματα αντλούνται σε μικρές ποσότητες ανά διαστήματα, διαμοιράζονται σε όλη την επιφάνεια μέσω σωληνώσεων και διέρχονται με βαρύτητα από τα φίλτρα. Ταυτόχρονα εισέρχεται στο σύστημα οξυγόνο με φυσικό εφελκυσμό, μιας και η επεξεργασία είναι αερόβια. Τα λύματα κατά τη διέλευσή τους από το φίλτρο διέρχονται από το πορώδες των υφασμάτων, όπου η επιφανειακά προσκολλημένη βιομάζα (μικροοργανισμοί) μεταβολίζει τις οργανικές ουσίες των λυμάτων παράγοντας τελικά διοξείδιο του άνθρακα, νερό και αέριο άζωτο.

Στη συνέχεια, τα λύματα οδηγούνται για απολύμανση στη **Δεξαμενή επαφής χλωρίου**. Η απολύμανση γίνεται σύμφωνα με τις διατάξεις της ΚΥΑ οικ. 145116/2011 και επιτυγχάνεται σε αναλογικό χλωριωτή με «ταμπλέτες» απολυμαντικής ουσίας, ο οποίος έχει σύστημα τροφοδοσίας στερεού χλωρίου με τη μορφή υποχλωριώδους ασβεστίου. Η συγκέντρωση του υπολειμματικού χλωρίου μετράται στο κατάντη άκρο της δεξαμενής. Μετά την χλωρίωση μετράται η παροχή εκροής με **Ηλεκτρομαγνητικό μετρητή παροχής** και λαμβάνονται τα απαραίτητα δείγματα από το **Φρεάτιο δειγματοληψίας**. Τελικά, τα λύματα οδηγούνται με υπερχειλίση στη δεξαμενή αποθήκευσης επεξεργασμένων λυμάτων, ωφέλιμου όγκου περίπου 48 m³. Έπειτα, με δύο κατάλληλες για επεξεργασμένα λύματα αντλίες (μία εφεδρική) διατίθενται για άρδευση.

Άλλες πληροφορίες σχετικά με την εγκατάσταση

Η αντιμετώπιση των οσμεριών που παράγονται στις δεξαμενές και τα βιολογικά φίλτρα της ΕΕΛ, γίνεται με δίκτυο συγκέντρωσης-απαγωγής οσμεριών, που τα μεταφέρει με εξαιρεστήρα σε φίλτρο με κατάλληλο πληρωτικό υλικό. Η μονάδα απόσμησης απορροφά το δύσοσμο αέρα από τους κλειστούς χώρους και τον καθαρίζει πριν διοχετευτεί στην ατμόσφαιρα (Τεχνική περιγραφή ΕΕΛ Κρούστας, 2014)

1.4. ΕΕΛ Λιμνών

Γενικά στοιχεία και στοιχεία σχεδιασμού

Η Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων Λιμνών λειτουργεί από το 2000. Στην εγκατάσταση οδηγούνται τα λύματα των οικισμών Βρυσών, Λιμνών, Νικηθιανό και Χουμεριάκου. Η ΕΕΛ εξυπηρετεί 900 κατοίκους το καλοκαίρι και 750 κατοίκους τον χειμώνα (2016), ενώ είναι κατασκευασμένη για ισοδύναμο πληθυσμό 1.300/2.500 κατοίκων. Η μέση ημερήσια εισερχόμενη παροχή είναι 120 m³/day λυμάτων το θέρος και 100 m³/day λυμάτων το χειμώνα, έχοντας τη δυνατότητα επεξεργασίας 250 m³/day λυμάτων. Αποδέκτης των επεξεργασμένων λυμάτων είναι χείμαρρος παρακείμενος στην εγκατάσταση και σύμφωνα με την υπεύθυνη της εγκατάστασης, δεν γίνεται επαναχρησιμοποίηση του νερού της εγκατάστασης για άρδευση ή άλλη χρήση. Υπεύθυνος φορέας για την λειτουργία της ΕΕΛ είναι η ΔΕΥΑ Αγίου Νικολάου (Στρατηγικός Σχεδιασμός Δήμου; Μαυράκης, Ε., 2002; Δ.Ε.Υ.Α.Α.Ν.).

Χαρακτηριστικά δεξαμενής αερισμού

Στον Πίνακα 3.18 που ακολουθεί αναφέρονται οι τιμές κάποιων χαρακτηριστικών παραμέτρων της διαδικασίας του αερισμού των λυμάτων, όπως αυτές μας δόθηκαν από την υπεύθυνη λειτουργίας μέσω του ερωτηματολογίου.

Παράμετρος	Τιμή	ΜΜ
Μέσος υδραυλικός χρόνος παραμονής		h
MLSS	4.000	mg/l

Πίνακας 3.18. Τιμές χαρακτηριστικών παραμέτρων της ΕΕΛ Λιμνών κατά τον αερισμό των λυμάτων

Ποιοτικά χαρακτηριστικά νερού

Στον Πίνακα 3.17 που ακολουθεί φαίνονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά εισόδου και εξόδου της ΕΕΛ για το 2016 (mg/L), όπως μας παραχωρήθηκαν από την υπεύθυνη της εγκατάστασης.

Παράμετρος	Είσοδος	Έξοδος	ΜΜ
BOD ₅	140,0	6,00	mg/l
COD	338,0	35,00	mg/l
TSS	79,0	0,00	mg/l
T-N	46,5	8,20	mg/l
T-P	11,2	5,00	mg/l
pH	7,71	7,71	

Πίνακας 3.17 Ποιοτικά χαρακτηριστικά εισόδου και εξόδου ΕΕΛ Λιμνών

Χαρακτηριστικά παραγόμενης ιλύος

Στον Πίνακα 3.19 που ακολουθεί βλέπουμε το ποσοστό στερεών στην είσοδο και έξοδο των κλινών ξήρανσης και στον Πίνακα 3.20 βλέπουμε την κατά μέσο όρο ποσότητα παραγόμενης ιλύος και υγρασίας στην είσοδο και έξοδο του συστήματος επεξεργασίας της, όπως μας δόθηκε από την υπεύθυνη λειτουργίας μέσω του ερωτηματολογίου.

Μονάδα	Είσοδος	Έξοδος	ΜΜ
Αφυδάτωση	0,8	50,0	%

Πίνακας 3.19. Ποσοστό στερεών στις μονάδες επεξεργασίας ιλύος της ΕΕΛ Λιμνών

Παράμετρος	Είσοδος	Έξοδος	ΜΜ
Ιλύς		7,500	kg/month
Υγρασία	99,2	50,0	%

Πίνακας 3.20 Ποσότητα παραγόμενης ιλύος και υγρασίας της ΕΕΛ Λιμνών

Συνοπτική περιγραφή της εγκατάστασης

Στην εγκατάσταση γίνεται δευτεροβάθμιος καθαρισμός των λυμάτων με τη μέθοδο ενεργού ιλύος με παρατεταμένο αερισμό και ταυτόχρονη νιτροποίηση-απονιτροποίηση και απολύμανση με χλωρίωση. Η ΕΕΛ Λιμνών αποτελείται από τις ακόλουθες μονάδες (Μαυράκης, Ε., 2002):

Μηχανική επεξεργασία: Φρεάτιο Εισόδου • Αντλιοστάσιο Εισόδου • Εσχάρωση • Εξάμμιση

Βιολογική επεξεργασία: Δεξαμενή Παρατεταμένου Αερισμού • Δεξαμενή Δευτεροβάθμιας Καθίζησης

Τελική επεξεργασία: Δεξαμενή χλωρίωσης • Φρεάτιο Εξόδου

Επεξεργασία ιλύος: Μονάδα Αφυδάτωσης

Αναλυτική περιγραφή της εγκατάστασης

Στην είσοδο της εγκατάστασης βρίσκεται το **Φρεάτιο Άφιξης** των λυμάτων, όπου εισέρχονται τα προς επεξεργασία λύματα. Με δύο (2) **Αντλίες Ανύψωσης** τα λύματα αντλούνται προς τη **Μονάδα Εσχάρωσης**, η οποία αποτελείται από μια μηχανική χονδροεσχάρα. Μετά την εσχάρωση τα λύματα οδηγούνται στη **Μονάδα Παρατεταμένου Αερισμού**. Το σύστημα αερισμού αναβαθμίστηκε και έγινε αντικατάσταση του επιφανειακού αερισμού με διάχυση χονδρής φυσαλίδας, των διαχυτών, των φυσητήρων και των σωληνώσεων. Ο αερισμός των λυμάτων πραγματοποιείται σε μια δεξαμενή πλήρους μείξης, μέσω υποβρύχιων αεριστήρων χονδρής φυσαλίδας. Στη δεξαμενή αερισμού επιτυγχάνεται απομάκρυνση του οργανικού φορτίου και του αμμωνιακού αζώτου και σταθεροποίηση της περίσσειας ιλύος. Έπειτα, τα λύματα οδηγούνται στη **Δεξαμενή Καθίζησης**. Η δευτεροβάθμια καθίζηση επιτυγχάνεται σε μια (1) τετραγωνικής διατομής δεξαμενή. Μετά τη δεξαμενή καθίζησης, τα επεξεργασμένα λύματα οδηγούνται μέσω καναλιού στη **Δεξαμενή Χλωρίωσης** για την τελική τους επεξεργασία. Η απολύμανση επιτυγχάνεται με διάλυμα υποχλωριόδου νατρίου (NaOCl). Τα επεξεργασμένα λύματα υπερχειλίζουν στο φρεάτιο εξόδου και τελικά διατίθενται μέσω αγωγού σε παρακείμενο χείμαρρο.

Ταυτόχρονα, η ιλύς που καθίζει στη χοάνη του πυθμένα της δεξαμενής καθίζησης απομακρύνεται για περαιτέρω επεξεργασία. Η **Μονάδα Αφυδάτωσης** περιλαμβάνει τέσσερις κλίνες ξήρανσης συνολικής επιφάνειας 200 m² για την αφυδάτωση της περίσσειας ιλύος.¹ Η παραγόμενη λάσπη διατίθεται σε οργανωμένο χώρο απόθεσης απορριμμάτων. Τα υγρά υπερχειλίσματα από όλα τα στάδια επεξεργασίας της ιλύος, καθώς και τα παραγόμενα στραγγίσματα, επιστρέφουν στο φρεάτιο εισόδου.

1.5. ΕΕΛ Πρίνας

Γενικά στοιχεία και στοιχεία σχεδιασμού

Η Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων της Πρίνας (βλ. Εικόνα 3.3) είναι μια Compact μονάδα βιολογικού καθαρισμού. Η ΕΕΛ λειτουργεί από το 2016 και δέχεται κατά μέσω όρο 24 m³ λυμάτων την μέρα το καλοκαίρι και 17 m³ λυμάτων την μέρα τον χειμώνα, με δυνατότητα να επεξεργαστεί μέγιστο ημερήσιο υδραυλικό φορτίο 36,0 m³/d.. Η δυναμικότητα της εγκατάστασης είναι 200 ισοδύναμοι κάτοικοι. Η ΕΕΛ βρίσκεται σε μικρή απόσταση από τα όρια της δομημένης έκτασης του οικισμού. Φορέας διαχείρισής της είναι η Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης – Αποχέτευσης Αγίου Νικολάου.



Εικόνα 3.3 Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων Πρίνας

Συνδεδεμένες βιομηχανίες - Επαναχρησιμοποίηση νερού

Δεν προβλέπεται η ΕΕΛ να επεξεργάζεται βοθρολύματα ή βιομηχανικά λύματα. Αν αυτά διοχετευτούν στο δίκτυο, χωρίς να έχει προηγηθεί η προβλεπόμενη από το νόμο προεπεξεργασία τους, είναι δυνατόν να προκαλέσουν μεγάλες και μόνιμες βλάβες στην εγκατάσταση. Επίσης, σύμφωνα με την υπεύθυνη της εγκατάστασης, τα επεξεργασμένα λύματα διατίθενται για στάγδην άρδευση της φυτοκάλυψης της ΕΕΛ και των πρανών κοντινού στην ΕΕΛ υδρορέματος, το οποίο είναι και ο εναλλακτικός αποδέκτης. Μελλοντικά προβλέπεται επαναχρησιμοποίηση του νερού για άρδευση ελαιοκαλλιέργειών, η οποία θα λάβει χώρα με την ολοκλήρωση της κατασκευής του δικτύου διανομής. Σημειώνεται ότι προβλέπεται η επαναχρησιμοποίηση του νερού για άρδευση να γίνεται σύμφωνα με τους όρους και τις επιφυλάξεις της με Αριθμό Πρωτ. 687/06-04-2012 Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων για την κατασκευή και λειτουργία του έργου: «Δίκτυα Αποχέτευσης και Εγκατάσταση Επεξεργασίας και Διάθεσης Λυμάτων οικισμού Πρίνας Αγίου Νικολάου», νομού Λασιθίου. Η ποιότητα του νερού προς διάθεση (επαναχρησιμοποίηση) φαίνεται στον Πίνακα 3.21 που ακολουθεί.

BOD (mg/l)	TN (mg/l)	P	Ecoli
9,0	35,0	3,5	< 1.0 cfu/100ml

Πίνακας 3.21. Ποιοτικά χαρακτηριστικά νερού ΕΕΛ Πρίνας προς διάθεση κατά τη διάρκεια του 2016

Δεδομένα σχεδιασμού

Στον Πίνακα 3.22 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα δεδομένα σχεδιασμού της εγκατάστασης για το σύνολο των εισερχόμενων αστικών λυμάτων, όπως αναφέρονται στην Τεχνική Περιγραφή του έργου με τίτλο «Προμήθεια Εγκατάστασης Επεξεργασίας Λυμάτων Οικισμού Πρίνας» της Δ.Ε.Υ.Α.Α.Ν. (Τεχνική Υπηρεσία, Τμήμα Μελετών).

Παράμετρος	30ετια		Μ.Μ.
	Χειμώνας	Καλοκαίρι	
Ισοδύναμος Πληθυσμός	170	200	ΙΠ
Ημερήσια παραγωγή λυμάτων ανά κάτοικο	100	120	lt/d ΙΠ
Μέγιστη ημερήσια παραγωγή λυμάτων ανά κάτοικο	150	180	lt/d ΙΠ
Μέση ημερήσια παροχή	17,00	24,00	m ³ /d
Μέγιστη ημερήσια παροχή	25,50	36,00	m ³ /d
Μέγιστη ωριαία παροχή	1,06	1,50	m ³ /h
Παροχή αιχμής	3,19	4,50	m ³ /h
Ελάχιστο BOD ₅	10,20	12,00	kg/d

Πίνακας 3.22. Δεδομένα σχεδιασμού ΕΕΛ Πρίνας

Ποιοτικά χαρακτηριστικά

Στη συνέχεια, στον Πίνακα 3.23 φαίνονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά εισόδου και εξόδου της ΕΕΛ για το 2016 (mg/L), όπως μας παραχωρήθηκαν από την υπεύθυνη της εγκατάστασης. Στον Πίνακα 3.24 φαίνονται τα όρια εκροής, όπως αναφέρονται στην Προμήθεια ΕΕΛ οικισμού Πρίνας/ Τεχνική Περιγραφή της Δ.Ε.Υ.Α.Α.Ν.

Παράμετρος	Είσοδος	Έξοδος	ΜΜ
BOD ₅	128,0	9,0	mg/l
COD	430,0	35,0	mg/l
TSS	208,0	9,0	mg/l
T-N		36,6	mg/l
T-P		3,5	mg/l

Πίνακας 3.23. Ποιοτικά χαρακτηριστικά εισόδου και εξόδου ΕΕΛ Πρίνας

Παράμετρος	Μέση Ημερήσια Συγκέντρωση		ΜΜ
BOD ₅	≤ 10		mg/l
COD	< 40		mg/l
Αιωρούμενα στερεά (SS)	≤ 15		mg/l
pH	6 – 8		
Λίπη – Έλαια	0		mg/l
Υπολειμματικό χλώριο	≥ 2		mg/l
E.coli	≤ 5 για το 80% των δειγμάτων	≤ 50 για το 95% των δειγμάτων	

Πίνακας 3.24. Όρια εκροής ΕΕΛ Πρίνας

Συνοπτική περιγραφή της εγκατάστασης

Η επεξεργασία των λυμάτων επιτυγχάνεται σε μικρή συμπαγή (Compact) μονάδα με σύστημα προσκολλημένης βιομάζας (φίλτρα υφάσματος). Το σύστημα αυτό είναι χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας και χαμηλών απαιτήσεων συντήρησης. Η εγκατάσταση αποτελείται από τα εξής τμήματα:

Σηπτική Δεξαμενή • Δεξαμενή τροφοδοσίας και ανακυκλοφορίας • Σύστημα Προσκολλημένης Βιομάζας με Ανακυκλοφορία • Δεξαμενή επαφής χλωρίου • Μονάδα απόσμισης • Αντλιοστάσιο εκροής • Ηλεκτρομαγνητικό μετρητή παροχής • Κτίριο ελέγχου

Αναλυτική περιγραφή της εγκατάστασης

Τα ανεπεξέργαστα λύματα φτάνουν στην ΕΕΛ μέσω του δικτύου κεντρικών αποχετευτικών αγωγών (Κ.Α.Α.) και εισέρχονται στη διαμερισματοποιημένη **Σηπτική δεξαμενή**, ωφέλιμου όγκου 65 m³, στην οποία εξασφαλίζεται ο ελάχιστος χρόνος παραμονής των λυμάτων (24ώρες) ακόμα και για τη μέγιστη παροχή του καλοκαιριού. Επίσης, υπάρχει επαρκής χώρος για την αποθήκευση ενός έτους ιλύος, επιπλέοντων στερεών και αφρών. Η ποσότητα ιλύος που παράγεται κατά την παραμονή των λυμάτων στη σηπτική δεξαμενή είναι πολύ μικρή και έχει σταθεροποιηθεί πλήρως λόγω του μεγάλου χρόνου χώνευσής της (>12μήνες). Η αμελητέα αυτή ποσότητα ιλύος μεταφέρεται μια φορά το χρόνο με βυτιοφόρο στην ΕΕΛ Αγίου Νικολάου για περαιτέρω επεξεργασία. Ταυτόχρονα, τα αέρια που παράγονται λόγω των σηπτικών συνθηκών (μεθανίου, υδρόθειου κλπ.) απομακρύνονται προς το σύστημα απόσμισης. Στην έξοδο της σηπτικής δεξαμενής τα υπό επεξεργασία λύματα φιλτράρονται στα **Κόσκινα εκροής** (φίλτρα). Εκεί συγκρατούνται τα όποια στερεά υπάρχουν, ώστε να μην προκληθούν εμφράξεις στα επόμενα στάδια επεξεργασίας.

Τα λύματα εξέρχονται από τα φίλτρα εκροής και υπερχειλίζουν στη συνέχεια στη **Δεξαμενή τροφοδοσίας και ανακυκλοφορίας**, που αποτελεί χωριστό θάλαμο της σηπτικής δεξαμενής. Έτσι, τα προεπεξεργασμένα λύματα αντλούμενα από τις δύο **Αντλίες τροφοδοσίας** της δεξαμενής και μέσω αγωγών μεταφοράς και διανομής οδηγούνται στις μονάδες βιολογικής επεξεργασίας. Όπως αναφέρεται στην Προμήθεια ΕΕΛ οικισμού Πρίνας/ Τεχνική Περιγραφή της Δ.Ε.Υ.Α.Α.Ν., η Βιολογική επεξεργασία των λυμάτων γίνεται σε κλειστά προκατασκευασμένα συστήματα υψηλών αποδόσεων **Προσκολλημένης βιομάζας με βιολογικά φίλτρα**. Οι μονάδες βρίσκονται μέσα σε containers υψηλής αντοχής και είναι τοποθετημένες πάνω σε κατάλληλη βάση, ενώ έχει προβλεφθεί και χώρος για μελλοντική εγκατάσταση πρόσθετων μονάδων αν αυτό τεθεί αναγκαίο. Η επιφάνεια που καλύπτουν οι μονάδες δεν ξεπερνά τα 120 m². Τα λύματα αντλούνται σε μικρές ποσότητες ανά διαστήματα, διαμοιράζονται σε όλη την επιφάνεια μέσω σωληνώσεων και κατεισδύουν μέσα στα φίλτρα με βαρύτητα, ενώ γίνεται ταυτόχρονα εισροή οξυγόνου στο σύστημα με φυσικό εφελκυσμό, μιας και η επεξεργασία είναι αερόβια. Τα λύματα κατά τη διέλευσή τους από το φίλτρο διέρχονται από το πορώδες των υφασμάτων, όπου η επιφανειακά προσκολλημένη βιομάζα (μικροοργανισμοί) μεταβολίζει τις οργανικές ουσίες των λυμάτων παράγοντας τελικά διοξείδιο του άνθρακα, νερό και αέριο άζωτο. Η διηθημένη εκροή από κάθε βιολογικό φίλτρο καταλήγει στην δεξαμενή τροφοδοσίας με φυσική ροή μέσω συλλεκτήριου αγωγού. Στην είσοδο του κεντρικού συλλεκτήριου αγωγού διηθημένης εκροής, υπάρχει ειδική βαλβίδα που ρυθμίζει την ροή της ανακυκλοφορίας προς την δεξαμενή τροφοδοσίας λυμάτων και ανακυκλοφορίας ή όταν αυτό είναι απαραίτητο προς τη δεξαμενή απολύμανσης της εκροής, ενώ ταυτόχρονα τμήμα των λυμάτων, διοχετεύεται στην είσοδο της σηπτικής δεξαμενής.

Στη συνέχεια, τα λύματα οδηγούνται για απολύμανση στη **Δεξαμενή επαφής χλωρίου**. Η απολύμανση γίνεται σύμφωνα με τις διατάξεις της ΚΥΑ οικ. 145116/2011 και επιτυγχάνεται σε αναλογικό χλωριωτή με «ταμπλέτες», ο οποίος έχει σύστημα τροφοδοσίας στερεού χλωρίου με τη μορφή υποχλωριώδους ασβεστίου. Η εμβολοειδής ροή στην δεξαμενή επαφής χλωρίου εξασφαλίζεται μέσω διαφραγμάτων. Η συγκέντρωση του υπολειμματικού χλωρίου μετράται στο κατάντη άκρο της δεξαμενής. Μετά την χλωρίωση τα επεξεργασμένα πλέον λύματα περνάνε από τον **Ηλεκτρομαγνητικό μετρητή παροχής** των λυμάτων και το φρεάτιο δειγματοληψίας και τελικά διατίθενται για άρδευση.

Να σημειωθεί ότι στην εγκατάσταση υπάρχει **Κτίριο ελέγχου** εμβαδού περίπου 12m², στον οποίο βρίσκονται ο κεντρικός πίνακας της εγκατάστασης και χώρος υγιεινής (WC). Επίσης, η αντιμετώπιση των οσμεαρίων που παράγονται στις δεξαμενές και τα βιολογικά φίλτρα της ΕΕΛ, γίνεται με δίκτυο συγκέντρωσης-απαγωγής οσμεαρίων, που τα μεταφέρει με εξαεριστήρα σε φίλτρο με κατάλληλο πληρωτικό υλικό. Η μονάδα απόσμισης απορροφά το δύσοσμο αέρα από τους κλειστούς χώρους και τον καθαρίζει πριν διοχετευτεί στην ατμόσφαιρα.

2. Δήμος Αμυνταίου

Γενικά στοιχεία και στοιχεία σχεδιασμού

Η Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων Αμυνταίου (βλ. Εικόνα 3.4) βρίσκεται σε απόσταση 1,5 km από τον οικισμό των εργατικών κατοικιών του Αμυνταίου, δίπλα στην εκβολή του ρέματος Αμύντα στη λίμνη Πετρών, η οποία είναι ο τελικός υδάτινος αποδέκτης των επεξεργασμένων λυμάτων. Η ΕΕΛ έχει κατασκευαστεί σε έκταση 10 στρεμμάτων και λειτουργεί 9 χρόνια. Στην εγκατάσταση οδηγούνται τα λύματα της πόλης του Αμυνταίου, του στρατοπέδου και των οικισμών Ξινού

Νερού και Πετρών, ενώ στο μέλλον πρόκειται να δεχτεί αστικά λύματα και άλλων οικισμών καθώς και βιομηχανιών. Η ΕΕΛ δέχεται καθημερινά κατά μέσω όρο 1.600 m^3 λυμάτων το καλοκαίρι και 1.500 m^3 λυμάτων τον χειμώνα, με εξυπηρετούμενο ισοδύναμο πληθυσμό 5.500 και 5.200 αντιστοίχως, ενώ η δυναμικότητα της εγκατάστασης είναι 10.900 ισοδύναμοι κάτοικοι (Α.Ε.Π.Ο. ΕΕΛ Αμύνταιου, 2011).

Συνδεδεμένες βιομηχανίες - Επαναχρησιμοποίηση νερού

Σύμφωνα με τον υπεύθυνο της εγκατάστασης, η ΕΕΛ δεν δέχεται και δεν επεξεργάζεται υγρά απόβλητα από βιομηχανικές μονάδες και δεν γίνεται επαναχρησιμοποίηση του επεξεργασμένου νερού της εγκατάστασης για άρδευση. Η ΕΕΛ δεν δέχεται βοθρολύματα, καθώς οι εξυπηρετούμενοι οικισμοί της περιοχής συνδέονται με την εγκατάσταση μέσω των αποχετευτικών τους δικτύων.



Εικόνα 3.4. Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων Αμύνταιου (πηγή www.ypeka.gr)

Δεδομένα σχεδιασμού

Στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 3.25) παρουσιάζονται τα δεδομένα σχεδιασμού της εγκατάστασης για το σύνολο των εισερχόμενων αστικών, όπως αναφέρονται στην Α.Ε.Π.Ο. για την ΕΕΛ Αμυνταίου στην Εθνική Βάση Δεδομένων των ΕΕΛ της χώρας, η οποία είναι αναρτημένη στην ιστοσελίδα του ΥΠΕΚΑ (www.ypeka.gr), στην ενότητα “Περιβάλλον - Διαχείριση Λυμάτων”.

Παράμετρος	Έτος 2020	Έτος 2040	Μ.Μ.
Ισοδύναμος Πληθυσμός	10.900	11.950	κάτοικοι
Μέση ημερήσια παροχή	2.100	2.500	m^3/d
Παροχή βιομηχανικών αποβλήτων	100 – 300		
BOD_5	168	320	kg/d
Αιωρούμενα στερεά	84	285	kg/d
Ολικό Άζωτο	52,5	72,5	kg/d
Φώσφορος	10,5	14,5	kg/d

Πίνακας 3.25 Δεδομένα βάσει των οποίων έγινε ο σχεδιασμός της ΕΕΛ Αμύνταιου

Ποιοτικά χαρακτηριστικά

Στον Πίνακα 3.26, που ακολουθεί, φαίνονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά εισόδου και εξόδου της ΕΕΛ για το 2016 (mg/L), όπως μας παραχωρήθηκαν από τον υπεύθυνο της εγκατάστασης και τον Πίνακα 3.27 φαίνονται τα όρια εκροής, όπως καθορίζονται στην Α.Ε.Π.Ο. της ΕΕΛ Αμυνταίου στη βάση δεδομένων της Ειδικής Γραμματείας Υδάτων στην ιστοσελίδα του ΥΠΕΚΑ (<http://astikalimata.ypeka.gr>).

Παράμετρος	Είσοδος	Έξοδος	MM
BOD ₅	192,00	8,60	mg/l
COD	389,00	16,60	mg/l
TSS	70,00	4,70	mg/l
T-N	44,00	8,60	mg/l
T-P	4,67	2,00	mg/l
pH	7,80	7,90	

Πίνακας 3.26. Ποιοτικά χαρακτηριστικά εισόδου και εξόδου ΕΕΛ Αμύνταιου

Παράμετρος	Μέση Ημερήσια Συγκέντρωση	MM
BOD ₅	< 25	mg/l
COD	< 125	mg/l
Αιωρούμενα στερεά (SS)	< 30	mg/l
Καθιζάνοντα στερεά εντός 2 ωρών σε κώνο Imhoff	< 0,3	ml/l
Ολικό Άζωτο TN	< 15	mg/l
Αμμωνιακό Άζωτο N-NH ₄	≤ 2	mg/l
Ολικός Φωσφόρος	< 2	mg/l
Λίπη – Έλαια	≤ 0,1	mg/l
Επιπλέοντα στερεά	0	
Διαλυμένο οξυγόνο (DO)	> 5	mg/l
Ολικά κολοβακτηριοειδή	< 500/100 ml (στο 80% των δειγμάτων)	

Πίνακας 3.27. Όρια εκροής ΕΕΛ Αμύνταιου

Χαρακτηριστικά δεξαμενής αερισμού

Ο μέσος χρόνος υδραυλικής παραμονής στο σύνολο της εγκατάστασης είναι 30 h. Στον Πίνακα 3.28, που ακολουθεί, αναφέρονται οι τιμές κάποιων χαρακτηριστικών παραμέτρων της διαδικασίας του αερισμού των λυμάτων, όπως αυτές μας δόθηκαν από τον υπεύθυνο λειτουργίας με την απάντηση του ερωτηματολογίου.

Παράμετρος	Τιμή	MM
Μέσος υδραυλικός χρόνος παραμονής	24	H
Ρυθμός επανακυκλοφορίας	150	%
Ηλικία ιλύος	25	D
MLSS	5.000	mg/l
Τυπική τιμή F/M	0,05	kg BOD/ kg MLVSS d

Πίνακας 3.28. Τιμές χαρακτηριστικών παραμέτρων της ΕΕΛ Αμύνταιου κατά τον αερισμό των λυμάτων.

Χαρακτηριστικά παραγόμενης ιλύος

Όλη η ποσότητα ιλύος προέρχεται από τη δευτεροβάθμια επεξεργασία, με τα στερεά σε να ανέρχονται στο 1,5%. Στον Πίνακα 3.29 που ακολουθεί βλέπουμε το ποσοστό στερεών στην είσοδο και έξοδο των μονάδων επεξεργασίας ιλύος και στον Πίνακα 3.30. βλέπουμε την κατά μέσο όρο ποσότητα παραγόμενης ιλύος και υγρασίας στην είσοδο και έξοδο του συστήματος επεξεργασίας της, όπως μας δόθηκε από την υπεύθυνη λειτουργίας μέσω του ερωτηματολογίου.

Μονάδα	Είσοδος	Έξοδος	MM
Πάχυνση	1,50	5,00	%
Αφυδάτωση	5,00	15,00	%

Πίνακας 3.29. Ποσοστό στερεών στις μονάδες επεξεργασίας ιλύος της ΕΕΛ Αμύνταιου

Παράμετρος	Είσοδος	Έξοδος	MM
Ιλύς	40.000	1.000	Kg/d
Υγρασία	98.50	85.00	%

Πίνακας 3.30. Ποσότητα παραγόμενης ιλύος και υγρασίας της ΕΕΛ Αμύνταιου

Συνοπτική περιγραφή της εγκατάστασης

Στην εγκατάσταση γίνεται δευτεροβάθμιος καθαρισμός των λυμάτων με τη μέθοδο της ενεργούς ιλύος με παρατεταμένο αερισμό για την ταυτόχρονη νιτροποίηση – απονιτροποίηση και την σταθεροποίηση της ιλύος. Ο αερισμός αποτελείται από δύο ανεξάρτητες και παράλληλες γραμμές βιολογικής και χημικής επεξεργασίας (με αφαίρεση φωσφόρου). Η εγκατάσταση αποτελείται από τις εξής κύριες μονάδες:

Μηχανική επεξεργασία: Φρεάτιο εισόδου • Αντλιοστάσιο ανύψωσης • Δεξαμενή προσωρινής αποθήκευσης • **Μονάδα Εσχάρωσης** Μονάδα Εξάμμωσης – Λιποσυλλογής • Κεντρικός αγωγός παράκαμψης (by pass)

Βιολογική επεξεργασία: Μονάδα παρατεταμένου αερισμού • Μονάδα Αποφωσφόρισης • Μονάδα καθίζησης

Τελική επεξεργασία: Μονάδα απολύμανσης - Χλωρίωση

Επεξεργασία ιλύος: Μονάδα Πάχυνσης • Μονάδα Αφυδάτωσης

Κτίρια λειτουργίας: Κτίριο διοίκησης

Αναλυτική περιγραφή της εγκατάστασης

Τα ανεπεξέργαστα λύματα φτάνουν στην εγκατάσταση μέσω τριών κεντρικών αποχετευτικών αγωγών (Κ.Α.Α.) εισέρχονται αρχικά στο **Φρεάτιο εισόδου**. Από εκεί τα λύματα οδηγούνται με βαρύτητα στο **Αντλιοστασίου Ανύψωσης**. Στην είσοδο του φρεατίου εισόδου του αντλιοστασίου υπάρχει χειροκαθαριζόμενη εσχάρα για την απομάκρυνση μεγάλων αντικειμένων. Στο αντλιοστάσιο είναι εγκατεστημένες τρεις (3) υποβρύχιες αντλίες ανύψωσης λυμάτων, οι οποίες λειτουργούν 16 ώρες ημερησίως. Η μια αντλία παροχετεύει λύματα προς αυτή τη **Δεξαμενή ομβρίων** χωρητικότητας 2.000 m³ (παντοροϊκό δίκτυο). Οι άλλες δύο παροχετεύουν τα λύματα προς τη μονάδα προκαταρκτικής επεξεργασίας. Η μονάδα της **Εσχάρωσης** αποτελείται από μια μηχανικά αυτοκαθοριζόμενη, ευθύγραμμη, ανοξείδωτη εσχάρα, η οποία λειτουργεί 2 ώρες, και κανάλι παράκαμψης με απλή εσχάρα. Τα συλλεγόμενα εσχαρίσματα συμπιέζονται και αποθηκεύονται προσωρινά στο κτίριο της εσχάρωσης. Μετά την εσχάρωση τα λύματα οδηγούνται στη **Μονάδα Εξάμμωσης-Λιποσυλλογής**, η οποία αποτελείται από έναν δίδυμο αεριζόμενο αμμοσυλλέκτη (δεξαμενή εξάμμωσης), ο οποίος λειτουργεί 18 ώρες ημερησίως, και ένα κανάλι ηρεμίας, για την απομάκρυνση των λιπών και των ελαίων.-Πάνω στη γέφυρα του εξαμωτή υπάρχει ξέστρο επιφάνειας και καθώς αυτή κινείται κατά μήκος της δεξαμενής συλλέγεται η άμμος. Η συλλεγόμενη άμμος οδηγείται σε στραγγιστήριο και τα στραγγίσματα που προκύπτουν επιστρέφουν στο φρεάτιο εισόδου (ΑΕΠΟ Αμυνταίου). Μετά την εξάμμωση τα λύματα οδηγούνται στις δεξαμενές αερισμού για περαιτέρω βιολογική επεξεργασία.

Οι **Δεξαμενές Αερισμού** είναι δύο (2) τσιμεντένιες πλήρους μίξης ορθογώνιες δεξαμενές χωρητικότητας 1.000 m³ έκαστη. Ο αερισμός γίνεται με φυσητήρες στον πυθμένα της δεξαμενής (βλ. Εικόνα 2) καθώς και επιφανειακούς φυσητήρες (από τους 4 λειτουργεί ο ένας), οι οποίοι λειτουργούν όλο το 24ωρο. Οι φυσητήρες είναι έτσι τοποθετημένοι ώστε να μην καθιζάνει η ενεργός ιλύς στον πυθμένα της δεξαμενής. Στη δεξαμενή απονιτροποίησης έχουν τοποθετηθεί αναμεικτήρες, ώστε να διατηρείται σε αιώρηση το μίγμα λυμάτων βιομάζας και να μην δημιουργούνται αδρανής περιοχές. Κατάντη των δεξαμενών αερισμού υπάρχει αντλιοστάσιο ανακυκλοφορίας μικτού υγρού, σχεδιασμένο ώστε να εξυπηρετεί και τις δύο ανεξάρτητες γραμμές της βιολογικής επεξεργασίας.

Πέρα από τον αερισμό, τα υπό επεξεργασία λύματα υφίστανται και αποφωσφόρωση. Για αυτό το στάδιο, η εγκατάσταση έχει 3 δεξαμενές **Αποφωσφόρωσης** όγκου 56 m^3 έκαστη, στις οποίες για την αποτελεσματικότερη αφαίρεση του φωσφόρου έχουν τοποθετηθεί αναμεικτήρες, οι οποίοι λειτουργούν όλο το 24ωρο. Έπειτα, για περαιτέρω επεξεργασία τα λύματα οδηγούνται στις **Δεξαμενές Καθίζησης**. Η δευτεροβάθμια καθίζηση επιτυγχάνεται σε δύο κυκλικές δεξαμενές με ακτινικό ξέστρο χωρητικότητας 360 m^3 έκαστη. Μετά τις δεξαμενές καθίζησης, τα λύματα οδηγούνται μέσω καναλιού για την τελική τους επεξεργασία στη **Δεξαμενή Απολύμανσης**. Η απολύμανση επιτυγχάνεται με χλωρίωση και ειδικότερα με διάλυμα υποχλωριόδου νατρίου (NaOCl), έτσι ώστε στο τέλος να ανιχνεύεται υπολειμματικό χλώριο $0,3\text{-}0,5 \text{ mg/l}$. Τέλος, τα επεξεργασμένα λύματα διατίθενται μέσω αγωγού στο παρακείμενο ρέμα Αμύντα.

Ταυτόχρονα, η περίσσεια ιλύος από την πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια επεξεργασία μεταφέρεται μέσω αντλιών στη **Μονάδα Επεξεργασίας Ιλύος**. Αρχικά, οδηγείται στην **Τράπεζα Πάχυνσης**, όπου η πάχυνση επιτυγχάνεται με χρήση κατιονικού πολυηλεκτρολύτη (2kg/d) ως κροκιδωτικό μέσο. Η παχυμένη ιλύς αντλείται προς τη **Μονάδα Μηχανικής Αφυδάτωσης**. Η αφυδάτωση επιτυγχάνεται με ταινιοφιλτρόπρεσσα και χρήση κατιονικού πολυηλεκτρολύτη ως κροκιδωτικό μέσο (ενιαίο στάδιο με την πάχυνση). Τα υγρά υπερχειλίσματα από όλα τα στάδια επεξεργασίας της ιλύος επιστρέφουν μέσω του αντλιοστασίου συλλογής στο φρεάτιο εισόδου. Η παραγόμενη λάσπη διατίθεται σε οργανωμένο χώρο διάθεσης απορριμμάτων. Τέλος, να σημειωθεί ότι για την πλήρη και ολοκληρωμένη λειτουργία της, η ΕΕΛ διαθέτει όλες τις απαραίτητες κτηριακές δομές. (ΑΕΠΟ Αμυνταίου, 2011)

Άλλες πληροφορίες σχετικά με την εγκατάσταση

Σύμφωνα με τον υπεύθυνο της εγκατάστασης, στην ΕΕΛ Αμυνταίου δεν γίνεται χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την κάλυψη έστω μέρους της απαιτούμενης ενέργειας, ενώ γίνεται χρήση συμβατικού καυσίμου (200lt) για την λειτουργία γεννήτριας σε περίπτωση διακοπής του ηλεκτρικού ρεύματος από τον κεντρικό πάροχο (ΔΕΗ). Όπως αναφέρεται στην ΑΕΠΟ της ΕΕΛ του Δήμου Αμυνταίου, το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο θορύβου, που εκπέμπεται στο περιβάλλον από τη λειτουργία της ΕΕΛ, καθορίζεται σε 60 dB μετρούμενο στα όρια του οικοπέδου της εγκατάστασης. Επίσης, η εγκατάσταση βρίσκεται εντός του καταφυγίου Άγριας Ζωής «Αμπέλια» έκτασης 31.000 στρεμμάτων, καθώς και στα όρια της περιοχής «Λίμνες Βεγορίτιδα – Πετρών (SCI – GR 1340004)», η οποία έχει ενταχθεί στο Ευρωπαϊκό Οικολογικό Δίκτυο Natura 2000. Στο Δίκτυο Natura 2000 είναι ενταγμένη και η Λίμνη Πετρών, που είναι και ο τελικός αποδέκτης της εκροής της ΕΕΛ, η οποία έχει χαρακτηριστεί ως «ευαίσθητη» περιοχή, σύμφωνα με την ΚΥΑ $19661/1982/31.8.99$ (ΦΕΚ 1811/Β).

3. Δήμος Δίου Ολύμπου

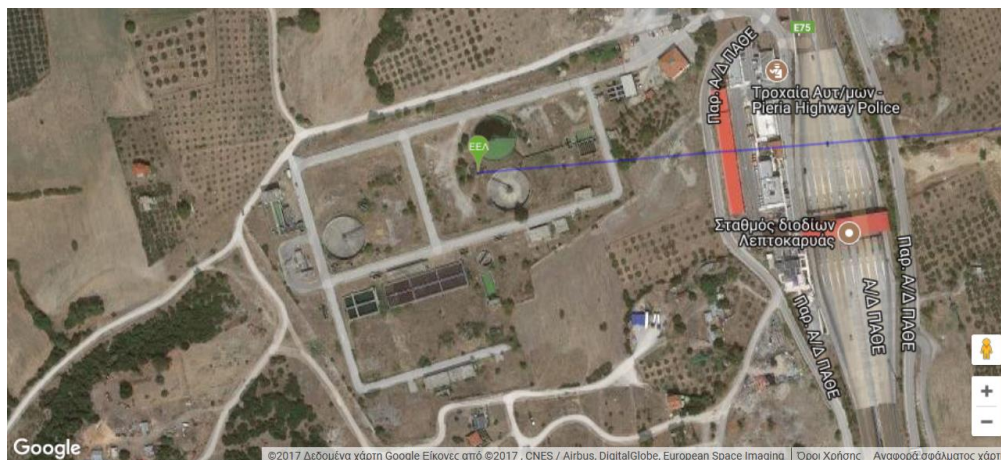
Γενικά στοιχεία και στοιχεία σχεδιασμού

Η Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων Λιτόχωρου (βλ. Εικόνα 3.5) λειτουργεί από τον Δεκέμβριο του 2012 και δέχεται κατά μέσο όρο 2.000 m^3 λυμάτων και βοθρολυμάτων την μέρα τον χειμώνα και 3.250 m^3 το καλοκαίρι. Η ΕΕΛ μπορεί να εξυπηρετήσει 68.900 ισοδύναμους κατοίκους από το Λιτόχωρο, τη Λεπτοκαρυά, την Σκοτίνα, τον Παντελεήμονα και τους Νέους Πόρους. Η εγκατάσταση έχει κατασκευαστεί σε έκταση 60 στρεμμάτων στην περιοχή ΟΤΑ Νότιας Πιερίας,

στη θέση «Διόδια» του Δ.Δ. Λεπτοκαρυάς του Νομού Πιερίας. Τελικός αποδέκτης των επεξεργασμένων λυμάτων είναι ο Θερμαϊκός Κόλπος (Α.Ε.Π.Ο. ΕΕΛ Λιτόχωρου, 2012).

Συνδεδεμένες βιομηχανίες - Επαναχρησιμοποίηση νερού

Σύμφωνα με τον υπεύθυνο της εγκατάστασης, η ΕΕΛ δεν δέχεται και δεν επεξεργάζεται βιομηχανικά λύματα. Επίσης, δεν γίνεται επαναχρησιμοποίηση της εκροής της εγκατάστασης για άρδευση.



Εικόνα 3.5 Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων Λιτόχωρου (πηγή www.ypeka.gr)

Ποιοτικά χαρακτηριστικά νερού

Στον Πίνακα 3.31 που ακολουθεί φαίνονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά εισόδου και εξόδου της ΕΕΛ για το 2016 (mg/L), όπως μας παραχωρήθηκαν από τον υπεύθυνο της εγκατάστασης και στον Πίνακα 3.32 φαίνονται τα όρια εκροής, όπως αναφέρονται στην Α.Ε.Π.Ο. για την ΕΕΛ στην ιστοσελίδα του ΥΠΕΚΑ.

Παράμετρος	Μέση Ημερήσια Συγκέντρωση	ΜΜ
BOD ₅	< 25	mg/l
COD	< 90	mg/l
Αιωρούμενα στερεά (SS)	< 25	mg/l
Καθιζάνοντα στερεά εντός 2 ωρών σε κώνο Imhoff	< 0,3	ml/l
Ολικό Άζωτο (TN)	< 10	mg/l
Αμμωνιακό Άζωτο N-NH ₄	≥ 2	mg/l
Ολικός Φώσφορος (TP)	< 7	mg/l
Λίπη – Έλαια	≤ 0,1	mg/l
Επιπλέοντα στερεά	0	mg/l

Πίνακας 3.31 Όρια εκροής ΕΕΛ Λιτόχωρου

Παράμετρος	Είσοδος	Έξοδος	ΜΜ
BOD ₅	450,0	12,0	mg/l
COD	520,0	10,0	mg/l
TSS	80,0	10,0	mg/l
T-N	18,0	7,0	mg/l
T-P	6,0	1,0	mg/l
pH	7,0	7,8	

Πίνακας 3.32 Ποιοτικά χαρακτηριστικά εισόδου και εξόδου ΕΕΛ Λιτόχωρου

Χαρακτηριστικά δεξαμενής αερισμού

Ο μέσος χρόνος υδραυλικής παραμονής στο σύνολο της εγκατάστασης είναι 5 ημέρες και στη δεξαμενή αερισμού το ελάχιστο 1 ώρα. Στον Πίνακα 3.33 που ακολουθεί αναφέρονται οι τιμές κάποιων χαρακτηριστικών παραμέτρων της διαδικασίας του αερισμού των λυμάτων, όπως αυτές παραχωρήθηκαν.

Παράμετρος	Τιμή	ΜΜ
Μέσος υδραυλικός χρόνος παραμονής	2	D
Ρυθμός επανακυκλοφορίας	100	%
Ηλικία ιλύος	45	D
MLSS	5.000	mg/l
Τυπική τιμή F/M	0.09	kg BOD/ kg MLVSS d

Πίνακας 3.33. Τιμές χαρακτηριστικών παραμέτρων κατά τον αερισμό των λυμάτων της ΕΕΛ Λιτόχωρου

Συνοπτική περιγραφή της εγκατάστασης

Στην εγκατάσταση γίνεται δευτεροβάθμιος καθαρισμός των λυμάτων με τη μέθοδο ενεργού ιλύος με παρατεταμένο αερισμό για την ταυτόχρονη νιτροποίηση – απονιτροποίηση του αμμωνιακού αζώτου και απολύμανση με χλωρίωση. Η ΕΕΛ απαρτίζεται από τις ακόλουθες μονάδες και κτιριακές δομές:

Μηχανική επεξεργασία: Μονάδα υποδοχής και προεπεξεργασίας βοθρολυμάτων • Φρεάτιο εισροής • Αντλιοστάσιο Ανύψωσης • Μονάδα Εσχάρωσης • Μονάδα Εξάμμιωσης • Δεξαμενή Πρωτοβάθμιας Καθίζησης

Βιολογική επεξεργασία: Δεξαμενή Αερισμού • Δεξαμενές Καθίζησης • Αντλιοστάσια ανακυκλοφορίας και περισσειας ιλύος

Τελική επεξεργασία: Χλωρίωση

Επεξεργασία λάσπης: Μονάδα Πάχυνσης • Μονάδα Αφυδάτωσης

Βοηθητικά κτίρια: Κτίριο διοίκησης/ αίθουσα ελέγχου/ εργαστήριο

Αναλυτική περιγραφή της εγκατάστασης

Η εγκατάσταση δέχεται κατά μέσω όρο 4 βυτία βοθρολυμάτων ημερησίως. Τα βοθρολύματα και τα λύματα που φτάνουν στην εγκατάσταση μέσω του δικτύου κεντρικών αποχετευτικών αγωγών (Κ.Α.Α.) εισέρχονται στο **Φρεάτιο Εισροής**. Με τέσσερεις (4) **Αντλίες Ανύψωσης**, οι οποίες λειτουργούν 3 ώρες την ημέρα, τα λύματα αντλούνται προς τη μονάδα εσχάρωση. Η **Μονάδα Εσχάρωσης** αποτελείται από μια αυτοκαθοριζόμενη εσχάρα και μια χειροκαθαριζόμενη εσχάρα, οι οποίες λειτουργούν 10 ώρες την ημέρα. Μετά την εσχάρωση τα λύματα οδηγούνται στη **Μονάδα Εξάμμιωσης**, η οποία αποτελείται από έναν εξαμμιωτή τύπου κοχλία, που λειτουργεί όλο το 24ωρο. Η παροχή του αέρα ανέρχεται στα 18m³/h. Από εκεί, τα προεπεξεργασμένα λύματα οδηγούνται στη **Δεξαμενή Πρωτοβάθμιας Καθίζησης**, η οποία έχει όγκο 3.560 m³. Η ιλύς που καθιζάνει στη χοάνη του πυθμένα των δεξαμενών απομακρύνεται για περαιτέρω επεξεργασία.

Στη συνέχεια, τα λύματα οδηγούνται στις Δεξαμενές Αερισμού, δηλαδή σε δύο (2) **Πλήρους μείξης** αναερόβιες δεξαμενές, χωρητικότητας περίπου 4.140 m³ έκαστη. Ο αερισμός γίνεται με φυσητήρες, ενώ υπάρχουν και αναδευτήρες για την συνεχή αιώρηση των σωματιδίων, την ομοιογένεια του συνόλου των λυμάτων και κατά συνέπεια την αποτελεσματικότερη επεξεργασία αυτών. Για την απομάκρυνση του οργανικού φορτίου οι φυσητήρες και οι αναδευτήρες λειτουργούν όλο το 24ωρο. Πέρα από τον αερισμό, τα υπό επεξεργασία λύματα υφίστανται και αποφωσφόρωση. Για την

αφαίρεση του φώσφορου, η εγκατάσταση διαθέτει δύο δεξαμενές **Αποφωσφόρωσης** όγκου 2.160 m^3 , η οποία λειτουργεί όλο το 24ωρο. Στη συνέχεια, για περαιτέρω επεξεργασία τα λύματα οδηγούνται στις **Δεξαμενές Τελικής Καθίζησης**. Η δευτεροβάθμια καθίζηση επιτυγχάνεται σε δύο (2) κυκλικές δεξαμενές με ακτινικό ξέστρο χωρητικότητας 3.560 m^3 έκαστη. Η ιλύς που καθιζάνει στη χοάνη του πυθμένα των δεξαμενών απομακρύνεται άμεσα, ώστε να καταλήξει είτε στις δεξαμενές αερισμού και είτε στους παχυντές για περαιτέρω επεξεργασία. Μετά τις δεξαμενές καθίζησης, τα επεξεργασμένα λύματα οδηγούνται στη **Δεξαμενή Χλωρίωσης** για την τελική τους επεξεργασία. Η απολύμανση επιτυγχάνεται με διάλυμα υποχλωριόδους Νατρίου (NaOCl), έτσι ώστε στο τέλος να ανιχνεύεται υπολειμματικό χλώριο $0,3\text{-}0,5\text{ml/l}$. Μετά τη χλωρίωση τα επεξεργασμένα πλέον λύματα οδηγούνται στο **Φρεάτιο Δειγματοληψίας** για τακτικό έλεγχο των χαρακτηριστικών τους και τελικά διατίθενται στον Θερμαϊκό Κόλπο.

Ταυτόχρονα, η περίσσεια ιλύος από όλα τα στάδια επεξεργασίας μεταφέρεται στη **Μονάδα Επεξεργασίας Ιλύος**. Αρχικά, οδηγείται για **Πάχυνσης** σε μια κυλινδρική δεξαμενή. Η παχυμένης ιλύος από τον πυθμένα των δεξαμενών αντλείται προς τη **Μονάδα Αφυδάτωσης**. Η αφυδάτωση επιτυγχάνεται με ταινιοφιλτρόπρεσσα, η οποία λειτουργεί 5 ώρες την ημέρα, και χρήση ισχυρού κατιονικού πολυηλεκτρολύτη (1.000kg/year) ως κροκιδωτικό μέσο. Το ποσοστό στερεών της αφυδατωμένης λάσπης είναι 25%. Τα υγρά υπερχειλίσματα απ' όλα τα στάδια επεξεργασίας της ιλύος καθώς και τα παραγόμενα στραγγίσματα από τα στάδια επεξεργασίας των λυμάτων επιστρέφουν στο φρεάτιο εισροής. Η επεξεργασμένη ιλύς διατίθεται σε νομίμως λειτουργούντα χώρο διάθεσης απορριμμάτων.

Άλλες πληροφορίες σχετικά με την εγκατάσταση

Το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο θορύβου που εκπέμπεται στο περιβάλλον από τη λειτουργία της ΕΕΛ καθορίζεται σε 55 dBA μετρούμενο στα όρια του οικοπέδου της εγκατάστασης.

4. Δήμος Ελασσόνας (ΔΕΥΑ Ελασσόνας)

Γενικά στοιχεία και στοιχεία σχεδιασμού

Η Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων της Ελασσόνας (βλ. Εικόνα 3.6.) λειτουργεί από το 2007 και έχει κατασκευαστεί σε έκταση $9,26$ στρεμμάτων σε απόσταση 500 m από τα όρια του σχεδίου πόλεως της Ελασσόνας στη θέση «Βοδιανά», ανάντη του χειμάρρου Ελασσονίτικου, ο οποίος είναι παραπόταμος του ποταμού Τιταρήσιου (Α.Ε.Π.Ο. ΕΕΛ Ελασσόνας, 2011) Στην εγκατάσταση οδηγούνται τα υγρά απόβλητα της Ελασσόνας, της Γαλανόβρυσης, του Σεφανόβουνου και του Τσαριτσάνη. Η ΕΕΛ δέχεται κατά μέσω όρο 614 m^3 λυμάτων την ημέρα το καλοκαίρι και 674 m^3 λυμάτων την ημέρα τον χειμώνα με δυναμικότητα $2.934\text{m}^3/\text{ημέρα}$ και ικανότητα να εξυπηρετεί 12.225 ισοδύναμους κατοίκους (Δήμος Ελασσόνας). Ο συνολικός προϋπολογισμός για την κατασκευή της ΕΕΛ του Δήμου Ελασσόνας ήταν $2.201.027,14$ ευρώ ενώ η τελική δαπάνη ανέρχεται στα $2.230.692,93$ ευρώ. Το έργο χρηματοδοτήθηκε 100% από την Ευρωπαϊκή Ένωση μέσω του ΠΕΠ Θεσσαλίας 1994 - 1999, το οποίο αποτέλεσε μέρος του Β'ΚΠΣ (Δ.Ε.Υ.Α. Ελασσόνας).



Εικόνα 3.6. Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων Ελασσόνας (πηγή www.ypeka.gr)

Συνδεδεμένες βιομηχανίες - Επαναχρησιμοποίηση νερού

Σύμφωνα με τον υπεύθυνο της εγκατάστασης η ΕΕΛ δεν δέχεται και δεν επεξεργάζεται βιομηχανικά λύματα και δεν γίνεται επαναχρησιμοποίηση του νερού της εγκατάστασης για άρδευση. Η ΕΕΛ δεν δέχεται βοθρολύματα, καθώς οι εξυπηρετούμενοι οικισμοί της περιοχής συνδέονται με την εγκατάσταση μέσω των αποχετευτικών τους δικτύων.

Ποιοτικά χαρακτηριστικά

Στον Πίνακα 3.34, που ακολουθεί, φαίνονται τα όρια εκροής, όπως αναφέρονται στην ιστοσελίδα της ΔΕΥΑ Ελασσόνας (www.deyael.gr), στην ενότητα “Τεχνικά Χαρακτηριστικά ΕΕΛ Ελασσόνας”. Επίσης, στον Πίνακα 3.35 φαίνονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά εισόδου και εξόδου της ΕΕΛ για το 2016 (mg/L), όπως παραχωρήθηκαν από τον υπεύθυνο της εγκατάστασης.

Παράμετρος	Μέση Ημερήσια Συγκέντρωση	ΜΜ
BOD ₅	< 20	mg/l
COD	< 80	mg/l
Αιωρούμενα στερεά (SS)	< 20	mg/l
Καθιζάνοντα στερεά εντός 2 ωρών σε κώνο Imhoff	< 0,3	ml/l
Ολικό Άζωτο TN	< 10	mg/l
Αμμωνιακό Άζωτο N-NH ₄	≤ 2	mg/l
Ολικός Φωσφόρος TP	< 4	mg/l
Λίπη – Έλαια	0	mg/l
Επιπλέοντα στερεά	0	
Διαλυμένο οξυγόνο (DO)	≤ 6	mg/l
Ολικά κολοβακτηριοειδή	< 500/100 ml (στο 80% των δειγμάτων)	

Πίνακας 3.34. Προδιαγραφές εξερχομένων λυμάτων ΕΕΛ Ελασσόνας προς διάθεση στον υδάτινο αποδέκτη

Παράμετρος	Είσοδος	Έξοδος	ΜΜ
BOD ₅	214	13	mg/l
COD	635	27	mg/l
TSS	195	25	mg/l
T-N	85	9	mg/l
T-P	11,0	2,5	mg/l
pH	7,20	7,05	

Πίνακας 3.35. Ποιοτικά χαρακτηριστικά εισόδου και εξόδου ΕΕΛ Ελασσόνας

Δεδομένα σχεδιασμού

Στον Πίνακα 3.36 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα δεδομένα σχεδιασμού της εγκατάστασης για το σύνολο των εισερχόμενων αστικών λυμάτων και για τις τρεις φάσεις λειτουργίας, όπως αναφέρονται στην Απόφαση Έγκρισης Π.Ο. για την ΕΕΛ Ελασσόνας στην Εθνική Βάση Δεδομένων των ΕΕΛ της χώρας, η οποία είναι αναρτημένη στην ιστοσελίδα του ΥΠΕΚΑ (www.ypeka.gr), στην ενότητα “Περιβάλλον - Διαχείριση Λυμάτων”.

Παράμετρος	Α΄ Φάση (1996)	Β΄ Φάση (2016)	Γ΄ Φάση (2016)	Μ.Μ.
Ισοδύναμος Πληθυσμός	9.077	12.225	16.465	Άτομα
Μέση ημερήσια παροχή	2.178	2.934	3.952	m ³ /d
BOD ₅	545	734	992	kg/d
Αιωρούμενα στερεά	726	978	1.316	kg/d
Ολικό Άζωτο	109	147	198	kg/d
Φώσφορος	36,1	48,9	66,5	kg/d

Πίνακας 3.36. Δεδομένα σχεδιασμού ΕΕΛ Ελασσόνας

Χαρακτηριστικά δεξαμενής αερισμού

Στον Πίνακα 3.37 που ακολουθεί αναφέρονται οι τιμές κάποιων χαρακτηριστικών παραμέτρων της διαδικασίας του αερισμού των λυμάτων, όπως αυτές μας δόθηκαν από τον υπεύθυνο λειτουργίας μέσω του ερωτηματολογίου.

Παράμετρος		Τιμή	ΜΜ
Μέσος υδραυλικός χρόνος παραμονής		15	Η
Ρυθμός επανακυκλοφορίας		100	%
Ηλικία ιλύος	Χειμώνα	16	D
	Καλοκαίρι	8	D
MLSS		3.500	mg/l
Τυπική τιμή F/M		0,30	kg BOD/ kg MLVSS d

Πίνακας 3.37. Τιμές χαρακτηριστικών παραμέτρων κατά τον αερισμό των λυμάτων της ΕΕΛ Ελασσόνας

Χαρακτηριστικά παραγόμενης ιλύος

Η παραγόμενη λυματολάσπη διατίθεται σε ΧΥΤΑ (94.000 kgDS/έτος). Στον Πίνακα 3.38 που ακολουθεί βλέπουμε το ποσοστό στερεών στην είσοδο και έξοδο των μονάδων επεξεργασίας ιλύος και στον Πίνακα 3.39 βλέπουμε την κατά μέσο όρο ποσότητα παραγόμενης ιλύος και υγρασίας στην είσοδο και έξοδο του συστήματος επεξεργασίας της, όπως μας δόθηκε από τον υπεύθυνο λειτουργίας μέσω του ερωτηματολογίου.

Μονάδα	Είσοδος	Έξοδος	ΜΜ
Πάχυνση	1	6	%
Αφυδάτωση	6	20	%

Πίνακας 3.38. Ποσοστό στερεών στις μονάδες επεξεργασίας ιλύος της ΕΕΛ Ελασσόνας

Παράμετρος	Είσοδος	Έξοδος	ΜΜ
Ιλύς		6.573	kgTS/week
Υγρασία	99	80	%

Πίνακας 3.39. Ποσότητα παραγόμενης ιλύος και υγρασίας της ΕΕΛ Ελασσόνας

Περιγραφή της εγκατάστασης

Στην εγκατάσταση, ο καθαρισμός των λυμάτων γίνεται σε δύο βαθμίδες επεξεργασίας με τη μέθοδο της ενεργούς ιλύος με παρατεταμένο αερισμό με ταυτόχρονη νιτροποίηση – απονιτροποίηση. Το σύστημα που περιγράφεται στη συνέχεια λειτουργεί αυτοματοποιημένα, μέσω κατάλληλων προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών (PLC) και παρακολουθείται

μέσω του ηλεκτρονικού συστήματος τηλεελέγχου SCADA. Η εγκατάσταση αποτελείται από τις εξής κύριες μονάδες (Δ.Ε.Υ.Α. Ελασσόνας):

Μονάδα προκαταρκτικής επεξεργασίας: Φρεάτιο εισόδου • Αντλιοστάσιο Αρχικής Ανύψωσης • Μονάδα Εσχάρωσης • Μονάδα Εξάμμωσης – Λιποσυλλογής

Μονάδα βιολογικής επεξεργασίας: Μεριστής • Μονάδα Αποφωσφόρισης • Μονάδα Αερισμού • Μονάδα Δευτεροβάθμιας Καθίζησης • Μονάδα μέτρησης παροχής εισροής τύπου Parshall • Αντλιοστάσια ανακυκλοφορίας/απομάκρυνσης λάσπης

Τελική επεξεργασία: Μονάδα Απολύμανσης • Φίλτρο παλινδρομικής γέφυρας • Αντλιοστάσιο και φρεάτιο εξόδου

Μονάδα επεξεργασίας ιλύος: Δεξαμενή συγκέντρωσης ιλύος • Μονάδα Πάχυνσης • Μονάδα Αφυδάτωσης • Αντλιοστάσιο στραγγιδίων

Κτίρια λειτουργίας: Κτίριο διοίκησης • Εργαστήριο

Αναλυτική περιγραφή εγκατάστασης

Τα ανεπεξέργαστα λύματα φτάνουν στην εγκατάσταση μέσω του δικτύου κεντρικών αποχετευτικών αγωγών (Κ.Α.Α.), όπου και συγκεντρώνονται στο **Φρεάτιο εισόδου**, το οποίο διαθέτει πιεζοθραυστική διάταξη. Από εκεί τα λύματα αντλούνται προς την **Μονάδα Προκαταρκτικής Επεξεργασίας** μέσω του **Αντλιοστασίου Αρχικής Ανύψωσης**, στο οποίο είναι εγκατεστημένες τρεις (3) υποβρύχιες αντλίες ανύψωσης λυμάτων, εκ των οποίων η μια είναι εφεδρική, και λειτουργούν 3 ώρες την ημέρα. Η μονάδα **Εσχάρωσης** αποτελείται από μια αυτοκαθοριζόμενη εσχάρα, η οποία λειτουργεί όλο το 24ωρο. Με την εσχάρα συγκρατούνται τυχόν μεγάλα υλικά, που εισέρχονται με τα λύματα στην εγκατάσταση. Μετά την εσχάρωση τα λύματα οδηγούνται στη **Μονάδα Εξάμμωσης – Λιποσυλλογής**. Για την απομάκρυνση και περισυλλογή της άμμου και των λιπιδίων, λειτουργεί επί 12 ώρες την ημέρα ένας αεριζόμενος αμμοσυλλέκτης –λιποσυλλέκτης. Τον αέρα στη μονάδα παρέχουν τρεις (3) υποβρύχιοι φυσητήρες, εκ των οποίων ο ένας είναι εφεδρικός. Η Πρωτοβάθμια προεπεξεργασία λαμβάνει χώρα εντός κτιρίου, το οποίο περιέχει σύστημα απόσμησης με φίλτρο ενεργού άνθρακα για την κατακράτηση των δυσάρεστων οσμών.

Μετά την εξάμμωση τα λύματα οδηγούνται στον **μεριστή**, όπου με υπερχειλίση μοιράζονται σε δύο ανεξάρτητες γραμμές επεξεργασίας. Κάθε γραμμή αποτελείται από μια δεξαμενή αποφωσφόρωσης, μια δεξαμενή απονιτροποίησης, μια επαμφοτερίζουσα δεξαμενή και μια δεξαμενή αερισμού, χωρητικότητας 225 m³, 450 m³, 450 m³ και 900 m³ αντιστοίχως. Σημειώνεται ότι οι δύο ανεξάρτητες γραμμές βιολογικής επεξεργασίας υπάρχουν για λόγους ευελιξίας στον τρόπο λειτουργίας της ΕΕΛ.

Αρχικά, τα υπό επεξεργασία λύματα υφίστανται βιολογική αποφωσφόρωση στις δεξαμενές **Αποφωσφόρωσης**, οι οποίες λειτουργούν ταυτόχρονα και ως βιοεπιλογέας. Τα λύματα παραμένουν για πάνω από μια ώρα στις δεξαμενές, όπου με αναερόβιες συνθήκες επιτυγχάνεται η απομάκρυνση του φωσφόρου. Οι αναδευτήρες της δεξαμενής λειτουργούν όλο το 24ωρο. Στη συνέχεια, τα λύματα οδηγούνται στη **Μονάδα Αερισμού**, η οποία αποτελείται από ορθογώνιες δεξαμενές εμβολικής ροής. Έτσι, τα λύματα από τις δεξαμενές αποφωσφόρωσης και μέσω υποβρύχιων οπών οδηγούνται στην ανοξική **Δεξαμενή Απονιτροποίησης**, όπου και μετατρέπονται οι νιτρικές ενώσεις. Στη συνέχεια, τα λύματα περνάνε

στην επαμφοτερίζουσα δεξαμενή. Η **Επαμφοτερίζουσα Δεξαμενή** προσδίδει ευελιξία στην επεξεργασία των λυμάτων, μιας και μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε ως ανοξική ζώνη της δεξαμενής απονιτροποίησης είτε ως το πρώτο αερόβιο τμήμα των δεξαμενών αερισμού, όταν η παροχή των λυμάτων είναι μικρή. Στη δεύτερη περίπτωση, το οξυγόνο τροφοδοτείται από λοβοειδείς φυσητήρες μέσω των διαχυτών λεπτής φυσαλίδας.

Ακολούθως, τα υπό επεξεργασία λύματα οδηγούνται στη **Δεξαμενή Αερισμού**. Ο αερισμός γίνεται με λοβοειδείς φυσητήρες μέσω διαχυτών λεπτής φυσαλίδας, οι οποίοι λειτουργούν όλο το 24ωρο. Έτσι, γίνεται πλήρης αποικοδόμηση και ανοργανοποίηση του ρυπαντικού φορτίου των λυμάτων. Επίσης, σταθεροποιείται η ιλύς και επεξεργάζεται η αζωτούχος ρύπανση, ενώ λόγω της αυξημένης ποσότητας οξυγόνου και της ροής βύσματος (plug flow) που δημιουργείται επιτυγχάνεται αποτελεσματικά η νιτροποίηση. Στη δεξαμενή υπάρχουν και αναδευτήρες για την επίτευξη συνεχής αιώρησης των σωματιδίων, ομοιογένειας του συνόλου των λυμάτων και κατά συνέπεια την αποτελεσματικότερη επεξεργασία αυτών. Από τις δεξαμενές αερισμού μεταφέρεται ικανή ποσότητα λυμάτων στις δεξαμενές απονιτροποίησης, ενώ τα λύματα για περαιτέρω επεξεργασία υπερχειλίζουν προς τις **Δεξαμενές Τελικής Καθίζησης**. Η δευτεροβάθμια καθίζηση πραγματοποιείται σε δύο κυκλικής διατομής δεξαμενές με ακτινικό ξέστρο χωρητικότητας 690 m³ έκαστη. Όπως αναφέρεται στον ιστότοπο της ΔΕΥΑΕΛ (<http://deyael.gr>) στην ενότητα «ΕΕΛ Ελασσόνας: Μέθοδος Επεξεργασίας Λυμάτων ΕΕΛ Ελασσόνας», η λάσπη που καθιζάνει ανακυκλοφορεί προς τις δεξαμενές αποφωσφόρωσης, μέσω των αντλιοστασίων ανακυκλοφορίας/απομάκρυνσης λάσπης. Η ανακυκλοφορία λάσπης είναι σημαντική γιατί διατηρεί σταθερή τη συγκέντρωση ενεργού ιλύος στο σύστημα αερισμού. Η πλεονάζουσα λάσπη απομακρύνεται μέσω των αντλιών απομάκρυνσης περίσσειας λάσπης προς την δεξαμενή συγκέντρωσης λάσπης.

Μετά τις δεξαμενές καθίζησης, τα λύματα οδηγούνται μέσω καναλιού τύπου Parshall στη **Δεξαμενή Απολύμανσης** για την τελική τους επεξεργασία. Η απολύμανση επιτυγχάνεται αρχικά με χλωρίωση και ειδικότερα με διάλυμα υποχλωριόδους νατρίου (NaOCl), και στη συνέχεια με αποχλωρίωση, όπου προστίθεται υπό ανάδευση κατάλληλο διάλυμα μεταθειώδους νατρίου (Bisulfite - Na₂S₂O₅), ώστε να μετατραπεί το υπολειμματικό χλώριο σε υδροχλώριο. Έπειτα, τα λύματα υπερχειλίζουν στο **Αντλιοστάσιο Εξόδου**. Από εκεί μέσω υποβρύχιων αντλιών προωθούνται στο φίλτρο παλινδρομικής γέφυρας, όπου κατακρατούνται τυχόν αιωρούμενα σωματίδια που διαφεύγουν από την εγκατάσταση. Ότι κατακρατείται επιστρέφει με συνεχή έκπλυση στην εγκατάσταση για περαιτέρω επεξεργασία, ενώ τα επεξεργασμένα πλέον λύματα οδηγούνται στο φρεάτιο εξόδου και από εκεί στον υδάτινο αποδέκτη, δηλαδή στον χείμαρρο Ελασσονίτικο.

Ταυτόχρονα, η περίσσεια ιλύος από την πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια επεξεργασία μεταφέρεται μέσω αντλιών στη **Μονάδα Επεξεργασίας Ιλύος**. Αρχικά, η ιλύς οδηγείται στην δεξαμενή συγκέντρωσης ιλύος, όπου αποθηκεύεται υπό ανάμιξη και αερόβιες συνθήκες. Στη συνέχεια, οδηγείται στην **Μονάδα Πάχυνσης**, η οποία αποτελείται από μια τράπεζα μηχανικής πάχυνσης Andritz VS15IC, που λειτουργεί 6 ώρες την ημέρα. Από εκεί η παχυμένη ιλύς αντλείται προς τη **Μονάδα Μηχανικής Αφυδάτωσης**. Η αφυδάτωση επιτυγχάνεται στο συγκρότημα ταινιοφιλτρόπρεσσας του οίκου Andritz VS15IC με χρήση κατιονικού πολυηλεκτρολύτη ως κροκιδωτικό μέσο (20kg/10 ημέρες λειτουργίας) και

λειτουργεί 6 ώρες την ημέρα. Εκεί η ιλύς συμπυκνώνεται και απομακρύνεται με την βοήθεια μεταφορικού κοχλίου. Τα στραγγίδια που προκύπτουν, οδηγούνται στο αντλιοστάσιο στραγγιδίων και από εκεί πίσω στο φρεάτιο εισόδου.

Για την πλήρη και ολοκληρωμένη λειτουργία της, η ΕΕΛ διαθέτει όλες τις απαραίτητες κτηριακές δομές. Για την εύρυθμη λειτουργία της ΕΕΛ γίνονται, μέσω κατάλληλων αισθητήρων, τακτικές μετρήσεις διάφορων παραμέτρων, όπως η στάθμη, η παροχή, το διαλυμένο οξυγόνο και το υπολειμματικό χλώριο. Στο εργαστήριο της εγκατάστασης υπάρχει: Φασματοφωτόμετρο - Συσκευή θέρμανσης - Συσκευή διατήρησης δειγμάτων σε σταθερή θερμοκρασία 200C - Φορητό χλωριόμετρο - Φορητό pH-μετρο - Φορητό οξυγονόμετρο – Γυάλινοι ογκομετρικοί κύλινδροι διαφόρων διαβαθμίσεων.

Άλλες πληροφορίες σχετικά με την εγκατάσταση

Για την ομαλή λειτουργία της ΕΕΛ Ελασσόνας στην εγκατάσταση απασχολούνται δύο Εγκαταστάτες Υδραυλικοί και ένας Διπλωματούχος Μηχανολόγος Μηχανικός, οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για την συντήρηση των μονάδων της εγκατάστασης, την αποκατάσταση τυχών βλαβών και όποιων άλλων εργασιών σχετίζονται με την εγκατάσταση (Δ.Ε.Υ.Α. Ελασσόνας).

5. Δήμος Θάσου (ΔΕΥΑ Θάσου)

Γενικά στοιχεία και στοιχεία σχεδιασμού

Η Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων και Βοθρολυμάτων Θάσου (βλ. Εικόνα 3.7) βρίσκεται δυτικά του Λιμένα Θάσου, σε έκταση 10 στρεμμάτων στην περιοχή Νυστέρι και λειτουργεί τα τελευταία 8 χρόνια. Στην ΕΕΛ οδηγούνται τα λύματα της πόλης του Λιμένα Θάσου και τα βοθρολύματα από το σύνολο των οικισμών του νησιού. Η εγκατάσταση δέχεται την ημέρα κατά μέσω όρο 1.600 m³ λυμάτων το καλοκαίρι και 700 m³ λυμάτων τον χειμώνα, ισοδύναμου πληθυσμού 4.500 και 3.500 ατόμων αντιστοίχως, ενώ η δυναμικότητα της εγκατάστασης ανέρχεται στους 15.000 ισοδύναμους κατοίκους. Αποδέκτης στον οποίο διατίθενται τα επεξεργασμένα λύματα είναι ο Δίαυλος Θάσου, δηλαδή το Βόρειο Αιγαίο Πέλαγος (ΔΕΥΑ Θάσου – GIS; <http://www.miper.gr/el/node/73>)



Εικόνα 3.7. Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων Θάσου (πηγή www.ypeka.gr)

Συνδεδεμένες βιομηχανίες - Επαναχρησιμοποίηση νερού

Σύμφωνα με τον υπεύθυνο της εγκατάστασης, δεν γίνεται επαναχρησιμοποίηση του νερού της εγκατάστασης για άρδευση. Επίσης, η ΕΕΛ δεν δέχεται και δεν επεξεργάζεται υγρά απόβλητα από βιομηχανικές μονάδες.

Ποιοτικά χαρακτηριστικά

Στον Πίνακα 3.40 φαίνονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά εισόδου και εξόδου της ΕΕΛ για το 2016 (mg/L), όπως μας παραχωρήθηκαν από τον υπεύθυνο της εγκατάστασης.

Παράμετρος	BOD ₅	COD	TSS	T-N	T-P	pH	MM
Είσοδος	250	320	200	210	3,0	8,0	mg/l
Έξοδος	15	22	10	3	0,2	7,8	mg/l

Πίνακας 3.40. Ποιοτικά χαρακτηριστικά εισόδου και εξόδου ΕΕΛ Θάσου

Χαρακτηριστικά δεξαμενής αερισμού

Ο μέσος χρόνος υδραυλικής παραμονής στο σύνολο της εγκατάστασης το καλοκαίρι είναι 2 ημέρες. Στον Πίνακα 3.41 που ακολουθεί αναφέρονται οι τιμές κάποιων χαρακτηριστικών παραμέτρων της διαδικασίας του αερισμού των λυμάτων, όπως αυτές μας δόθηκαν από τον υπεύθυνο λειτουργίας μέσω του ερωτηματολογίου.

Παράμετρος	Τιμή	MM
Μέσος υδραυλικός χρόνος παραμονής	20	H
Ρυθμός επανακυκλοφορίας	120	%
Ηλικία ιλύος	24	D
MLSS	3.000	mg/l
Τυπική τιμή F/M	0,07	kg BOD/ kg MLVSS d

Πίνακας 3.41. Τιμές χαρακτηριστικών παραμέτρων κατά τον αερισμό των λυμάτων της ΕΕΛ Θάσου

Συνοπτική περιγραφή της εγκατάστασης

Στην εγκατάσταση, ο καθαρισμός των λυμάτων γίνεται σε δύο βαθμίδες επεξεργασίας με τη μέθοδο της ενεργού ιλύος με παρατεταμένο αερισμό και ταυτόχρονη βιολογική απομάκρυνση αζώτου και φωσφόρου (πλήρης νιτροποίηση, υψηλός βαθμός απονιτροποίησης και αποφωσφόρωσης). Η εγκατάσταση αποτελείται από τις εξής κύριες μονάδες:

Μηχανική επεξεργασία: Φρεάτιο άφιξης • Αντλιοστάσιο ανύψωσης • Μονάδα προεπεξεργασίας βοθρολυμάτων • Μονάδα προκαταρκτικής επεξεργασίας λυμάτων

Βιολογική επεξεργασία: Μονάδα Αερισμού • Μονάδα Αποφωσφόρισης • Μονάδα Δευτεροβάθμιας Καθίζησης

Τελική επεξεργασία: Δεξαμενή Απολύμανσης

Επεξεργασία λάσπης: Μονάδα Αφυδάτωσης

Κτίρια λειτουργίας: Κτίριο διοίκησης

Αναλυτική περιγραφή της εγκατάστασης

Η ΕΕΛ Θάσου δέχεται από την ευρεία περιοχή κατά μέσω όρο 6 βυτία βοθρολυμάτων ημερησίως, τα οποία εκκενώνονται και συλλέγονται κοντά στην είσοδο της εγκατάστασης στη **Μονάδα Προεπεξεργασίας Βοθρολυμάτων**, η οποία είναι μια Compact μονάδα με εσχάρωση και αμμοσυλλογή των βοθρολυμάτων. Από εκεί τα βοθρολύματα διοχετεύονται βαθμιαία στο **Φρεάτιο εισόδου**, όπου φτάνουν και τα ανεπεξέργαστα λύματα μέσω του δικτύου κεντρικών αποχετευτικών αγωγών (Κ.Α.Α.).

Στη συνέχεια, τα λύματα οδηγούνται στη **Μονάδα Προκαταρκτικής Επεξεργασίας** μέσω του **Αντλιοστασίου Ανύψωσης**, στο οποίο είναι εγκατεστημένες τρεις (3) αντλίες ανύψωσης λυμάτων, οι οποίες λειτουργούν 8 ώρες την ημέρα. Η μονάδα **Εσχάρωσης** αποτελείται από μια αυτοκαθοριζόμενη κυλινδρική με κλίση εσχάρα. Μετά την εσχάρωση

τα λύματα οδηγούνται στη **Μονάδα Εξάμμωσης-Λιποσυλλογής**, η οποία αποτελείται από έναν αεριζόμενο αμμοσυλλέκτη (δεξαμενή εξάμμωσης) και μια γέφυρα, για την απομάκρυνση των λιπών προς το φρεάτιο περισυλλογής. Μετά την εξάμμωση τα λύματα οδηγούνται στις δεξαμενές αερισμού.

Οι **Δεξαμενές Αερισμού** είναι τρεις (3) πλήρους μίξης δεξαμενές χωρητικότητας 400 m^3 έκαστη (βλ. Εικόνα 3). Ο αερισμός γίνεται με φυσητήρες στον πυθμένα της δεξαμενής, οι οποίοι λειτουργούν 10 ώρες την ημέρα. Επίσης, υπάρχουν αναδευτήρες για την συνεχή αιώρηση των σωματιδίων, την ομοιογένεια του συνόλου των λυμάτων και κατά συνέπεια την αποτελεσματικότερη επεξεργασία αυτών, οι οποίοι λειτουργούν όλο το 24ωρο. Πέρα από τον αερισμό, τα υπό επεξεργασία λύματα υφίστανται και αποφωσφόρωση. Για αυτό το στάδιο, η εγκατάσταση έχει 2 δεξαμενές **Αποφωσφόρωσης** όγκου 150 m^3 έκαστη. Οι αναδευτήρες της δεξαμενής λειτουργούν όλο το 24ωρο. Έπειτα, για περαιτέρω επεξεργασία τα λύματα οδηγούνται στις **Δεξαμενές Καθίζησης**. Η δευτεροβάθμια καθίζηση επιτυγχάνεται σε δύο κυκλικές δεξαμενές με ακτινικό ξέστρο χωρητικότητας 500 m^3 έκαστη. Μετά τις δεξαμενές καθίζησης, τα λύματα οδηγούνται μέσω καναλιού στη **Δεξαμενή Απολύμανσης** για την τελική τους επεξεργασία. Η απολύμανση επιτυγχάνεται σε μαιανδρική δεξαμενή χλωρίωση και ειδικότερα με διάλυμα υποχλωριόδου νατρίου (NaOCl). Τέλος, τα επεξεργασμένα λύματα διατίθενται μέσω αγωγού στον υδάτινο αποδέκτη.

Ταυτόχρονα, η περίσσεια ιλύος που προκύπτει από την επεξεργασία των λυμάτων μεταφέρεται μέσω αντλιών στη **Μονάδα Μηχανικής Αφυδάτωσης**. Η ημερήσια ποσότητα δευτεροβάθμιας ιλύος είναι κατά μέσο όρο 1.200 kg και το ποσοστό των στερεών της ανέρχεται στο 13%. Η αφυδάτωση της ιλύος επιτυγχάνεται με ταινιοφιλτρόπρεσσα και χρήση κατιονικού πολυηλεκτρολύτη (2 kg/m^3 παραγόμενης ιλύος) ως κροκιδωτικό μέσο. Η παραγόμενη λάσπη διατίθεται σε αρμόδιο φορέα και τα υγρά υπερχειλίσματα από την επεξεργασία της ιλύος επιστρέφουν στο φρεάτιο εισόδου. Τέλος, να σημειωθεί ότι η ΕΕΛ διαθέτει όλες τις απαραίτητες κτηριακές δομές για την πλήρη και ολοκληρωμένη λειτουργία της.

Άλλες πληροφορίες σχετικά με την εγκατάσταση

Σύμφωνα με τον υπεύθυνο της εγκατάστασης, στην ΕΕΛ Θάσου γίνεται χρήση πετρελαίου για την λειτουργία του Η/Ζ σε περίπτωση διακοπής του ηλεκτρικού ρεύματος από τον κεντρικό πάροχο (ΔΕΗ).

6. Δήμος Θηβαίων (ΔΕΥΑ Θήβας)

Γενικά στοιχεία και στοιχεία σχεδιασμού

Η Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων Θήβας (βλ. Εικόνα 3.8) λειτουργεί από το 2003 και έχει κατασκευαστεί σε έκταση 55 στρεμμάτων, $1,6 \text{ km}$ ανατολικά της παρακαμπτήριου της Εθνικής Οδού -Θήβας, στη θέση Χοροβοϊβόδα. Η ΕΕΛ δέχεται κατά μέσο όρο 7.800 m^3 λυμάτων την ημέρα το καλοκαίρι και 9.020 m^3 λυμάτων την ημέρα τον χειμώνα και έχει τη δυνατότητα να εξυπηρετήσει 40.000 ισοδύναμους κατοίκους. Στην εγκατάσταση οδηγούνται τα λύματα της Θήβας καθώς και βοθρολύματα γειτονικών οικισμών. Τα επεξεργασμένα λύματα επαναχρησιμοποιούνται για άρδευση (Α.Ε.Π.Ο. ΕΕΛ Θήβας, 2016).

Συνδεδεμένες βιομηχανίες - Επαναχρησιμοποίηση νερού

Η ΕΕΛ δέχεται και επεξεργάζεται μικρές ποσότητες υγρών αποβλήτων από βιομηχανικές μονάδες της περιοχής, χωρίς υπέρβαση της δυναμικότητάς της. Σύμφωνα με τον υπεύθυνο της εγκατάστασης, γίνεται επαναχρησιμοποίηση του

επεξεργασμένου νερού για άρδευση γεωργικών εκτάσεων καλλιεργειών που προορίζονται για ζωοτροφές. Η ποιότητα του νερού προς διάθεση (επαναχρησιμοποίηση) φαίνεται στον Πίνακα 3.42 που ακολουθεί.

TC/100ml	FC/100ml Ecoli	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	TN (mg/l)	P (mg/l)
20	0	6	30	1,9	0,7

Πίνακας 3.42. Ποιοτικά χαρακτηριστικά νερού της ΕΕΛ Θήβας προς διάθεση κατά τη διάρκεια του 2016



Εικόνα 3.8. Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων Θήβας (πηγή www.ypeka.gr)

Δεδομένα σχεδιασμού

Στον Πίνακα 3.43, που ακολουθεί, παρουσιάζονται τα δεδομένα σχεδιασμού της εγκατάστασης για το σύνολο των εισερχόμενων αστικών λυμάτων, όπως αναφέρονται στην Απόφαση Έγκρισης Π.Ο. της ΕΕΛ Θηβών.

Παράμετρος	Α' φάση	Μ.Μ.
Ισοδύναμος Πληθυσμός	40.000	Κάτοικοι
Μέση ημερήσια παροχή	6.000	m ³ /d
Παροχή αιχμής	265	l/s
BOD ₅	417	mg/l
Αιωρούμενα στερεά (TSS)	567	mg/l
Ολικό Άζωτο	25	mg/l

Πίνακας 3.43. Δεδομένα σχεδιασμού ΕΕΛ Θήβας

Ποιοτικά χαρακτηριστικά

Στον Πίνακα 3.44 που ακολουθεί φαίνονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά εισόδου και εξόδου της ΕΕΛ για το 2016 (mg/L), όπως μας παραχωρήθηκαν από την υπεύθυνη της εγκατάστασης και στον Πίνακα 3.45 φαίνονται τα όρια εκροής, όπως αυτά αναφέρονται στην Α.Ε.Π.Ο. για την ΕΕΛ Θήβας στη βάση δεδομένων της Ειδικής Γραμματείας Υδάτων στην ιστοσελίδα του ΥΠΕΚΑ (<http://astikalimata.ypeka.gr>).

Παράμετρος	Είσοδος	Έξοδος	ΜΜ
BOD ₅	282,0	5,3	mg/l
COD	723,0	27,0	mg/l
TSS	281,0	4,3	mg/l
T-N	94,0	6,6	mg/l
T-P	35,80	1,54	mg/l
pH	7,9	7,2	

Πίνακας 3.44. Ποιοτικά χαρακτηριστικά εισόδου και εξόδου ΕΕΛ Θήβας

Παράμετρος	Μέση Ημερήσια Συγκέντρωση	MM
BOD ₅	≤ 20	mg/l
COD	≤ 80	mg/l
Αιωρούμενα στερεά (SS)	≤ 20	mg/l
Ολικό Άζωτο TN	≤ 15	mg/l
Αμμωνιακό Άζωτο N-NH ₄	≤ 2	mg/l
Ολικός Φωσφόρος	≤ 2	mg/l
Λίπη – Έλαια	0	mg/l
Επιπλέοντα στερεά	0	mg/l
Διαλυμένο οξυγόνο (DO)	≥ 3	mg/l
Υπολειμματικό χλώριο	≤ 0,5	mg/l
Θολότητα	≤ 2	NTU
Ecoli	≤ 200/100 ml	
Ολικά κολοβακτηριοειδή	≤ 1.000/100 ml	

Πίνακας 3.45. Προδιαγραφές εξερχομένων λυμάτων ΕΕΛ Θήβας προς διάθεση στον υδάτινο αποδέκτη

Χαρακτηριστικά δεξαμενής αερισμού

Ο μέσος χρόνος υδραυλικής παραμονής στο σύνολο της εγκατάστασης είναι 20 d. Στον Πίνακα 3.46 που ακολουθεί αναφέρονται οι τιμές κάποιων χαρακτηριστικών παραμέτρων της διαδικασίας του αερισμού των λυμάτων, όπως αυτές μας δόθηκαν από την υπεύθυνη λειτουργίας μέσω του ερωτηματολογίου.

Παράμετρος	Τιμή	MM
Μέσος υδραυλικός χρόνος παραμονής	24	h
Ρυθμός επανακυκλοφορίας	13.530	m ³ /d
Ηλικία ιλύος	20	d
MLSS	4.800	mg/l
Τυπική τιμή F/M	1,6	kg BOD/ kg MLVSS/d

Πίνακας 3.46. Τιμές χαρακτηριστικών παραμέτρων κατά τον αερισμό των λυμάτων ΕΕΛ Θήβας

Χαρακτηριστικά παραγόμενης ιλύος

Η παραγόμενη λυματολάσπη διατίθεται σε χωματερή. Το ποσοστό στερεών της αφυδατωμένης ιλύος είναι 13%. Στον Πίνακα 3.47 που ακολουθεί βλέπουμε την κατά μέσο όρο ποσότητα παραγόμενης ιλύος και υγρασίας στην είσοδο και έξοδο του συστήματος επεξεργασίας της, όπως μας δόθηκε από τον υπεύθυνο λειτουργίας μέσω του ερωτηματολογίου.

Παράμετρος	Είσοδος	MM	Έξοδος	MM
Ιλύς	156	kg/h	610	TN/year
Υγρασία			87	%

Πίνακας 3.47. Ποσότητα παραγόμενης ιλύος και υγρασίας ΕΕΛ Θήβας

Συνοπτική περιγραφή της εγκατάστασης

Στην εγκατάσταση, ο καθαρισμός των λυμάτων γίνεται σε τρεις βαθμίδες επεξεργασίας με τη μέθοδο της ενεργούς ιλύος με παρατεταμένο αερισμό και ταυτόχρονη νιτροποίηση – απονιτροποίηση, με πλήρη σταθεροποίηση της ιλύος. Η εγκατάσταση αποτελείται από τις εξής κύριες μονάδες:

Πρωτοβάθμια επεξεργασία: Δεξαμενή υποδοχής βοθρολυμάτων • Φρεάτιο εισόδου • Αντλιοστάσιο Αρχικής Ανύψωσης • Μονάδα Εσχάρωσης • Μονάδα Εξάμμωσης

Δευτεροβάθμια (βιολογική) επεξεργασία: Μονάδα Αερισμού • Δεξαμενή Αποφωσφόρισης • Μονάδα Δευτεροβάθμιας Καθίζησης • Αντλιοστάσιο ανακυκλοφορίας και περίσσειας ιλύος

Τριτοβάθμια επεξεργασία: Περιστρεφόμενα φίλτρα

Τελική επεξεργασία: Μονάδα Απολύμανσης

Μονάδα επεξεργασίας ιλύος: Μονάδα Πάχυνσης • Μονάδα Αφυδάτωσης

Κτίρια λειτουργίας: Κτίριο διοίκησης

Αναλυτική περιγραφή της εγκατάστασης

Κοντά στην είσοδο της εγκατάστασης και το φρεάτιο άφιξης των λυμάτων συναντάται η **Δεξαμενή Υποδοχής Βοθρολυμάτων**. Η ΕΕΛ Θήβας δέχεται κατά μέσω όρο 6,5 βυτία βοθρολυμάτων ημερησίως. Τα βοθρολύματα και τα ανεπεξέργαστα λύματα, που φτάνουν στην εγκατάσταση μέσω του δικτύου κεντρικών αποχετευτικών αγωγών (Κ.Α.Α.) εισέρχονται αρχικά στο **Φρεάτιο εισόδου**, το οποίο διαθέτει πιεζοθραυστική διάταξη. Από εκεί τα λύματα οδηγούνται στο **Αντλιοστασίον Ανύψωσης**, στο οποίο είναι εγκατεστημένες τρεις (3) κοχλιωτές αντλίες ανύψωσης λυμάτων, οι οποίες λειτουργούν 3 με 4 ώρες την ημέρα, και αντλούν τα λύματα προς τη μονάδα προκαταρκτικής επεξεργασίας.

Η **Μονάδα Εσχάρωσης** αποτελείται από μια μηχανική εσχάρα, που λειτουργεί 3 με 4 ώρες την ημέρα. Στην εσχάρα συγκρατούνται τυχόν μεγάλα στερεά, όπως πέτρες και ξύλα, που εισέρχονται με τα λύματα στην εγκατάσταση. Τα συλλεγόμενα εσχαρίσματα συμπιέζονται μηχανικά και αποθηκεύονται προσωρινά στο κτίριο της εσχάρωσης. Μετά την εσχάρωση τα λύματα οδηγούνται στη **Μονάδα Εξάμμιωσης**. Η εξάμμιωση αποτελείται από έναν δίδυμο αεριζόμενο αμμοσυλλέκτη, για την απομάκρυνση και περισυλλογή της άμμου με διάμετρο μεγαλύτερη των 0,2 mm, ο οποίος λειτουργεί όλο το 24ωρο. Η συλλεγόμενη άμμος στραγγίζεται και τα στραγγίσματα που προκύπτουν επιστρέφουν στο φρεάτιο εισόδου. Η παροχή αέρα στη δεξαμενή ανέρχεται τα 70m³ αέρα την ώρα.

Στη συνέχεια, τα προεπεξεργασμένα λύματα υφίστανται βιολογική επεξεργασία, όπως αυτή αναλύεται παρακάτω. Η Δευτεροβάθμια επεξεργασία αποτελείται από τις Δεξαμενές Αερισμού, την Δεξαμενή Αποφωσφόρωσης, τις Δεξαμενές Δευτεροβάθμιας Καθίζησης και την Δεξαμενή Απολύμανσης. Ο αερισμός των λυμάτων γίνεται σε δύο **Οξειδωτικές τάφρους** χωρητικότητας 4.800m³ έκαστη, στις οποίες επιτυγχάνεται παρατεταμένος αερισμός της ενεργού ιλύος με φυσητήρες. Κάθε δεξαμενή έχει τρεις (3) φυσητήρες (σύνολο 6), καθώς και αναδευτήρες για την συνεχή αιώρηση των σωματιδίων, την ομοιογένεια του συνόλου των λυμάτων και κατά συνέπεια την αποτελεσματικότερη επεξεργασία αυτών. Οι ώρες λειτουργίας των φυσητήρων ποικίλουν ανάλογα με το χρονοπρόγραμμα του οξυγόνου. Σε αυτό το στάδιο επιτυγχάνεται απομάκρυνση του οργανικού φορτίου και ταυτόχρονη νιτροποίηση-απονιτροποίηση του αμμωνιακού αζώτου, καθώς και σταθεροποίηση της περίσσειας ιλύος.

Πέρα από τον αερισμό, τα υπό επεξεργασία λύματα υφίστανται και αποφωσφόρωση. Για την αφαίρεση του φώσφορου, η εγκατάσταση διαθέτει μια δεξαμενή **Αποφωσφόρωσης** όγκου 1.300 m³, η οποία λειτουργεί όλο το 24ωρο. Στη συνέχεια, για περαιτέρω επεξεργασία τα λύματα οδηγούνται στις **Δεξαμενές Καθίζησης**. Η δευτεροβάθμια καθίζηση επιτυγχάνεται σε δύο κυκλικές δεξαμενές με ξέστρο χωρητικότητας 1.680 m³ έκαστη, όπου η ιλύς με βαρύτητα καθιζάνει στον πυθμένα των δεξαμενών. Από τις δεξαμενές καθίζησης, τα λύματα περνάνε στα **Περιστρεφόμενα φίλτρα** για περαιτέρω επεξεργασία και από εκεί οδηγούνται στη **Δεξαμενή Απολύμανσης** για την τελική τους επεξεργασία. Αρχικά, επιτυγχάνεται απολύμανση με διάλυμα υποχλωριόδου νατρίου (NaOCl) και στη συνέχεια ακολουθεί η αποχλωρίωση

των χλωριωμένων λυμάτων. Τελικά, τα επεξεργασμένα πλέον λύματα διατίθενται για άρδευση γεωργικών εγκαταστάσεων καλλιεργειών που προορίζονται για ζωοτροφές.

Ταυτόχρονα, η περίσσεια ιλύος από την πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια επεξεργασία μεταφέρεται στη **Μονάδα Επεξεργασίας Ιλύος**. Η εισερχόμενη ποσότητά ιλύος στη μονάδα ανέρχεται κατά μέσο όρο στα 156 kg/h. Εκεί, σε κλειστές δεξαμενές, η ιλύς υφίσταται μηχανική **πάχυνση** (χρόνος λειτουργίας: 5 h) με χρήση κατιονικού πολυηλεκτρολύτη ως κροκιδωτικό μέσο (2,5 kg/h) και στη συνέχεια, σε αναερόβιες συνθήκες, **αφυδάτωση**. Αφότου σταθεροποιηθεί η ιλύς, διατίθεται στη χωματερή του Δήμου Θήβας.

Άλλες πληροφορίες σχετικά με την εγκατάσταση

Σύμφωνα με την υπεύθυνη λειτουργίας, στην ΕΕΛ Θήβας γίνεται χρήση πετρελαίου (2tn/έτος) για την λειτουργία γεννήτριας ρεύματος.

7. Δήμος Καρδίτσας (ΔΕΥΑ Καρδίτσας)

Γενικά στοιχεία και στοιχεία σχεδιασμού

Η Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων της Καρδίτσας (βλ. Εικόνα 3.9) λειτουργεί από το 1989. Η ΕΕΛ δέχεται τον χειμώνα κατά μέσο όρο 37.000 m³ λυμάτων και βοθρολυμάτων την μέρα, η οποία παροχή ξεπερνά κατά πολύ την μέγιστη ημερήσια παροχή σχεδιασμού (βλ. Πίνακα 1) και εξυπηρετεί 56.050 ισοδύναμους κατοίκους από την πόλη της Καρδίτσας, του οικιστικού συνόλου Καρδίτσομαγούλας-Αρτεσιανού, του οικιστικού συνόλου Ρούσου-Αγιοπηγής και του οικιστικού συνόλου Παλαιοκκλησίου. Η εγκατάσταση έχει κατασκευαστεί σε έκταση 39 στρεμμάτων ανατολικά της πόλης και βόρεια της συμβολής των ποταμών Καράμπαλη και Καλέντζη σε υψόμετρο 105 m. Ο ποταμός Καλέντζης είναι ο τελικός αποδέκτης των επεξεργασμένων λυμάτων (Α.Ε.Π.Ο. ΕΕΛ Καρδίτσας, 2011).



Εικόνα 3.9. Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων Καρδίτσας (πηγή www.ypeka.gr)

Συνδεδεμένες βιομηχανίες - Επαναχρησιμοποίηση νερού

Σύμφωνα με τον υπεύθυνο της εγκατάστασης, η ΕΕΛ δεν δέχεται και δεν επεξεργάζεται βιομηχανικά λύματα. Επίσης, δεν γίνεται επαναχρησιμοποίηση της εκροής της εγκατάστασης για άρδευση.

Δεδομένα σχεδιασμού

Η ΕΕΛ έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να κατασκευαστεί σε δύο (2) στάδια και στον Πίνακα 3.48 παρουσιάζονται τα δεδομένα σχεδιασμού της εγκατάστασης για το σύνολο των εισερχόμενων αστικών λυμάτων και για τα δύο στάδια λειτουργίας, όπως αναφέρονται στην Α.Ε.Π.Ο. για την ΕΕΛ Καρδίτσας στην Εθνική Βάση Δεδομένων των ΕΕΛ της χώρας στην ιστοσελίδα του ΥΠΕΚΑ (astikalimata.ypeka.gr), στην ενότητα “Περιβάλλον - Διαχείριση Λυμάτων”.

Παράμετρος	Α' Φάση – αρχικός σχεδιασμός (2005)	Β' Φάση – έργα επέκτασης 2025)	Μ.Μ.
Εξυπηρετούμενος πληθυσμός	36.000	45.000	κάτοικοι
Ισοδύναμος Πληθυσμός	41.667	56.050	κάτοικοι
Μέγιστη ημερήσια θερινή παροχή	10.000	17.700	m ³ /d
Μέγιστη ωριαία θερινή παροχή	640	1.130	m ³ /h
Μέγιστη ημερήσια χειμερινή παροχή	13.800	21.500	m ³ /d
Μέγιστη ωριαία χειμερινή παροχή	740	1.170	m ³ /h
Μέγιστη ωριαία παροχή της μονάδας πλημμυρικής παροχής	---	~ 3.000	m ³ /d
BOD ₅	2.500	3.363	kg/d
Αιωρούμενα στερεά	3.100	4.071	kg/d
Ολικό Άζωτο	430	531	kg/d
Φώσφορος	140	175	kg/d

Πίνακας 3.48. Δεδομένα βάσει των οποίων έγινε ο σχεδιασμός της ΕΕΛ Καρδίτσας

Ποιοτικά χαρακτηριστικά νερού

Στον Πίνακα 3.49 φαίνονται τα όρια εκροής, όπως αναφέρονται στην Α.Ε.Π.Ο. για την ΕΕΛ Καρδίτσας στην ιστοσελίδα του ΥΠΕΚΑ και στον Πίνακα 3.50 που ακολουθεί φαίνονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά εισόδου και εξόδου της ΕΕΛ για το 2016 (mg/L), όπως μας παραχωρήθηκαν από τον υπεύθυνο της εγκατάστασης.

Παράμετρος	Μέση Ημερήσια Συγκέντρωση	ΜΜ
BOD ₅	≤ 20	mg/l
COD	≤ 80	mg/l
Αιωρούμενα στερεά (SS)	≤ 25	mg/l
Καθιζάνοντα στερεά εντός 2 ωρών σε κώνο Imhoff	≤ 0,3	ml/l
Ολικό Άζωτο (TN)	≤ 15	mg/l
Φώσφορος (P)	≤ 2	mg/l
Λίπη – Έλαια	0	mg/l
Επιπλέοντα στερεά	0	mg/l
Διαλυμένο οξυγόνο (DO)	≥ 6	mg/l

Πίνακας 3.49. Όρια εκροής ΕΕΛ Καρδίτσας

Παράμετρος	Είσοδος	Έξοδος	ΜΜ
BOD ₅	110,00	12,0	mg/l
COD	271,0	30,0	mg/l
TSS	101,0	12,0	mg/l
T-N	20,0	7,3	mg/l
T-P	3,3	1,9	mg/l
pH	7,5	7,2	

Πίνακας 3.50. Ποιοτικά χαρακτηριστικά εισόδου και εξόδου ΕΕΛ Καρδίτσας

Χαρακτηριστικά δεξαμενής αερισμού

Ο μέσος χρόνος υδραυλικής παραμονής στο σύνολο της εγκατάστασης είναι 16 h και στη δεξαμενή αερισμού 11 h, για τη μέγιστη παροχή. Στον Πίνακα 3.51 που ακολουθεί αναφέρονται οι τιμές κάποιων χαρακτηριστικών παραμέτρων της διαδικασίας του αερισμού των λυμάτων, όπως αυτές μας δόθηκαν από την υπεύθυνη λειτουργίας μέσω του ερωτηματολογίου.

Παράμετρος	Τιμή	ΜΜ
Μέσος υδραυλικός χρόνος παραμονής	11	H
Ρυθμός επανακυκλοφορίας	520	m ³ /h
Ηλικία ιλύος	16,8	D
MLSS	4.250	mg/l
Τυπική τιμή F/M	0.095	kg BOD/ kg MLVSS d

Πίνακας 3.51. Τιμές χαρακτηριστικών παραμέτρων κατά τον αερισμό των λυμάτων ΕΕΛ Καρδίτσας

Χαρακτηριστικά παραγόμενης ιλύος

Η λυματολάσπη που παράγεται διατίθεται για γεωργικούς σκοπούς (800.000 kgDS/έτος). Η ημερήσια ποσότητα δευτεροβάθμια ιλύος κυμαίνεται από 2 έως 2,8 tonDS/day και το ποσοστό στερεών κυμαίνεται από 18% έως 20%. Στον Πίνακα 3.52 που ακολουθεί βλέπουμε το ποσοστό στερεών στην είσοδο και έξοδο των μονάδων επεξεργασίας ιλύος και στον Πίνακα 3.53 βλέπουμε την κατά μέσο όρο ποσότητα παραγόμενης ιλύος και υγρασίας στην είσοδο και έξοδο του συστήματος επεξεργασίας της, όπως μας δόθηκε από τον υπεύθυνο λειτουργίας μέσω του ερωτηματολογίου.

Μονάδα	Είσοδος	Έξοδος	ΜΜ
Πάχυνση	0,8	4,0	%
Αφυδάτωση	4,0	17,0	%
Ξήρανση	83,0	67,0	%

Πίνακας 3.52. ποσοστό στερεών στις μονάδες επεξεργασίας ιλύος ΕΕΛ Καρδίτσας

Παράμετρος	Είσοδος	ΜΜ	Έξοδος	ΜΜ
Ιλύς	300	m ³ /d	2.400	kgDS/d
Υγρασία	99,2	%	67,0	%

Πίνακας 3.53. Ποσότητα παραγόμενης ιλύος και υγρασίας ΕΕΛ Καρδίτσας

Συνοπτική περιγραφή της εγκατάστασης

Στην εγκατάσταση γίνεται δευτεροβάθμιος καθαρισμός λυμάτων με τη μέθοδο της ενεργού ιλύος παρατεταμένου αερισμού και εμβολικής ροής για την ταυτόχρονη νιτροποίηση – απονιτροποίηση και σταθεροποίηση της ενεργού ιλύος. Η ΕΕΛ Καρδίτσας απαρτίζεται από τις ακόλουθες μονάδες και κτιριακές δομές (Α.Ε.Π.Ο. ΕΕΛ Καρδίτσας, 2012):

- Παράκαμψη και μονάδα πλημμυρικής παροχής

Μηχανική επεξεργασία: Μονάδα υποδοχής και προεπεξεργασίας βοθρολυμάτων • Φρεάτιο εισροής • Μονάδα Εσχάρωσης • Μονάδα Εξάμμωσης – Λιποσυλλογής • Μονάδα μέτρησης εισερχόμενης παροχής • Φρεάτιο παράκαμψης, Δ1

Βιολογική επεξεργασία: Διανομέας φόρτισης δεξαμενών αερισμού • Μονάδα παρατεταμένου αερισμού • Φρεάτιο παράκαμψης, Δ2 • Μονάδα καθίζησης • Αντλιοστάσια ανακυκλοφορίας και περίσσειας ιλύος

Τελική επεξεργασία: Κτίριο χλωρίωσης • Μονάδα μέτρησης εξερχόμενης παροχής • Φρεάτιο δειγματοληψίας • Αντλιοστάσιο επεξεργασμένων λυμάτων • Βαθμίδες αερισμού προς τον τελικό αποδέκτη

Επεξεργασία λάσπης: Αντλιοστάσιο ιλύος • Παχυντής ιλύος • Κλίνες ξήρανσης ιλύος

Βοηθητικά κτίρια: Κτίριο διοίκησης/ αίθουσα ελέγχου • Φυλάκιο • Υποσταθμός ηλεκτρικής ενέργειας • Κτίριο Γενικού Πίνακα Χαμηλής Τάσης και Ηλεκτροπαραγωγού Ζεύγους (H/Z)

Αναλυτική περιγραφή της εγκατάστασης

Για την πλήρη και ολοκληρωμένη λειτουργία της, η ΕΕΛ διαθέτει **Κτίριο Διοίκησης** (αίθουσα ελέγχου), **Φυλάκιο** για την καταγραφή των εισερχόμενων οχημάτων και **Υποσταθμό Ηλεκτρικής Ενέργειας**. Κτίριο Γενικού Πίνακα Χαμηλής Τάσης και Ηλεκτροπαραγωγικού Ζεύγους (H/Z) κυρίως για στήριξη της μονάδας πλημμυρικής παροχής.

Η εγκατάσταση δέχεται κατά μέσω όρο 5 βυτία βοθρολυμάτων ημερησίως. Τα βοθρολύματα εισέρχονται πρώτα στη **Μονάδα Υποδοχής και Προεπεξεργασίας Βοθρολυμάτων**. Η μονάδα είναι κλειστού τύπου συστήματος compact τεχνολογίας και αποτελείται από το ειδικό Φρεάτιο Εκκένωσης Βοθρολυμάτων και ένα συγκρότημα εσχάρωσης, εξάμμωσης και λιποσυλλογής βοθρολυμάτων. Τα βοθρολύματα (κατά μέσω όρο 5 βυτία ημερησίως) και τα λύματα που φτάνουν στην εγκατάσταση μέσω του δικτύου κεντρικών αποχετευτικών αγωγών (Κ.Α.Α.) εισέρχονται στο **Φρεάτιο Εισροής** και από εκεί οδηγούνται με βαρύτητα προς τη μονάδα εσχάρωση. Η μονάδα **Εσχάρωσης** αποτελείται από μια υδραυλική τοξωτή εσχάρα με δοχείο συλλογής των εσχαρισμάτων. Η εσχάρα έχει πλάτος 1m, η απόσταση των ράβδων της είναι 21,5 mm και λειτουργεί 1 ώρα την ημέρα. Μετά την εσχάρωση τα λύματα οδηγούνται στη **Μονάδα Εξάμμωσης-Λιποσυλλογής**, η οποία αποτελείται από έναν αεριζόμενο τύπου εξάμμοτη (αμμοσυλλέκτη), που λειτουργεί όλο το 24ωρο. Η τροφοδοσία του αέρα στη δεξαμενή γίνεται μέσω φυσητήρων, οι οποίοι είναι τοποθετημένοι σε ιδιαίτερο χώρο του κτιρίου προεπεξεργασίας. Πλευρικά της δεξαμενής υπάρχουν κανάλια ηρεμίας, για την επίπλευση των λιπών, τα οποία στη συνέχεια απομακρύνονται σε παράπλευρα φρεάτια. Σε απολύτως αναγκαίες περιπτώσεις, η τροφοδοσία του έργου μπορεί να απομονωθεί, ώστε να είναι δυνατή η γενική παράκαμψη του έργου μέσω του **Φρεατίου Παράκαμψης (Δ1)** απευθείας στην είσοδο της δεξαμενής χλωρίωσης (Δημοπούλου Α., 2011). Ειδάλλως, τα λύματα μέσω της **Διώρυγας PARSHALL**, όπου καταγράφεται η παροχή εισόδου, οδηγούνται στον διανομέα φόρτισης δεξαμενών αερισμού.

Στη συνέχεια, τα λύματα από τον **Διανομέα Φόρτισης Δεξαμενών Αερισμού** οδηγούνται στις Δεξαμενές Αερισμού, δηλαδή σε τρεις (3) **Εμβολικής Ροής** δεξαμενές τύπου ιπποδρομίου, χωρητικότητας περίπου 3.300m³ έκαστη. Ο αερισμός γίνεται με δύο επιφανειακούς αεριστήρες οριζόντιου άξονα τύπου βούρτσας ανά δεξαμενή (στο σύνολο έξι (6) αεριστήρες), όπου για καλύτερη ρύθμιση του παρεχόμενου οξυγόνου ο ένας είναι μιας ταχύτητας (45 kW) ενώ ο άλλος

δύο ταχυτήτων (30 kW/45 kW). Η ταχύτητα περιστροφής των αεριστήρων καθώς και η εκκίνηση ή η παύση τους γίνεται αυτόματα μέσω του τοπικού συστήματος ελέγχου και προγραμματισμού (PLC). Οι ώρες λειτουργίας των αεριστήρων ποικίλουν (από 7 έως 17 ώρες). Για αποτελεσματικότερη και μέγιστη απομάκρυνση του οργανικού φορτίου (maxBOD_{inlet}) οι αεριστήρες λειτουργούν 12 ώρες.

Σε απολύτως αναγκαίες περιπτώσεις, η τροφοδοσία του έργου μετά την Δεξαμενή Αερισμού μπορεί να απομονωθεί, ώστε να είναι δυνατή η γενική παράκαμψη του έργου μέσω του **Φρεατίου Παράκαμψης (Δ2)** απευθείας στη δεξαμενή χλωρίωσης. Έπειτα, τα λύματα οδηγούνται στις **Δεξαμενές Τελικής Καθίζησης**. Η δευτεροβάθμια καθίζηση επιτυγχάνεται σε δύο (2) κυκλικές δεξαμενές με ακτινικό ξέστρο χωρητικότητας 2.090 m³ έκαστη και ακτίνας 16 m. Η ιλύς που καθιζάνει στη χοάνη του πυθμένα των δεξαμενών απομακρύνεται άμεσα, ώστε με τη βοήθεια των **Αντλιοστασίων Ανακυκλοφορίας και Περίσσειας Ιλύος** να καταλήξει στις δεξαμενές αερισμού και στους παχυντές για περαιτέρω επεξεργασία. Μετά τις δεξαμενές καθίζησης, τα επεξεργασμένα λύματα οδηγούνται μέσω καναλιού είτε στο **Κτίριο Χλωρίωσης** είτε στην έξοδο της εγκατάστασης. Η απολύμανση επιτυγχάνεται στη **Δεξαμενή Επαφής Χλωρίου** με διάλυμα υποχλωριόδους Νατρίου (NaOCl), η προσθήκη του οποίου γίνεται μέσω δοσομετρικής διαφραγματικής αντλίας.² Μετά τη χλωρίωση τα επεξεργασμένα πλέον λύματα οδηγούνται στη **Διώρυγα PARSHALL**, όπου μετράται η παροχή εξόδου, στο **Φρεάτιο Δειγματοληψίας** για τακτικό έλεγχο των χαρακτηριστικών τους και στη συνέχεια στην ειδική **Κατασκευή Εκροής** (βαθμίδες αερισμού), ώστε να εξασφαλίζεται ικανοποιητική οξυγόνωσή τους, και τελικά διατίθενται στον υδάτινο αποδέκτη (ποταμός Καλέντζη).

Ταυτόχρονα, η περίσσεια ιλύος μεταφέρεται τακτικά μέσω αντλιών στη **Μονάδα Επεξεργασίας Ιλύος**. Αρχικά, οδηγείται στην **Μονάδα Μηχανικής Πάχυνσης**, η οποία αποτελείται από τράπεζα πάχυνσης με ξέστρο. Η παχυμένης ιλύος από τον πυθμένα των δεξαμενών αντλείται προς τη **Μονάδα Αφυδάτωσης**. Η αφυδάτωση επιτυγχάνεται με συγκρότημα ταινιοφιλτρώπρεσας (τφπ) και χρήση ισχυρού κατιονικού πολυηλεκτρολύτη διαλύματος 0,20% (5kg polymer/tonne DS) ως κροκιδωτικό μέσο. Τα υγρά υπερχειλίσματα απ' όλα τα στάδια επεξεργασίας της ιλύος καθώς και τα παραγόμενα στραγγίσματα από τα στάδια επεξεργασίας των λυμάτων επιστρέφουν στο φρεάτιο εισροής. Αφού αφυδατωθεί η ιλύς μεταφέρεται στη **Μονάδα Ηλιακής Ξήρανσης**. Για αυτό το στάδιο η ΕΕΛ διαθέτει τέσσερις (4) κλίνες ξήρανσης, σε μορφή θερμοκηπίων, διαστάσεων 145x11 m και συνολικής επιφάνειας 6,4 στρεμμάτων. Η ιλύς διαστρώνεται σε ύψος 10 cm και υφίσταται τακτική μηχανική αναμόχλευση και αερισμό μέχρι να ολοκληρωθεί ο κύκλος ξήρανσής της (διάρκειας τουλάχιστον 14 ημερών). Πριν την τελική της διάθεση, εκφορτώνεται προς τη ζώνη αποθήκευσης εμβαδού 700 m² (ΑΕΠΟ Καρδίτσας, 2012).

Άλλες πληροφορίες σχετικά με την εγκατάσταση

Σύμφωνα με τον υπεύθυνο της εγκατάστασης, στην ΕΕΛ Ελασσόνας έχει υλοποιηθεί ενεργειακή αξιολόγηση στο παρελθόν. Στην εγκατάσταση δεν γίνεται χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την κάλυψη έστω μέρους της απαιτούμενης ενέργειάς της, αλλά γίνεται χρήση πετρελαίου για την λειτουργία του H/Z με στόχο της ηλεκτροδότηση της ΕΕΛ, πλην των Δεξαμενών Αερισμού, όταν αυτό είναι αναγκαίο λόγω διακοπών παροχής ηλεκτρικού ρεύματος του δικτύου. Επίσης, η ΕΕΛ διαθέτει συγκρότημα αντιμετώπισης πλημμυρικής παροχής (μονάδα actiflo) συνολικής

εγκαταστημένης ισχύς περίπου 99kW, όπου μπορεί να γίνει χημική απομάκρυνση φωσφόρου με προσθήκη FeCl_3 και χρησιμοποιείται μόνο σε περίπτωση υδραυλικής αιχμής, και δεξαμενές ταχείας και αργής ανάδευσης (κροκύδωση, συσσωμάτωση), καθώς και καθίζηση με λαμέλες (ελασματιαία καθίζηση). Το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο θορύβου που εκπέμπεται στο περιβάλλον από τη λειτουργία της ΕΕΛ καθορίζεται σε 50 dBA μετρούμενο στα όρια του οικοπέδου της εγκατάστασης (ΕΠΟ Καρδίτσας).

7. Δημοτική Ενότητα Καρλοβασίου (Ν. Σάμου)

Γενικά στοιχεία και στοιχεία σχεδιασμού

Εντός των ορίων του Υδατικού Διαμερίσματος Νήσων Αιγαίου, εντοπίζονται συνολικά ογδόντα (88) εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων εκ των οποίων η μία είναι η ΕΕΛ Καρλοβασίου Σάμου (Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας, 2016) Η Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων Καρλοβασίου (βλ. Εικόνα 3.10) λειτουργεί από το 1993 (αναβαθμίστηκε το 2015) και έχει κατασκευαστεί σε έκταση 7,34 στρεμμάτων, 2 km βορειοανατολικά του Νέου Καρλοβασίου (Κρούστα Ου., 2012). Η ΕΕΛ δέχεται κατά μέσω όρο 3.120 m^3 λυμάτων την ημέρα το καλοκαίρι και 1.680 m^3 λυμάτων την ημέρα τον χειμώνα με εξυπηρετούμενο ισοδύναμο πληθυσμό 15.500 κατοίκους και 10.500 κατοίκους αντιστοίχως, ενώ η δυναμικότητα της εγκατάστασης ανέρχεται στους 12.217 ισοδύναμους κατοίκους. Στην εγκατάσταση οδηγούνται τα λύματα των οικισμών Καρλόβασι, Λέκκα, Υδρούσσα και Κοντακίκα. Τα επεξεργασμένα λύματα διατίθενται μέσω υποθαλάσσιου αγωγού μήκους 350m στο Αιγαίο Πέλαγος (Ταυτότητα Υδάτων Κολύμβησης Καρλόβασι, 2015).



Εικόνα 3.10 Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων Καρλοβασίου (πηγή www.ypeka.gr)

Συνδεδεμένες βιομηχανίες - Επαναχρησιμοποίηση νερού

Σύμφωνα με την υπεύθυνη της εγκατάστασης, δεν γίνεται επαναχρησιμοποίηση του νερού της εγκατάστασης για άρδευση. Επίσης, η ΕΕΛ δεν δέχεται και δεν επεξεργάζεται υγρά απόβλητα από βιομηχανικές μονάδες.

Ποιοτικά χαρακτηριστικά

Στον Πίνακα 3.54 που ακολουθεί φαίνονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά εισόδου και εξόδου της ΕΕΛ για το 2016 (mg/L), όπως μας παραχωρήθηκαν από την υπεύθυνη της.

Παράμετρος	Είσοδος	Έξοδος	ΜΜ
BOD ₅	175	6	mg/l
COD	452	15	mg/l
TSS	138	4	mg/l
T-N	59	3	mg/l
T-P	7,2	3,3	mg/l

Πίνακας 3.54. Ποιοτικά χαρακτηριστικά εισόδου και εξόδου ΕΕΛ Καρλοβασίου

Χαρακτηριστικά δεξαμενής αερισμού

Ο μέσος χρόνος υδραυλικής παραμονής στη δεξαμενή αερισμού είναι 34,5 h. Στον Πίνακα 3.55 που ακολουθεί αναφέρονται οι τιμές κάποιων χαρακτηριστικών παραμέτρων της διαδικασίας του αερισμού των λυμάτων, όπως αυτές μας δόθηκαν από την υπεύθυνη λειτουργίας μέσω του ερωτηματολογίου.

Παράμετρος	Τιμή	ΜΜ
Μέσος υδραυλικός χρόνος παραμονής	34.5	h
Ηλικία ιλύος	>18	d
MLSS	4.000	mg/l
Τυπική τιμή F/M	0,065	kg BOD/kg MLVSS/d

Πίνακας 3.55 Τιμές χαρακτηριστικών παραμέτρων κατά τον αερισμό των λυμάτων ΕΕΛ Καρλοβασίου

Συνοπτική περιγραφή της εγκατάστασης

Στην εγκατάσταση, ο καθαρισμός των λυμάτων γίνεται σε δύο βαθμίδες επεξεργασίας με τη μέθοδο της ενεργούς ιλύος με παρατεταμένο αερισμό και ταυτόχρονη νιτροποίηση – απονιτροποίηση, με πλήρη σταθεροποίηση της ιλύος και απολύμανση. Η εγκατάσταση αποτελείται από τις εξής κύριες μονάδες:

Πρωτοβάθμια επεξεργασία: Δεξαμενή υποδοχής βοθρολυμάτων • Φρεάτιο εισόδου • Αντλιοστάσιο Ανύψωσης • Μονάδα Εσχάρωσης • Μονάδα Εξάμμωσης

Δευτεροβάθμια (βιολογική) επεξεργασία: Μονάδα Αερισμού • Μονάδα Δευτεροβάθμιας Καθίζησης

Τελική επεξεργασία: Μονάδα Απολύμανσης

Μονάδα επεξεργασίας ιλύος: Μονάδα Πάχυνσης • Μονάδα Αφυδάτωσης • Μονάδα ξήρανσης

Κτίρια λειτουργίας: Κτίριο διοίκησης

Αναλυτική περιγραφή της εγκατάστασης

Κοντά στην είσοδο της εγκατάστασης και το φρεάτιο εισόδου των λυμάτων συναντάται η **Δεξαμενή Υποδοχής Βοθρολυμάτων**. Η ΕΕΛ Θήβας δέχεται κατά μέσω όρο 6 βυτία βοθρολυμάτων το μήνα. Τα βοθρολύματα και τα ανεπεξέργαστα λύματα, που φτάνουν στην εγκατάσταση μέσω του δικτύου κεντρικών αποχετευτικών αγωγών (Κ.Α.Α.) εισέρχονται αρχικά στο **Φρεάτιο εισόδου**. Από εκεί τα λύματα οδηγούνται στο **Αντλιοστασίου Ανύψωσης**. Το αντλιοστάσιο είναι ένα υποβρύχιο αντλητικό συγκρότημα βαρέων λυμάτων με σύστημα ανάδευσης, στο οποίο είναι εγκατεστημένες τρεις (3) αντλίες ανύψωσης λυμάτων (μία εφεδρική), οι οποίες αντλούν τα λύματα προς τη μονάδα προκαταρκτικής επεξεργασίας.

Η **Μονάδα Εσχάρωσης** αποτελείται από μια αυτόματη τοξωτή εσχάρα και μια εφεδρική, επίπεδη, χειρονακτικά καθαριζόμενη εσχάρα, οι οποίες βρίσκονται σε κατάλληλα διαμορφωμένο κτίριο. Στην εσχάρα συγκεντρώνονται τα μεγάλα στερεά, που εισέρχονται με τα λύματα στην εγκατάσταση. Μετά την εσχάρωση τα λύματα οδηγούνται στη **Μονάδα**

Εξάμμωσης. Η εξάμμωση αποτελείται από έναν αεριζόμενο αμμοσυλλέκτη με τη μορφή ορθογωνικής επιμήκους δεξαμενής. Η συλλεγόμενη άμμος στραγγίζεται και τα στραγγίσματα που προκύπτουν επιστρέφουν στο φρεάτιο εισόδου. Η παροχή αέρα στη δεξαμενή ανέρχεται τα $80 \text{ Nm}^3/\text{h}$.

Στη συνέχεια, τα προεπεξεργασμένα λύματα υφίστανται βιολογική επεξεργασία και οδηγούνται αρχικά, στις **Δεξαμενές Αερισμού**. Ο αερισμός των λυμάτων γίνεται σε δύο δεξαμενές **Πλήρους μείξης** χωρητικότητας 1.400 m^3 έκαστη, στις οποίες επιτυγχάνεται παρατεταμένος αερισμός της ενεργού ιλύος. Κάθε δεξαμενή είναι επιμήκης, ορθογωνική με 4 διαμερίσματα. Σε αυτό το στάδιο επιτυγχάνεται απομάκρυνση του οργανικού φορτίου και ταυτόχρονη νιτροποίηση-απονιτροποίηση του αμμωνιακού αζώτου, καθώς και σταθεροποίηση της περίσσειας ιλύος. Στη συνέχεια, για περαιτέρω επεξεργασία τα λύματα οδηγούνται στις **Δεξαμενές Καθίζησης** (βλ. Εικόνα 2). Η εγκατάσταση διαθέτει δύο κυκλικές δεξαμενές δευτεροβάθμιας καθίζησης με ξέστρο εκ των οποίων η μια είναι εφεδρική. Η ιλύς με βαρύτητα καθιζάνει στον πυθμένα των δεξαμενών. Από τις δεξαμενές καθίζησης, τα λύματα οδηγούνται στη **Δεξαμενή Απολύμανσης** για την τελική τους επεξεργασία. Η απολύμανση επιτυγχάνεται με διάλυμα υποχλωριόδου νατρίου (NaOCl). Τελικά, τα επεξεργασμένα πλέον λύματα διατίθενται στη θάλασσα.

Ταυτόχρονα, η περίσσεια ιλύος από την πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια επεξεργασία μεταφέρεται αρχικά στη **Μονάδα Πάχυνσης**, η οποία αποτελείται από δύο (2) κυκλικούς παχυντές βαρύτητας διαμέτρου 4,0 m και στη συνέχεια στη **Μονάδα Αφυδάτωση**, η οποία αποτελείται από μια ταινιοφιλτρόπρεσσα. Εκεί επιτυγχάνεται η αφυδάτωση της ιλύος με χρήση πολυηλεκτρολύτη ως κροκιδωτικό μέσο. Αφού αφυδατωθεί η ιλύς μεταφέρεται στη **Μονάδα Ηλιακής Ξήρανσης**. Για αυτό το στάδιο η ΕΕΛ διαθέτει δέκα (10) ορθογώνιες κλίνες ξήρανσης συνολικού εμβαδού (επιφάνειας) 1.120 m^2 . Τελικά, διατίθεται σε κατάλληλο αποδέκτη.

Άλλες πληροφορίες σχετικά με την εγκατάσταση

Σύμφωνα με την υπεύθυνη λειτουργίας, στην ΕΕΛ γίνεται χρήση πετρελαίου για την λειτουργία του H/Z.

8. Δήμος Λαμιέων (ΔΕΥΑΛ)

Γενικά στοιχεία και στοιχεία σχεδιασμού

Η Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων Λαμίας (βλ. Εικόνα 3.11) λειτουργεί από το 1995 και δέχεται κατά μέσω όρο 14.480 m^3 λυμάτων και βοθρολυμάτων την μέρα, με εξυπηρετούμενο ισοδύναμο πληθυσμό 39.200 το καλοκαίρι και 53.900 τον χειμώνα (με βάση το BOD_5) ενώ η δυναμικότητα της εγκατάστασης είναι 104.200 ισοδύναμοι κάτοικοι. Στην εγκατάσταση οδηγούνται τα λύματα της πόλης της Λαμίας και των οικισμών Καλυβίων, Σταυρού, Σ.Σ. Λειανοκλαδίου, Ροδίτσας, Μεγάλης Βρύσης, Νέας Μαγνησίας, Ανθήλης και Ο.Ε.Κ. Ανθήλης, Αγ. Παρασκευής, Κόμματος, Ηράκλειας, Μοσχοχωρίου και Ν. Κρίκελλου του Δήμου Λαμίας και τα βοθρολύματα της ευρύτερης περιοχής του Δήμου Λαμίας καθώς και τα λύματα των οικισμών Στυλίδας, Αγ. Μαρίνας και Αυλακίου του Δήμου Στυλίδας. Η ΕΕΛ έχει κατασκευαστεί σε έκταση 54 στρεμμάτων νοτιοανατολικά της πόλης στη θέση «Μπούφης», σε απόσταση 1,5 km από τον οικισμό της Ροδίτσας στις όχθες της αποστραγγιστικής Τάφρου Λαμίας (Γερμανική Τάφρος), όπου και διατίθενται τα επεξεργασμένα λύματα. Τελικός αποδέκτης των επεξεργασμένων λυμάτων είναι ο Μαλιακός Κόλπος. Η εκροή της ΕΕΛ οδηγείται μέσω της Τάφρου και στη συνέχεια μέσω εκτροπής του Σπερχειού ποταμού (Α.Ε.Π.Ο. ΕΕΛ Λαμίας, 2012).



Εικόνα 3.11. Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων Λαμίας (πηγή www.ypeka.gr)

Συνδεδεμένες βιομηχανίες - Επαναχρησιμοποίηση νερού

Η ΕΕΛ δέχεται και επεξεργάζεται τα ήδη επεξεργασμένα υγρά απόβλητα από τη Μονάδα Καθαρισμού Αποβλήτων της βιομηχανικής μονάδας επεξεργασίας γάλατος (ΒΙ.ΠΕ. Λαμίας) και σύμφωνα με τον υπεύθυνο της εγκατάστασης, δεν γίνεται επαναχρησιμοποίηση της εκροής της εγκατάστασης για άρδευση, έχει όμως εκπονηθεί μελέτη για τριτοβάθμια επεξεργασία και απολύμανση με UV ακτινοβολία, ώστε μελλοντικά να επαναχρησιμοποιηθεί η εκροή.

Δεδομένα σχεδιασμού

Στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 3.56) παρουσιάζονται τα δεδομένα σχεδιασμού της εγκατάστασης για το σύνολο των εισερχόμενων αστικών λυμάτων, όπως αναφέρονται στην Απόφαση Έγκρισης Π.Ο. για την ΕΕΛ Λαμίας στην Εθνική Βάση Δεδομένων των ΕΕΛ της χώρας, η οποία είναι αναρτημένη στην ιστοσελίδα του ΥΠΕΚΑ (<http://astikalimata.ypeka.gr>), στην ενότητα “Περιβάλλον - Διαχείριση Λυμάτων”. Επίσης, στους Πίνακες 3.57 και 3.58 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα δεδομένα σχεδιασμού της εγκατάστασης για εισερχόμενα υγρά απόβλητα από τα Δημοτικά Σφαγεία και την ΒΙ.ΠΕ. Λαμίας, όπως αναφέρονται στην ΑΕΠΟ 197163/28-3-2012.

Παράμετρος	Παρούσα φάση (2012)	Α' Φάση (2010)	Β' Φάση – έργα επέκτασης (2030)	Μ.Μ.
Ισοδύναμος Πληθυσμός	64.500	71.550	104.200	ικ
Μέση ημερήσια παροχή	15.000	16.580	22.920	m ³ /d
Ημ. παροχή βοθρολυμάτων		90	45	m ³ /d
BOD ₅	3.870	4.293	6.250	kg/d
Αιωρούμενα στερεά	4.146	4.501	7.610	kg/d
Ολικό Άζωτο	1.036	1.092	1.260	kg/d
Φώσφορος	120	132	220	kg/d

Πίνακας 3.56. Δεδομένα σχεδιασμού ΕΕΛ Λαμίας

Παράμετρος	Μ.Μ.	Α' Φάση (2010)	Β' Φάση – έργα επέκτασης (2030)
Μέση ημερήσια παροχή	m ³ /d	25	100
BOD ₅	mg/l	1000	600

Πίνακας 3.57. Δεδομένα σχεδιασμού ΕΕΛ Λαμίας: Δημοτικά Σφαγεία

Παράμετρος	Μ.Μ.	Α' Φάση (2010)	Β' Φάση – έργα επέκτασης (2030)
Μέση ημερήσια παροχή	m ³ /d	700	1770
BOD ₅	mg/l	50	35

Πίνακας 3.58. Δεδομένα σχεδιασμού ΕΕΛ Λαμίας: ΒΙ.ΠΕ. Λαμίας

Ποιοτικά χαρακτηριστικά

Στον Πίνακα 3.59, που ακολουθεί, φαίνονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά εισόδου και εξόδου της ΕΕΛ για το 2016 (mg/L), όπως μας παραχωρήθηκαν από τον υπεύθυνο της εγκατάστασης και στον Πίνακα 3.60. φαίνονται τα όρια εκροής, όπως αναφέρονται στην ΑΕΠΟ 197163/28-3-2012.

Παράμετρος	Είσοδος	Έξοδος	ΜΜ
BOD ₅	178	6,9	mg/l
COD	357	30,1	mg/l
TSS	267	7,9	mg/l
T-N	49	8,1	mg/l
T-P	5,7	1,9	mg/l
pH	7,70	7,44	

Πίνακας 3.59. Ποιοτικά χαρακτηριστικά εισόδου και εξόδου ΕΕΛ Λαμίας

Παράμετρος	Μέση Ημερήσια Συγκέντρωση	ΜΜ
BOD ₅	< 25	mg/l
COD	< 90	mg/l
Αιωρούμενα στερεά (SS)	< 25	mg/l
Καθιζάνοντα στερεά εντός 2 ωρών σε κώνο Imhoff	< 0,3	ml/l
Ολικό Άζωτο TN	< 20	mg/l
Αμμωνιακό Άζωτο N-NH ₄	≤ 2	mg/l
Λίπη – Έλαια	≤ 0,1	mg/l
Επιπλέοντα στερεά	0	mg/l
Διαλυμένο οξυγόνο (DO)	> 5	mg/l

Πίνακας 3.60. Προδιαγραφές εξερχομένων λυμάτων ΕΕΛ Λαμίας προς διάθεση στον υδάτινο αποδέκτη

Χαρακτηριστικά παραγόμενης ύλης

Η ημερήσια ποσότητα παραγόμενης ύλης προέρχεται από τη δευτεροβάθμια επεξεργασία. Η παραγόμενη λυματολάσπη διατίθεται προσωρινά σε ΧΥΤΑ (690.200 kgDS/έτος), αλλά έχει εκπονηθεί μελέτη για ηλιακή ξήρανση της αφυδατωμένης ύλης (σε αναμονή χρηματοδότησης του έργου) με σκοπό το τελικό προϊόν να χρησιμοποιηθεί για γεωργική χρήση. Στον Πίνακα 3.61 που ακολουθεί βλέπουμε το ποσοστό στερεών στην είσοδο και έξοδο των μονάδων επεξεργασίας ύλης και στον Πίνακα 3.62 βλέπουμε την κατά μέσο όρο ποσότητα παραγόμενης ύλης και υγρασίας στην είσοδο και έξοδο του συστήματος επεξεργασίας της, όπως μας δόθηκε από τον υπεύθυνο λειτουργίας μέσω του ερωτηματολογίου.

Μονάδα	Είσοδος	Έξοδος	ΜΜ
Πάχυνση	1,32	2,65	%
Αφυδάτωση	2,65	19,7	%

Πίνακας 3.61. Ποσοστό στερεών στις μονάδες επεξεργασίας ύλης ΕΕΛ Λαμίας

Παράμετρος	Είσοδος	Έξοδος	ΜΜ
Ύλης	2.060	1.810	kg/d
Υγρασία	98,7	80,3	%

Πίνακας 3.62. Ποσότητα παραγόμενης ύλης και υγρασίας ΕΕΛ Λαμίας

Χαρακτηριστικά δεξαμενής αερισμού

Ο μέσος χρόνος υδραυλικής παραμονής στο σύνολο της εγκατάστασης είναι 41,3 h. Στον Πίνακα 3.63 που ακολουθεί αναφέρονται οι τιμές κάποιων χαρακτηριστικών παραμέτρων της διαδικασίας του αερισμού των λυμάτων, όπως αυτές μας δόθηκαν από τον υπεύθυνο λειτουργίας μέσω του ερωτηματολογίου.

Παράμετρος	Τιμή	ΜΜ
Μέσος υδραυλικός χρόνος παραμονής	28,7	H
Ρυθμός επανακυκλοφορίας	160	%
Ηλικία ιλύος	42,2	D
MLSS	5.200	mg/l
Τυπική τιμή F/M	0,045	kg BOD/ kg MLVSS/d

Πίνακας 3.63. Τιμές χαρακτηριστικών παραμέτρων κατά τον αερισμό των λυμάτων ΕΕΛ Λαμίας

Συνοπτική περιγραφή της εγκατάστασης

Στην εγκατάσταση γίνεται δευτεροβάθμιος καθαρισμός των λυμάτων με τη μέθοδο της ενεργού ιλύος με παρατεταμένο αερισμό για την ταυτόχρονη νιτροποίηση – απονιτροποίηση και την σταθεροποίηση της ιλύος. Η εγκατάσταση αποτελείται από τις εξής κύριες μονάδες (Α.Ε.Π.Ο. ΕΕΛ Λαμίας, 2012):

Μηχανική επεξεργασία: Μονάδα υποδοχής – προεπεξεργασίας βοθρολυμάτων • Φρεάτιο άφιξης • Αντλιοστάσιο ανύψωσης • Μονάδα προκαταρκτικής επεξεργασίας

Βιολογική επεξεργασία: Μονάδα Αερισμού • Μονάδα Καθίζησης

Τελική επεξεργασία: Μονάδα απολύμανσης

Επεξεργασία ιλύος: Μονάδα Πάχυνσης • Μονάδα Αφυδάτωσης

Κτίρια λειτουργίας – Βοηθητικές μονάδες: Κτίριο ελέγχου – Εργαστήριο • Βιοεπιλογέας • Μονάδα απόσμησης (βιόφιλτρο) • Εγκατάσταση οργάνων μέτρησης και επέκταση ηλεκτρικών εγκαταστάσεων

Αναλυτική περιγραφή της εγκατάστασης

Η ΕΕΛ δέχεται καθημερινά κατά μέσω όρο 5 βυτία βοθρολυμάτων. Έτσι, κοντά στην είσοδο της εγκατάστασης υπάρχει η **Μονάδα Υποδοχής-Προεπεξεργασίας Βοθρολυμάτων** που αποτελείται από το ειδικό Φρεάτιο Εκκένωσης Βοθρολυμάτων, συγκρότημα εσχάρωσης-εξάμμιωσης βοθρολυμάτων (τεχνολογίας Compact) και αντλιοστάσιο για τη βαθμιαία διοχέτευση των βοθρολυμάτων προς το φρεάτιο εισόδου.

Αρχικά, τα βοθρολύματα και τα λύματα που φτάνουν στην εγκατάσταση μέσω του δικτύου κεντρικών αποχετευτικών αγωγών (Κ.Α.Α.) εισέρχονται στο **Φρεάτιο Εισόδου** και στη συνέχεια στο **Αντλιοστασίου Ανύψωσης**, όπου είναι εγκατεστημένες τρεις (3) κοχλιωτές αντλίες ανύψωσης λυμάτων τύπου Αρχιμήδη, εκ των οποίων η μία είναι εφεδρική. Οι αντλίες λειτουργούν 21,3 h/d. Από εκεί αντλούνται προς την **Μονάδα Προκαταρκτικής Επεξεργασίας**. Η μονάδα **Εσχάρωσης** αποτελείται από δύο μηχανικά αυτοκαθοριζόμενες ανοξείδωτες-αναρριχώμενες εσχάρες σε παράλληλη λειτουργία με αυτόματο μηχανισμό απομάκρυνσης των εσχαρισμάτων, ο οποίος λειτουργεί 12,9 h/d. Τα εσχαρίσματα μεταφέρονται μέσω κοχλίας στον συμπιεστή. Δίπλα στα κανάλια εσχάρωσης υπάρχουν θυροφράγματα έκπλυσης των εσχάρων, τα οποία ρυθμίζονται ανάλογα με την εισερχόμενη παροχή και έχουν αποχέτευση στο φρεάτιο εισόδου. Μετά την εσχάρωση τα λύματα οδηγούνται στη **Μονάδα Εξάμμιωσης-Λιποσυλλογής**, η οποία αποτελείται από έναν δίδυμο

αεριζόμενο αμμοσυλλέκτη (δεξαμενή εξάμμωσης), για την απομάκρυνση της άμμου με διάμετρο μεγαλύτερη των 0,2 mm, και ένα πλευρικό στη δεξαμενή κανάλι ηρεμίας, για την απομάκρυνση των λιπών και των ελαίων. Η τροφοδοσία του αέρα στη δεξαμενή γίνεται μέσω φυσητήρων, οι οποίοι λειτουργούν όλο το 24ωρο. Πάνω στη γέφυρα του εξάμμωτή υπάρχουν αεραντλίες (Airlift) και λεπίδες σάρωσης των επιπλεόντων, και καθώς αυτές κινούνται κατά μήκος της δεξαμενής συλλέγεται η άμμος. Το μίγμα άμμου-λυμάτων μεταφέρεται στον αμμοδιαχωριστή και στη συνέχεια τα στραγγίσματα ανακυκλοφορούν στο φρεάτιο εισόδου και η άμμος μεταφέρεται με όχημα στο ΧΥΤΑ Λαμίας. Κατάντη της δεξαμενής υπάρχει **Μετρητής Παροχής**, όπου καταγράφεται η παροχή εισόδου. Σε απολύτως αναγκαίες περιπτώσεις, η τροφοδοσία του έργου μετά την εξάμμωση μπορεί να απομονωθεί πλήρως με θυροφράγματα, ώστε να είναι δυνατή η γενική παράκαμψη του έργου μέσω του **Κεντρικού Αγωγού Παράκαμψης (by pass)** της εγκατάστασης απευθείας στο φρεάτιο εξόδου. Υπό φυσιολογικές συνθήκες, τα λύματα οδηγούνται στο **Φρεάτιο Μερισμού Αερισμού**, όπου καταλήγει και η ιλύς από τις δεξαμενές καθίζησης. Ο μερισμός της παροχής προς τις οξειδωτικές τάφρους γίνεται χειροκίνητα μέσω θυροφραγμάτων.

Έπειτα, τα λύματα οδηγούνται στις Δεξαμενές Αερισμού, δηλαδή σε δύο (2) **Οξειδωτικές Τάφρους** και μία **δίδυμη Ανοξική (A/O)** χωρητικότητας 6.075 m³ έκαστη, όπου έχουμε απομάκρυνση του οργανικού φορτίου και ταυτόχρονη νιτροποίηση-απονιτροποίηση του αμμωνιακού αζώτου, δηλαδή δύο παράλληλες γραμμές επεξεργασίας. Ο αερισμός γίνεται με δύο επιφανειακούς αεριστήρες κατακόρυφου άξονα δύο ταχυτήτων, καθώς και φυσητήρες, οι οποίοι λειτουργούν όλο το 24ωρο. Η λειτουργία αερισμού είναι διακοπτόμενη και σχεδιασμένη ώστε να εξασφαλίζεται υψηλός βαθμός απομάκρυνσης του οργανικού φορτίου και των στερεών. Σε κάθε δεξαμενή έχουν τοποθετηθεί προωθητές και αναδευτήρες για ικανοποιητική αιώρηση της βιομάζας, οι οποίοι λειτουργούν όλο το 24ωρο. Στη συνέχεια, τα λύματα οδηγούνται στο **Φρεάτιο Μερισμού Καθίζησης** και στη συνέχεια τα λύματα οδηγούνται στις **Δεξαμενές Καθίζησης**. Η δευτεροβάθμια καθίζηση επιτυγχάνεται σε τρεις κυκλικές δεξαμενές με ακτινικό ξέστρο χωρητικότητας 2.600 m³ έκαστη και επιφάνειας 774 m². Η ιλύς που καθιζάνει στη χοάνη του πυθμένα των δεξαμενών απομακρύνεται άμεσα, ώστε με τη βοήθεια των **Αντλιοστασίων Ανακυκλοφορίας και Περίσσειας Ιλύος** να καταλήξει στις δεξαμενές αερισμού και στους παχυντές για περαιτέρω επεξεργασία.

Μετά τις δεξαμενές καθίζησης, τα επεξεργασμένα λύματα οδηγούνται μέσω καναλιού είτε στη **Δεξαμενή Απολύμανσης** είτε στην έξοδο της εγκατάστασης. Η απολύμανση επιτυγχάνεται με χλωρίωση και ειδικότερα με διάλυμα υποχλωριόδου νατρίου (NaClO), η προσθήκη του οποίου γίνεται μέσω δοσομετρικής διαφραγματικής αντλίας. Στην έξοδο της δεξαμενής υπάρχει συσκευή υπερήχων για τη μέτρηση της παροχής εξόδου και φρεάτιο δειγματοληψίας για έλεγχο των χαρακτηριστικών των επεξεργασμένων λυμάτων πριν την διάθεσή τους στον αποδέκτη. Τελικά, τα επεξεργασμένα λύματα διατίθενται μέσω αγωγού στην αποστραγγιστική τάφρο «Τάφος Λαμίας» ή «Γερμανική Τάφος» με τελικό υδάτινο αποδέκτη τον Μαλιακό Κόλπο.

Ταυτόχρονα, η περίσσεια ιλύος μεταφέρεται τακτικά μέσω αντλιών στη **Μονάδα Επεξεργασίας Ιλύος**. Αρχικά, οδηγείται στην Μονάδα Πάχυνσης, η οποία αποτελείται από δύο κυκλικούς παχυντές βαρύτητας διαμέτρου 9,0 m. Η άντληση της παχυμένης ιλύος από τον πυθμένα των δεξαμενών γίνεται με αντλία θετικής εκτόπισης προς τη **Μονάδα**

Μηχανικής Αφυδάτωσης. Η αφυδάτωση επιτυγχάνεται σε φυγόκεντρο αφυδατωτή (decanter) με χρήση ισχυρού κατιονικού πολυηλεκτρολύτη μεγάλου MB (9.200 kg/year) ως κροκιδωτικό μέσο. Ο αφυδατωτής λειτουργεί 1,6 h/d. Τα υγρά υπερχειλίσματα ή στραγγίδια από όλα τα στάδια της επεξεργασίας ιλύος επιστρέφουν στο φρεάτιο εισόδου μέσω του **Αντλιοστασίου Στραγγιδίων**. Σύμφωνα με τον υπεύθυνο της εγκατάστασης, υπάρχει μελέτη για ηλιακή ξήρανση της αφυδατωμένης ιλύος (σε αναμονή χρηματοδότησης του έργου) με σκοπό το τελικό προϊόν να χρησιμοποιηθεί για γεωργική χρήση (Α.Ε.Π.Ο. ΕΕΛ Λαμίας, 2012; Δημοπούλου Α., 2011).

Άλλες πληροφορίες σχετικά με την εγκατάσταση

Σύμφωνα με τον υπεύθυνο λειτουργίας, στην ΕΕΛ Λαμίας έχει υλοποιηθεί ενεργειακή αξιολόγηση στο παρελθόν. Το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο θορύβου που εκπέμπεται στο περιβάλλον από τη λειτουργία της εγκατάστασης καθορίζεται σε 55 dBA μετρούμενο στα όρια του οικοπέδου. Για τα αντλιοστάσια του δικτύου αποχέτευσης το όριο θορύβου καθορίζεται σε 50 dBA μετρούμενο στα όρια του χώρου τους. Σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης, όπου και θα λειτουργούν τα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη, επιτρέπεται η κατ' εξαίρεση υπέρβαση του παραπάνω ορίου (Α.Ε.Π.Ο. ΕΕΛ Λαμίας, 2012)

9. Δήμος Λαυρεωτικής (ΔΕΥΑΤΗΛ)

Γενικά στοιχεία και στοιχεία σχεδιασμού

Η Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων – Βοθρολυμάτων Λαυρίου (βλ. Εικόνα 3.12) λειτουργεί 22 έτη και έχει κατασκευαστεί σε έκταση 54 στρεμμάτων βορειανατολικά του Λαυρίου, δίπλα στη ΔΕΗ ΑΗΣ Κερατέας/Λαυρίου. Στην εγκατάσταση φτάνουν λύματα από τις περιοχές Ανάβυσσο, Κερατέα, Κορωπί, Λαύριο, Λεγραινά, Μαρκόπουλο, Παιανία, Σούνιο, Φώκαια και βοθρολύματα από τους οικισμούς του Δήμου Λαυρεωτικής, του Δήμου Κερατέας και της κοινότητας του Αγίου Κωνσταντίνου. Η ΕΕΛ δέχεται κατά μέσω όρο 3600 m³ λυμάτων και βοθρολυμάτων την μέρα το καλοκαίρι και 2100 m³ τον χειμώνα, με εξυπηρετούμενο ισοδύναμο πληθυσμό 32.200 και 19.000 κατοίκους αντίστοιχα, ενώ η δυναμικότητα της εγκατάστασης ανέρχεται στους 35.000 ισοδύναμους κατοίκους. Τελικός αποδέκτης των επεξεργασμένων λυμάτων είναι η θαλάσσια περιοχή Συρί Κερατέας (Άκρα Βρυσάκι) στο Νότιο Ευβοϊκό Κόλπο έναντι της Μακρονήσου. Φορέας διαχείρισης της ΕΕΛ είναι η ΔΕΑΥ Λαυρίου (Παπαγιάννης Θ. και συνεργάτες ΑΕΜ, 2011).



Εικόνα 3.12. Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων Λαυρίου (πηγή www.vpeka.gr)

Συνδεδεμένες βιομηχανίες - Επαναχρησιμοποίηση νερού

Η ΕΕΛ δεν δέχεται και δεν επεξεργάζεται βιομηχανικά λύματα και σύμφωνα με τον υπεύθυνο της εγκατάστασης, δεν γίνεται επαναχρησιμοποίηση της εκροής της εγκατάστασης για άρδευση.

Ποιοτικά χαρακτηριστικά

Στον Πίνακα 3.64, που ακολουθεί, φαίνεται ο μέσος όρος των ποιοτικών χαρακτηριστικών εισόδου και εξόδου της εγκατάστασης για το 2016 (mg/L). Οι τιμές προκύπτουν από την επεξεργασία των αναρτημένων μετρήσεων της ΕΕΛ Λαυρίου στην Εθνική Βάση Δεδομένων των ΕΕΛ της χώρας της Ειδικής Γραμματείας Υδάτων (ΕΓΥ) στην ιστοσελίδα του ΥΠΕΚΑ (<http://astikalimata.ypeka.gr>) στην ενότητα “Περιβάλλον - Διαχείριση Λυμάτων” και στον Πίνακα 3.6 φαίνονται τα όρια εκροής, όπως αναφέρονται στην Απόφαση Έγκρισης Π.Ο. για την ΕΕΛ Λαυρίου.

Παράμετρος	Είσοδος	Έξοδος	ΜΜ
BOD ₅	306,50	9,21	mg/l
COD	1.351,88	35,81	mg/l
TSS	850,22	9,83	mg/l
NH ₄ -N	98,23	0,94	mg/l
T-P	19,23	6,34	mg/l
NO ₃ -N	-	5,68	mg/l

Πίνακας 3.64. Ποιοτικά χαρακτηριστικά εισόδου και εξόδου ΕΕΛ Λαυρίου

Παράμετρος	Μέση Ημερήσια Συγκέντρωση	ΜΜ
BOD ₅	< 20	mg/l
COD	< 100	mg/l
Αιωρούμενα στερεά (SS)	< 25	mg/l
Καθιζάνοντα στερεά εντός 2 ωρών σε κώνο Imhoff	< 0,3	ml/l
Ολικό Άζωτο TN	< 10	mg/l
Αμμωνιακό Άζωτο N-NH ₄	≤ 2	mg/l
Λίπη – Έλαια	≤ 0,1	mg/l
Επιπλέοντα στερεά	0	mg/l

Πίνακας 3.65. Προδιαγραφές εξερχομένων λυμάτων ΕΕΛ Λαυρίου προς διάθεση στον υδάτινο αποδέκτη

Χαρακτηριστικά παραγόμενης ιλύος

Η ΕΕΛ διαθέτει σε τρίτους 450 kgDS παραγόμενης λυματολάσπης ετησίως. Στον Πίνακα 3.67, που ακολουθεί βλέπουμε το ποσοστό στερεών στην είσοδο και έξοδο των μονάδων επεξεργασίας ιλύος και στον Πίνακα 3.68 βλέπουμε την κατά μέσο όρο ποσότητα παραγόμενης ιλύος και υγρασίας στην έξοδο του συστήματος επεξεργασίας της, όπως μας δόθηκε από τον υπεύθυνο λειτουργίας μέσω του ερωτηματολογίου.

Μονάδα	Είσοδος	Έξοδος	ΜΜ
Πάχυνση	1,5	4,0	%
Αφυδάτωση	4,0	18,0	%

Πίνακας 3.67. Ποσοστό στερεών στις μονάδες επεξεργασίας ιλύος ΕΕΛ Λαυρίου

Παράμετρος	Έξοδος	ΜΜ
Ιλύς	9,0	m ³ /d
Υγρασία	82,0	%

Πίνακας 3.68. Ποσότητα παραγόμενης ιλύος και υγρασίας ΕΕΛ Λαυρίου

Χαρακτηριστικά δεξαμενής αερισμού

Ο μέσος χρόνος υδραυλικής παραμονής στο σύνολο της εγκατάστασης είναι 60 h. Στον Πίνακα 3.66 που ακολουθεί αναφέρονται οι τιμές κάποιων χαρακτηριστικών παραμέτρων της διαδικασίας του αερισμού των λυμάτων, όπως αυτές μας δόθηκαν από τον υπεύθυνο λειτουργίας μέσω του ερωτηματολογίου.

Παράμετρος	Τιμή	ΜΜ
Μέσος υδραυλικός χρόνος παραμονής	46	H
Ρυθμός επανακυκλοφορίας	≈90	%
Ηλικία ιλύος	25	D
MLSS	4500	mg/l
Τυπική τιμή F/M	0,095	kg BOD/ kg MLVSS/d

Πίνακας 3.66. Τιμές χαρακτηριστικών παραμέτρων κατά τον αερισμό των λυμάτων ΕΕΛ Λαυρίου

Συνοπτική Περιγραφή της εγκατάστασης

Στην εγκατάσταση γίνεται δευτεροβάθμιος καθαρισμός των λυμάτων και η επιλεγείσα μέθοδος επεξεργασίας είναι η μέθοδος της ενεργού ιλύος με παρατεταμένο αερισμό για την ταυτόχρονη νιτροποίηση – απονιτροποίηση και σταθεροποίηση της ιλύος. Η εγκατάσταση αποτελείται από τις εξής κύριες μονάδες (Παπαγιάννης Θ. και συνεργάτες ΑΕΜ, 2011; Α.Ε.Π.Ο. ΕΕΛ Λαυρίου, 2011)

Μηχανική επεξεργασία: Μονάδα υποδοχής – προεπεξεργασίας βοθρολυμάτων • Φρεάτιο άφιξης • Αντλιοστάσιο ανύψωσης • Μονάδα προκαταρκτικής επεξεργασίας • Δεξαμενή Εξισορρόπησης

Βιολογική επεξεργασία: Μονάδα Αερισμού • Μονάδα Καθίζησης

Τελική επεξεργασία: Δεξαμενή Χλωρίωσης • Φρεάτιο Δειγματοληψίας

Επεξεργασία ιλύος: Μονάδα Πάχυνσης • Μονάδα Αφυδάτωσης

Κτίρια λειτουργίας – Βοηθητικές μονάδες: Κτίριο ελέγχου • Εργαστήριο • Η/Ζ

Αναλυτική περιγραφή της εγκατάστασης

Η ΕΕΛ δέχεται καθημερινά κατά μέσω όρο 55 βυτία βοθρολυμάτων. Έτσι, κοντά στην είσοδο της εγκατάστασης υπάρχει η **Μονάδα Υποδοχής-Προεπεξεργασίας Βοθρολυμάτων** στην οποία αποθέτονται τα βοθρολύματα και υφίστανται μια αρχική επεξεργάζονται. Έπειτα, διοχετεύονται βαθμιαία προς το **Φρεάτιο Εισόδου** της εγκατάστασης, όπου εισέρχονται και τα λύματα μέσω του δικτύου κεντρικών αποχετευτικών αγωγών (Κ.Α.Α.). Στη συνέχεια, τα λύματα (στο σύνολό τους) εισέρχονται στο **Αντλιοστάσιο Ανύψωσης**, όπου είναι εγκατεστημένες δύο (2) αντλίες κάθετης εκτόπισης (monopump). Οι αντλίες λειτουργούν 16 h/d. Από εκεί αντλούνται προς την **Μονάδα Εσχάρωσης**. Τα λύματα εσχαρίζονται σε μια μηχανικά αυτοκαθοριζόμενη εσχάρα, η οποία λειτουργεί 16 h/d. Μετά την εσχάρωση τα λύματα οδηγούνται στη **Μονάδα Εξάμμιωσης-Λιποσυλλογής**, η οποία αποτελείται από έναν μηχανικό εξάμμιωτή με αεραντλίες και έναν επιφανειακό λιποσυλλέκτη, για την απομάκρυνση των λιπών και των ελαίων. Η παροχή του αέρα στη δεξαμενή ανέρχεται στα 400 m³/h και η τροφοδοσία του γίνεται με δύο κομπρεσέρ. Από εκεί, τα προεπεξεργασμένα λύματα οδηγούνται στη **Δεξαμενή Εξισορρόπησης**, η οποία έχει όγκο 806 m³. Η δεξαμενή δίνει τη δυνατότητα ομαλότερου μερισμού της παροχής των λυμάτων προς τις **Δεξαμενές Αερισμού**.

Ο αερισμός των λυμάτων γίνεται σε τρεις (3) **Οξειδωτικές Τάφρους** χωρητικότητας 1.650 m^3 έκαστη, όπου επιτυγχάνεται απομάκρυνση του οργανικού φορτίου και ταυτόχρονη νιτροποίηση-απονιτροποίηση του αμμωνιακού αζώτου. Στη συνέχεια, τα λύματα οδηγούνται στις **Δεξαμενές Καθίζησης**. Η δευτεροβάθμια καθίζηση επιτυγχάνεται σε τρεις κυκλικές δεξαμενές με ακτινικό ξέστρο χωρητικότητας 400 m^3 έκαστη. Η ιλύς που καθιζάνει στη χοάνη του πυθμένα των δεξαμενών απομακρύνεται άμεσα, ώστε με τη βοήθεια των αντλιοστασίων να καταλήξει στις δεξαμενές αερισμού και στους παχυντές για περαιτέρω επεξεργασία. Μετά τις δεξαμενές καθίζησης, τα επεξεργασμένα λύματα οδηγούνται μέσω καναλιού στη **Δεξαμενή Απολύμανσης**. Η απολύμανση επιτυγχάνεται με χλωρίωση και το απαιτούμενο διάλυμα προστίθεται μέσω δύο δοσομετρικών αντλιών. Στην έξοδο της δεξαμενής υπάρχει **Φρεάτιο Δειγματοληψίας** για τον έλεγχο της ποιότητας της εκροής πριν την διάθεσή της στον τελικό αποδέκτη. Τελικά, τα επεξεργασμένα λύματα διατίθενται μέσω υποθαλάσσιου αγωγού στην θαλάσσια περιοχή Συρί Κερατέας στο Νότιο Ευβοϊκό Κόλπο (Α.Ε.Π.Ο. ΕΕΛ Λαυρίου, 2011).

Ταυτόχρονα, η περίσσεια ιλύος μεταφέρεται τακτικά μέσω αντλιών στη **Μονάδα Επεξεργασίας Ιλύος**. Αρχικά, οδηγείται στην **Μονάδα Πάχυνσης**, η οποία αποτελείται από έναν παχυντή βαρύτητας, που λειτουργεί όλο το 24ωρο. Στη συνέχεια, η παχυμένη ιλύς οδηγείται στη **Μονάδα Μηχανικής Αφυδάτωσης**. Η αφυδάτωση επιτυγχάνεται σε ταινιοφιλτρόπρεσσα με χρήση πολυηλεκτρολύτη σε σκόνη (1 kg/ m^3) ως κροκιδωτικό μέσο. Ο αφυδατωτής λειτουργεί 6 h/d. Τα υγρά υπερχειλίσματα ή στραγγίδια από όλα τα στάδια της επεξεργασίας ιλύος επιστρέφουν στο φρεάτιο εισόδου μέσω του **Αντλιοστασίου Στραγγιδίων**. Η επεξεργασμένη λάσπη διατίθεται στη συνέχεια σε αρμόδιο φορέα.

Άλλες πληροφορίες σχετικά με την εγκατάσταση

Σύμφωνα με τον υπεύθυνο λειτουργίας, στην ΕΕΛ Λαυρίου γίνεται χρήση πετρελαίου ($1,5 \text{ tn/year}$) για το H/Z. Το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο θορύβου που εκπέμπεται στο περιβάλλον από τη λειτουργία της εγκατάστασης καθορίζεται σε 55 dBA μετρούμενο στα όρια του οικοπέδου (Α.Ε.Π.Ο. ΕΕΛ Λαυρίου, 2011).

10. Δήμος Μονεμβασιάς

Γενικά στοιχεία και στοιχεία σχεδιασμού

Η Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων - Βοθρολυμάτων της Μονεμβασιάς (βλ. Εικόνα 3.13) λειτουργεί από το τέλος του 2009 και δέχεται κατά μέσω όρο 351 m^3 λυμάτων και βοθρολυμάτων την μέρα το καλοκαίρι και 253 m^3 τον χειμώνα. Η δυναμικότητα της εγκατάστασης είναι 8.000 ισοδύναμοι κάτοικοι, ενώ εξυπηρετεί 2.240 κατοίκους το καλοκαίρι και μόλις 904 μόνιμους κατοίκους τον χειμώνα. Στην εγκατάσταση οδηγούνται τα λύματα από τους οικισμούς Γέφυρας, Αγ. Κυριακής και Κάστρο και τα βοθρολύματα της ευρύτερης περιοχής της Δ.Ε. Μονεμβασιάς. Η ΕΕΛ έχει κατασκευαστεί σε έκταση 3,5 στρεμμάτων νότια του οικισμού Γέφυρα και σε απόσταση 0,5 km από τον οικισμό. Τελικός αποδέκτης των επεξεργασμένων λυμάτων είναι η θαλάσσια περιοχή της Μονεμβασιάς μπροστά από την εγκατάσταση (Μυρτώο Πέλαγος) (Α.Ε.Π.Ο. ΕΕΛ Μονεμβασιάς, 2012).

Συνδεδεμένες βιομηχανίες - Επαναχρησιμοποίηση νερού

Η ΕΕΛ δεν δέχεται και επεξεργάζεται υγρά απόβλητα από βιομηχανικές μονάδες/ βιομηχανίες και σύμφωνα με τον υπεύθυνο της εγκατάστασης, δεν γίνεται επαναχρησιμοποίηση της εκροής της εγκατάστασης για άρδευση.



Εικόνα 3.13. Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων - Βοθρολυμάτων Μονεμβασίας (πηγή www.ypeka.gr)

Δεδομένα σχεδιασμού

Στον πίνακα 3.69 παρουσιάζονται τα δεδομένα σχεδιασμού του υποθαλάσσιου αγωγού εκβολής, όπως αναφέρονται στην Α.Ε.Π.Ο. της ΕΕΛ Μονεμβασίας και στον Πίνακα 3.70 παρουσιάζονται τα δεδομένα σχεδιασμού της εγκατάστασης για το σύνολο των εισερχόμενων αστικών λυμάτων, όπως αναφέρονται στην Απόφαση Έγκρισης Π.Ο. για την ΕΕΛ Μονεμβασίας στην Εθνική Βάση Δεδομένων των ΕΕΛ της χώρας, η οποία είναι αναρτημένη στην ιστοσελίδα του ΥΠΕΚΑ (<http://astikalimata.ypeka.gr>), στην ενότητα “Περιβάλλον - Διαχείριση Λυμάτων”.

Βασικές Παράμετροι Σχεδιασμού	Φάση σχεδιασμού 20ετία (χειμώνας 2023)	Φάση σχεδιασμού 20ετία (θέρος 2023)	Μ.Μ.
Ισοδύναμος Πληθυσμός	5.000	8.000	ικ
Παροχή λυμάτων/κάτοικο	200	200	l/d
Συνολική ημερήσια παροχή	1.000	1.600	m ³ /d
Ημερήσια παροχή βοθρολυμάτων	100	150	m ³ /d
Παροχή αιχμής	93,1	138,7	m ³ /h
Συντελεστής αιχμής	2,23	2,08	
BOD ₅	300	480	kg/d
	300	300	mg/l
Αιωρούμενα στερεά	350	560	kg/d
	350	350	mg/l
Ολικό Άζωτο	50	80	kg/d
	50	50	mg/l
Φώσφορος	15	24	kg/d
	15	15	mg/l
Ολικά κολοβακτηριοειδή (ΠΑΚ)/100 ml	50 x 10 ⁶	50 x 10 ⁶	

Πίνακας 3.69. Δεδομένα σχεδιασμού ΕΕΛ Μονεμβασίας

Βασικές Παράμετροι Σχεδιασμού	Τιμή	M.M.
Παροχή αιχμής	140,00	m ³ /h
Εσωτερική διάμετρος αγωγού	248,00	mm
Μήκος αγωγού	350,00	m
Βάθος εκβολής	32,00	m
Αριθμός διαχυτήρων (N)	6,00 ανά 5,70 m απόσταση	
Διάμετρος διαχυτήρων εξόδου (De)	56,00	mm
Ταχύτητα ροής αιχμής (V)	0,81	m/l
Ταχύτητα εξόδου από διαχυτήρα (Vo)	2,63	m/sec
Απώλειες τριβής	0,30 m / 100,00 m	

Πίνακας 3.70. Δεδομένα σχεδιασμού αγωγού εκβολής ΕΕΛ Μονεμβασιάς

Ποιοτικά χαρακτηριστικά

Ο μέσος υδραυλικός χρόνος παραμονής στο σύνολο της εγκατάστασης είναι 6,3 d και στη δεξαμενή αερισμού 5 d. Στον Πίνακα 3.71, που ακολουθεί, φαίνονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά εισόδου και εξόδου της ΕΕΛ για το 2016 (mg/L), όπως μας παραχωρήθηκαν από τον υπεύθυνο της εγκατάστασης. Αξιόλογο είναι το γεγονός ότι η συγκέντρωση του ολικού φωσφόρου στην εκροή είναι σημαντικά χαμηλή, αν και η εγκατάσταση δεν έχει κατασκευαστεί για απομάκρυνση P. Στον Πίνακα 3.72 φαίνονται τα όρια εκροής, όπως αναφέρονται στην ΑΕΠΟ της ΕΕΛ Μονεμβασιάς.

Παράμετρος	Είσοδος	Έξοδος	MM
BOD ₅	246,00	3,00	mg/l
COD	680,00	45,00	mg/l
TSS	345,00	8,00	mg/l
T-N	92,00	11,00	mg/l
T-P	10,00	0,86	mg/l
pH	7,50	7,40	

Πίνακας 3.71. Ποιοτικά χαρακτηριστικά εισόδου και εξόδου ΕΕΛ Μονεμβασιάς

Παράμετρος	Μέση Ημερήσια Συγκέντρωση	MM
BOD ₅	< 20	mg/l
COD	< 90	mg/l
Αιωρούμενα στερεά (SS)	< 20	mg/l
Ολικό Άζωτο (TN)	< 10	mg/l
Άζωτο σε μορφή νιτρικών NO ₃	< 8	mg/l
Αμμωνιακό Άζωτο N-NH ₄	< 2	mg/l
Κολοβακτηριοειδή	< 70/100 ml	

Πίνακας 3.72. Προδιαγραφές εξερχομένων λυμάτων ΕΕΛ Μονεμβασιάς προς διάθεση στον υδάτινο αποδέκτη

Χαρακτηριστικά παραγόμενης ιλύος

Η παραγόμενη ποσότητα ιλύος προέρχεται από τη δευτεροβάθμια επεξεργασία και ανέρχεται σε 146.000 kgDS/year με περιεκτικότητα 18% σε στερεά. Στον Πίνακα 3.73 που ακολουθεί βλέπουμε την κατά μέσο όρο ποσότητα παραγόμενης ιλύος και υγρασίας στην έξοδο του συστήματος επεξεργασίας της, όπως μας δόθηκε από τον υπεύθυνο λειτουργίας.

Παράμετρος	Έξοδος	ΜΜ
Ιλύς	78	tn/year
Υγρασία	82	%

Πίνακας 3.73. Ποσότητα παραγόμενης ιλύος και υγρασίας ΕΕΛ Μονεμβασιάς

Συνοπτική περιγραφή της εγκατάστασης

Στην εγκατάσταση γίνεται δευτεροβάθμια επεξεργασία των λυμάτων με απομάκρυνση θρεπτικών και απολύμανση. Η επιλεγείσα μέθοδος επεξεργασίας είναι η μέθοδος της ενεργού ιλύος με παρατεταμένο αερισμό. Η εγκατάσταση αποτελείται από τις εξής κύριες μονάδες (Α.Ε.Π.Ο. ΕΕΛ Μονεμβασιάς, 2012):

Μηχανική επεξεργασία: Μονάδα υποδοχής και προεπεξεργασίας βοθρολυμάτων • Πιεζοθραυστικό φρεάτιο εισόδου Μονάδα εσχάρωσης • Μετρητής παροχής (κανάλι τύπου Parshall) • Μονάδα εξάμμωσης – λιποσυλλογής

Βιολογική επεξεργασία: Βιοεπιλογέας – Μεριστής αερισμού • Μονάδες βιολογικής επεξεργασίας • Μονάδα καθίζησης • Αντλιοστάσιο ανακυκλοφορίας και περίσσιας ιλύος

Τελική επεξεργασία: Δεξαμενή χλωρίωσης • Κεντρικός παρακαμπτήριος αγωγός (by pass) • Φρεάτιο εξόδου – δειγματοληψίας

Επεξεργασία ιλύος: Δεξαμενή πάχυνσης • Ταινιοφιλτρόπρεσσα • Αντλιοστάσιο στραγγισμάτων

Κτίρια λειτουργίας – Βοηθητικές μονάδες: Κτίριο διοίκησης • Κτίριο αποθήκης του Η/Ζ

Αναλυτική περιγραφή της εγκατάστασης

Η ΕΕΛ δέχεται καθημερινά κατά μέσω όρο 1,5 βυτίο βοθρολυμάτων τους χειμερινούς μήνες και 3,5 βυτία βοθρολυμάτων τους θερινούς μήνες. Έτσι, κοντά στην είσοδο της εγκατάστασης υπάρχει η **μονάδα υποδοχής-προεπεξεργασίας βοθρολυμάτων**, η οποία είναι εξοπλισμένη με αυτόματη εσχάρα τυμπάνου, δεξαμενή εξάμμωσης καθώς και δεξαμενή προαερισμού και ομογενοποίησης. Τα βοθρολύματα και τα λύματα που φτάνουν στην εγκατάσταση μέσω καταθλιπτικού αγωγού (Κ.Α.Α.) εισέρχονται στο **φρεάτιο εισόδου**. Το φρεάτιο έχει πιεζοθραυστική διάταξη και χωρητικότητα για παραμονή των λυμάτων τουλάχιστον 30 sec.

Από εκεί, τα λύματα οδηγούνται με φυσική ροή προς την **μονάδα εσχάρωσης**. Η εσχάρωσης αποτελείται από μία τοξωτή μηχανικά αυτοκαθοριζόμενη εσχάρα ανοιγμάτων 15mm και μια εφεδρική χειροκαθαριζόμενη εσχάρα. Στη συνέχεια, τα λύματα διέρχονται από κανάλι τύπου Parshall, όπου μετράται η παροχή εισόδου. Έπειτα, εισέρχονται στη **μονάδα εξάμμωσης-λιποσυλλογής**, η οποία αποτελείται από έναν αεριζόμενο αμμοσυλλέκτη – λιποσυλλέκτη. Εκεί συγκρατούνται τα ανόργανα στερεά διαμέτρου μεγαλύτερη των 0,2mm καθώς καθιζάνουν στον πυθμένα της δεξαμενής, ενώ τα λίπη επιπλέουν σε παράπλευρο κανάλι ηρεμίας. Τα εσχάρισματα, η άμμος και τα λίπη συγκεντρώνονται και αποθηκεύονται σε ειδικά δοχεία αποκομιδής. Στη συνέχεια, τα λύματα οδηγούνται σε αναερόβια **δεξαμενή βιοεπιλογής** με ελάχιστο χρόνο παραμονής 15 min. Εκεί εισέρχεται και η ανακυκλοφορία ιλύος και αναδεύονται από αναμκτήρες. Ο βιοεπιλογέας βελτιώνει τα χαρακτηριστικά της βιομάζας και συντελεί στη μείωση της ανάπτυξης νηματοειδών οργανισμών.

Στην ΕΕΛ εφαρμόζεται το σύστημα Ludzack-Ettinger, το οποίο επιτυγχάνει ελεγχόμενη απονιτροποίηση εντός χωριστής ανοξικής δεξαμενής, που προηγείται των δεξαμενών αερισμού. Έτσι, μετά το βιοεπιλογέα, τα λύματα εισέρχονται πρώτα

στην ανοξική και κατόπιν στην αερόβια ζώνη των δύο παράλληλης λειτουργίας **μονάδων βιολογικής επεξεργασίας**. Οι μονάδες αποτελούνται από δύο ανοξικές και δύο διαμερισματοποιημένες οξικές δεξαμενές. Οι δεξαμενές είναι πλήρους μείξης και ορθογωνικής διατομής, με ξεχωριστά τμήματα νιτροποίησης – απονιτροποίησης. Ο ωφέλιμος όγκος της παλιάς ανοξικής είναι 220 m^3 , της νέας ανοξικής είναι 132 m^3 , της παλιάς οξικής είναι 878 m^3 και της νέας οξικής είναι 530 m^3 . Η ανάδευση των λυμάτων στην ανοξική ζώνη γίνεται με υποβρύχιους αναμικτήρες τύπου έλικα και ο αερισμός τους στη μονάδα αερισμού γίνεται με επιφανειακούς αεριστήρες. Οι εγκαταστάσεις παρατεταμένου αερισμού είναι σχεδιασμένες ώστε να έχουν τη δυνατότητα να παραλάβουν μέχρι και 10% παραπάνω φορτίο σε θερινές συνθήκες χωρίς να μειωθεί η απόδοσής τους. Κοντά στη έξοδο κάθε δεξαμενής αερισμού υπάρχει υποβρύχιο αντλιοστάσιο ανακυκλοφορίας μικτού υγρού προς το ανοξικό διαμέρισμα.

Στη συνέχεια, τα λύματα υπερχειλίζουν προς τις **δεξαμενές καθίζησης**. Η δευτεροβάθμια καθίζηση επιτυγχάνεται σε δύο κυκλικές δεξαμενές με ακτινικό ξέστρο χωρητικότητας $78,5 \text{ m}^3$ (παλιά) και 44 m^3 (νέα). Η ιλύς που καθιζάνει στη χοάνη του πυθμένα των δεξαμενών απομακρύνεται άμεσα, ώστε με τη βοήθεια των **αντλιοστασίων ανακυκλοφορίας και περισσειας ιλύος** να καταλήξει στις μονάδες βιολογικής επεξεργασίας και στους παχυντές για περαιτέρω επεξεργασία. Έπειτα, τα διαυγασμένα λύματα οδηγούνται στη **δεξαμενή χλωρίωσης**. Η απολύμανση επιτυγχάνεται με προσθήκη διαλύματος υποχλωριόδου νατρίου (NaClO) από ζεύγος δοσομετρικών αντλιών για την καταστροφή των μικροοργανισμών, ώστε η εκροή να συμμορφώνεται με τα απαιτούμενα από τη νομοθεσία όρια. Στην έξοδο της δεξαμενής συναντάται το **φρεάτιο εξόδου-δειγματοληψίας**, απαραίτητο για τον έλεγχο των χαρακτηριστικών των επεξεργασμένων λυμάτων πριν την διάθεσή τους στον υδάτινο αποδέκτη. Τελικά, τα επεξεργασμένα λύματα διατίθενται μέσω υποθαλάσσιου αγωγού διατομής $\Phi 280$ στη θαλάσσια περιοχή της Μονεμβασίας μπροστά από την εγκατάσταση, σε απόσταση 300 m από την παραλία και σε βάθος θάλασσας περίπου 32 m. Ο αγωγός διαθέτει κατάλληλο σύστημα διάχυσης, το οποίο αποτελείται από 6 οπές διατομής $5,6 \text{ cm}$ σε απόσταση 5,7 m μεταξύ τους. Σε απολύτως αναγκαίες περιπτώσεις, η τροφοδοσία του έργου μπορεί να απομονωθεί πλήρως, ώστε να είναι δυνατή η γενική παράκαμψη του έργου μέσω του **κεντρικού παρακαμπτήριου αγωγού (by pass)** της εγκατάστασης απευθείας στο φρεάτιο εξόδου.

Ταυτόχρονα, η περίσσεια ιλύος μεταφέρεται τακτικά μέσω αντλιών στη **μονάδα επεξεργασίας ιλύος**. Η πάχυνση της ιλύος επιτυγχάνεται σε **δεξαμενή πάχυνσης** κωνικού πυθμένα, την οποία ακολουθεί ένα μηχανικό σύστημα πάχυνσης – αφυδάτωσης. Η παχυμένη ιλύς αφυδατώνεται σε **ταινιοφιλτρόπρεσσα** κλειστού τύπου. Προτιμήθηκε η μηχανική αφυδάτωση έναντι των κλινών ξήρανσης λόγω της εξοικονόμησης χώρου, αλλά κυρίως λόγω των μικρών περιβαλλοντικών οχλήσεων (δυσοσμία, ανάπτυξη εντόμων). Η αφυδάτωση γίνεται σε κλειστό εξαεριζόμενο χώρο, ώστε να μην προκαλούνται οσμές στην άμεση περιοχή. Τα υγρά υπερχειλίσματα ή στραγγίδια από όλα τα στάδια της επεξεργασίας ιλύος επιστρέφουν στο φρεάτιο εισόδου μέσω του **αντλιοστασίου στραγγιδίων**. Η αφυδατωμένη ιλύς συλλέγεται και μεταφέρεται με βυτιοφόρο όχημα προς τη χωματερή των αστικών απορριμμάτων (και μελλοντικά τη δημοτική μονάδα κομποστοποίησης) ή εναλλακτικά διατίθεται για γεωργικές χρήσεις αφότου χορηγηθεί ειδική άδεια.

Άλλες πληροφορίες σχετικά με την εγκατάσταση

Το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο θορύβου που εκπέμπεται στο περιβάλλον από τη λειτουργία της εγκατάστασης καθορίζεται σε 55 dBA μετρούμενο στα όρια του οικοπέδου.

11. Δήμος Νέας Κυδωνίας (ΔΕΥΑ Βορείου Άξονα Χανίων)

Γενικά στοιχεία

Η Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων Νέας Κυδωνίας (βλ. Εικόνα 3.14) λειτουργεί από το 2007 και δέχεται κατά μέσω όρο 9.540 m^3 λυμάτων την μέρα το καλοκαίρι και 3.835 m^3 τον χειμώνα, με δυνατότητα να επεξεργαστεί μέση παροχή $16.410 \text{ m}^3/\text{d}$. Η δυναμικότητα της εγκατάστασης είναι 60.000 ισοδύναμοι κάτοικοι, ενώ εξυπηρετεί 54.678 κατοίκους το καλοκαίρι και 17.191 κατοίκους τον χειμώνα. Στην εγκατάσταση οδηγούνται τα λύματα από τους δήμους της Νέας Κυδωνίας, του Πλατανιά, των Βουκολιών και του Κολυμβαρίου. Η ΕΕΛ έχει κατασκευαστεί σε έκταση 50 στρεμμάτων νοτιοδυτικά του οικισμού Γεράνι και δυτικά της πόλης των Χανίων. Τελικός αποδέκτης των επεξεργασμένων λυμάτων είναι η θαλάσσια περιοχή πλησίον της εγκατάστασης στον «Γεράνι» (Κρητικό Πέλαγος). Φορέας διαχείρισής της είναι η Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης – Αποχέτευσης Βορείου Άξονα Χανίων.



Εικόνα 3.14. Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων Νέας Κυδωνίας (πηγή www.ypeka.gr)

Συνδεδεμένες βιομηχανίες - Επαναχρησιμοποίηση νερού

Η ΕΕΛ δεν δέχεται και δεν επεξεργάζεται υγρά απόβλητα από βιομηχανικές μονάδες/ βιομηχανίες. Επίσης, σύμφωνα με την υπεύθυνη της εγκατάστασης, γίνεται επαναχρησιμοποίηση της εκροής μόνο για βιομηχανική χρήση εντός της εγκατάστασης. Η επιλεγείσα διεργασία επαναχρησιμοποίησης είναι η φίλτρανση. Η ποιότητα του νερού προς επαναχρησιμοποίηση φαίνεται στον Πίνακα 3.74 που ακολουθεί.

FC/100ml	BOD (mg/l)	TSS (mg/l)
0	2 -3	3 -10

Πίνακας 3.74. Ποιοτικά χαρακτηριστικά νερού προς επαναχρησιμοποίηση ΕΕΛ Νέας Κυδωνίας

Δεδομένα σχεδιασμού

Στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 3.75) παρουσιάζονται τα δεδομένα σχεδιασμού της εγκατάστασης για το σύνολο των εισερχόμενων αστικών λυμάτων, όπως αναφέρονται στην Απόφαση Έγκρισης Π.Ο. για την ΕΕΛ Νέας Κυδωνίας Κρήτης στην Εθνική Βάση Δεδομένων των ΕΕΛ της χώρας, η οποία είναι αναρτημένη στην ιστοσελίδα του ΥΠΕΚΑ (<http://astikalimata.ypeka.gr>), στην ενότητα “Περιβάλλον - Διαχείριση Λυμάτων”.

Παράμετρος	Αρχική φάση (2000)		Τελική φάση (2035)		Μ.Μ.
	Χειμώνας	Καλοκαίρι	Χειμώνας	Καλοκαίρι	
Ισοδύναμος Πληθυσμός	14.00	30.000	47.000	100.000	ικ
Μέση ημερήσια παροχή	2.200	5.400	7.200	18.000	m ³ /d
BOD ₅	850	1.800	3.000	6.000	kg/d
Αιωρούμενα στερεά	1.000	2.100	3.300	7.000	kg/d
Ολικό Άζωτο	170	360	570	1.200	kg/d
Φώσφορος	50	110	170	350	kg/d

Πίνακας 3.75. Δεδομένα σχεδιασμού ΕΕΛ Νέας Κυδωνίας

Ποιοτικά χαρακτηριστικά

Στο χώρο της εγκατάστασης λειτουργεί χημικό εργαστήριο, όπου πραγματοποιούνται μετρήσεις BOD, COD, N-NO₃, N-NH₃, N_{tot}, P-PO₄, P_{tot}, TSS, MLSS, pH & αναλύσεις λάσπης, για την παρακολούθηση της καλής λειτουργίας της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων. Ελέγχεται, επίσης, η ποιότητα της εκροής για την τήρηση των περιβαλλοντικών όρων. Οι απαιτούμενες μικροβιολογικές αναλύσεις πραγματοποιούνται σε συνεργασία με εξωτερικό μικροβιολογικό εργαστήριο. Στον Πίνακα 3.76, που ακολουθεί, παρουσιάζεται ο μέσος όρος των ποιοτικών χαρακτηριστικών εισόδου και εξόδου της ΕΕΛ για τον χειμερινό και το καλοκαίρι του 2016, όπως μας παραχωρήθηκαν από τον υπεύθυνο της εγκατάστασης και στον Πίνακα 3.77 φαίνονται τα όρια εκροής, όπως αναφέρονται στην ΑΕΠΟ (<http://astikalimata.ypeka.gr>).

Παράμετρος	Είσοδος		Έξοδος		ΜΜ
	Θέρος	Χειμώνας	Θέρος	Χειμώνας	
BOD₅	375,00	172,00	11,00	4,00	mg/l
COD	676,00	353,00	44,00	22,00	mg/l
TSS	267,00	128,00	11,00		mg/l
T-N	77,00	49,00	12,00	9,00	mg/l
T-P	9,00	5,00	6,60		mg/l
pH	7,33	7,49	7,70		

Πίνακας 3.76. Ποιοτικά χαρακτηριστικά εισόδου και εξόδου ΕΕΛ Νέας Κυδωνίας

α/α	BOD ₅	COD	Αιωρούμενα στερεά (SS)	Καθιζάνοντα στερεά εντός 2 ωρών σε κώνο Imhoff	TN	N-NH ₄	Λίπη Έλαια	Επιπλέοντα στερεά	ΜΜ
Μέση Ημερήσια Συγκέντρωση	< 20	< 100	< 30	< 0,3	< 15	≤ 2	≤ 0,1	≤ 0,1	mg/l

Πίνακας 3.77 Προδιαγραφές εξερχομένων λυμάτων ΕΕΛ Νέας Κυδωνίας προς διάθεση στον υδάτινο αποδέκτη

Χαρακτηριστικά δεξαμενής αερισμού

Στον Πίνακα 3.78 που ακολουθεί αναφέρονται οι τιμές κάποιων χαρακτηριστικών παραμέτρων της διαδικασίας του αερισμού των λυμάτων, όπως αυτές μας δόθηκαν από τον υπεύθυνο λειτουργίας μέσω του ερωτηματολογίου.

Παράμετρος	Τιμή	ΜΜ
Μέσος υδραυλικός χρόνος παραμονής	> 20	H
Ρυθμός επανακυκλοφορίας	100 - 150	%
Ηλικία ιλύος	45	d
MLSS	3.500 – 5.500	mg/l
Τυπική τιμή F/M	0,02 – 0,085	kg BOD/ kg MLVSS/d

Πίνακας 3.78. Τιμές χαρακτηριστικών παραμέτρων κατά τον αερισμό των λυμάτων ΕΕΛ Νέας Κυδωνίας

Χαρακτηριστικά παραγόμενης ιλύος

Η ημερήσια ποσότητα παραγόμενης ιλύος προέρχεται από τη δευτεροβάθμια επεξεργασία με 1,0% στερεά. Η παραγόμενη λυματολάσπη διατίθεται σε ΧΥΤΑ (540.000 kgDS/έτος). Στον Πίνακα 3.79 που ακολουθεί βλέπουμε το ποσοστό στερεών στην είσοδο και έξοδο των μονάδων επεξεργασίας ιλύος και στον Πίνακα 3.80 βλέπουμε την κατά μέσο όρο ποσότητα παραγόμενης ιλύος και υγρασίας στην είσοδο και έξοδο του συστήματος επεξεργασίας της, όπως μας δόθηκε από τον υπεύθυνο λειτουργίας μέσω του ερωτηματολογίου.

Μονάδα	Είσοδος	Έξοδος	ΜΜ
Πάχυνση	1	3	%
Αφυδάτωση	3	12 – 14	%

Πίνακας 3.79. Ποσοστό στερεών στις μονάδες επεξεργασίας ιλύος ΕΕΛ Νέας Κυδωνίας

Παράμετρος	Είσοδος	Έξοδος	ΜΜ
Ιλύς	160,0		m ³ /d
Υγρασία	97,5	87,0	%

Πίνακας 3.80. Ποσότητα παραγόμενης ιλύος και υγρασίας ΕΕΛ Νέας Κυδωνίας

Σύντομη περιγραφή της εγκατάστασης

Στην εγκατάσταση γίνεται τριτοβάθμια επεξεργασία λυμάτων. Η επιλεγείσα μέθοδος βιολογικής επεξεργασίας είναι η μέθοδος της ενεργού ιλύος με παρατεταμένο αερισμό και ταυτόχρονη νιτροποίηση – απονιτροποίηση αζώτου. Η εγκατάσταση αποτελείται από τις εξής κύριες μονάδες:

Μηχανική επεξεργασία: Φρεάτιο εισόδου • Μονάδα εσχάρωσης • Μονάδα εξάμμιωσης – λιποσυλλογής • Μετρητή παροχής (Parshall) • Πλυντηρίδα απόσμισης

Βιολογική επεξεργασία: Δεξαμενές παρατεταμένου αερισμού • Δεξαμενές καθίζησης • Αντλιοστάσια ανακυκλοφορίας & περίσσειας ιλύος

Τελική επεξεργασία: Μονάδα απολύμανσης • Φίλτρανση • Φρεάτιο εξόδου

Επεξεργασία ιλύος: Μονάδα πάχυνσης • Μονάδα αφυδάτωσης • Μονάδα ασβεστοποίησης/υγιεινοποίησης

Βοηθητικά κτίρια: Κτίριο διοίκησης • Εργαστήριο

Αναλυτική περιγραφή της εγκατάστασης

Αρχικά, τα λύματα που φτάνουν στην εγκατάσταση μέσω καταθλιπτικού αγωγού εισέρχονται στο **φρεάτιο εισόδου** και από εκεί, οδηγούνται με φυσική ροή προς την μονάδα προεπεξεργασίας. Το στάδιο της προεπεξεργασίας στεγάζεται σε ένα κτίριο 325 m², που διαθέτει σύστημα απόσμισης για την κατακράτηση των οσμών. Η **μονάδα εσχάρωσης** αποτελείται από χονδροεσχάρες, όπου και συγκρατούνται τα ογκώδη αντικείμενα, και από δύο (2) περιστρεφόμενα

τύμπανα με βραχίονα, τα οποία λειτουργούν 2 h/d, όπου απομακρύνονται τα μικρότερου όγκου εσχαρίσματα. Στη συνέχεια, τα λύματα οδηγούνται στο **φρεάτιο προαερισμού**, όπου μέσω διαχυτήρων γίνεται μία πρώτη οξυγόνωση.

Έπειτα, τα λύματα εισέρχονται στη **μονάδα εξάμμωσης-λιποσυλλογής**. Η εξάμμωση πραγματοποιείται σε τρία αεριζόμενα κανάλια (ένα εφεδρικό), μήκους 16m. Τα κανάλια αερίζονται όλο το 24ωρο μέσω φυσητήρων. Η παροχή του αέρα ανέρχεται στα 150 m³/h. Η άμμος καθιζάνει στον πυθμένα, συλλέγεται με ειδικό ξέστρο, που μετακινείται σε όλο το μήκος των καναλιών, απομακρύνεται με 2 υποβρύχιες αντλίες και τελικά οδηγείται σε ειδική διάταξη διαχωρισμού, πλύσης και αφυδάτωσης. Η αφυδατωμένη άμμος απομακρύνεται και τα στραγγίσματα επιστρέφουν στο φρεάτιο εισόδου. Παράπλευρα στα κανάλια εξάμμωσης βρίσκονται 2 κανάλια ηρεμίας με ειδικό επιφανειακό μετακινούμενο ξέστρο το οποίο απομακρύνει τα επιπλέοντα λίπη και έλαια. Τα λύματα στη συνέχεια διέρχονται από διάυλο τύπου Parshall, όπου με ένα αισθητήρα υπερήχων γίνεται η μέτρηση της ροής.

Ειδικοί αεραγωγοί απορροφούν από το κτίριο προεπεξεργασίας τον αέρα και τον διοχετεύουν στη χημική **πλυντηρίδα απόσμησης**, όπου με την προσθήκη κατάλληλων χημικών, απομακρύνονται οι ενώσεις, που προκαλούν δυσοσμία. Η πλυντηρίδα είναι 3 τριών σταδίων (crossflow scrubber). Στο 1^ο στάδιο διοχετεύεται διάλυμα καυστικού νατρίου και έτσι παρακρατούνται οι ενώσεις του θείου. Στο 2^ο και 3^ο στάδιο διοχετεύεται μίγμα διαλύματος καυστικού νατρίου και υπεροξειδίου του υδρογόνου και έτσι οξειδώνονται οι ενώσεις του θείου. Τελικά, επιτυγχάνεται απόσμηση του αέρα σε ποσοστό τουλάχιστον 99,5%. Η πλυντηρίδα λειτουργεί όλο το 24ωρο, από τον Απρίλιο έως τον Οκτώβριο.

Τα προεπεξεργασμένα λύματα οδηγούνται στη συνέχεια στις **δεξαμενές αερισμού**. Στις περιοχές των δύο (2) δεξαμενών αερισμού που υπάρχει περίσσεια οξυγόνου (κοντά στους ρότορες), κατάλληλοι μ/ο οξειδώνουν την αμμωνία σε νιτρικά (νιτροποίηση) και στις περιοχές των δεξαμενών που το οξυγόνο είναι περίπου μηδέν (ανοξικές ζώνες) ειδικοί μ/ο καταναλώνουν το οξυγόνο των νιτρικών (NO₃) με αποτέλεσμα την αναγωγή των νιτρικών σε αέριο άζωτο, το οποίο εκλύεται στην ατμόσφαιρα. Οι δεξαμενές είναι **πλήρους μείξης** και ωοειδούς διατομής. Ο ωφέλιμος όγκος έκαστης είναι 6.500 m³ και το ύψος τους είναι 3m. Ο αερισμός των λυμάτων γίνεται μέσω οκτώ (8) περιστρεφόμενων επιφανειακών αεριστήρων (4 σε κάθε δεξαμενή), οι οποίοι λειτουργούν όλο το 24ωρο. Για την συνεχή αιώρηση των σωματιδίων, την ομοιογένεια του συνόλου των λυμάτων και κατά συνέπεια την αποτελεσματικότερη επεξεργασία αυτών, η ανάδευση των λυμάτων γίνεται με 2 υποβρύχιους αναδευτήρες σε κάθε δεξαμενή, που τον χειμώνα λειτουργούν όλο το 24ωρο.

Από εκεί, τα λύματα οδηγούνται στις **δεξαμενές τελικής καθίζησης** για περαιτέρω επεξεργασία. Η δευτεροβάθμια καθίζηση επιτυγχάνεται σε δύο (2) κυκλικές δεξαμενές με ακτινικό ξέστρο, χωρητικότητας 1.987 m³ έκαστη και διαμέτρου 30 m. Η ιλύς καθιζάνει στη χοάνη του πυθμένα των δεξαμενών και οδηγείται με ειδικό περιστρεφόμενο ξέστρο στα **αντλιοστάσια ανακυκλοφορίας & περίσσειας ιλύος**, ώστε να απομακρυνθεί προς τις δεξαμενές αερισμού και τους παχυντές ιλύος για περαιτέρω επεξεργασία. Το καθαρό νερό υπερχειλίζει προς τη **μονάδα απολύμανσης**. Η χλωρίωση επιτυγχάνεται σε δεξαμενή μαιανδρικής ροής, όπου με αυτόματη δοσομετρική αντλία προστίθεται διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου (NaOCl) Στην έξοδο της δεξαμενής γίνεται συνεχώς μέτρηση του υπολειμματικού χλωρίου και το νερό υφίσταται αποχλωρίωση με προσθήκη θειοθειικού νατρίου (Na₂S₂O₃).

Στη συνέχεια, τα επεξεργασμένα λύματα οδηγούνται στο **φρεάτιο εξόδου - δειγματοληψίας** για τακτικό έλεγχο των χαρακτηριστικών τους και τελικά, διατίθενται στη θάλασσα μέσω υποθαλάσσιου αγωγού μήκους 1.120 m. Όμως, μέρος της παροχής οδηγείται σε μηχανικό **φίλτρο** δίσκων για περαιτέρω επεξεργασία, ώστε να τελικά να επαναχρησιμοποιηθούν εντός της εγκατάστασης. (Η λειτουργία του φίλτρου ξεκίνησε το Νοέμβριο του 2016.)

Ταυτόχρονα, η περίσσεια ιλύος μεταφέρεται τακτικά μέσω αντλιών στη **μονάδα επεξεργασίας ιλύος**. Η πάχυνση της ιλύος επιτυγχάνεται σε δύο (2) **παχυντές βαρύτητας**, κυκλικής διατομής, διαμέτρου 8m και συνολικού όγκου 352 m³. Οι παχυντές λειτουργούν 8h το καλοκαίρι. Η παχυμένη ιλύς περνάει από δύο (2) **ταινιοφιλτρόπρεςσες**, συμπιέζεται και αφυδατώνεται, αφού αναμιχθεί με ειδικό κατιονικό πολυηλεκτρολύτη (5.500kg/year), που τη βοηθάει να κροκιδωθεί. Η αφυδάτωση γίνεται σε κλειστό εξαεριζόμενο χώρο, ώστε να μην προκαλούνται οσμές στην άμεση περιοχή. Τα υγρά υπερχειλίσματα ή στραγγίδια από όλα τα στάδια της επεξεργασίας ιλύος επιστρέφουν στο φρεάτιο εισόδου. Κατά την έξοδο της ιλύος από τις ταινιοφιλτρόπρεςσες, προστίθεται ασβέστης για απολύμανση και καλύτερη σταθεροποίηση της. Η ποσότητα ασβεστίου ανά ποσότητα ιλύος είναι 12% με 15%. Τελικά, η αφυδατωμένη και ασβεστοποιημένη ιλύς διατίθεται σε ΧΥΤΑ.

Άλλες πληροφορίες σχετικά με την εγκατάσταση

Σύμφωνα με την υπεύθυνη λειτουργίας, στην ΕΕΛ γίνεται χρήση πετρελαίου κίνησης για τη λειτουργία του Η/Ζ, γεννήτρια της ΕΕΛ (2016: 800 lt/year).

12. Δήμος Νέστου (ΔΕΥΑ Νέστου)

Γενικά στοιχεία

Η Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων Χρυσούπολης (βλ. Εικόνα 3.15) λειτουργεί από το 2009 και δέχεται κατά μέσο όρο 1.951m³ λυμάτων την μέρα το καλοκαίρι και 2.023 m³ τον χειμώνα. Η δυναμικότητα της εγκατάστασης είναι 16.000 ισοδύναμοι κάτοικοι, ενώ εξυπηρετεί 14.220 κατοίκους. Στην εγκατάσταση οδηγούνται λύματα του οικισμού Χρυσούπολης και βοθρολύματα από την ευρύτερη περιοχή. Η ΕΕΛ έχει κατασκευαστεί σε έκταση 21,4 στρεμμάτων και σε απόσταση περίπου 700 m νότια του οικισμού της Χρυσούπολης. Τελικός αποδέκτης των επεξεργασμένων λυμάτων είναι η αποστραγγιστική Τάφρος Τ3 πλησίον της εγκατάστασης, η οποία καταλήγει στον Άνω Κόλπο Καβάλας (Α.Ε.Π.Ο. ΕΕΛ Χρυσούπολης, 2002).

Συνδεδεμένες βιομηχανίες - Επαναχρησιμοποίηση νερού

Η ΕΕΛ δεν δέχεται και δεν επεξεργάζεται υγρά απόβλητα από βιομηχανικές μονάδες. Σύμφωνα με τον υπεύθυνο της εγκατάστασης, γίνεται επαναχρησιμοποίηση της εκροής για πότισμα πρασίνου στον χώρο της εγκατάστασης. Η παροχή των επεξεργασμένων λυμάτων προς επαναχρησιμοποίηση ανέρχεται κατά μέσο όρο στα 678.170 m³/year. Η ποιότητα του νερού προς επαναχρησιμοποίηση φαίνεται στον Πίνακα. 3.81 που ακολουθεί.

TC/100ml	FC/100ml	BOD (mg/l)	TN (mg/l)	P(mg/l)
0,00	0,00	8,92	9,48	3,36

Πίνακας 3.81. Ποιοτικά χαρακτηριστικά νερού προς επαναχρησιμοποίηση ΕΕΛ Χρυσούπολης



Εικόνα 3.15 Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων Χρυσούπολης (πηγή www.ypeka.gr)

Λεδομένα σχεδιασμού

Στον πίνακα που ακολουθεί (βλ. Πίνακας 3.82) παρουσιάζονται τα δεδομένα σχεδιασμού της εγκατάστασης για το σύνολο των εισερχόμενων αστικών λυμάτων, όπως αναφέρονται στην ΑΕΠΟ .

Παράμετρος	2002	2012-2035	Μ.Μ.
Ισοδύναμος Πληθυσμός	9.800	10.800	κάτοικοι
Μέση ημερήσια παροχή	1.960	2.160	m ³ /d
Εισροές	490	540	m ³ /d
Ολική παροχή λυμάτων	2.450	2.700	m ³ /d
Παροχή βοθρολυμάτων	400	400	m ³ /d

Πίνακας 3.82. Δεδομένα σχεδιασμού ΕΕΛ Χρυσούπολης

Ποιοτικά χαρακτηριστικά

Στον Πίνακα 3.83, που ακολουθεί, φαίνονται τα όρια εκροής, όπως αναφέρονται στην ΑΕΠΟ της ΕΕΛ και στον Πίνακα 3.84 παρουσιάζεται ο μέσος όρος των ποιοτικών χαρακτηριστικών εισόδου και εξόδου της ΕΕΛ για τον χειμερινούς και το καλοκαίρι του 2016, όπως μας παραχωρήθηκαν από τον υπεύθυνο της εγκατάστασης. (<http://astikalimata.ypeka.gr>).

Παράμετρος	Μέση Ημερήσια Συγκέντρωση	ΜΜ
BOD ₅	< 20	mg/l
COD	< 100	mg/l
Αιωρούμενα στερεά (SS)	< 25	mg/l
Επιπλέοντα στερεά	0	mg/l
Αζωτο	< 15	mg/l
Αμμωνιακό Αζωτο (N-NH ₄)	< 2	mg/l
Λίπη – Έλαια	0	mg/l
Διαλυμένο οξυγόνο	> 7	mg/l

Πίνακας 3.83. Προδιαγραφές εξερχομένων λυμάτων ΕΕΛ Χρυσούπολης προς διάθεση στον υδάτινο αποδέκτη

Παράμετρος	Είσοδος	Έξοδος	ΜΜ
BOD ₅	277,80	8,92	mg/l
COD	776,50	38,58	mg/l
TSS	348,10	4,08	mg/l
T-N	44,64	9,48	mg/l
T-P	9,67	3,36	mg/l
pH	7,44	7,62	

Πίνακας 3.84 Ποιοτικά χαρακτηριστικά εισόδου και εξόδου ΕΕΛ Χρυσούπολης

Χαρακτηριστικά δεξαμενής αερισμού

Ο μέσος χρόνος υδραυλικής παραμονής στο σύνολο της εγκατάστασης είναι 32h. Στον Πίνακα 3.85 που ακολουθεί αναφέρονται οι τιμές κάποιων χαρακτηριστικών παραμέτρων της διαδικασίας του αερισμού των λυμάτων, όπως αυτές μας δόθηκαν από τον υπεύθυνο λειτουργίας μέσω του ερωτηματολογίου.

Παράμετρος	Τιμή	ΜΜ
Μέσος υδραυλικός χρόνος παραμονής	16	H
Ρυθμός επανακυκλοφορίας	250	%
Ηλικία ιλύος	10	D
MLSS	4.000	mg/l
Τυπική τιμή F/M	0.04	kg BOD/ kg MLVSS/d

Πίνακας 3.85. Τιμές χαρακτηριστικών παραμέτρων κατά τον αερισμό των λυμάτων ΕΕΛ Χρυσούπολης

Χαρακτηριστικά παραγόμενης ιλύος

Η παραγόμενη ιλύς προέρχεται από τη δευτεροβάθμια επεξεργασία με 1% στερεά. Η παραγόμενη λυματολάσπη που διατίθεται στο ΧΥΤΑ Καβάλας ανέρχεται στα 68.211 kgDS/year. Στον Πίνακα 3.86 που ακολουθεί βλέπουμε το ποσοστό στερεών στην είσοδο και έξοδο των μονάδων επεξεργασίας ιλύος και στον Πίνακα 3.87 βλέπουμε την κατά μέσο όρο ποσότητα παραγόμενης ιλύος και υγρασίας στην είσοδο και έξοδο του συστήματος επεξεργασίας της, όπως μας δόθηκε από τον υπεύθυνο λειτουργίας μέσω του ερωτηματολογίου.

Μονάδα	Είσοδος	Έξοδος	ΜΜ
Πάχυνση	1	4	%
Αφυδάτωση	4	85	%

Πίνακας 3.86. Ποσοστό στερεών στις μονάδες επεξεργασίας ιλύος ΕΕΛ Χρυσούπολης

Παράμετρος	Είσοδος	Έξοδος	ΜΜ
Ιλύς	480		kg DS/d
Υγρασία	100	85	%

Πίνακας 3.87. Ποσότητα παραγόμενης ιλύος και υγρασίας ΕΕΛ Χρυσούπολης

Συνοπτική περιγραφή της εγκατάστασης

Στην εγκατάσταση γίνεται τριτοβάθμια επεξεργασία λυμάτων. Η Ε.Ε.Λ. από τις αρχές του 2015 βρίσκεται υπό φάση επέκτασης και αύξησης της δυναμικότητάς της σε 20.827 ι.π.. Ως νέα μέθοδος επεξεργασίας έχει επιλεγεί η τεχνολογία παρατεταμένου αερισμού ενεργούς ιλύος με μικροφίλτραση (MBR). Κατά τη διάρκεια αυτής της επέκτασης και μέχρι να αποπερατωθεί το έργο, η επεξεργασία λυμάτων γίνεται με συνδυασμό μέρους της υφιστάμενης εγκατάστασης καθώς και ένα τμήμα της παλιάς μορφής της ΕΕΛ. Η ΕΕΛ αποτελείται από τις παρακάτω επί μέρους εγκαταστάσεις και λοιπά έργα:

Μηχανική επεξεργασία: Μονάδα προεπεξεργασίας βοθρολυμάτων • Φρεάτιο εισόδου • Μονάδα εσχάρωσης • Μονάδα εξάμμωσης – λιποσυλλογής

Βιολογική επεξεργασία: Δεξαμενές βιολογικής επεξεργασίας • Δεξαμενές καθίζησης • Αντλιοστάσια ανακυκλοφορίας & περίσσειας ιλύος

Τελική επεξεργασία: Βιόφιλτρο • Χαλικοδιυλιστήριο • Μονάδα απολύμανσης

Επεξεργασία ιλύος: Μονάδα πάχυνσης • Μονάδα αφυδάτωσης • Αντλιοστάσιο στραγγιδίων

Αναλυτική περιγραφή της εγκατάστασης

Η ΕΕΛ δέχεται καθημερινά κατά μέσω όρο 6 βυτία βοθρολυμάτων. Έτσι, κοντά στην είσοδο της εγκατάστασης θα υπάρχει η **Μονάδα Υποδοχής - Προεπεξεργασίας Βοθρολυμάτων** που θα αποτελείται από ένα στόμια εκκένωσης βοθρολυμάτων, εσχάρωση, ένα κανάλι συλλογής - απομάκρυνσης της άμμου, μια διάταξη αερισμού και ανάμιξης των βοθρολυμάτων και ένα αντλιοστάσιο για τη βαθμιαία διοχέτευση αυτών προς το φρεάτιο εισόδου.

Έτσι, τα βοθρολύματα και τα λύματα που φτάνουν στην εγκατάσταση μέσω του δικτύου κεντρικών αποχετευτικών αγωγών (Κ.Α.Α.) καταλήγουν στο **Φρεάτιο Εισόδου και από εκεί**, τα λύματα οδηγούνται στην **Μονάδα Προκαταρκτικής Επεξεργασίας**. Η μονάδα **Εσχάρωσης** αποτελείται από ένα αυτοκαθοριζόμενο περιστροφικό κόσκινο, που λειτουργεί 16,5 h/d. Τα εσχαρίσματα συγκεντρώνονται και αποθηκεύονται μέχρι την τελική τους διάθεση. Μετά την εσχάρωση, τα λύματα καταλήγουν σε έναν αεριζόμενο **αμμοσυλλέκτη – λιποσυλλέκτη**. Οι δεξαμενές αερίζονται με φυσητήρες 9 h/d. Η παροχή του αέρα ανέρχεται στα 124 m³/h. Η άμμος που καθιζάνει στον πυθμένα της κάθε δεξαμενής απομακρύνεται μέσω αντλιών άμμου, οι οποίες λειτουργούν 8,5 h/d. Τα λίπη συγκεντρώνονται μέσω επιφανειακού ξέστρου, το οποίο λειτουργεί 3 h/d, και αποθηκεύονται μέχρι την απομάκρυνσή τους.

Στη συνέχεια, τα προεπεξεργασμένα λύματα οδηγούνται, αρχικά, σε δύο (2) **δεξαμενές απονιτροποίησης**, ωφέλιμου όγκου 495,36 m³ έκαστη, και έπειτα σε δύο (2) **δεξαμενές αερισμού**, ωφέλιμου όγκου 1.382,40 m³ έκαστη και ύψους 4,00 m. Οι δεξαμενές είναι **πλήρους μείξης** και ορθογωνικής διατομής. Ο παρατεταμένος αερισμός των λυμάτων γίνεται μέσω φυσητήρων διάχυσης. Οι φυσητήρες είναι τοποθετημένοι κατά μήκος των δεξαμενών αερισμού και λειτουργούν 11h/d. Για την συνεχή αιώρηση των σωματιδίων, την ομοιογένεια του συνόλου των λυμάτων και κατά συνέπεια την αποτελεσματικότερη επεξεργασία αυτών, η ανάδευση των λυμάτων γίνεται με υποβρύχιους αναδευτήρες, που λειτουργούν όλο το 24ωρο. Στην έξοδο των δεξαμενών αερισμού συναντάται **αντλιοστάσιο ανακυκλοφορίας ανάμικτου υγρού**.

Από εκεί, τα λύματα υπερχειλίζουν στις **δεξαμενές καθίζησης**. Η δευτεροβάθμια καθίζηση επιτυγχάνεται σε δύο (2) κυκλικές δεξαμενές, χωρητικότητας 658m³ έκαστη. Τα επιπλέοντα στερεά κάθε δεξαμενής καθίζησης συλλέγονται σε παράπλευρο φρεάτιο από όπου μεταφέρονται περιοδικά σε ΧΥΤΑ. Η ιλύς που καθιζάνει στη χράνη του πυθμένα των δεξαμενών ανακυκλοφορείται στις δεξαμενές βιολογικής επεξεργασίας μέσω του **αντλιοστασίου ανακυκλοφορίας - απαγωγής ιλύος** και η πλεονάζουσα ιλύς αντλείται προς τους παχυντές ιλύος για περαιτέρω επεξεργασία.

Το καθαρό νερό οδηγείται, για την τελική του επεξεργασία, προς τα **βιόφιλτρα**, το **χαλικοδιυλιστήριο** και τη **δεξαμενή χλωρίωσης – αποχλωρίωσης**. Στη συνέχεια, τα επεξεργασμένα λύματα οδηγούνται στο **φρεάτιο εξόδου - δειγματοληψίας** για τακτικό έλεγχο των χαρακτηριστικών τους και τελικά, διατίθενται στην αποστραγγιστική Τάφρος T3 πλησίον της εγκατάστασης, ώστε να καταλήξουν στον Κόλπο της Καβάλας.

Ταυτόχρονα, η περίσσεια ιλύος αντλείται προς τη **μονάδα επεξεργασίας ιλύος**. Η πάχυνση της ιλύος επιτυγχάνεται με χρήση χλωριούχου πολυαργιλίου σε μια **μηχανική τράπεζα πάχυνσης** (τιμήμα ταινιοφιλτρόπρεσσας), που λειτουργεί 8 h/d. Η παχυμένη ιλύς περνάει στη συνέχεια από την **ταινιοφιλτρόπρεσσα**, συμπιέζεται και αφυδατώνεται. Η αφυδάτωση γίνεται σε κλειστό εξαεριζόμενο χώρο, ώστε να μην προκαλούνται οσμές στην άμεση περιοχή. Τα υγρά υπερχειλίσματα ή

στραγγίδια από όλα τα στάδια της επεξεργασίας υλός επιστρέφουν μέσω του **αντλιοστασίου στραγγιδίων** στο φρεάτιο εισόδου. Τελικά, η αφυδατωμένη υλός διατίθεται στον ΧΥΤΑ Καβάλας (ΑΠΟ ΕΕΛ Χρυσούπολης, 2002).

Άλλες πληροφορίες σχετικά με την εγκατάσταση

Σύμφωνα με τον υπεύθυνο λειτουργίας, στην ΕΕΛ έχει υλοποιηθεί ενεργειακή αξιολόγηση στο παρελθόν. Επίσης, δεν γίνεται χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την κάλυψη έστω μέρους της απαιτούμενης ενέργειας της εγκατάστασης, ενώ γίνεται χρήση πετρελαίου θέρμανσης (500 lt/year) στο Κτίριο Διοίκησης και στο ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος (100 lt/year) σε περιπτώσεις διακοπής ρεύματος.

13. Δήμος Πάρου (ΔΕΥΑ Πάρου)

13.1 ΕΕΛ Μάρπησσας

Γενικά στοιχεία

Η Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων Μάρπησσας λειτουργεί από το 1995 και δέχεται 369 m³ λυμάτων και βοθρολυμάτων την μέρα το καλοκαίρι και 369 m³ τον χειμώνα, με δυναμικότητα 410 m³/day (Επιχειρησιακό σχέδιο αγροτικής ανάπτυξης 2014-2020). Η ΕΕΛ εξυπηρετεί 1.470 κατοίκους το καλοκαίρι και 844 κατοίκους τον χειμώνα από τους οικισμούς Μάρπησσα και Πίσω Λιβάδι της Δ.Κ. Μάρπησσας και των οικισμών Πρόδρομος - Μάρμαρα και Μώλος της Δ.Κ. Αρχιλόχου. Η δυναμικότητα της εγκατάστασης είναι 5.000 ι.κ. για την αρχική φάση λειτουργίας και 10.000 ι.κ για τη τελική φάση λειτουργίας (2033). Η εγκατάσταση βρίσκεται σε έκταση 4,5 στρεμμάτων στην περιοχή «Καμινάκι», σε απόσταση 1,5 χλμ από το κέντρο της Μάρπησσας και εντός της περιοχής Natura 2000-Gr4220025 (Natura Μώλου). Τελικός αποδέκτης της εκροής της ΕΕΛ είναι η θαλάσσια περιοχή στη θέση Καμινάκι (ΦοΔΣΑ, 2016; Ταυτότητα Υδάτων Κολύμβησης Λογαράς, 2015).

Συνδεδεμένες βιομηχανίες - Επαναχρησιμοποίηση νερού

Η εγκατάσταση έχει σχεδιαστεί για την εξυπηρέτηση των βιοτεχνικών μονάδων/ βιομηχανιών της περιοχής που είναι ομοειδή ως προς τη σύστασή τους με τα αστικά λύματα, σύμφωνα με τους Περιβαλλοντικούς όρους που εκδόθηκαν στις 10-11-1994 (ΚΥΑ 34212/1994) (Ταυτότητα Υδάτων Κολύμβησης Λογαράς, 2015). Επίσης, σύμφωνα με την υπεύθυνη της εγκατάστασης, δεν γίνεται επαναχρησιμοποίηση της εκροής της ΕΕΛ.

Ποιοτικά χαρακτηριστικά

Στον Πίνακα 3.88, που ακολουθεί, φαίνονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά εισόδου και εξόδου της ΕΕΛ για το 2016 (mg/L), όπως μας παραχωρήθηκαν από την υπεύθυνη της εγκατάστασης και στον Πίνακα 3.89 φαίνονται τα όρια εκροής, όπως αναφέρονται στο ΦΕΚ 841/τεύχος β'/22.06.2005.

Παράμετρος	Είσοδος	Έξοδος	ΜΜ
BOD ₅	239,00	9,24	mg/l
COD	648,00	33,00	mg/l
TSS	214,00	20,00	mg/l
pH	7,54	7,75	

Πίνακας 3.88. Ποιοτικά χαρακτηριστικά εισόδου και εξόδου ΕΕΛ Μάρπησσας

Παράμετρος	Μέση Ημερήσια Συγκέντρωση	ΜΜ
BOD ₅	≤ 25	mg/l
COD	≤ 100	mg/l
Αιωρούμενα ολικά στερεά	< 40	mg/l
Διαλυμένα ολικά στερεά	< 1.500	mg/l
Φόσφορος	≤ 1	ml/l
Ολικό Αζωτο	≤ 10	mg/l
Λίπη – Έλαια	0	mg/l
Θερμοκρασία	≤ 30	°C
pH	6,0 – 9,5	
Πιθανός αριθμός κολοβακτηριοειδών (ΠΑΚ)	< 70/100ml	

Πίνακας 3.89. Προδιαγραφές εξερχομένων λυμάτων ΕΕΛ Μάρπησσας προς διάθεση στον υδάτινο αποδέκτη

Χαρακτηριστικά παραγόμενης ιλύος

Η ημερήσια ποσότητα παραγόμενης ιλύος προέρχεται από τη δευτεροβάθμια επεξεργασία με 0,1% στερεά. Η παραγόμενη λυματολάσπη διατίθεται σε ΧΥΤΑ (204t/έτος) (ΦοΔΣΑ, 2016). Στον Πίνακα 3.90 παρουσιάζεται το ποσοστό στερεών στην είσοδο και έξοδο των μονάδων επεξεργασίας ιλύος και στον Πίνακα 3.91 η κατά μέσο όρο ποσότητα παραγόμενης ιλύος και υγρασίας στην είσοδο και έξοδο του συστήματος επεξεργασίας της, όπως μας δόθηκε από την υπεύθυνη λειτουργίας μέσω του ερωτηματολογίου.

Μονάδα	Είσοδος	Έξοδος	ΜΜ
Πάχυνση	1,0	4,0	%
Ξήρανση	4,0	15,0	%

Πίνακας 3.90. ποσοστό στερεών στις μονάδες επεξεργασίας ιλύος ΕΕΛ Μάρπησσας

Παράμετρος	Είσοδος	ΜΜ	Έξοδος	ΜΜ
Ιλύς	30,8	m ³ /d	155,0	m ³ /year
Υγρασία	100,0	%	85,2	%

Πίνακας 3.91. Ποσότητα παραγόμενης ιλύος και υγρασίας ΕΕΛ Μάρπησσας

Χαρακτηριστικά δεξαμενής αερισμού

Ο μέσος χρόνος υδραυλικής παραμονής στο σύνολο της εγκατάστασης είναι 46,2 h. Στον Πίνακα 3.92 που ακολουθεί αναφέρονται οι τιμές κάποιων χαρακτηριστικών παραμέτρων της διαδικασίας του αερισμού των λυμάτων, όπως αυτές μας δόθηκαν από την υπεύθυνη λειτουργίας μέσω του ερωτηματολογίου.

Παράμετρος	Τιμή	ΜΜ
Μέσος υδραυλικός χρόνος παραμονής	42,70	H
Ρυθμός επανακυκλοφορίας	0,82	%
Ηλικία ιλύος	32,50	D
MLSS	4.500	mg/l
Τυπική τιμή F/M	0,126	kg BOD/ kg MLVSS/d

Πίνακας 3.92. Τιμές χαρακτηριστικών παραμέτρων κατά τον αερισμό των λυμάτων ΕΕΛ Μάρπησσας

Συνοπτική περιγραφή της εγκατάστασης

Στην εγκατάσταση γίνεται πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια επεξεργασία των λυμάτων με απομάκρυνση θρεπτικών και απολύμανση. Η επιλεγείσα μέθοδος επεξεργασίας είναι η μέθοδος της ενεργού ιλύος με παρατεταμένο αερισμό για την ταυτόχρονη νιτροποίηση – απονιτροποίηση αζώτου και την σταθεροποίηση της ιλύος. Η εγκατάσταση αποτελείται από τις εξής κύριες μονάδες:

Μηχανική επεξεργασία: Φρεάτιο άφιξης • Μονάδα προκαταρκτικής επεξεργασίας

Βιολογική επεξεργασία: Μονάδα Παρατεταμένου Αερισμού • Μονάδα Καθίζησης

Τελική επεξεργασία: Δεξαμενή Χλωρίωσης

Επεξεργασία ιλύος: Μονάδα Πάχυνσης • Μονάδα Ξήρανσης

Αναλυτική περιγραφή της εγκατάστασης

Η ΕΕΑ δέχεται καθημερινά κατά μέσω όρου 3 βυτία βοθρολυμάτων. Τα βοθρολύματα και τα λύματα που φτάνουν στην εγκατάσταση μέσω του δικτύου κεντρικών αποχετευτικών αγωγών (Κ.Α.Α.) εισέρχονται στο **Φρεάτιο Εισροής** και οδηγούνται στη **Μονάδα Εσχάρωσης**. Η μονάδα αποτελείται από μια μηχανική εσχάρα και μια χειροκίνητη εσχάρα, οι οποίες λειτουργούν 50 λεπτά την ημέρα. Μετά την εσχάρωση τα λύματα οδηγούνται στη **Μονάδα Εξάμμωσης-Λιποσυλλογής**, η οποία αποτελείται από έναν αεριζόμενο αμμοσυλλέκτη (δεξαμενή εξάμμωσης) και έναν πλευρικό στη δεξαμενή κανάλι ηρεμίας, για την απομάκρυνση των λιπών και των ελαίων. Η τροφοδοσία του αέρα στη δεξαμενή γίνεται μέσω φυσητήρων και η παροχή του ανέρχεται στα 12 m³/h.

Στη συνέχεια τα προεπεξεργασμένα λύματα οδηγούνται στις Δεξαμενές Παρατεταμένου Αερισμού, δηλαδή σε τρεις (3) **Πλήρους μείξης** δεξαμενές, χωρητικότητας περίπου 400 m³ έκαστη. Ο αερισμός γίνεται με φυσητήρες, ενώ υπάρχουν και αναδευτήρες για την συνεχή αιώρηση των σωματιδίων, την ομοιογένεια του συνόλου των λυμάτων και κατά συνέπεια την αποτελεσματικότερη επεξεργασία αυτών. Για την απομάκρυνση του οργανικού φορτίου οι φυσητήρες λειτουργούν 6 με 24 ώρες και οι αναδευτήρες λειτουργούν όλο το 24ωρο. Από εκεί, τα λύματα οδηγούνται στις **Δεξαμενές Τελικής Καθίζησης** για περαιτέρω επεξεργασία. Η δευτεροβάθμια καθίζηση επιτυγχάνεται σε δύο (2) κυκλικές δεξαμενές με ακτινικό ξέστρο χωρητικότητας 371 m³ και 110 m³. Η ιλύς που καθιζάνει στη χοάνη του πυθμένα των δεξαμενών απομακρύνεται άμεσα, ώστε να καταλήξει είτε στις δεξαμενές αερισμού και είτε στους παχυντές για περαιτέρω επεξεργασία. Μετά τις δεξαμενές καθίζησης, τα επεξεργασμένα λύματα οδηγούνται στη **Δεξαμενή Χλωρίωσης** για την απολύμανσή τους και στη συνέχεια οδηγούνται στο **Φρεάτιο Δειγματοληψίας** για τακτικό έλεγχο των χαρακτηριστικών τους. Τελικά, η διάθεση των επεξεργασμένων λυμάτων γίνεται μέσω υποθαλάσσιου αγωγού στη θαλάσσια περιοχή στη θέση Καμινάκι. Στην άμεση περιοχή της ακτής υπάρχει αντλιοστάσιο μεταφοράς λυμάτων και σε περίπτωση διακοπής της λειτουργίας του αντλιοστασίου, τα ανεπεξέργαστα λύματα διατίθενται στη θάλασσα.

Ταυτόχρονα, η περίσσεια ιλύος μεταφέρεται τακτικά μέσω αντλιών στη μονάδα επεξεργασίας ιλύος. Αρχικά, οδηγείται στην **Μονάδα Πάχυνσης**, η οποία αποτελείται από έναν κυκλικό παχυντή, ο οποίος λειτουργεί όλο το 24ωρο. Στη συνέχεια, η παχυμένη ιλύς υφίσταται ξήρανση στις Κλίνες Ξήρανσης που διαθέτει η εγκατάσταση. Τα υγρά υπερχειλίσματα ή στραγγίδια από όλα τα στάδια της επεξεργασίας ιλύος επιστρέφουν στο φρεάτιο εισόδου. Η ιλύς διατίθεται στον ΧΥΤΑ της περιοχής.

Άλλες πληροφορίες σχετικά με την εγκατάσταση

Έχει εγκριθεί η εκπόνηση ΜΠΕ για επέκταση της υφιστάμενης εγκατάστασης προκειμένου να εξυπηρετούνται περισσότεροι οικισμοί, η οποία θα πραγματοποιηθεί στο οικόπεδο βορειοανατολικά της υφιστάμενης (Επιχειρησιακό σχέδιο αγροτικής ανάπτυξης 2014-2020).

13.2 ΕΕΛ Νάουσας

Γενικά στοιχεία

Η Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων Νάουσας Πάρου (βλ. Εικόνα 3.16) λειτουργεί 25 έτη και δέχεται κατά μέσω όρο 1.326 m^3 λυμάτων την ημέρα το καλοκαίρι και 555 m^3 τον χειμώνα, με δυναμικότητα $2.000 \text{ m}^3/\text{day}$ (Επιχειρησιακό σχέδιο αγροτικής ανάπτυξης 2014-2020, ΠΑΡΟΣ). Η δυναμικότητα της εγκατάστασης είναι 14.300 ισοδύναμοι κάτοικοι, ενώ εξυπηρετεί 3.602 κατοίκους το καλοκαίρι και μόλις 1.508 μόνιμους κατοίκους τον χειμώνα. Στην εγκατάσταση οδηγούνται τα λύματα από την ευρύτερη περιοχή του Δημοτικού Διαμερίσματος (Δ.Δ.) Νάουσας. Η ΕΕΛ έχει κατασκευαστεί σε έκταση 9 στρεμμάτων στην περιοχή «Διαλισκάρι», βορειοδυτικά της Νάουσας. Τελικός αποδέκτης των επεξεργασμένων λυμάτων είναι η θαλάσσια περιοχή μπροστά από την εγκατάσταση στο «Ακρωτήριο Βορεινό – Διαλισκάρι» (Αιγαίο Πέλαγος). (Α.Ε.Π.Ο. ΕΕΛ Νάουσας, 2010)



Εικόνα 3.16. Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων Νάουσας Πάρου (πηγή www.ypeka.gr)

Συνδεδεμένες βιομηχανίες - Επαναχρησιμοποίηση νερού

Η ΕΕΛ δεν δέχεται και δεν επεξεργάζεται υγρά απόβλητα από βιομηχανικές μονάδες/ βιομηχανίες και σύμφωνα με την υπεύθυνη της εγκατάστασης, δεν γίνεται επαναχρησιμοποίηση της εκροής της εγκατάστασης για άρδευση.

Ποιοτικά χαρακτηριστικά

Στον Πίνακα 3.93, που ακολουθεί, φαίνονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά εισόδου και εξόδου της ΕΕΛ για το 2016 (mg/L), όπως μας παραχωρήθηκαν από τον υπεύθυνο της εγκατάστασης.

Παράμετρος	Είσοδος	Έξοδος	ΜΜ
BOD ₅	163,0	6,7	mg/l
COD	472,0	31,0	mg/l
TSS	178,0	10,0	mg/l
pH	7,5	7,3	

Πίνακας 3.93. Ποιοτικά χαρακτηριστικά εισόδου και εξόδου ΕΕΛ Νάουσας Πάρου

Χαρακτηριστικά δεξαμενής αερισμού

Ο μέσος χρόνος υδραυλικής παραμονής στο σύνολο της εγκατάστασης είναι 31,6 h. Στον Πίνακα 3.94 που ακολουθεί αναφέρονται οι τιμές κάποιων χαρακτηριστικών παραμέτρων της διαδικασίας του αερισμού των λυμάτων, όπως αυτές μας δόθηκαν από τον υπεύθυνο λειτουργίας μέσω του ερωτηματολογίου.

Παράμετρος	Τιμή	ΜΜ
Μέσος υδραυλικός χρόνος παραμονής	23,60	h
Ρυθμός επανακυκλοφορίας	0,92	%
Ηλικία ιλύος	12,50	d
MLSS	4.000	mg/l
Τυπική τιμή F/M	0,08	kg BOD/ kg MLVSS/d

Πίνακας 3.94. Τιμές χαρακτηριστικών παραμέτρων κατά τον αερισμό των λυμάτων της Νάουσας Πάρου

Χαρακτηριστικά παραγόμενης ιλύος

Η ημερήσια ποσότητα παραγόμενης ιλύος προέρχεται από τη δευτεροβάθμια επεξεργασία με 0,8-1,0% στερεά. Η παραγόμενη λυματολάσπη διατίθεται σε ΧΥΤΑ (510 kgDS/έτος, 594 t/έτος) (Ζούμη Α.,2011). Στον Πίνακα 3.95 βλέπουμε το ποσοστό στερεών στην είσοδο και έξοδο των μονάδων επεξεργασίας ιλύος και στον Πίνακα 3.96 βλέπουμε την κατά μέσο όρο ποσότητα παραγόμενης ιλύος και υγρασίας στην είσοδο και έξοδο του συστήματος επεξεργασίας της, όπως μας δόθηκε από τον υπεύθυνο λειτουργίας μέσω ερωτηματολογίου.

Μονάδα	Είσοδος	Έξοδος	ΜΜ
Πάχυνση	1	6	%
Αφυδάτωση	6	20	%

Πίνακας 3.95. Ποσοστό στερεών στις μονάδες επεξεργασίας ιλύος ΕΕΛ Νάουσας Πάρου

Παράμετρος	Είσοδος	ΜΜ	Έξοδος	ΜΜ
Ιλύς	75,0	m ³ /d	510,0	m ³ /year
Υγρασία	100,0	%	89,3	%

Πίνακας 3.96. Ποσότητα παραγόμενης ιλύος και υγρασίας ΕΕΛ Νάουσας Πάρου

Συνοπτική περιγραφή της εγκατάστασης

Στην εγκατάσταση γίνεται πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια επεξεργασία των λυμάτων με απομάκρυνση θρεπτικών και απολύμανση. Η επιλεγείσα μέθοδος βιολογικής επεξεργασίας είναι η μέθοδος της ενεργού ιλύος με παρατεταμένο αερισμό για την ταυτόχρονη νιτροποίηση – απονιτροποίηση αζώτου και την σταθεροποίηση της ιλύος. Η εγκατάσταση αποτελείται από τις εξής κύριες μονάδες:

Μηχανική επεξεργασία: Φρεάτιο εισόδου • Μονάδα εσχάρωσης • Μονάδα εξάμμωσης – λιποσυλλογής

Βιολογική επεξεργασία: Μονάδες βιολογικής επεξεργασίας • Μονάδα καθίζησης

Τελική επεξεργασία: Δεξαμενή χλωρίωσης • Φρεάτιο εξόδου – δειγματοληψίας

Επεξεργασία ιλύος: Μονάδα πάχυνσης • Μονάδα αφυδάτωσης

Αναλυτική περιγραφή της εγκατάστασης

Αρχικά, τα λύματα που φτάνουν στην εγκατάσταση μέσω καταθλιπτικού αγωγού (Κ.Α.Α.) εισέρχονται στο **φρεάτιο εισόδου** και από εκεί, οδηγούνται με φυσική ροή προς την **μονάδα εσχάρωσης**. Η εσχάρωση αποτελείται από μία μηχανικά αυτοκαθοριζόμενη εσχάρα με αισθητήριο στάθμης και μια χειροκίνητη εσχάρα. Έπειτα, τα λύματα εισέρχονται στη **μονάδα εξάμμωσης-λιποσυλλογής**. Ο τύπος εξάμμωτή που χρησιμοποιείται είναι μια δίδυμη αεριζόμενη δεξαμενή. Εκεί συγκρατούνται ανόργανα στερεά, ενώ τα λίπη επιπλέουν σε παράπλευρα **κανάλια ηρεμίας**. Τα εσχαρίσματα, η άμμος και τα λίπη συγκεντρώνονται και αποθηκεύονται. Η τροφοδοσία του αέρα στη δεξαμενή γίνεται μέσω φυσητήρων, που λειτουργούν όλο το 24ωρο. Η παροχή του αέρα ανέρχεται στα 130 m³/h.

Τα προεπεξεργασμένα λύματα οδηγούνται στη συνέχεια στις Δεξαμενές Παρατεταμένου Αερισμού, δηλαδή σε τέσσερις (4) **πλήρους μείξης** δεξαμενές, χωρητικότητας περίπου 648 m^3 έκαστη. Ο αερισμός γίνεται με φυσητήρες που διαθέτουν αισθητήριο DO. Για την συνεχή αιώρηση των σωματιδίων, την ομοιογένεια του συνόλου των λυμάτων και κατά συνέπεια την αποτελεσματικότερη επεξεργασία αυτών υπάρχουν αναδευτήρες, που λειτουργούν όλο το 24ωρο. Από εκεί, τα λύματα οδηγούνται στις **δεξαμενές τελικής καθίζησης** για περαιτέρω επεξεργασία. Η δευτεροβάθμια καθίζηση επιτυγχάνεται σε δύο (2) κυκλικές δεξαμενές με ακτινικό ξέστρο χωρητικότητας 792 m^3 έκαστη. Η ιλύς που καθίζει στη χοάνη του πυθμένα των δεξαμενών απομακρύνεται άμεσα, ώστε να καταλήξει είτε στις δεξαμενές αερισμού και είτε στους παχυντές για περαιτέρω επεξεργασία. Μετά τις δεξαμενές καθίζησης, τα επεξεργασμένα λύματα οδηγούνται στη **δεξαμενή χλωρίωσης** για την απολύμανσή τους και στη συνέχεια οδηγούνται στο **φρεάτιο εξόδου - δειγματοληψίας** για τακτικό έλεγχο των χαρακτηριστικών τους. Τελικά, η διάθεση των επεξεργασμένων λυμάτων γίνεται στη θαλάσσια περιοχή πλησίον του γηπέδου της εγκατάστασης.

Ταυτόχρονα, η περίσσεια ιλύος μεταφέρεται τακτικά μέσω αντλιών στη **μονάδα επεξεργασίας ιλύος**. Η πάχυνση της ιλύος επιτυγχάνεται σε **μηχανική τράπεζα πάχυνσης** και χρήση πολυηλεκτρολύτη (500 kg). Η παχυμένη ιλύς αφυδατώνεται σε **ταινιοφιλτρόπρεσα**. Η αφυδάτωση γίνεται σε κλειστό εξαεριζόμενο χώρο, ώστε να μην προκαλούνται οσμές στην άμεση περιοχή. Τα υγρά υπερχειλίσματα ή στραγγίδια από όλα τα στάδια της επεξεργασίας ιλύος επιστρέφουν στο φρεάτιο εισόδου. Η αφυδατωμένη ιλύς διατίθεται στο ΧΥΤΑ του νησιού.

Άλλες πληροφορίες σχετικά με την εγκατάσταση

Σύμφωνα με την υπεύθυνη λειτουργίας, στην ΕΕΛ γίνεται χρήση πετρελαίου για τη λειτουργία HZ (500 lt/year). Το 2001 έγινε αυτοματοποίηση του H/M της ΕΕΛ με τέσσερα P.L.C. SIMATICS S7-300 της SIEMENS και εγκατάσταση συστήματος κεντρικού ελέγχου και επίβλεψης των εγκαταστάσεων με ανάπτυξη Λογισμικού WINCC τηλεχειρισμών - τηλεεπίβλεψης, δίκτυο MPI (AKATT: <http://www.akatt.gr/clients-env4.asp>).

13.3. ΕΕΛ Παροικιάς

Γενικά στοιχεία

Η Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων Παροικιάς (βλ. Εικόνα 3.17) λειτουργεί 16 έτη και δέχεται κατά μέσω όρο 1.113 m^3 λυμάτων την μέρα το καλοκαίρι και 742 m^3 τον χειμώνα, με δυναμικότητα $2.400 \text{ m}^3/\text{d}$. Η δυναμικότητα της εγκατάστασης είναι 14.300 ισοδύναμοι κάτοικοι, ενώ εξυπηρετεί 3.858 κατοίκους το καλοκαίρι και 2.572 κατοίκους τον χειμώνα. Στην εγκατάσταση οδηγούνται τα λύματα από τον οικισμό της Παροικιάς. Η ΕΕΛ έχει κατασκευαστεί σε έκταση 10,33 στρεμμάτων στην περιοχή «Τηλέγραφος», βορειοδυτικά της Παροικιάς. Τελικός αποδέκτης της εκροής είναι η θαλάσσια περιοχή μπροστά από την εγκατάσταση στον «Τηλέγραφο» (Αιγαίο Πέλαγος) (Α.Ε.Π.Ο. ΕΕΛ Παροικιάς, 2006).



Εικόνα 3.17. Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων Παροικιάς (πηγή www.ypeka.gr)

Συνδεδεμένες βιομηχανίες - Επαναχρησιμοποίηση νερού

Η ΕΕΛ δεν δέχεται και δεν επεξεργάζεται υγρά απόβλητα από βιομηχανικές μονάδες/ βιομηχανίες και σύμφωνα με την υπεύθυνη λειτουργίας της εγκατάστασης, δεν γίνεται επαναχρησιμοποίηση της εκροής της εγκατάστασης για άρδευση.

Ποιοτικά χαρακτηριστικά

Στον Πίνακα 3.97, που ακολουθεί, φαίνονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά εισόδου και εξόδου της ΕΕΛ για το 2016 (mg/L), όπως μας παραχωρήθηκαν από την υπεύθυνη λειτουργίας της εγκατάστασης.

Παράμετρος	Είσοδος	Έξοδος	ΜΜ
BOD ₅	208,00	9,36	mg/l
COD	637,00	65,00	mg/l
TSS	125,00	23,00	mg/l
pH	7,57	7,21	

Πίνακας 3.97 Ποιοτικά χαρακτηριστικά εισόδου και εξόδου ΕΕΛ Παροικιάς

Χαρακτηριστικά δεξαμενής αερισμού

Ο μέσος χρόνος υδραυλικής παραμονής στο σύνολο της εγκατάστασης είναι 21,2 h. Στον Πίνακα 3.98 που ακολουθεί αναφέρονται οι τιμές κάποιων χαρακτηριστικών παραμέτρων της διαδικασίας του αερισμού των λυμάτων, όπως αυτές μας δόθηκαν από την υπεύθυνη λειτουργίας μέσω του ερωτηματολογίου.

Παράμετρος	Τιμή	ΜΜ
Μέσος υδραυλικός χρόνος παραμονής	18,00	H
Ρυθμός επανακυκλοφορίας	0,76	%
Ηλικία ιλύος	16,00	D
MLSS	6.000	mg/l
Τυπική τιμή F/M	0,10	kg BOD/ kg MLVSS/d

Πίνακας 3.98. Τιμές χαρακτηριστικών παραμέτρων κατά τον αερισμό των λυμάτων ΕΕΛ Παροικιάς

Χαρακτηριστικά παραγόμενης ιλύος

Η ημερήσια ποσότητα παραγόμενης ιλύος προέρχεται από τη δευτεροβάθμια επεξεργασία με 0,8-1,0% στερεά. Η παραγόμενη λυματολάσπη διατίθεται σε ΧΥΤΑ (605 kgDS/έτος, 512 t/έτος). Στον Πίνακα 3.99 που ακολουθεί βλέπουμε το ποσοστό στερεών στην είσοδο και έξοδο των μονάδων επεξεργασίας ιλύος και στον Πίνακα 3.100 βλέπουμε την κατά μέσο όρο ποσότητα παραγόμενης ιλύος και υγρασίας στην είσοδο και έξοδο του συστήματος επεξεργασίας της, όπως μας δόθηκε από τον υπεύθυνο λειτουργίας μέσω του ερωτηματολογίου.

Μονάδα	Είσοδος	Έξοδος	MM
Πάχυνση	1	6	%
Αφυδάτωση	6	20	%

Πίνακας 3.99. Ποσοστό στερεών στις μονάδες επεξεργασίας ιλύος ΕΕΛ Παροικιάς

Παράμετρος	Είσοδος	MM	Έξοδος	MM
Ιλύς	121,0	m ³ /d	605,0	m ³ /year
Υγρασία	100,0	%	84,8	%

Πίνακας 3.100. Ποσότητα παραγόμενης ιλύος και υγρασίας ΕΕΛ Παροικιάς

Συνοπτική περιγραφή της εγκατάστασης

Στην εγκατάσταση γίνεται δευτεροβάθμια επεξεργασία των λυμάτων με απομάκρυνση θρεπτικών και απολύμανση. Η επιλεγείσα μέθοδος βιολογικής επεξεργασίας είναι η μέθοδος της ενεργού ιλύος με παρατεταμένο αερισμό για την ταυτόχρονη νιτροποίηση – απονιτροποίηση αζώτου και την σταθεροποίηση της ιλύος. Η εγκατάσταση αποτελείται από τις εξής κύριες μονάδες:

Μηχανική επεξεργασία: Φρεάτιο εισόδου • Μονάδα εσχάρωσης • Μονάδα εξάμμωσης – λιποσυλλογής

Βιολογική επεξεργασία: Μονάδες βιολογικής επεξεργασίας • Μονάδα καθίζησης

Τελική επεξεργασία: Δεξαμενή χλωρίωσης

Επεξεργασία ιλύος: Μονάδα πάχυνσης • Μονάδα αφυδάτωσης

Αναλυτική περιγραφή της εγκατάστασης

Αρχικά, τα λύματα που φτάνουν στην εγκατάσταση μέσω καταθλιπτικού αγωγού (Κ.Α.Α.) εισέρχονται στο **φρεάτιο εισόδου** και από εκεί, οδηγούνται με φυσική ροή προς την **μονάδα εσχάρωσης**. Η εσχάρωσης αποτελείται από μία μηχανική εσχάρα και μια χειροκίνητη εσχάρα. Έπειτα, τα λύματα εισέρχονται στη **μονάδα εξάμμωσης-λιποσυλλογής**. Ο τύπος εξαμμοτή που χρησιμοποιείται είναι μια δίδυμη αεριζόμενη δεξαμενή. Η τροφοδοσία του αέρα στη δεξαμενή γίνεται μέσω φυσητήρων, που λειτουργούν όλο το 24ωρο. Η παροχή του αέρα ανέρχεται στα 180 m³/h. Στον εξαμμοτή συκρατούνται ανόργανα στερεά, ενώ τα λίπη υπερχειλίζουν σε παράπλευρα **κανάλια ηρεμίας**. Τα εσχαρίσματα, η άμμος και τα λίπη συγκεντρώνονται και αποθηκεύονται.

Τα προεπεξεργασμένα λύματα οδηγούνται στη συνέχεια στις Δεξαμενές Παρατεταμένου Αερισμού, δηλαδή σε τρεις (3) **πλήρους μείξης** δεξαμενές, χωρητικότητας περίπου 1.720 m³ έκαστη. Ο αερισμός γίνεται με διαχυτήρες λεπτής φυσαλίδας (φυσητήρες) που διαθέτουν αισθητήριο DO. Για την συνεχή αιώρηση των σωματιδίων, την ομοιογένεια του συνόλου των λυμάτων και κατά συνέπεια την αποτελεσματικότερη επεξεργασία αυτών υπάρχουν αναδευτήρες, που λειτουργούν όλο το 24ωρο.

Από εκεί, τα λύματα οδηγούνται στις **δεξαμενές τελικής καθίζησης** για περαιτέρω επεξεργασία. Η δευτεροβάθμια καθίζηση επιτυγχάνεται σε τρεις (3) κυκλικές δεξαμενές με ακτινικό ξέστρο χωρητικότητας 318 m³ έκαστη. Η ιλύς που καθίζει στη χοάνη του πυθμένα των δεξαμενών απομακρύνεται άμεσα, ώστε να καταλήξει είτε στις δεξαμενές αερισμού και είτε στους παχυντές για περαιτέρω επεξεργασία. Μετά τις δεξαμενές καθίζησης, τα επεξεργασμένα λύματα οδηγούνται στη **δεξαμενή χλωρίωσης** για την απολύμανσή τους και στη συνέχεια οδηγούνται στο φρεάτιο εξόδου -

δειγματοληψίας για τακτικό έλεγχο των χαρακτηριστικών τους. Τελικά, η διάθεση των επεξεργασμένων λυμάτων γίνεται στη θαλάσσια περιοχή πλησίον του γηπέδου της εγκατάστασης μέσω υποθαλάσσιου αγωγού.

Ταυτόχρονα, η περίσσεια ιλύος μεταφέρεται τακτικά μέσω αντλιών στη **μονάδα επεξεργασίας ιλύος**. Η πάχυνση της ιλύος επιτυγχάνεται σε **μηχανική τράπεζα πάχυνσης** και χρήση πολυηλεκτρολύτη (500kg). Η παχυμένη ιλύς αφυδατώνεται σε **ταινιοφιλτρόπρεσα**. Η αφυδάτωση γίνεται σε κλειστό εξαεριζόμενο χώρο, ώστε να μην προκαλούνται οσμές στην άμεση περιοχή. Τα υγρά υπερχειλίσματα ή στραγγίδια από όλα τα στάδια της επεξεργασίας ιλύος επιστρέφουν στο φρεάτιο εισόδου. Η αφυδατωμένη ιλύς διατίθεται σε ΧΥΤΑ.

Άλλες πληροφορίες σχετικά με την εγκατάσταση

Σύμφωνα με την υπεύθυνη λειτουργία, στην ΕΕΛ γίνεται χρήση πετρέλαιο για τη λειτουργία HZ (500lt/year). Το 200 έγινε αυτοματοποίηση του H/M της ΕΕΛ με χρήση Προγραμματιζόμενων Λογικών Ελεγκτών (P.L.C.) SIMATICS S7-300 και εγκατάσταση συστήματος κεντρικού ελέγχου και επίβλεψης των εγκαταστάσεων με ανάπτυξη Λογισμικού WINCC τηλεχειρισμών - τηλεεπίβλεψης, δίκτυο MPI (<http://www.akatt.gr/clients-env4.asp>).

14. Δήμος Φαρσάλων (ΔΕΥΑ Φαρσάλων)

Γενικά στοιχεία

Η Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων Φαρσάλων (βλ. Εικόνα 3.18) λειτουργεί από το 2009 και δέχεται κατά μέσο όρο 900 m³ λυμάτων την μέρα το καλοκαίρι και 970 m³ τον χειμώνα με δυνατότητα να επεξεργαστεί μέση παροχή 4.300 m³/d. Η δυναμικότητα της εγκατάστασης είναι 16.000 ισοδύναμοι κάτοικοι, ενώ εξυπηρετεί 5.400 κατοίκους. Στην εγκατάσταση οδηγούνται λύματα και βοθρολύματα του Δήμου Φαρσάλων. Η ΕΕΛ έχει κατασκευαστεί σε έκταση 17 στρεμμάτων στην περιοχή «Βοϊδολίβαδο» βορειοδυτικά από τα όρια του οικισμού Φαρσάλων. Τελικός αποδέκτης των επεξεργασμένων λυμάτων είναι ο ποταμός Απίδανος πλησίον της εγκατάστασης (Δ.Ε.Υ.Α.Φ.; Α.Ε.Π.Ο. ΕΕΛ Φαρσάλων, 1999).

Συνδεδεμένες βιομηχανίες - Επαναχρησιμοποίηση νερού

Η ΕΕΛ δεν δέχεται και δεν επεξεργάζεται υγρά απόβλητα από βιομηχανικές μονάδες. Σύμφωνα με την υπεύθυνη της εγκατάστασης, για την εξοικονόμηση πόσιμου νερού γίνεται επαναχρησιμοποίηση της εκροής α) για άρδευση ελάτων και καλλωπιστικών φυτών (πικροδάφνες) τόσο στο γήπεδο όσο και στην ευρύτερη περιοχή της εγκατάστασης, β) για πλύση των μονάδων και γ) για πυρόσβεση. Η επιλεγείσα διεργασία επαναχρησιμοποίησης είναι η στάγδην άρδευση με πιεστικό συγκρότημα δύο (2) οριζόντιων αντλιών και τροφοδοτείται από τη δεξαμενή μεταερισμού. Η παροχή των επεξεργασμένων λυμάτων προς επαναχρησιμοποίηση ανέρχεται κατά μέσο όρο στα 18m³/day και 4.500 m³/year, από τα οποία 2.500 m³/year χρησιμοποιούνται για άρδευση. Η ποιότητα του νερού προς επαναχρησιμοποίηση φαίνεται στον Πίνακα 3.101.

TC/100ml	FC/100ml	BOD (mg/l)	TN (mg/l)	P
< 200	< 500	2,5	14,0	3,1

Πίνακας 3.101. Ποιοτικά χαρακτηριστικά νερού προς επαναχρησιμοποίηση ΕΕΛ Φαρσάλων



Εικόνα 3.18. Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων Φαρσάλων (πηγή www.ypeka.gr)

Δεδομένα σχεδιασμού

Στον Πίνακα 3.102, που ακολουθεί, παρουσιάζονται τα δεδομένα σχεδιασμού της εγκατάστασης για το σύνολο των εισερχόμενων αστικών λυμάτων, όπως αναφέρονται στην ΑΕΠΟ 689/19-4-1999.

Παράμετρος	Αρχική φάση (1997)	Τελική φάση (2017)	Μ.Μ.
Ισοδύναμος Πληθυσμός	11.000	16.000	κάτοικοι
Μέση ημερήσια παροχή	Λύματα: 1.700	Λύματα: 2.500	m ³ /d
	3.500	Με εισροές: 4.300	
BOD ₅	600	900	kg/d
Αιωρούμενα στερεά	660	960	kg/d
Ολικό Άζωτο	85	125	kg/d
Φώσφορος	25	40	kg/d

Πίνακας 3.102. Δεδομένα σχεδιασμού ΕΕΛ Φαρσάλων

Ποιοτικά χαρακτηριστικά

Στον Πίνακα 3.103, που ακολουθεί, παρουσιάζεται ο μέσος όρος των ποιοτικών χαρακτηριστικών εισόδου και εξόδου της ΕΕΛ για τον χειμερινούς και το καλοκαίρι του 2016, όπως μας παραχωρήθηκαν από τον υπεύθυνο της εγκατάστασης και στον Πίνακα 3.104, που ακολουθεί, φαίνονται τα όρια εκροής, όπως αναφέρονται στην ΑΕΠΟ 689/19-4-1999 (<http://astikalimata.ypeka.gr>).

Παράμετρος	Είσοδος	Έξοδος	ΜΜ
BOD ₅	210,00	2,50	mg/l
COD	980,00	10,50	mg/l
TSS	180,00	3,00	mg/l
T-N	43,00	14,00	mg/l
T-P	4,10	3,10	mg/l
pH	7,31	7,44	

Πίνακας 3.103. Ποιοτικά χαρακτηριστικά εισόδου και εξόδου ΕΕΛ Φαρσάλων

Παράμετρος	Μέση Ημερήσια Συγκέντρωση	ΜΜ
BOD ₅	≤ 25	mg/l
COD	≤ 80	mg/l
Αιωρούμενα στερεά (SS)	≤ 35	mg/l
Επιπλέοντα στερεά	0	mg/l
Καθιζάνοντα στερεά εντός 2 ωρών σε κώνο Imhoff	< 0,3	ml/l
Αζωτο	≤ 15	mg/l
Αμμωνιακό Αζωτο (N-NH ₄)	≤ 2	mg/l
Ολικός P	≤ 9	mg/l
Λίπη – Έλαια	0	mg/l
Διαλυμένο οξυγόνο	≥ 5	mg/l
Χλωριόντα	≤ 100	mg/l
Θερμοκρασία	≤ 30	°C
Ηλεκτρική αγωγιμότητα	≤ 750	μS/cm
Ολικά κολοβακτηριοειδή K/100 ml	≤ 500	
Κοπρανώδη κολοβακτηριοειδή K/100 ml	≤ 200	
Ph	6,5 - 8,5	

Πίνακας 3.104. Προδιαγραφές εξερχομένων λυμάτων της ΕΕΛ Φαρσάλων προς διάθεση στον υδάτινο αποδέκτη

Χαρακτηριστικά δεξαμενής αερισμού

Ο μέσος χρόνος υδραυλικής παραμονής στο σύνολο της εγκατάστασης είναι 3 d. Στον Πίνακα 3.105 που ακολουθεί αναφέρονται οι τιμές κάποιων χαρακτηριστικών παραμέτρων της διαδικασίας του αερισμού των λυμάτων, όπως αυτές μας δόθηκαν από τον υπεύθυνο λειτουργίας μέσω του ερωτηματολογίου.

Παράμετρος	Τιμή	ΜΜ
Μέσος υδραυλικός χρόνος παραμονής	1,50	D
Ρυθμός επανακυκλοφορίας	100,00	%
Ηλικία ιλύος	40,00	D
MLSS	4.900	mg/l
Τυπική τιμή F/M	0,022	kg BOD/ kg MLVSS/d

Πίνακας 3.105. Τιμές χαρακτηριστικών παραμέτρων κατά τον αερισμό των λυμάτων της ΕΕΛ Φαρσάλων

Χαρακτηριστικά παραγόμενης ιλύος

Η παραγόμενη ιλύς προέρχεται από τη δευτεροβάθμια επεξεργασία. Η ημερήσια ποσότητα δευτεροβάθμιας ιλύος είναι 0,7 m³ και τα στερεά αυτής 18%. Η παραγόμενη λυματολάσπη διατίθεται για γεωργική χρήση (43.000 kgDS/έτος). Στον Πίνακα 3.106 που ακολουθεί βλέπουμε το ποσοστό στερεών στην είσοδο και έξοδο των μονάδων επεξεργασίας ιλύος και στον Πίνακα 3.107 βλέπουμε την κατά μέσο όρο ποσότητα παραγόμενης ιλύος και υγρασίας στην είσοδο και έξοδο του συστήματος επεξεργασίας της, όπως μας δόθηκε από τον υπεύθυνο λειτουργίας μέσω του ερωτηματολογίου.

Μονάδα	Είσοδος	Έξοδος	ΜΜ
Πάχυνση	0,9	4,0	%
Αφυδάτωση	4,0	18,0	%

Πίνακας 3.106. Ποσοστό στερεών στις μονάδες επεξεργασίας ιλύος ΕΕΛ Φαρσάλων

Παράμετρος	Είσοδος	Έξοδος	ΜΜ
Ιλύς	80	5	m ³ /d
Υγρασία	99	82	%

Πίνακας 3.107. Ποσότητα παραγόμενης ιλύος και υγρασίας ΕΕΛ Φαρσάλων

Συνοπτική περιγραφή της εγκατάστασης

Στην εγκατάσταση εφαρμόζεται το σύστημα βιολογικής επεξεργασίας τύπου παρατεταμένου αερισμού με βιολογική απομάκρυνση αζώτου. Είναι ένα τυπικό 2βάθμιο σύστημα επεξεργασίας με απολύμανση και εμπλουτισμό των επεξεργασμένων με οξυγόνο (μονάδα μεταερισμού). Η ΕΕΛ αποτελείται από τις παρακάτω επί μέρους εγκαταστάσεις και λοιπά έργα (Δ.Ε.Υ.Α.Φ.; Μελέτη ανανέωσης - τροποποίησης Α.Ε.Π.Ο. ΕΕΛ Φαρσάλων, 2016).

Μονάδα προεπεξεργασίας βοθρολυμάτων • Φρεάτιο εισόδου • Αντλιοστάσιο ανύψωσης

Μηχανική επεξεργασία: Μονάδα εσχάρωσης • Μονάδα εξάμμωσης – λιποσυλλογής

Βιολογική επεξεργασία: Φρεάτιο μερισμού Ι • Δεξαμενές βιοεπιλογής • Δεξαμενές βιολογικής επεξεργασίας • Φρεάτιο μερισμού ΙΙ • Δεξαμενές καθίζησης • Αντλιοστάσια ανακυκλοφορίας & περισσειας ιλύος

Τελική επεξεργασία: Μετρητής παροχής (Parshall) • Μονάδα απολύμανσης • Δεξαμενή μεταερισμού • Φρεάτιο εξόδου - δειγματοληψίας

Επεξεργασία ιλύος: Μονάδα πάχυνσης • Μονάδα αφυδάτωσης • Αντλιοστάσιο στραγγιδίων

Βοηθητικά κτίρια: Κτίριο Διοίκησης • Κτίριο Ενέργειας (Υποσταθμού Ηλεκτρικού Ρεύματος - Η/Ζ - ΓΠΧΤ) • Κτίριο Χημικών Απολύμανσης – Πιεστικού Συγκροτήματος

Αναλυτική περιγραφή της εγκατάστασης

Η ΕΕΛ δέχεται καθημερινά κατά μέσω όρο 1 βυτίο βοθρολυμάτων. Έτσι, κοντά στην είσοδο της εγκατάστασης υπάρχει η **Μονάδα Υποδοχής - Προεπεξεργασίας Βοθρολυμάτων** που αποτελείται από ένα φρεάτιο εκκένωσης βοθρολυμάτων, μια χονδροεσχάρα, ένα κανάλι συλλογής - απομάκρυνσης της άμμου, μια διάταξη αερισμού και ανάμιξης των βοθρολυμάτων (jet αερισμού) και αντλιοστάσιο για τη βαθμιαία διοχέτευση αυτών προς το φρεάτιο εισόδου. Η μονάδα προεπεξεργασίας βοθρολυμάτων στεγάζεται σε κατάλληλο κτίριο και διαθέτει ξεχωριστό σύστημα απόσμισης με ενεργό άνθρακα.

Έτσι, τα βοθρολύματα και τα λύματα που φτάνουν στην εγκατάσταση μέσω του δικτύου κεντρικών αποχετευτικών αγωγών (Κ.Α.Α.) καταλήγουν στο **Φρεάτιο Εισόδου**, το οποίο διαθέτει πιεζοθραυστική διάταξη. Από εκεί, τα λύματα καταλήγουν με βαρύτητα στο **αντλιοστάσιο εισόδου**, όπου είναι εγκατεστημένες τέσσερις (4) υποβρύχιες αντλίες ανύψωσης λυμάτων, οι οποίες λειτουργούν 14 h/d. Οι δύο αντλίες (μια κύρια και μια εφεδρική) καλύπτουν την παροχή σχεδιασμού. Για τις συνθήκες αιχμής, όμως, λειτουργούν άλλες δύο αντλίες, με κατάλληλη ρύθμιση μέσω μετατροπέων συχνότητας (inverter). Στη συνέχεια, τα λύματα αντλούνται προς την **Μονάδα Προκαταρκτικής Επεξεργασίας**. Η μονάδα **Εσχάρωσης** αποτελείται από μια αυτοκαθοριζόμενη τοξωτή λεπτοεσχάρα και μια χειροκαθαριζόμενη εσχάρα. Η δεύτερη λειτουργεί σαν παράκαμψη της πρώτης σε περιόδους έμφραξης ή συντήρησής της. Τα εσχαρίσματα συμπιέζονται, συγκεντρώνονται και αποθηκεύονται μέχρι την τελική τους διάθεση στο ΧΥΤΑ. Ανάντη και κατάντη των καναλιών εσχάρωσης υπάρχουν θυροφράγματα απομόνωσης - έκπλυσης. Ο αέρας του κτιρίου οδηγείται προς απόσμιση σε κατάλληλο σύστημα ενεργού άνθρακα.

Μετά την εσχάρωση, τα λύματα καταλήγουν σε δύο παράλληλους αεριζόμενους **αμμοσυλλέκτες – λιποσυλλέκτες** με κοινή παλινδρομική γέφυρα. Οι δεξαμενές των εξαμμοτών είναι από μπετόν και στεγάζονται σε ξεχωριστό κτίριο, ο

αέρας του οποίου οδηγείται προς κατάλληλο ξεχωριστό σύστημα απόσμισης τύπου ενεργού άνθρακα. Οι δεξαμενές αερίζονται 18 h/d, με 6ωρη παύση την νύχτα για εξοικονόμηση ενέργειας. Η παροχή του αέρα ανέρχεται στα 263 Nm³/h. Η άμμος που καθιζάνει στον πυθμένα της κάθε δεξαμενής απομακρύνεται μέσω αντλίας και αποθηκεύεται μέσω κοχλία πλύσης - αφυδάτωσης σε δοχεία. Τα λίπη συγκεντρώνονται μέσω επιφανειακών σαρώθρων της παλινδρομικής γέφυρας και αποθηκεύονται σε φρεάτιο μέχρι την απομάκρυνσή τους.

Στη συνέχεια, τα λύματα οδηγούνται από το **φρεάτιο μερισμού** προς τις δεξαμενές βιολογικής επεξεργασίας, όπου αναμιγνύονται με την ενεργό ιλύ που φτάνει από το αντλιοστάσιο ανακυκλοφορίας ιλύος. Επίσης, υπάρχει η δυνατότητα εκτροπής της ροής των λυμάτων από το φρεάτιο προς τον αγωγό παράκαμψης. Έπειτα, τα λύματα καταλήγουν στις **δεξαμενές βιοεπιλογής**, όπου τα λύματα αναμιγνύονται με την ανακυκλοφορούσα ιλύ με κατάλληλους υποβρύχιους αναδευτήρες. Ο βιοεπιλογέας βελτιώνει τα χαρακτηριστικά της βιομάζας και συντελεί στην αποφυγή της ανάπτυξης νηματοειδών οργανισμών.

Τα προεπεξεργασμένα λύματα οδηγούνται, στη συνέχεια, στις **δεξαμενές απονιτροποίησης και αερισμού**. Στις ανοξικές δεξαμενές, όπου το οξυγόνο είναι περίπου μηδέν, ειδικά ετερότροφα βακτήρια (απονιτροποιητές) καταναλώνουν τον άνθρακα των λυμάτων και τα νιτρικά (NO₃) που επιστρέφουν με την ανακυκλοφορούσα ιλύς, ανάγουν τα νιτρικά σε αέριο άζωτο και μειώνουν το BOD₅ των λυμάτων. Στις δεξαμενές αερισμού, όπου υπάρχει περίσσεια οξυγόνου, κατάλληλοι μικροοργανισμοί διασπούν τις οργανικές ύλες σχηματίζοντας νέα ιλύ και οξειδώνουν την αμμωνία σε νιτρικά (νιτροποίηση). Οι δεξαμενές είναι **πλήρους μείξης** και ορθογωνικής διατομής. Ο ωφέλιμος όγκος έκαστης είναι 1.397 m³ και το ωφέλιμο ύψος τους είναι 4,5m. Ο παρατεταμένος αερισμός των λυμάτων γίνεται με ατμοσφαιρικό αέρα μέσω φυσητήρων διάχυσης λεπτής φυσαλίδας. Οι φυσητήρες είναι τοποθετημένοι κατά μήκος των δεξαμενών αερισμού και λειτουργούν 22h. Για την συνεχή αιώρηση των σωματιδίων, την ομοιογένεια του συνόλου των λυμάτων και κατά συνέπεια την αποτελεσματικότερη επεξεργασία αυτών, η ανάδευση των λυμάτων γίνεται με υποβρύχιους αναδευτήρες, που λειτουργούν όλο το 24ωρο. Στην έξοδο των δεξαμενών αερισμού συναντάται **αντλιοστάσιο ανακυκλοφορίας ανάμικτου υγρού**. Το αντλιοστάσιο αποτελείται από δύο θαλάμους με θυρόφραγμα για να μπορούν να λειτουργούν χιαστί. Κάθε γραμμή έχει αγωγούς ανακυκλοφορίας ανάμικτου υγρού με δικλείδες διακλάδωσης. Η επικοινωνία του αντλιοστασίου με τις δεξαμενές αερισμού μπορεί να διακοπεί με κατάλληλα θυροφράγματα, ώστε να αποφευχθεί η συγκέντρωση λάσπης στην επιφάνεια των θαλάμων.

Από εκεί, τα λύματα υπερχειλίζουν, μέσω φρεατίου μερισμού, στις **δεξαμενές καθίζησης**. Η δευτεροβάθμια καθίζηση επιτυγχάνεται σε δύο (2) κυκλικές δεξαμενές, χωρητικότητας 737m³ έκαστη και διαμέτρου 17m. Σε κάθε δεξαμενή καθίζησης υπάρχει περιστρεφόμενη ακτινική γέφυρα με καμπύλους, αρθρωτούς σαρωτές ιλύος πολλαπλών λεπίδων με δυνατότητα ανέλκυσης για επισκευή χωρίς την εκκένωση της δεξαμενής, καθώς και με σαρωτές επιπλεόντων. Τα επιπλέοντα στερεά κάθε δεξαμενής καθίζησης συλλέγονται σε παράπλευρο φρεάτιο με την βοήθεια του σαρώθρου επιπλεόντων από όπου μεταφέρονται περιοδικά σε ΧΥΤΑ. Η ιλύς που καθιζάνει στη χοάνη του πυθμένα των δεξαμενών ανακυκλοφορείται στο φρεάτιο μερισμού των δεξαμενών βιολογικής επεξεργασίας μέσω του **αντλιοστασίου ανακυκλοφορίας - απαγωγής ιλύος** και η πλεονάζουσα ιλύς αντλείται προς τους παχυντές ιλύος για περαιτέρω

επεξεργασία. Το αντλιοστάσιο αποτελείται από δύο θαλάμους που επικοινωνούν μέσω θυροφράγματος για να μπορούν να λειτουργούν χιαστί. Κάθε γραμμή έχει αγωγούς ανακυκλοφορίας με δικλείδες διακλάδωσης. Οι δεξαμενές καθίζησης μπορούν να απομονωθούν πλήρως από τις λοιπές μονάδες της ΕΕΛ με θυροφράγματα.

Το καθαρό νερό οδηγείται, για την τελική του επεξεργασία, προς τη **μονάδα απολύμανσης** μέσω καναλιού μέτρησης της παροχής τύπου **Parshall**. Η χλωρίωση επιτυγχάνεται με διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου (NaOCl) και η αποχλωρίωση με προσθήκη μεταδιθειώδους νατρίου ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$). Στη συνέχεια, τα επεξεργασμένα λύματα οδηγούνται στη **δεξαμενή μεταερισμού** (ωφέλιμου όγκου 54 m^3) για τον εμπλουτισμό τους σε οξυγόνο και έπειτα στο **φρεάτιο εξόδου - δειγματοληψίας** για τακτικό έλεγχο των χαρακτηριστικών τους. Τελικά, διατίθενται στον ποταμό Απίδαμο. Επίσης, για την εξοικονόμηση πόσιμου νερού έχει εγκατασταθεί ξεχωριστό δίκτυο βιομηχανικού νερού, που καλύπτει τις ανάγκες άρδευσης του πρασίνου της εγκατάστασης και πλύσης της ταινιοφιλτρόπρεσσας και των φρεατίων. Το δίκτυο βιομηχανικού νερού αποτελείται από ένα πιεστικό συγκρότημα δύο αντλιών.

Ταυτόχρονα, η περίσσεια ιλύος μεταφέρεται τακτικά μέσω αντλιών στη **μονάδα επεξεργασίας ιλύος**. Η πάχυνση της ιλύος επιτυγχάνεται σε μια **μηχανική τράπεζα πάχυνσης** με χρήση κατιονικού πολυηλεκτρολύτη, που λειτουργεί 0,7h. Η παχυμένη ιλύς περνάει στη συνέχεια από μια **ταινιοφιλτρόπρεσσα**, συμπιέζεται και αφυδατώνεται. Η αφυδάτωση γίνεται σε κλειστό εξαεριζόμενο χώρο, ώστε να μην προκαλούνται οσμές στην άμεση περιοχή. Τα υγρά υπερχειλίσματα ή στραγγίδια από όλα τα στάδια της επεξεργασίας ιλύος επιστρέφουν μέσω του **αντλιοστασίου στραγγιδίων** στο φρεάτιο εισόδου. Τελικά, η αφυδατωμένη ιλύς διατίθεται στον σταθμό μεταφόρτωσης Φαρσάλων.

Άλλες πληροφορίες σχετικά με την εγκατάσταση

Σύμφωνα με τον υπεύθυνο λειτουργίας, στην ΕΕΛ γίνεται χρήση πετρελαίου για θέρμανση (400 lt/year) και για τη λειτουργία του H/Z (300 lt/year).

15. Δήμος Φλώρινας (ΔΕΥΑ Φλώρινας)

Γενικά στοιχεία

Η Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων Φλώρινας (βλ. Εικόνα 3.19) λειτουργεί από το 2001 και δέχεται κατά μέσο όρο $10.660 \text{ m}^3/\text{day}$ λυμάτων το καλοκαίρι και $13.000 \text{ m}^3/\text{day}$ τον χειμώνα. Η δυναμικότητα της εγκατάστασης είναι 30.334 ισοδύναμοι κάτοικοι, ενώ εξυπηρετεί 26.000 κατοίκους. Στην εγκατάσταση οδηγούνται λύματα και βοθρολύματα του Δήμου Φλώρινας. Η ΕΕΛ έχει κατασκευαστεί σε έκταση 36,6 στρεμμάτων στην περιοχή «Παλαιών Δημοτικών Σφαγείων Φλώρινας», ανατολικά από τα όρια της πόλης. Τελικός αποδέκτης των επεξεργασμένων λυμάτων είναι ο ποταμός Σακουλέβας. (Ιακωβάκης Β. και Κυριάκης Ν., 2005)

Συνδεδεμένες βιομηχανίες - Επαναχρησιμοποίηση νερού

Η ΕΕΛ δεν δέχεται και δεν επεξεργάζεται υγρά απόβλητα από βιομηχανικές μονάδες και σύμφωνα με την υπεύθυνη της εγκατάστασης, δεν γίνεται επαναχρησιμοποίηση της εκροής της εγκατάστασης για άρδευση. Σύμφωνα με τον υπεύθυνο λειτουργίας, στην ΕΕΛ δεν έχει υλοποιηθεί ενεργειακή αξιολόγηση στο παρελθόν. Επίσης, δεν γίνεται χρήση

ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την κάλυψη έστω μέρους της απαιτούμενης ενέργειας της εγκατάστασης, ενώ γίνεται χρήση πετρελαίου για τη λειτουργία γεννήτριας (400 tn/year).



Εικόνα 3.19. Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων Φλώρινας (πηγή www.ypeka.gr)

Ποιοτικά χαρακτηριστικά

Στον Πίνακα 3.108, που ακολουθεί, παρουσιάζεται ο μέσος όρος των ποιοτικών χαρακτηριστικών εισόδου και εξόδου της ΕΕΛ για τον χειμερινούς και το καλοκαίρι του 2016, όπως μας παραχωρήθηκαν από τον υπεύθυνο της εγκατάστασης.

Παράμετρος	Είσοδος	Έξοδος	ΜΜ
BOD₅	245,00	18,00	mg/l
COD	296,00	61,00	mg/l
TSS	167,00	22,00	mg/l
T-N	56,70	12,49	mg/l
T-P	49,32	1,85	mg/l
pH	7,60	7,80	

Πίνακας 3.108. Ποιοτικά χαρακτηριστικά εισόδου και εξόδου ΕΕΛ Φλώρινας

Χαρακτηριστικά δεξαμενής αερισμού

Στον Πίνακα 3.109 που ακολουθεί αναφέρονται οι τιμές κάποιων χαρακτηριστικών παραμέτρων της διαδικασίας του αερισμού των λυμάτων, όπως αυτές μας δόθηκαν από τον υπεύθυνο λειτουργίας μέσω του ερωτηματολογίου.

Παράμετρος	Τιμή	ΜΜ
Μέσος υδραυλικός χρόνος παραμονής	12,00	H
Ηλικία ιλύος	32,80	D
MLSS	2,88	kg/m ² h

Πίνακας 3.109. Τιμές χαρακτηριστικών παραμέτρων κατά τον αερισμό των λυμάτων ΕΕΛ Φλώρινας

Χαρακτηριστικά παραγόμενης ιλύος

Η παραγόμενη ιλύς διατίθεται σε ΧΥΤΑ (731 KgDS/year). Το ποσοστό των στερεών της αφυδατωμένης λάσπης είναι 17%. Στον Πίνακα 3.110 βλέπουμε την κατά μέσο όρο ποσότητα παραγόμενης ιλύος και υγρασίας στην έξοδο του συστήματος επεξεργασίας της, όπως μας δόθηκε από τον υπεύθυνο λειτουργίας μέσω του ερωτηματολογίου. Στον Πίνακα 3.111 βλέπουμε ενδεικτικά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της ιλύος που παράγεται στην ΕΕΛ, όπως παρουσιάζονται στην Τεχνική Περιγραφή της Δ.Ε.Υ.Α.Φ. (2017).

Παράμετρος	Έξοδος	ΜΜ
Ιλύς	131	tn/year
Υγρασία	84,9	%

Πίνακας 3.110. Ποσότητα παραγόμενης ιλύος και υγρασίας ΕΕΛ Φλώρινας

Παράμετρος	Έξοδος	ΜΜ
Υγρασία	61,0	%
Ολικός Οργανικός Άνθρακας (TOC)	79,2	% ξ.ο.
Ολικό Αζωτο (TN)	2,7	% ξ.ο.
Χρώμιο εξασθενές (Cr⁺⁶)	< 2,0	mg/kg ξ.ο.
Μόλυβδος (Pb)	62,0	mg/kg ξ.ο.
Κάδμιο (Cd)	22,0	mg/kg ξ.ο.
Νικέλιο (Ni)	16,0	mg/kg ξ.ο.
Κοβάλτιο (Co)	14,0	mg/kg ξ.ο.
Χρώμιο ολικό (Cr)	11,0	mg/kg ξ.ο.
Χαλκός (Cu)	65,0	mg/kg ξ.ο.
Ψευδάργυρος (Zn)	560,0	mg/kg ξ.ο.
Ολικός Φώσφορος (P)	0,6	mg/kg ξ.ο.
Αρσενικό (As)	3,6	mg/kg ξ.ο.
Υδράργυρος (Hg)	1,0	mg/kg ξ.ο.

Πίνακας 3.111. Τιμές ενδεικτικών ποιοτικών χαρακτηριστικών ιλύος ΕΕΛ Φλώρινας

Συνολική περιγραφή της εγκατάστασης

Στην εγκατάσταση γίνεται δευτεροβάθμια επεξεργασία των λυμάτων με τη μέθοδο της ενεργού ιλύος παρατεταμένου αερισμού με βιολογική απομάκρυνση αζώτου. Η λειτουργία της εγκατάστασης είναι σε μεγάλο βαθμό αυτοματοποιημένη και υποστηρίζεται από δίκτυο PLC's και SCADA. Η ΕΕΛ αποτελείται από τις παρακάτω επί μέρους εγκαταστάσεις και λοιπά έργα (Ιακωβάκης Β. και Κυριάκης Ν.):

Μηχανική επεξεργασία: Μονάδα προεπεξεργασίας βοθρολυμάτων • Αντλιοστάσιο ανύψωσης • Μονάδα εσχάρωσης • Μονάδα εξάμμισης – λιποσυλλογής

Βιολογική επεξεργασία: Μονάδα βιολογικής επεξεργασίας • Δεξαμενές καθίζησης

Τελική επεξεργασία: Μονάδα απολύμανσης • Μονάδα μεταερισμού • Δεξαμενή νερού

Επεξεργασία ιλύος: Μονάδα πάχυνσης • Μονάδα αφυδάτωσης

Αναλυτική περιγραφή της εγκατάστασης

Η ΕΕΛ δέχεται καθημερινά κατά μέσω όρο 1 βυτίο βοθρολυμάτων. Έτσι, κοντά στην είσοδο της εγκατάστασης στεγάζεται σε κατάλληλο κτίριο η **Μονάδα Υποδοχής - Προεπεξεργασίας Βοθρολυμάτων** που αποτελείται από ένα φρεάτιο εκκένωσης βοθρολυμάτων, μια χονδροεσχάρα, ένα κανάλι συλλογής - απομάκρυνσης της άμμου, μια διάταξη αερισμού και ανάμιξης των βοθρολυμάτων και αντλιοστάσιο για τη βαθμιαία διοχέτευση αυτών προς το φρεάτιο εισόδου. Έτσι, τα βοθρολύματα και τα λύματα, που φτάνουν στην εγκατάσταση μέσω δύο αγωγών βαρύτητας, καταλήγουν στο **Αντλιοστάσιο εισόδου**, όπου είναι εγκατεστημένες τέσσερις (4) υποβρύχιες αντλίες ανύψωσης λυμάτων, οι οποίες λειτουργούν όλο το 24ωρο. Στη συνέχεια, τα λύματα αντλούνται προς την **Μονάδα Προκαταρκτικής Επεξεργασίας**. Η μονάδα **Εσχάρωσης** αποτελείται από μια εσχάρα τύπου 'K-1000. Τα εσχάρισματα συλλέγονται και αποθηκεύονται μέχρι την διάθεσή τους. Μετά την εσχάρωση, τα λύματα καταλήγουν σε ένα αεριζόμενο **αμμοσυλλέκτη – λιποσυλλέκτη**. Οι εξαμμιωτές αερίζονται όλο το 24ωρο και η παροχή του αέρα ανέρχεται στα 12 m³/h. Η άμμος που καθιζάνει στον πυθμένα της κάθε δεξαμενής απομακρύνεται μέσω αντλίας και αποθηκεύεται μέχρι την διάθεσή της. Η ποσότητα εσχαρισμάτων

και άμμου που παράγεται εκτιμάται στους 126 tn/year. Τα λίπη συγκεντρώνονται μέσω επιφανειακών σαρώθρων και αποθηκεύονται σε φρεάτιο μέχρι την απομάκρυνσή τους.

Στη συνέχεια, τα λύματα οδηγούνται μέσω του καναλιού μέτρησης παροχής στις τρεις παράλληλες γραμμές βιολογικής επεξεργασίας. Τα λύματα εισέρχονται πρώτα στις **δεξαμενές βιοεπιλογής**, ωφέλιμου όγκου 162 m³ έκαστη, όπου αναμιγνύονται με την ανακυκλοφορούσα ιλύ με κατάλληλους υποβρύχιους αναδευτήρες. Ακολουθούν οι **δεξαμενές αποφωσφόρωσης**, ωφέλιμου όγκου 756 m³ έκαστη, όπου απομακρύνεται ο φώσφορος. Έπειτα, τα λύματα οδηγούνται στις **δεξαμενές απονιτροποίησης**, ωφέλιμου όγκου 540 m³ έκαστη, και τελικά στις **δεξαμενές αερισμού**, ωφέλιμου όγκου 1.782 m³ και ωφέλιμου ύψους 4,5m. Οι δεξαμενές είναι **πλήρους μείξης** και ορθογωνικής διατομής. Ο παρατεταμένος αερισμός των λυμάτων γίνεται μέσω φυσητήρων διάχυσης, οι οποίοι είναι τοποθετημένοι κατά μήκος στον πυθμένα των δεξαμενών αερισμού και λειτουργούν 12h/d. Για την συνεχή αιώρηση των σωματιδίων, την ομοιογένεια του συνόλου των λυμάτων και κατά συνέπεια την αποτελεσματικότερη επεξεργασία αυτών, η ανάδευση των λυμάτων γίνεται με υποβρύχιους αναδευτήρες, που λειτουργούν όλο το 24ωρο. Στην έξοδο των δεξαμενών αερισμού συναντάται **αντλιοστάσιο ανακυκλοφορίας ανάμικτου υγρού**. Κάθε γραμμή επεξεργασίας έχει αγωγούς ανακυκλοφορίας ανάμικτου υγρού. Από εκεί, τα λύματα οδηγούνται, στις **δεξαμενές καθίζησης**. Η δευτεροβάθμια καθίζηση επιτυγχάνεται σε τρεις (3) κυκλικές δεξαμενές, χωρητικότητας 942 m³ έκαστη. Σε κάθε δεξαμενή καθίζησης υπάρχει περιστρεφόμενη γέφυρα με αρθρωτούς σαρωτές ιλύος και επιπλεόντων. Τα επιπλέοντα στερεά κάθε δεξαμενής καθίζησης συλλέγονται σε παράπλευρο φρεάτιο με την βοήθεια του σαρώθρου επιπλεόντων. Η ιλύς που καθιζάνει στη χοάνη του πυθμένα των δεξαμενών είτε ανακυκλοφορείται στις δεξαμενές βιοεπιλογής είτε αντλείται προς τους παχυντές ιλύος για περαιτέρω επεξεργασία μέσω του **αντλιοστασίου ανακυκλοφορίας – περισσίας ιλύος**.

Το νερό οδηγείται, για την τελική του επεξεργασία, μέσω καναλιού μέτρησης παροχής προς τη **μονάδα απολύμανσης**, ωφέλιμου όγκου 672 m³. Η χλωρίωση επιτυγχάνεται με διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου (NaOCl) και η αποχλωρίωση με προσθήκη μεταδιθειώδους νατρίου (Na₂S₂O₅). Στη συνέχεια, τα επεξεργασμένα λύματα οδηγούνται στη **δεξαμενή μετααερισμού** (ωφέλιμου όγκου 408 m³) για τον εμπλουτισμό τους σε οξυγόνο. Από εκεί μέρος της παροχής αντλείται προς τη δεξαμενή βιομηχανικού νερού και τα υπόλοιπα επεξεργασμένα λύματα διατίθενται τελικά στον ποταμό Σακουλέβα. Ταυτόχρονα, η περίσσεια ιλύος μεταφέρεται τακτικά μέσω αντλιών στη **μονάδα επεξεργασίας ιλύος**. Η πάχυνση της ιλύος επιτυγχάνεται σε μια **μηχανική τράπεζα πάχυνσης** με προσθήκη κατιονικού πολυηλεκτρολύτη (4tn/year), που λειτουργεί 12h/d. Η παχυμένη ιλύς περνάει στη συνέχεια από μια **ταινιοφιλτρόπρεσσα**, συμπιέζεται και αφυδατώνεται. Τα υγρά υπερχειλίσματα ή στραγγίδια από όλα τα στάδια της επεξεργασίας ιλύος επιστρέφουν μέσω του **αντλιοστασίου στραγγιδίων** στη εισόδου της εγκατάστασης. Τελικά, η αφυδατωμένη ιλύς διατίθεται στον ΧΥΤΑ της περιοχής.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IV: Ενεργειακή χρήση I

ΕΕΛ Δήμου Αγίου Νικολάου Κρήτης (ΕΕΛ Ελούντας)

a/a	Μονάδα επεξεργασίας	Ημερήσια κατανάλωση ηλ. ενέργειας (kWh/day)	Ποσοστό επί της συνολικής κατανάλωσης ηλ. ενέργειας (%)
1	Δεξαμενή αερισμού	604,56	93,66
2	Λοιπός εξοπλισμός	40,92	6,34
Σύνολο		645,48	100,00

Πίνακας 4.1. Διανομή ενεργειακής χρήσης στις μονάδες επεξεργασίας της ΕΕΛ Ελούντας

ΕΕΛ Δήμου Αμυνταίου

a/a	Μονάδα επεξεργασίας	Ημερήσια κατανάλωση ηλ. ενέργειας (kWh/day)	Ποσοστό επί της συνολικής κατανάλωσης ηλ. ενέργειας (%)
1	Αντλιοστάσιο ανύψωσης	160,00	9,77
2	Εσχάρωση	2,20	0,13
3	Εξάμμωση	63,00	3,85
4	Δεξαμενή αερισμού	978,00	59,73
5	Αποφωσφόρωση	79,00	4,83
6	Δευτεροβάθμια καθίζηση	83,00	5,07
7	Απολύμανση	3,00	0,18
8	Πάχυνση	51,60	3,15
9	Αφυδάτωση	1,65	0,10
10	Λοιπός εξοπλισμός	215,81	13,18
Σύνολο		1.637,26	100,00

Πίνακας 4.2. Διανομή ενεργειακής χρήσης στις μονάδες επεξεργασίας της ΕΕΛ Αμυνταίου

ΕΕΛ Δήμου Δίου Ολύμπου

a/a	Μονάδα επεξεργασίας	Ημερήσια κατανάλωση ηλ. ενέργειας (kWh/day)	Ποσοστό επί της συνολικής κατανάλωσης ηλ. ενέργειας (%)
1	Αντλιοστάσιο ανύψωσης	300,00	7,65
2	Εσχάρωση	128,00	5,56
3	Εξάμμωση	350,00	4,35
4	Πρωτοβάθμια επεξεργασία	7,10	0,09
5	Δεξαμενή αερισμού	5.048,80	62,74
6	Αποφωσφόρωση	400,00	4,97
7	Δευτεροβάθμια καθίζηση	14,20	0,18
8	Απολύμανση	420,00	5,22
9	Πάχυνση	1.405,00	17,46
10	Αφυδάτωση	98,50	1,22

Πίνακας 4.3. Διανομή ενεργειακής χρήσης στις μονάδες επεξεργασίας της ΕΕΛ Λιτόχωρου

ΕΕΛ Δήμου Ελασσόνας

a/a	Μονάδα επεξεργασίας	Ημερήσια κατανάλωση ηλ. ενέργειας (kWh/day)	Ποσοστό επί της συνολικής κατανάλωσης ηλ. ενέργειας (%)
1	Αντλιοστάσιο ανύψωσης	91,00	2,66
2	Εσχάρωση	54,00	1,58
3	Εξάμμωση	292,00	8,53
4	Δεξαμενή αερισμού	2.600,00	75,92
5	Αποφωσφόρωση	317,00	9,26
6	Δευτεροβάθμια καθίζηση	16,80	0,49
7	Απολύμανση	46,00	1,34
8	Πάχυνση	3,30	0,10
9	Αφυδάτωση	4,50	0,13

Πίνακας 4.4. Διανομή ενεργειακής χρήσης στις μονάδες επεξεργασίας της ΕΕΛ Ελασσόνας

ΕΕΛ Δήμου Θάσου

a/a	Μονάδα επεξεργασίας	Ημερήσια κατανάλωση ηλ. ενέργειας (kWh/day)	Ποσοστό επί της συνολικής κατανάλωσης ηλ. ενέργειας (%)
1	Αντλιοστάσιο ανύψωσης	896,00	37,89
2	Δεξαμενή αερισμού	1.372,80	58,05
3	Αποφωσφόρωση	72,00	3,04
4	Δευτεροβάθμια καθίζηση	24,00	1,01

Πίνακας 4.5. Διανομή ενεργειακής χρήσης στις μονάδες επεξεργασίας της ΕΕΛ Θάσου

ΕΕΛ Δήμου Θηβαίων

a/a	Μονάδα επεξεργασίας	Ημερήσια κατανάλωση ηλ. ενέργειας (kWh/day)	Ποσοστό επί της συνολικής κατανάλωσης ηλ. ενέργειας (%)
1	Αντλιοστάσιο ανύψωσης	115,50	5,51
2	Εσχάρωση	5,25	0,25
3	Εξάμμωση	199,92	9,54
4	Δεξαμενή αερισμού	1.449,00	69,17
5	Αποφωσφόρωση	312,00	14,89
6	Δευτεροβάθμια καθίζηση	13,06	0,62

Πίνακας 4.6. Διανομή ενεργειακής χρήσης στις μονάδες επεξεργασίας της ΕΕΛ Θηβαίων

ΕΕΛ Δήμου Καρδίτσας

a/a	Μονάδα επεξεργασίας	Ημερήσια κατανάλωση ηλ. ενέργειας (kWh/day)	Ποσοστό επί της συνολικής κατανάλωσης ηλ. ενέργειας (%)
1	Εσχάρωση	0,50	0,01
2	Εξάμμωση	60,00	1,67
3	Δεξαμενή αερισμού	2.916,00	81,12
4	Δευτεροβάθμια καθίζηση	17,76	0,49
5	Απολύμανση	5,50	0,15
6	Πάχυνση	22,88	0,64
7	Αφυδάτωση	75,00	2,09
8	Λοιπός εξοπλισμός	496,94	13,82

Πίνακας 4.7. Διανομή ενεργειακής χρήσης στις μονάδες επεξεργασίας της ΕΕΛ Καρδίτσας

ΕΕΛ Δήμου Λαμίων

a/a	Μονάδα επεξεργασίας	Ημερήσια κατανάλωση ηλ. ενέργειας (kWh/day)	Ποσοστό επί της συνολικής κατανάλωσης ηλ. ενέργειας (%)
1	Αντλιοστάσιο ανύψωσης	295,00	3,32
2	Εσχάρωση	17,70	0,20
3	Εξάμμωση	241,60	2,72
4	Δεξαμενή αερισμού	7.075,00	79,67
5	Αποφωσφόρωση	0,00	0,00
6	Δευτεροβάθμια καθίζηση	20,00	0,23
7	Απολύμανση	3,00	0,03
8	Πάχυνση	18,00	0,20
9	Αφυδάτωση	38,90	0,44
10	Λοιπός εξοπλισμός	1.170,80	13,18
Σύνολο		8.880,00	100,00

Πίνακας 4.8. Διανομή ενεργειακής χρήσης στις μονάδες επεξεργασίας της ΕΕΛ Λαμίας

ΕΕΛ Δήμου Λαυρεωτικής

a/a	Μονάδα επεξεργασίας	Ημερήσια κατανάλωση ηλ. ενέργειας (kWh/day)	Ποσοστό επί της συνολικής κατανάλωσης ηλ. ενέργειας (%)
1	Αντλιοστάσιο ανύψωσης	176,00	7,65
2	Εσχάρωση	128,00	5,56
3	Πάχυνση	0,96	0,04
4	Αφυδάτωση	132,00	5,74
5	Λοιπός εξοπλισμός	1.864,41	81,01
Σύνολο		2.301,37	100,00

Πίνακας 4.9. Διανομή ενεργειακής χρήσης στις μονάδες επεξεργασίας της ΕΕΛ Λαυρίου

ΕΕΛ Δήμου Νέας Κυδωνίας

a/a	Μονάδα επεξεργασίας	Ημερήσια κατανάλωση ηλ. ενέργειας (kWh/day)	Ποσοστό επί της συνολικής κατανάλωσης ηλ. ενέργειας (%)
1	Εσχάρωση	1,48	0,02
2	Εξάμμωση	108,00	1,35
3	Δεξαμενή αερισμού	7.341,60	91,76
4	Δευτεροβάθμια καθίζηση	18,00	0,22
5	Επαναχρησιμοποίηση	0,00	0,00
6	Πάχυνση	32,00	0,40
7	Αφυδάτωση	65,07	0,81
8	Πλυντηρίδα	403,20	5,04

Πίνακας 4.10. Διανομή ενεργειακής χρήσης στις μονάδες επεξεργασίας της ΕΕΛ Νέας Κυδωνίας

ΕΕΛ Δήμου Νέστου

a/a	Μονάδα επεξεργασίας	Ημερήσια κατανάλωση ηλ. ενέργειας (kWh/day)	Ποσοστό επί της συνολικής κατανάλωσης ηλ. ενέργειας (%)
1	Εσχάρωση	15,21	0,82
2	Εξάμμωση	126,00	6,80
3	Δεξαμενή αερισμού	1.361,20	73,45
4	Δευτεροβάθμια καθίζηση	152,52	8,23
5	Απολύμανση	6,90	0,37
6	Επαναχρησιμοποίηση	16,00	0,86
7	Πάχυνση	20,64	1,11
8	Αφυδάτωση	137,96	7,44
9	Λοιπός εξοπλισμός	16,72	0,90
Σύνολο		1.853,15	100,00

Πίνακας 4.11. Διανομή ενεργειακής χρήσης στις μονάδες επεξεργασίας της ΕΕΛ Χρυσούπολης

ΕΕΛ Δήμου Πάρου (ΕΕΛ Μάρπησσας)

a/a	Μονάδα επεξεργασίας	Ημερήσια κατανάλωση ηλ. ενέργειας (kWh/day)	Ποσοστό επί της συνολικής κατανάλωσης ηλ. ενέργειας (%)
1	Εσχάρωση	0,30	0,04
2	Δεξαμενή αερισμού	721,80	98,33
3	Πάχυνση	12,00	1,63

Πίνακας 4.12. Διανομή ενεργειακής χρήσης στις μονάδες επεξεργασίας της ΕΕΛ Μάρπησσας

ΕΕΛ Δήμου Πάρου (ΕΕΛ Νάουσας)

a/a	Μονάδα επεξεργασίας	Ημερήσια κατανάλωση ηλ. ενέργειας (kWh/day)	Ποσοστό επί της συνολικής κατανάλωσης ηλ. ενέργειας (%)
1	Εξάμμωση	388,80	10,96
2	Δεξαμενή αερισμού	3158,40	89,04

Πίνακας 4.13. Διανομή ενεργειακής χρήσης στις μονάδες επεξεργασίας της ΕΕΛ Νάουσας

ΕΕΛ Δήμου Φαρσάλων

a/a	Μονάδα επεξεργασίας	Ημερήσια κατανάλωση ηλ. ενέργειας (kWh/day)	Ποσοστό επί της συνολικής κατανάλωσης ηλ. ενέργειας (%)
1	Αντλιοστάσιο ανύψωσης	100,00	6,60
2	Εσχάρωση	0,10	0,01
3	Εξάμμωση	100,00	6,60
4	Δεξαμενή αερισμού	1.285,00	84,82
5	Δευτεροβάθμια καθίζηση	9,00	0,59
6	Απολύμανση	13,00	0,86
7	Επαναχρησιμοποίηση	7,00	0,46
8	Πάχυνση	0,40	0,03
9	Αφυδάτωση	0,53	0,03

Πίνακας 4.14. Διανομή ενεργειακής χρήσης στις μονάδες επεξεργασίας της ΕΕΛ Φαρσάλων

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ V: Ενεργειακή χρήση II

Αντλιοστάσιο ανύψωσης

a/a	Τύπος αντλιών	Ονομασία ΕΕΛ	Ημερήσια κατανάλωση ηλ. ενέργειας αντλιοστασίου (kWh/day)	Ποσοστό επί της συνολικής ημερήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας (%)
1	Υποβρύχιες αντλίες	ΕΕΛ Αμυνταίου	160,00	9,77
2		ΕΕΛ Ελασσόνας	91,00	2,66
3		ΕΕΛ Φαρσάλων	100,00	6,60
4	Κοχλιωτές αντλίες	ΕΕΛ Θήβας	115,50	5,51
5		ΕΕΛ Λαμίας	295,00	3,32
6	Αντλίες κάθετης εκτόπισης	ΕΕΛ Λαυρίου	176,00	7,65

Πίνακας 5.1. Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του αντλιοστασίου ανύψωσης εισερχόμενων λυμάτων για διάφορους τύπους αντλιών.

Μονάδα εσχάρωσης

a/a	Τύπος εσχάρας	Ονομασία ΕΕΛ	Ημερήσια κατανάλωση ηλ. ενέργειας εσχάρας (kWh/day)	Ποσοστό επί της συνολικής ημερήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας (%)
1	Μηχανική/ Αυτοκαθαριζόμενη	ΕΕΛ Αμυνταίου	2,20	0,13
2		ΕΕΛ Φαρσάλων	0,10	0,01
3		ΕΕΛ Ελασσόνας	54,00	1,58
4		ΕΕΛ Θήβας	5,25	0,25
5		ΕΕΛ Λαυρίου	128,00	5,56
6	Μηχανική & χειροκαθαριζόμενη	ΕΕΛ Λιτοχώρου	2,96	0,04
7		ΕΕΛ Μάρπησσας	0,30	0,04
8	Περιστρεφόμενου τυμπάνου	ΕΕΛ Νέας Κυδωνίας	1,48	0,02
9	Αυτόματο περιστροφικό κόσκινο	ΕΕΛ Χρυσούπολης	15,21	0,82
10	Υδραυλική τοξωτή εσχάρα	ΕΕΛ Καρδίτσας	0,50	0,01
11	Αναρριχόμενη εσχάρα	ΕΕΛ Λαμίας	17,70	0,20

Πίνακας 5.2. Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας της μονάδας εσχάρωσης για διάφορους τύπους εσχάρων.

Μονάδα εξάμμωσης

a/a		Ονομασία ΕΕΛ	Ημερήσια κατανάλωση ηλ. ενέργειας εξάμμωτή (kWh/day)	Ποσοστό επί της συνολικής ημερήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας (%)
1	Δίδυμος Αεριζόμενος Εξαμμωτής	ΕΕΛ Αμυνταίου	63,00	3,85
2		ΕΕΛ Θήβας	199,92	9,54
3		ΕΕΛ Νάουσας	388,80	10,96
4	Δίδυμος Αεριζόμενος αμμοσυλλέκτης - λιποσυλλέκτης	ΕΕΛ Ελασσόνας	292,00	8,53
5		ΕΕΛ Λαμίας	241,60	2,72
6		ΕΕΛ Νέας Κυδωνίας	108,00	1,35
7		ΕΕΛ Φαρσάλων	100,00	6,60
8	Κοχλίας	ΕΕΛ Λιτοχώρου	350,00	4,35
9	Αεριζόμενος Εξαμμωτής	ΕΕΛ Χρυσούπολης	126,00	6,80
10		ΕΕΛ Καρδίτσας	60,00	1,67

Πίνακας 5.3. Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας της μονάδας εξάμμωσης για διάφορους τύπους εξάμμωτών.

Μονάδα αερισμού

a/a		Ονομασία ΕΕΛ	Ημερήσια κατανάλωση ηλ. ενέργειας δεξαμενής αερισμού (kWh/day)	Ποσοστό επί της συνολικής ημερήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας (%)
1	Πλήρους μείξης	ΕΕΛ Αμυνταίου	978,00	59,73
2		ΕΕΛ Θάσου	1.372,80	58,05
3		ΕΕΛ Λιτοχώρου	5.048,80	62,74
4		ΕΕΛ Μάρπησσας	721,80	98,32
5		ΕΕΛ Νάουσας	3.158,40	89,04
6		ΕΕΛ Νέας Κυδωνίας	7.341,60	91,76
7		ΕΕΛ Φαρσάλων	1.285,00	84,82
8		ΕΕΛ Χρυσούπολης	1.361,20	73,45
9	Εμβολικής ροής	ΕΕΛ Ελασσόνας	2.600,00	75,92
10		ΕΕΛ Ελούντας	604,56	93,66
11		ΕΕΛ Καρδίτσας	2.916,00	81,12
12	Οξειδωτική τάφρος	ΕΕΛ Θήβας	1.449,00	69,17
13		ΕΕΛ Λαμίας	7.075,00	79,67

Πίνακας 5.4. Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας των δεξαμενών αερισμού για διάφορους τύπους δεξαμενών αερισμού.

Μονάδα αποφωσφόρωσης

a/a	Αριθμός σεξαμούν	Ονομασία ΕΕΛ	Ημερήσια κατανάλωση ηλ. ενέργειας δεξαμενής αποφωσφόρωσης (kWh/day)	Ποσοστό επί της συνολικής ημερήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας
1	3	ΕΕΛ Αμυνταίου	79,00	4,83
2	2	ΕΕΛ Θάσου	72,00	3,04
3		ΕΕΛ Λιτοχώρου	400,00	4,97
4		ΕΕΛ Ελασσόνας	317,00	9,26
5	1	ΕΕΛ Θήβας	312,00	14,89

Πίνακας 5.5. Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας της αποφωσφόρωσης.

Μονάδα δευτεροβάθμιας καθίζησης

a/a	Ονομασία ΕΕΛ	Ημερήσια κατανάλωση ηλ. ενέργειας 2βαθμιας καθίζησης (kWh/day)	Ποσοστό επί της συνολικής ημερήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας (%)
1	ΕΕΛ Αμυνταίου	83,00	5,07
2	ΕΕΛ Ελασσόνας	16,80	0,49
3	ΕΕΛ Θάσου	24,00	1,01
4	ΕΕΛ Θήβας	13,06	0,62
5	ΕΕΛ Καρδίτσας	17,76	0,49
6	ΕΕΛ Λιτοχώρου	14,20	0,18
7	ΕΕΛ Νέας Κυδωνίας	18,00	0,22
8	ΕΕΛ Φαρσάλων	9,00	0,59
9	ΕΕΛ Χρυσούπολης	152,52	8,23
10	ΕΕΛ Λαμίας	20,00	0,23

Πίνακας 5.6. Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας της δευτεροβάθμιας καθίζησης

Μονάδα απολύμανσης

a/a		Ονομασία ΕΕΛ	Ημερήσια κατανάλωση ηλ. ενέργειας απολύμανσης (kWh/day)	Ποσοστό επί της συνολικής ημερήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας (%)
1	Χλωρίωση	ΕΕΛ Αμυνταίου	3,00	0,18
2		ΕΕΛ Καρδίτσας	5,50	0,15
3		ΕΕΛ Λαμίας	3,00	0,03
4		ΕΕΛ Λιτοχώρου	420,00	5,22
5		ΕΕΛ Χρυσούπολης	6,90	0,37
6	Χλωρίωση - αποχλωρίωση	ΕΕΛ Φαρσάλων	13,00	0,86
7		ΕΕΛ Ελασσόνας	46,00	1,34

Πίνακας 5.7. Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας της μονάδας απολύμανσης

Μονάδα επαναχρησιμοποίησης

a/a	Είδος επαναχρ./σης	Ονομασία ΕΕΛ	Ημερήσια κατανάλωση ηλ. ενέργειας επαν/σης (kWh/day)	Ποσοστό επί της συνολικής ημερήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας (%)
1	Φύλτραυση	ΕΕΛ Νέας Κυδωνίας	31,25	0,39
3	Πότισμα	ΕΕΛ Χρυσούπολης	16,00	0,86
2	Στάγδην άρδευση	ΕΕΛ Φαρσάλων	7,00	0,46

Πίνακας 5.8. Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας της επαναχρησιμοποίησης

Μονάδα πάχυνσης

a/a		Ονομασία ΕΕΛ	Ημερήσια κατανάλωση ηλ. ενέργειας πάχυνσης (kWh/day)	Ποσοστό επί της συνολικής ημερήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας (%)
1	Μηχανική τράπεζα πάχυνσης	ΕΕΛ Αμυνταίου	51,60	3,15
2		ΕΕΛ Ελασσόνας	3,30	0,10
3		ΕΕΛ Φαρσάλων	0,40	0,03
4		ΕΕΛ Χρυσούπολης	20,64	1,11
5	Κυκλικός παχυντής βαρύτητας	ΕΕΛ Λαμίας	18,00	0,20
6		ΕΕΛ Λαυρίου	0,96	0,04
7		ΕΕΛ Μάρπησσας	12,00	1,63
8		ΕΕΛ Νέας Κυδωνίας	32,00	0,40

Πίνακας 5.9. Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας της πάχυνσης

Μονάδα αφυδάτωσης

a/a	Είδος αφυδατωτή	Ονομασία ΕΕΛ	Ημερήσια κατανάλωση ηλ. ενέργειας πάχυνσης (kWh/day)	Ποσοστό επί της συνολικής ημερήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας (%)
1	Ταινιοφιλτρόπρεσσα	ΕΕΛ Αμυνταίου	1,65	0,10
2		ΕΕΛ Λιτοχώρου	98,50	1,22
3		ΕΕΛ Νέας Κυδωνίας	65,07	0,81
4		ΕΕΛ Φαρσάλων	0,53	0,03
5		ΕΕΛ Χρυσούπολης	137,96	7,44
6		ΕΕΛ Ελασσόνας	4,50	0,13
7		ΕΕΛ Καρδίτσας	75,00	2,09
8		ΕΕΛ Λαυρίου	132,00	5,74
9	Φυγοκεντρικός διαχωριστής	ΕΕΛ Λαμίας	38,90	0,44

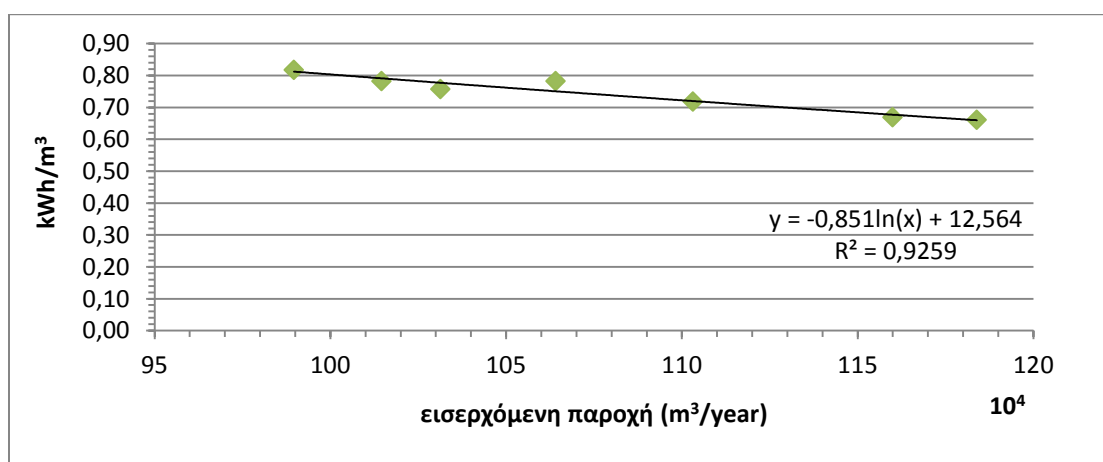
Πίνακας 5.10. Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας της αφυδάτωσης

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ VI: Ενεργειακή χρήση III

ΕΕΛ Δήμου Αγίου Νικολάου Κρήτης (ΕΕΛ Αγίου Νικολάου)

Year	Ετήσια κατανάλωση ηλ. ρεύματος (kWh/year)	Ετήσια εισερχόμενη παροχή (m ³ /year)	kWh/m ³
2016	792.560,00	1.103.160,00	0,72
2015	782.320,00	1.183.920,00	0,66
2014	832.880,00	1.064.110,00	0,78
2013	780.960,00	1.031.350,00	0,76
2012	809.360,00	989.650,00	0,82
2011	793.680,00	1.014.600,00	0,78
2010	776.000,00	1.160.000,00	0,67
μ.ο.	795.394,29	1.078.112,86	0,74

Πίνακας 6.1. Καταναλισκόμενη ενέργεια ανά εισερχόμενη παροχή (ΕΕΛ Αγίου Νικολάου)



Διάγραμμα 6.1. Καταναλισκόμενη ενέργεια ανά εισερχόμενη παροχή (ΕΕΛ Αγίου Νικολάου)

ΕΕΛ Δήμου Αγίου Νικολάου Κρήτης (ΕΕΛ Λίμνες)

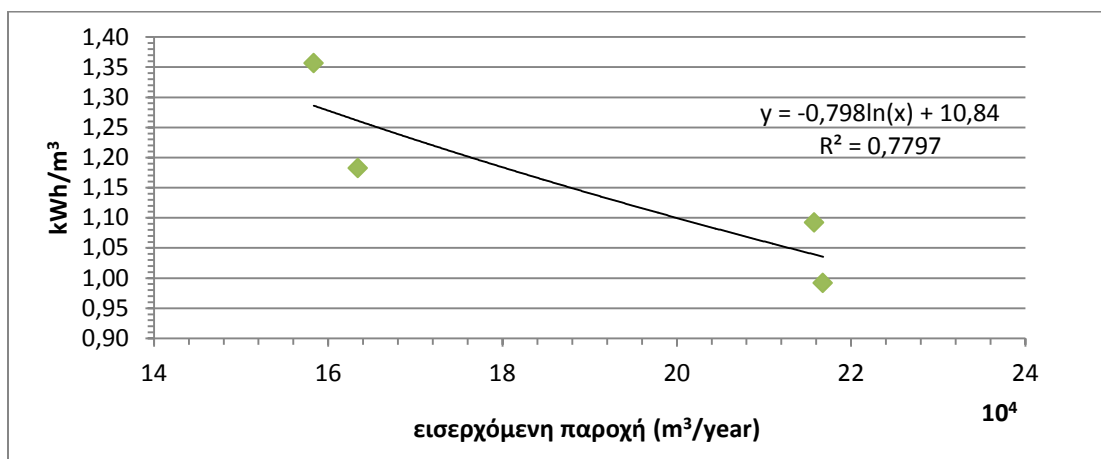
Year	Ετήσια κατανάλωση ηλ. ρεύματος (kWh/year)	Ετήσια εισερχόμενη παροχή (m ³ /year)	kWh/m ³
2016	23.969,00	40.150,00	0,60

Πίνακας 6.3. Καταναλισκόμενη ενέργεια ανά εισερχόμενη παροχή (ΕΕΛ Λίμνες)

ΕΕΛ Δήμου Αγίου Νικολάου Κρήτης (ΕΕΛ Ελούντας)

Year	Ετήσια κατανάλωση ηλ. ρεύματος (kWh/year)	Ετήσια εισερχόμενη παροχή (m ³ /year)	kWh/m ³
2016	214.960,00	216.790,00	0,99
2015	235.600,00	215.770,00	1,09
2014	214.780,00	158.350,00	1,36
2013	193.180,00	163.420,00	1,18
μ.ο.	214.630,00	188.582,50	1,16

Πίνακας 6.2. Καταναλισκόμενη ενέργεια ανά εισερχόμενη παροχή (ΕΕΛ Ελούντας)



Διάγραμμα 6.2. Καταναλισκόμενη ενέργεια ανά εισερχόμενη παροχή (ΕΕΛ Αγίου Νικολάου)

ΕΕΛ Δήμου Αμυνταίου

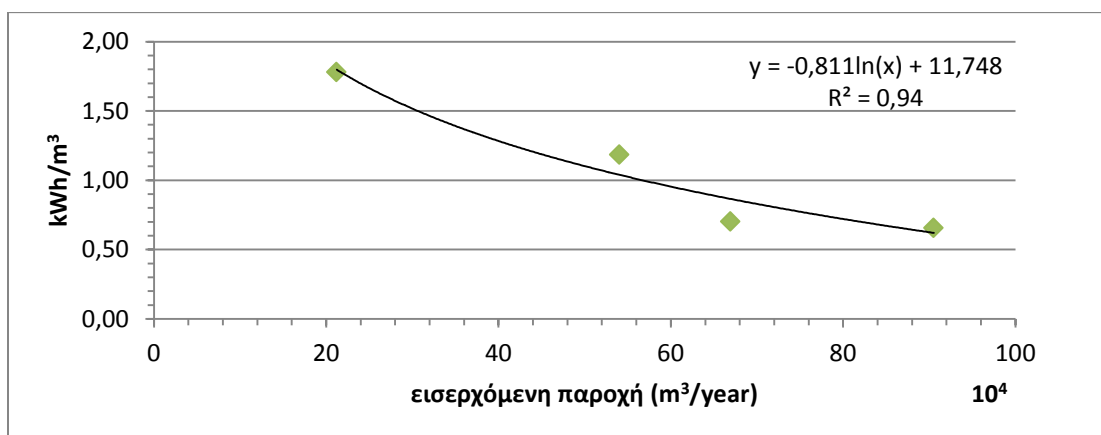
Year	Ετήσια κατανάλωση ηλ. ρεύματος (kWh/year)	Ετήσια εισερχόμενη παροχή (m³/year)	kWh/m³
2010	597.600,00	789.370,00	0,76

Πίνακας 6.4. Καταναλισκόμενη ενέργεια ανά εισερχόμενη παροχή (ΕΕΛ Αμυνταίου)

ΕΕΛ Δήμου Δίου Ολύμπου

Year	Ετήσια κατανάλωση ηλ. ρεύματος (kWh/year)	Ετήσια εισερχόμενη παροχή (m³/year)	kWh/m³
2016	594.445,00	905.362,00	0,66
2015	470.026,00	669.235,00	0,70
2014	639.993,00	540.247,00	1,18
2013	377.726,00	212.209,00	1,78
μ.ο.	520.547,50	581.763,25	1,08

Πίνακας 6.5. Καταναλισκόμενη ενέργεια ανά εισερχόμενη παροχή (ΕΕΛ Λιτόχωρου)

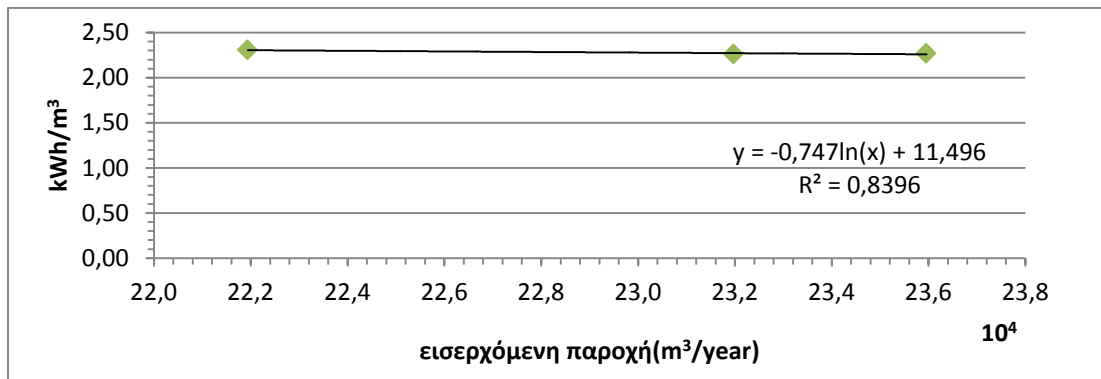


Διάγραμμα 6.3. Καταναλισκόμενη ενέργεια ανά εισερχόμενη παροχή (ΕΕΛ Λιτόχωρου)

ΕΕΛ Δήμου Ελασσόνας

Year	Ετήσια κατανάλωση ηλ. ρεύματος (kWh/year)	Ετήσια εισερχόμενη παροχή (m ³ /year)	kWh/m ³
2016	524.430,72	231.976,95	2,26
2015	535.122,78	235.957,37	2,27
2014	512.337,00	221.936,41	2,31
μ.ο.	523.963,50	229.956,91	2,28

Πίνακας 6.6. Καταναλισκόμενη ενέργεια ανά εισερχόμενη παροχή (ΕΕΛ Ελασσόνας)

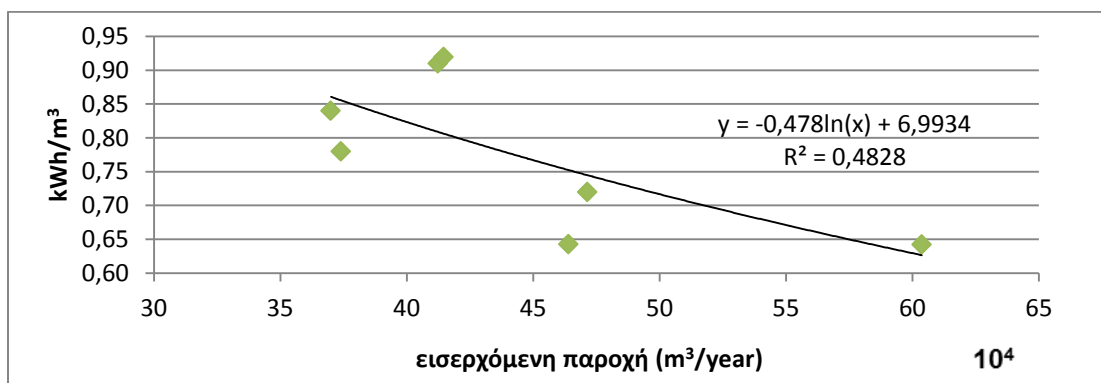


Διάγραμμα 6.4. Καταναλισκόμενη ενέργεια ανά εισερχόμενη παροχή (ΕΕΛ Ελασσόνας)

ΕΕΛ Δήμου Θάσου

Year	Ετήσια κατανάλωση ηλ. ρεύματος (kWh/year)	Ετήσια εισερχόμενη παροχή (m ³ /year)	kWh/m ³
2016	381.203,00	414.635,00	0,92
2015	387.740,00	603.649,00	0,64
2014	298.148,00	463.985,00	0,64
2013	339.414,00	471.409,00	0,72
2012	291.763,00	374.056,00	0,78
2011	310.769,00	369.964,00	0,84
2010	375.181,00	412.287,00	0,91
μ.ο.	340.602,57	444.283,57	0,78

Πίνακας 6.7. Καταναλισκόμενη ενέργεια ανά εισερχόμενη παροχή (ΕΕΛ Θάσου)

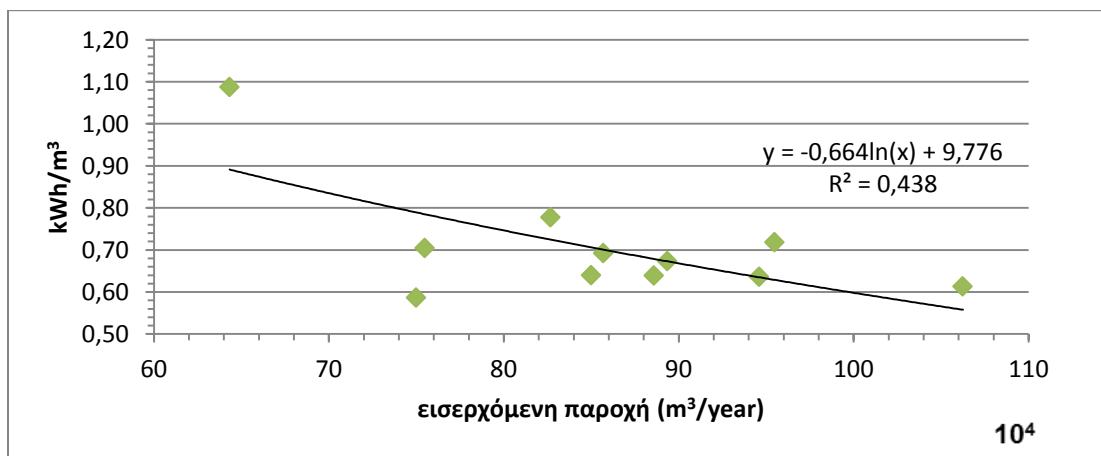


Διάγραμμα 6.5. Καταναλισκόμενη ενέργεια ανά εισερχόμενη παροχή (ΕΕΛ Θάσου)

ΕΕΛ Δήμου Θηβαίων

Year	Ετήσια κατανάλωση ηλ. ρεύματος (kWh/year)	Ετήσια εισερχόμενη παροχή (m ³ /year)	kWh/m ³
2016	699.624,00	643.248,00	1,09
2015	593.204,00	857.020,00	0,69
2014	642.772,00	826.725,00	0,78
2013	566.000,00	885.855,00	0,64
2012	602.000,00	893.520,00	0,67
2011	652.000,00	1.062.515,00	0,61
2010	686.000,00	954.840,00	0,72
2009	602.000,00	946.000,00	0,64
2008	544.000,00	850.000,00	0,64
2007	532.000,00	755.000,00	0,70
2006	440.000,00	750.000,00	0,59
μ.ο.	596.327,27	856.793,00	0,71

Πίνακας 6.8. Καταναλισκόμενη ενέργεια ανά εισερχόμενη παροχή (ΕΕΛ Θήβας)

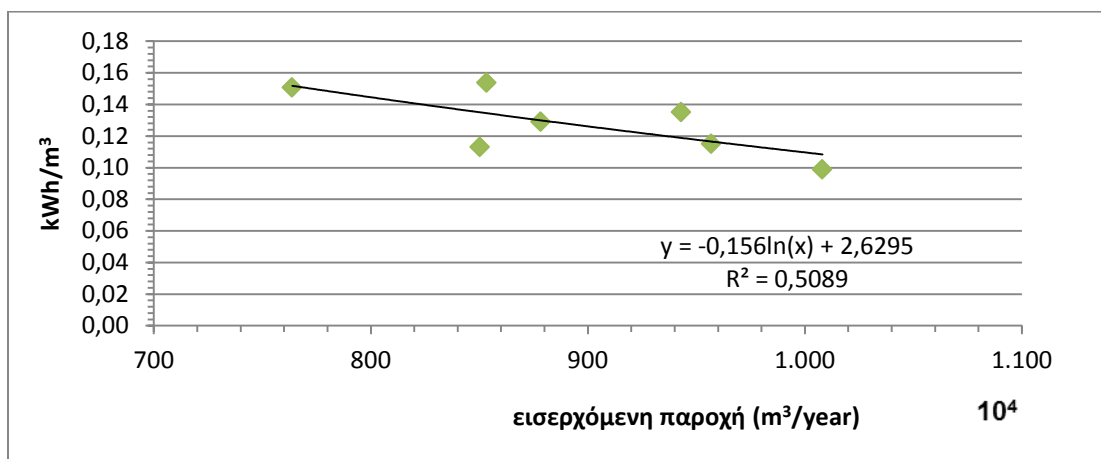


Διάγραμμα 6.6. Καταναλισκόμενη ενέργεια ανά εισερχόμενη παροχή (ΕΕΛ Θήβας)

ΕΕΛ Δήμου Καρδίτσας

Year	Ετήσια κατανάλωση ηλ. ρεύματος (kWh/year)	Ετήσια εισερχόμενη παροχή (m ³ /year)	kWh/m ³
2016	995.661,00	10.080.789,00	0,10
2015	1.099.581,00	9.569.358,00	0,11
2014	960.886,00	8.502.949,00	0,11
2013	1.132.800,00	8.783.331,00	0,13
2010	1.273.200,00	9.430.505,00	0,14
2009	1.312.020,00	8.533.700,00	0,15
2006	1.150.560,00	7.637.198,00	0,15
μ.ο.	1.132.101,14	8.933.975,71	0,13

Πίνακας 6.9. Καταναλισκόμενη ενέργεια ανά εισερχόμενη παροχή (ΕΕΛ Καρδίτσας)

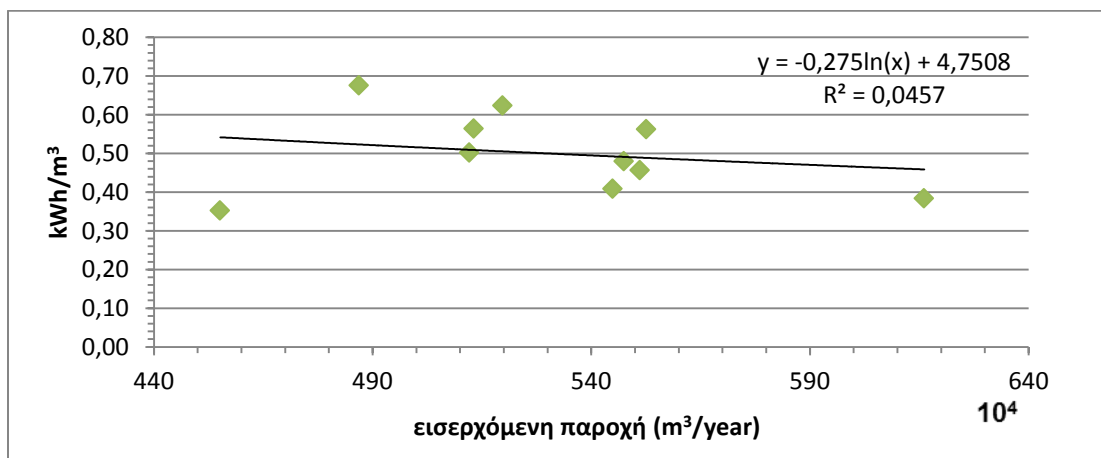


Διάγραμμα 6.7. Καταναλισκόμενη ενέργεια ανά εισερχόμενη παροχή (ΕΕΛ Καρδίτσας)

ΕΕΛ Δήμου Λαμίων

Year	Ετήσια κατανάλωση ηλ. ρεύματος (kWh/year)	Ετήσια εισερχόμενη παροχή (m ³ /year)	kWh/m ³
2015	3.241.200,00	5.197.600,00	0,62
2014	3.288.700,00	4.869.100,00	0,68
2013	3.106.200,00	5.526.100,00	0,56
2012	2.894.500,00	5.131.900,00	0,56
2011	2.569.600,00	5.121.000,00	0,50
2010	2.624.400,00	5.475.000,00	0,48
2009	2.518.500,00	5.511.500,00	0,46
2008	2.365.200,00	6.161.200,00	0,38
2007	2.226.500,00	5.449.500,00	0,41
2006	1.602.400,00	4.551.500,00	0,35
μ.ο.	2.643.720,00	5.299.440,00	0,50

Πίνακας 6.10. Καταναλισκόμενη ενέργεια ανά εισερχόμενη παροχή (ΕΕΛ Λαμίας)



Διάγραμμα 6.8. Καταναλισκόμενη ενέργεια ανά εισερχόμενη παροχή (ΕΕΛ Λαμίας)

ΕΕΛ Δήμου Λαυρεωτικής

Year	Ετήσια κατανάλωση ηλ. ρεύματος (kWh/year)	Ετήσια εισερχόμενη παροχή (m ³ /year)	kWh/m ³
2016	840.000,00	1.050.000,00	0,80

Πίνακας 6.11. Καταναλισκόμενη ενέργεια ανά εισερχόμενη παροχή (ΕΕΛ Λαυρίου)

ΕΕΛ Δήμου Μονεμβασίας

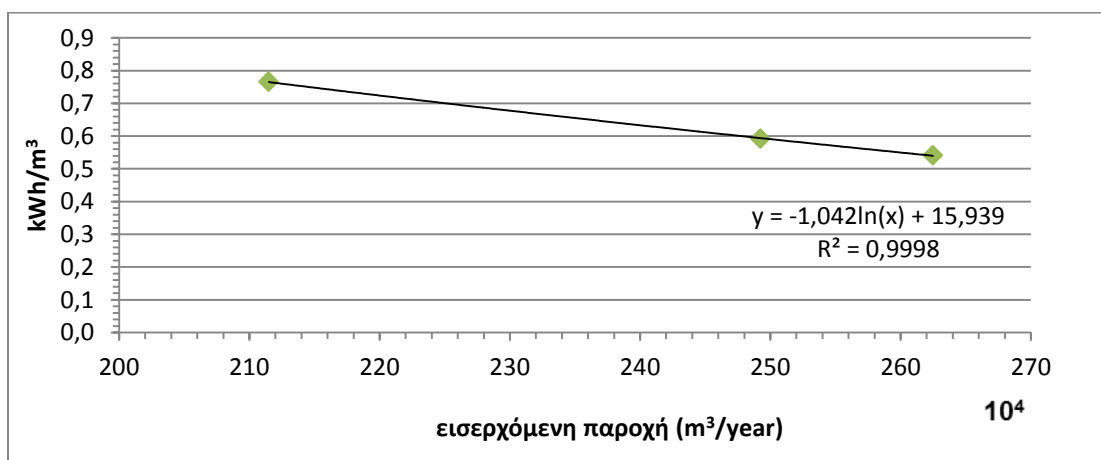
Year	Ετήσια κατανάλωση ηλ. ρεύματος (kWh/year)	Ετήσια εισερχόμενη παροχή (m ³ /year)	kWh/m ³
2016	18.160,00	109.500,00	0,17

Πίνακας 6.12. Καταναλισκόμενη ενέργεια ανά εισερχόμενη παροχή (ΕΕΛ Μονεμβασίας)

ΕΕΛ Δήμου Νέας Κυδωνίας

Year	Ετήσια κατανάλωση ηλ. ρεύματος (kWh/year)	Ετήσια εισερχόμενη παροχή (m ³ /year)	kWh/m ³
2016	1.475.209,35	2.492.612,00	0,59
2015	1.420.794,70	2.624.823,00	0,54
2014	1.618.629,50	2.114.955,00	0,77
μ.ο.	1.504.877,85	2.410.796,67	0,63

Πίνακας 6.13. Καταναλισκόμενη ενέργεια ανά εισερχόμενη παροχή (ΕΕΛ Νέας Κυδωνίας)

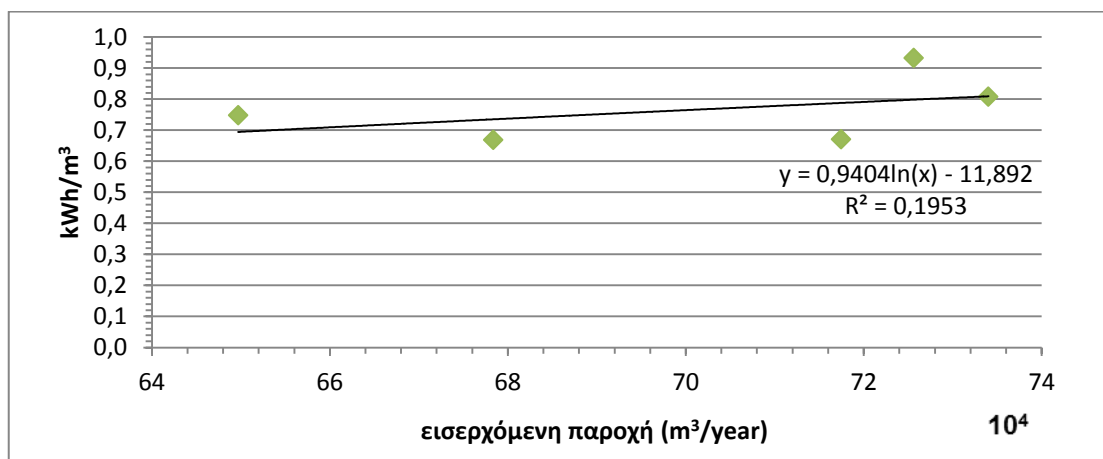


Διάγραμμα 6.9. Καταναλισκόμενη ενέργεια ανά εισερχόμενη παροχή (ΕΕΛ Νέας Κυδωνίας)

ΕΕΛ Δήμου Νέστου

Year	Ετήσια κατανάλωση ηλ. ρεύματος (kWh/year)	Ετήσια εισερχόμενη παροχή (m ³ /year)	kWh/m ³
2016	592.520,00	734.015,00	0,81
2015	676.400,00	725.620,00	0,93
2014	480.880,00	717.459,00	0,67
2013	453.120,00	678.360,00	0,67
2012	485.400,00	649.695,00	0,75
μ.ο.	537.664,00	701.029,80	0,76

Πίνακας 6.14. Καταναλισκόμενη ενέργεια ανά εισερχόμενη παροχή (ΕΕΛ Χρυσούπολης)

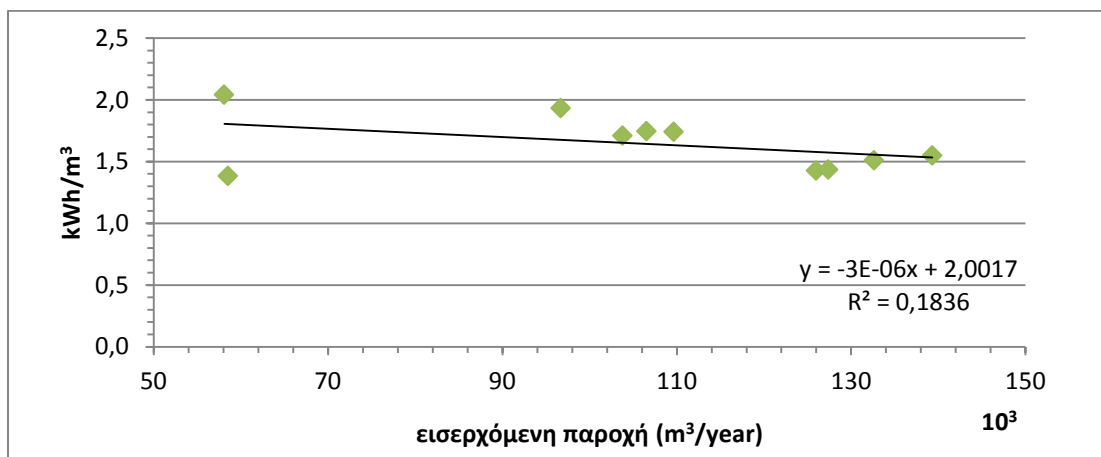


Διάγραμμα 6.10. Καταναλισκόμενη ενέργεια ανά εισερχόμενη παροχή (ΕΕΑ Χρυσούπολης)

ΕΕΑ Δήμου Πάρου (ΕΕΑ Μάρπησσας)

Year	Ετήσια κατανάλωση ηλ. ρεύματος (kWh/year)	Ετήσια εισερχόμενη παροχή (m³/year)	kWh/m³
2016	177.440,00	103.809,00	1,71
2015	182.640,00	127.385,00	1,43
2014	185.948,00	106.531,00	1,75
2013	190.818,00	109.684,00	1,74
2012	186.720,00	96.717,00	1,93
2011	215.707,00	139.315,00	1,55
2010	200.000,00	132.650,00	1,51
2009	179.520,00	126.012,00	1,42
2007	80.910,00	58.517,00	1,38
2006	118.480,00	58.101,00	2,04
μ.ο.	171.818,30	105.872,10	1,65

Πίνακας 6.15. Καταναλισκόμενη ενέργεια ανά εισερχόμενη παροχή (ΕΕΑ Μάρπησσας)

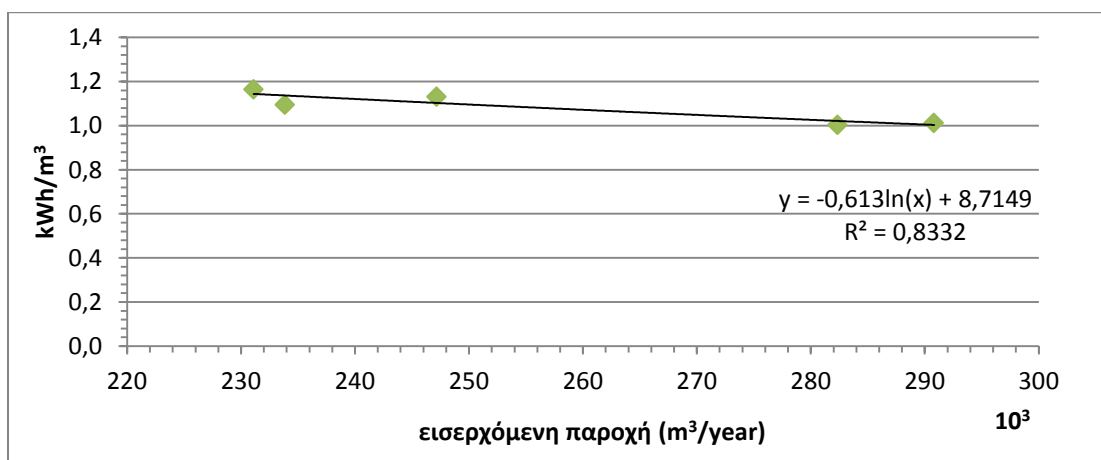


Διάγραμμα 6.11. Καταναλισκόμενη ενέργεια ανά εισερχόμενη παροχή (ΕΕΑ Μάρπησσας)

ΕΕΛ Δήμου Πάρου (ΕΕΛ Νάουσας)

Year	Ετήσια κατανάλωση ηλ. ρεύματος (kWh/year)	Ετήσια εισερχόμενη παροχή (m ³ /year)	kWh/m ³
2016	294.400,00	290.827,00	1,01
2015	283.280,00	282.363,00	1,00
2014	279.760,00	247.178,00	1,13
2013	256.080,00	233.871,00	1,09
2012	269.280,00	231.103,00	1,17
μ.ο.	276.560,00	257.068,40	1,08

Πίνακας 6.16. Καταναλισκόμενη ενέργεια ανά εισερχόμενη παροχή (ΕΕΛ Νάουσας)

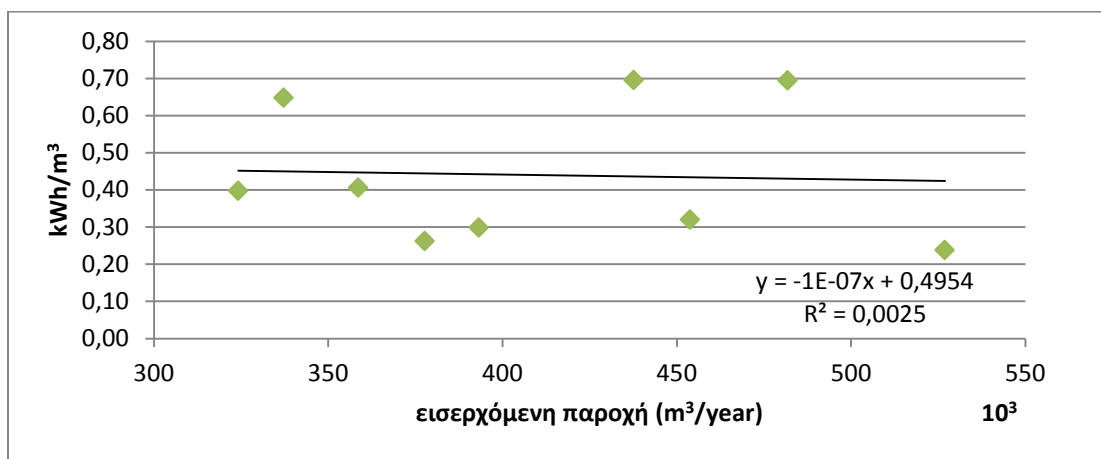


Διάγραμμα 6.12. Καταναλισκόμενη ενέργεια ανά εισερχόμενη παροχή (ΕΕΛ Νάουσας)

ΕΕΛ Δήμου Πάρου (ΕΕΛ Παροικιάς)

Year	Ετήσια κατανάλωση ηλ. ρεύματος (kWh/year)	Ετήσια εισερχόμενη παροχή (m ³ /year)	kWh/m ³
2016	128.707,00	324.195,00	0,40
2015	125.196,00	526.952,00	0,24
2014	117.164,00	393.247,00	0,30
2013	99.003,00	377.745,00	0,26
2012	145.604,00	358.646,00	0,41
2011	144.998,00	453.863,00	0,32
2010	334.600,00	481.811,00	0,69
2009	304.200,00	437.669,00	0,70
2007	218.400,00	337.250,00	0,65
μ.ο.	179.763,56	410.153,11	0,44

Πίνακας 6.17. Καταναλισκόμενη ενέργεια ανά εισερχόμενη παροχή (ΕΕΛ Παροικιάς)

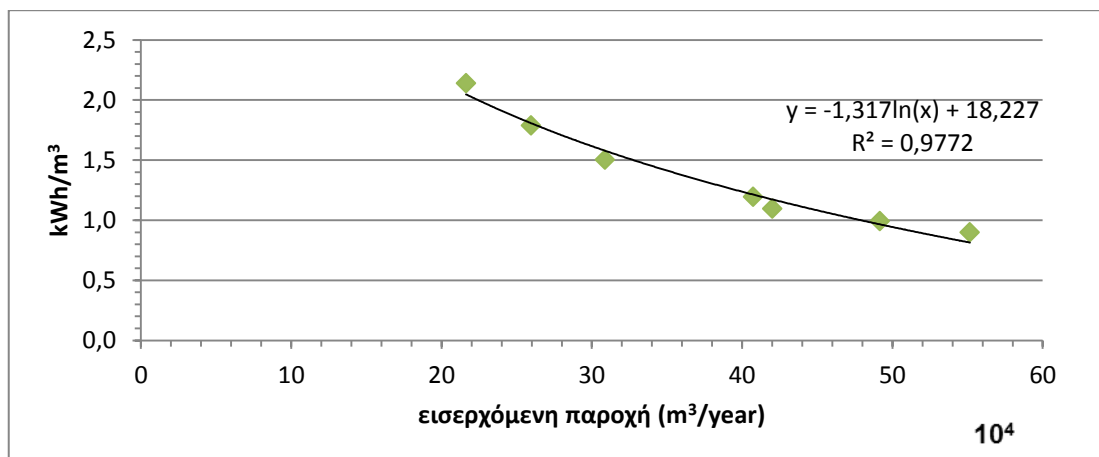


Διάγραμμα 6.13. Καταναλισκόμενη ενέργεια ανά εισερχόμενη παροχή (ΕΕΛ Παροιτιάς)

ΕΕΛ Δήμου Φαρσάλων

Year	Ετήσια κατανάλωση ηλ. ρεύματος (kWh/year)	Ετήσια εισερχόμενη παροχή (m³/year)	kWh/m³
2016	459.600,00	420.134,00	1,09
2015	486.300,00	491.561,00	0,99
2014	494.300,00	551.490,00	0,90
2013	486.400,00	407.278,00	1,19
2012	463.200,00	308.700,00	1,50
2011	463.800,00	259.605,00	1,79
2010	462.400,00	216.240,00	2,14
μ.ο.	473.714,29	379.286,86	1,37

Πίνακας 6.18. Καταναλισκόμενη ενέργεια ανά εισερχόμενη παροχή (ΕΕΛ Φαρσάλων)

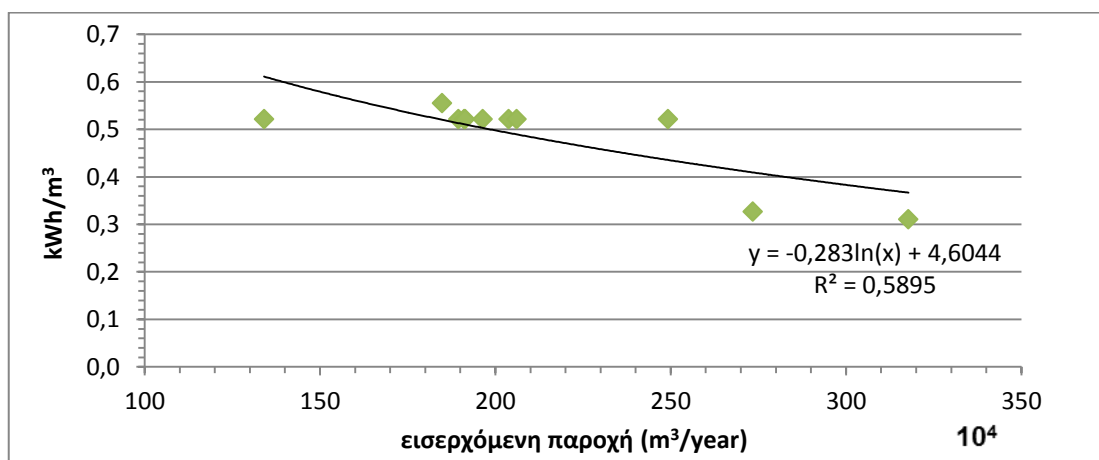


Διάγραμμα 6.14. Καταναλισκόμενη ενέργεια ανά εισερχόμενη παροχή (ΕΕΛ Φαρσάλων)

ΕΕΛ Δήμου Φλώρινας

Year	Ετήσια κατανάλωση ηλ. ρεύματος (kWh/year)	Ετήσια εισερχόμενη παροχή (m ³ /year)	kWh/m ³
2016	986.655,84	3.177.898,00	0,31
2015	893.601,58	2.733.870,00	0,33
2014	1.025.509,56	1.848.091,00	0,55
2013	997.292,63	1.913.645,00	0,52
2012	1.298.753,63	2.492.100,00	0,52
2011	1.074.000,00	2.060.833,00	0,52
2010	698.612,00	1.340.523,00	0,52
2009	1.023.600,00	1.964.122,00	0,52
2008	996.000,00	1.911.162,00	0,52
2007	987.600,00	1.895.043,00	0,52
2006	1.062.000,00	2.037.804,00	0,52
μ.ο.	1.003.965,93	2.125.008,27	0,49

Πίνακας 6.19. Καταναλισκόμενη ενέργεια ανά εισερχόμενη παροχή (ΕΕΛ Φλώρινας)



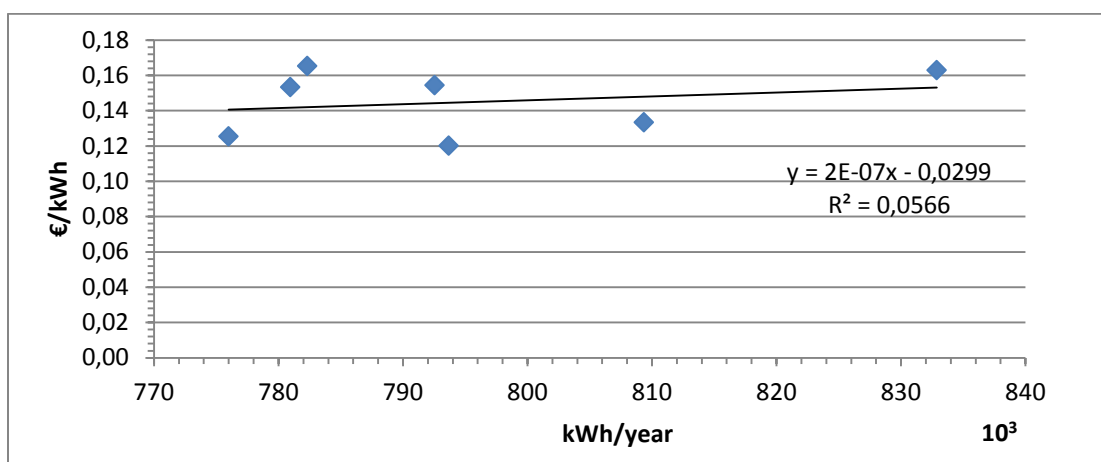
Διάγραμμα 6.15. Καταναλισκόμενη ενέργεια ανά εισερχόμενη παροχή(ΕΕΛ Φλώρινας)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ VII: Ενεργειακό κόστος

ΕΕΛ Δήμου Αγίου Νικολάου Κρήτης (ΕΕΛ Αγίου Νικολάου)

Year	Ετήσια κατανάλωση ηλ. ρεύματος (kWh/year)	Ετήσιο κόστος για την κατανάλωση ενέργειας (€/year)	€/kWh
2016	792.560,00	122.259,00	0,15
2015	782.320,00	129.151,00	0,17
2014	832.880,00	135.556,00	0,16
2013	780.960,00	119.699,00	0,15
2012	809.360,00	107.918,00	0,13
2011	793.680,00	95.334,00	0,12
2010	776.000,00	97.194,00	0,13
μ.ο.	795.394,29	115.301,57	0,14

Πίνακας 7.1. Ενεργειακό κόστος (ΕΕΛ Αγίου Νικολάου)

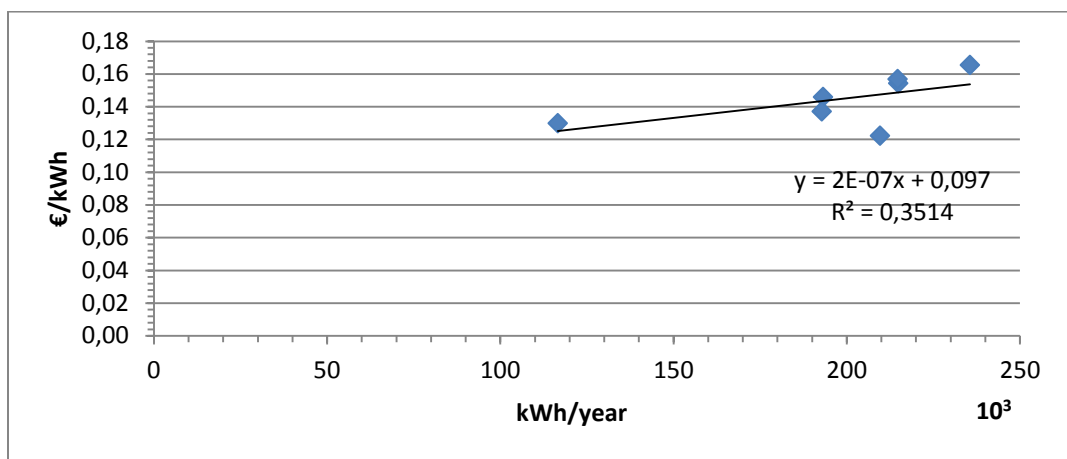


Διάγραμμα 7.1. Ενεργειακό κόστος (ΕΕΛ Αγίου Νικολάου)

ΕΕΛ Δήμου Αγίου Νικολάου Κρήτης (ΕΕΛ Ελούντας)

Year	Ετήσια κατανάλωση ηλ. ρεύματος (kWh/year)	Ετήσιο κόστος για την κατανάλωση ενέργειας (€/year)	€/kWh
2016	214.960,00	33.149,00	0,15
2015	235.600,00	38.951,00	0,17
2014	214.780,00	33.652,00	0,16
2013	193.180,00	28.172,00	0,15
2012	192.800,00	26.417,00	0,14
2011	209.640,00	25.598,00	0,12
2010	116.640,00	15.146,00	0,13
μ.ο.	214.630,00	28.726,43	0,14

Πίνακας 7.2. Ενεργειακό κόστος (ΕΕΛ Ελούντας)

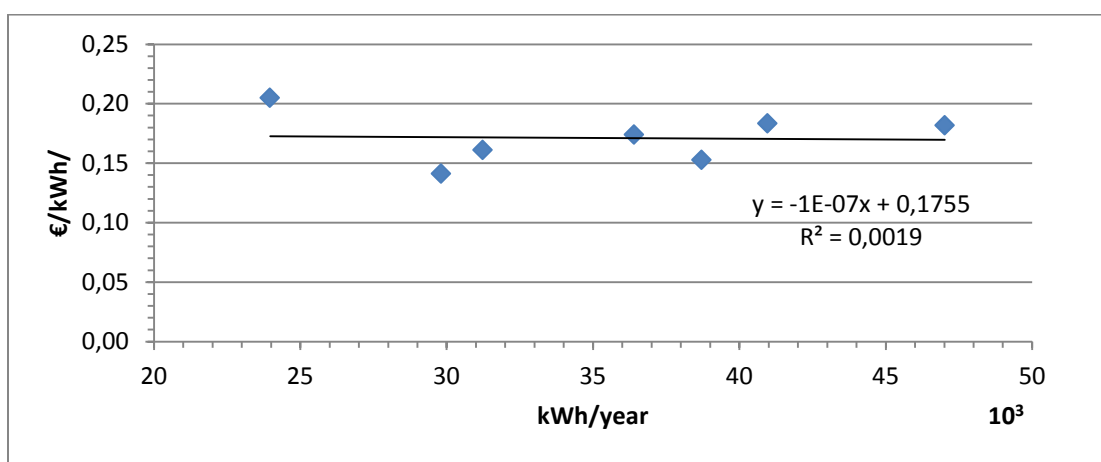


Διάγραμμα 7.2. Ενεργειακό κόστος (ΕΕΛ Ελούντας)

ΕΕΛ Δήμου Αγίου Νικολάου Κρήτης (ΕΕΛ Λίμνες)

Year	Ετήσια κατανάλωση ηλ. ρεύματος (kWh/year)	Ετήσιο κόστος για την κατανάλωση ενέργειας (€/year)	€/kWh
2016	23.969,00	4.907,00	0,20
2015	47.020,00	8.539,00	0,18
2014	40.970,00	7.505,00	0,18
2013	36.412,00	6.334,00	0,17
2012	38.717,00	5.910,00	0,15
2011	31.239,00	5.029,00	0,16
2010	29.819,00	4.206,00	0,14
μ.ο.	35.449,43	6.061,43	0,17

Πίνακας 7.3. Ενεργειακό κόστος (ΕΕΛ Λίμνες)



Διάγραμμα 7.3. Ενεργειακό κόστος (ΕΕΛ Λίμνες)

ΕΕΛ Δήμου Αμυνταίου

Year	Ετήσια κατανάλωση ηλ. ρεύματος (kWh/year)	Ετήσιο κόστος για την κατανάλωση ενέργειας (€/year)	€/kWh
2010	597.600,00	63.583,80	0,11

Πίνακας 7.4. Ενεργειακό κόστος (ΕΕΛ Αμυνταίου)

ΕΕΛ Δήμου Δίου Ολύμπου

Year	Ετήσια κατανάλωση ηλ. ρεύματος (kWh/year)	Ετήσιο κόστος για την κατανάλωση ενέργειας (€/year)	€/kWh
2016	594.445,00	149.397,00	0,25
2015	470.026,00	135.172,00	0,29
2014	639.993,00	139.586,00	0,22
μ.ο.	520.547,50	141.385,00	0,25

Πίνακας 7.5. Ενεργειακό κόστος (ΕΕΛ Λιτόχωρου)

ΕΕΛ Δήμου Ελασσόνας

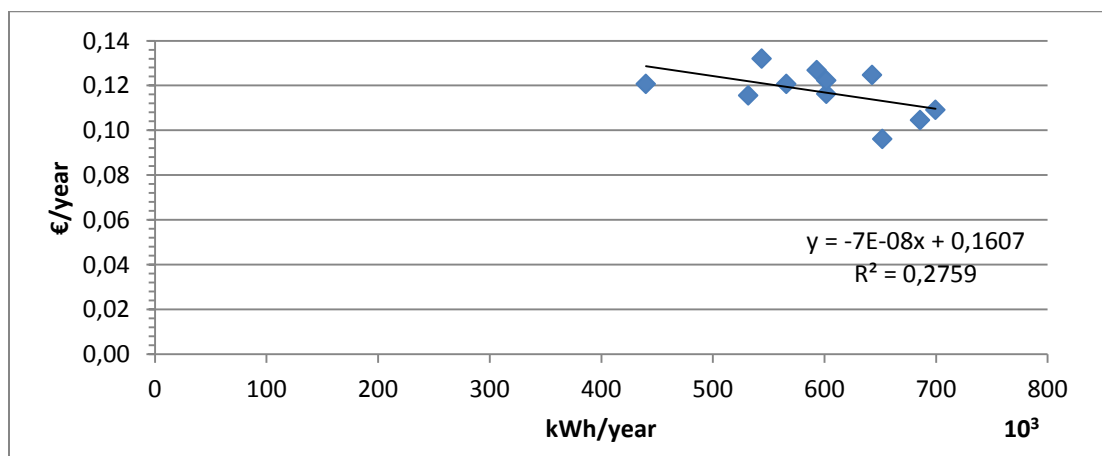
Year	Ετήσια κατανάλωση ηλ. ρεύματος (kWh/year)	Ετήσιο κόστος για την κατανάλωση ενέργειας (€/year)	€/kWh
2016	524.430,72	62.400,00	0,12
2015	535.122,78	65.931,00	0,12
2014	512.337,00	61.583,00	0,12
μ.ο.	523.963,50	63.304,67	0,12

Πίνακας 7.6. Ενεργειακό κόστος (ΕΕΛ Ελασσόνας)

ΕΕΛ Δήμου Θηβαίων

Year	Ετήσια κατανάλωση ηλ. ρεύματος (kWh/year)	Ετήσιο κόστος για την κατανάλωση ενέργειας (€/year)	€/kWh
2016	699.624,00	76.387,47	0,11
2015	593.204,00	75.239,95	0,13
2014	642.772,00	80.126,90	0,12
2013	566.000,00	68.359,14	0,12
2012	602.000,00	69.982,88	0,12
2011	652.000,00	62.725,66	0,10
2010	686.000,00	71.751,92	0,10
2009	602.000,00	73.640,91	0,12
2008	544.000,00	71.783,00	0,13
2007	532.000,00	61.487,00	0,12
2006	440.000,00	53.090,00	0,12
μ.ο.	596.327,27	69.506,80	0,12

Πίνακας 7.7. Ενεργειακό κόστος (ΕΕΛ Θήβας)

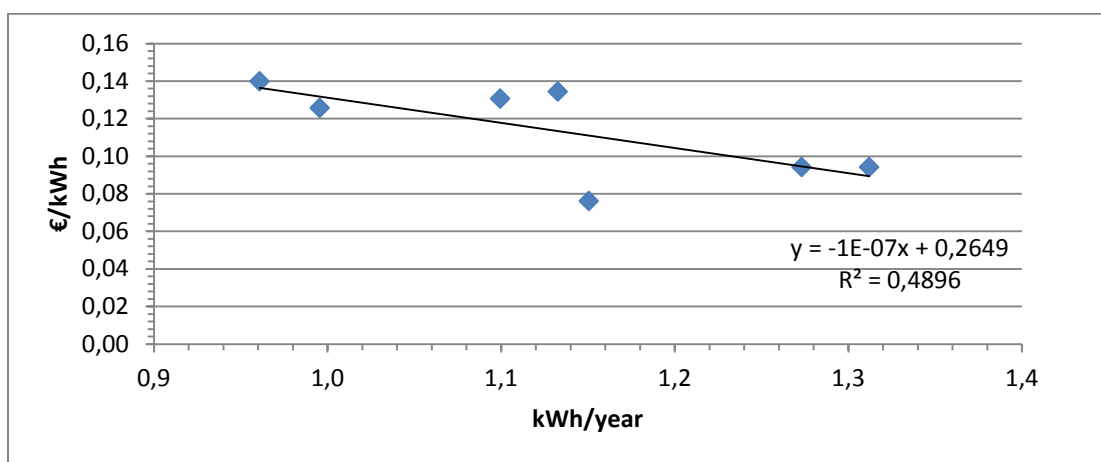


Διάγραμμα 7.4. Ενεργειακό κόστος (ΕΕΛ Θήβας)

ΕΕΛ Δήμου Καρδίτσας

Year	Ετήσια κατανάλωση ηλ. ρεύματος (kWh/year)	Ετήσιο κόστος για την κατανάλωση ενέργειας (€/year)	€/kWh
2016	995.661,00	125.037,00	0,13
2015	1.099.581,00	143.583,00	0,13
2014	960.886,00	134.239,00	0,14
2013	1.132.800,00	152.108,00	0,13
2010	1.273.200,00	119.834,00	0,09
2009	1.312.020,00	123.487,00	0,09
2006	1.150.560,00	87.466,00	0,08
μ.ο.	1.132.101,14	126.536,29	0,11

Πίνακας 7.8. Ενεργειακό κόστος (ΕΕΛ Καρδίτσας)

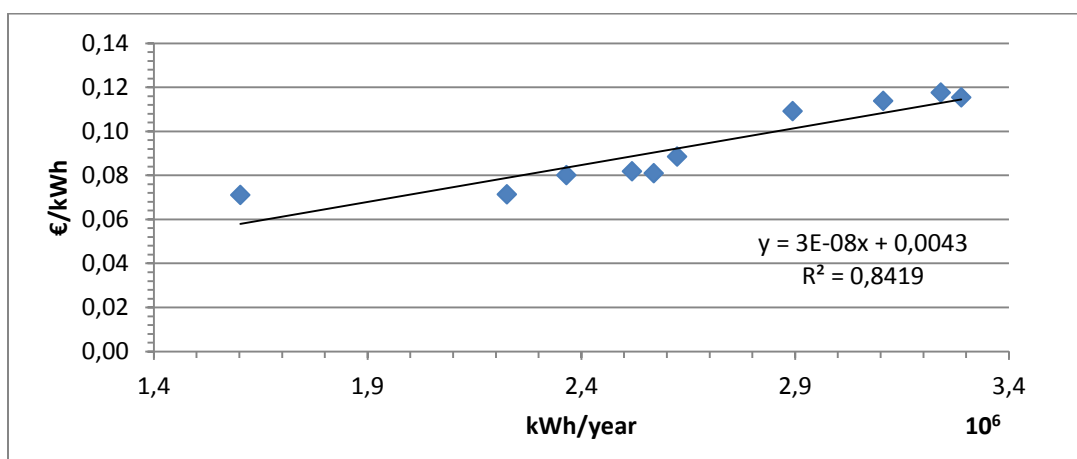


Διάγραμμα 7.5. Ενεργειακό κόστος (ΕΕΛ Καρδίτσας)

ΕΕΛ Δήμου Λαμίων

Year	Ετήσια κατανάλωση ηλ. ρεύματος (kWh/year)	Ετήσιο κόστος για την κατανάλωση ενέργειας (€/year)	€/kWh
2015	3.241.200,00	380.900,00	0,12
2014	3.288.700,00	379.300,00	0,12
2013	3.106.200,00	353.200,00	0,11
2012	2.894.500,00	315.800,00	0,11
2011	2.569.600,00	207.800,00	0,08
2010	2.624.400,00	231.900,00	0,09
2009	2.518.500,00	205.800,00	0,08
2008	2.365.200,00	189.200,00	0,08
2007	2.226.500,00	158.500,00	0,07
2006	1.602.400,00	113.800,00	0,07
μ.ο.	2.643.720,00	253.620,00	0,09

Πίνακας 7.9. Ενεργειακό κόστος (ΕΕΛ Λαμίας)



Διάγραμμα 7.6. Ενεργειακό κόστος (ΕΕΛ Λαμίας)

ΕΕΛ Δήμου Λαυρεωτικής

Year	Ετήσια κατανάλωση ηλ. ρεύματος (kWh/year)	Ετήσιο κόστος για την κατανάλωση ενέργειας (€/year)	€/kWh
2016	840.000,00	105.000,00	0,13

Πίνακας 7.10. Ενεργειακό κόστος (ΕΕΛ Λαυρίου)

ΕΕΛ Δήμου Μονεμβασίας

Year	Ετήσια κατανάλωση ηλ. ρεύματος (kWh/year)	Ετήσιο κόστος για την κατανάλωση ενέργειας (€/year)	€/kWh
2016	18.160,00	25.287,52	1,39

Πίνακας 7.11. Ενεργειακό κόστος (ΕΕΛ Μονεμβασίας)

ΕΕΛ Δήμου Νέας Κυδωνίας

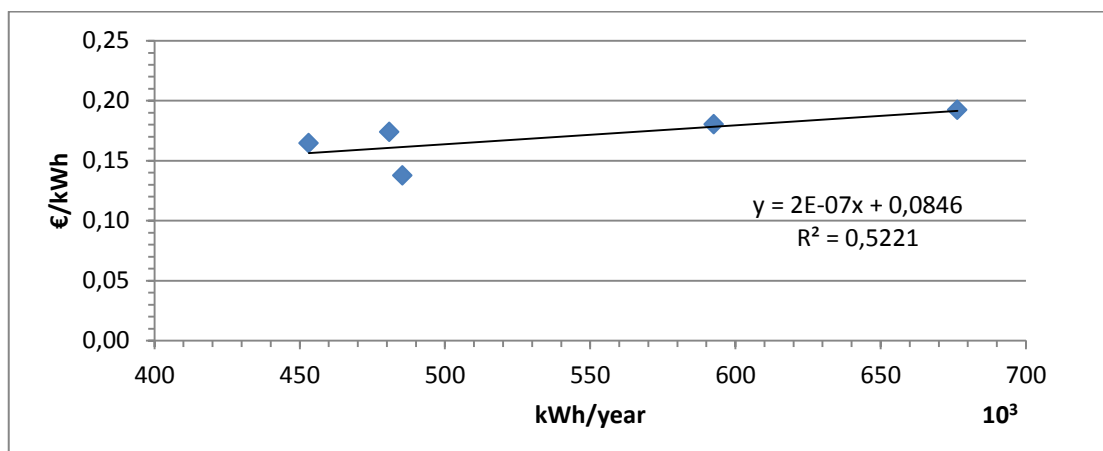
Year	Ετήσια κατανάλωση ηλ. ρεύματος (kWh/year)	Ετήσιο κόστος για την κατανάλωση ενέργειας (€/year)	€/kWh
2016	1.475.209,35	171.894,69	0,12
2015	1.420.794,70	192.850,59	0,14
2014	1.618.629,50	218.128,33	0,13
μ.ο.	1.504.877,85	194.381,09	0,13

Πίνακας 7.12. Ενεργειακό κόστος (ΕΕΛ Νέας Κυδωνίας)

ΕΕΛ Δήμου Νέστου

Year	Ετήσια κατανάλωση ηλ. ρεύματος (kWh/year)	Ετήσιο κόστος για την κατανάλωση ενέργειας (€/year)	€/kWh
2016	592.520,00	106.832,00	0,18
2015	676.400,00	130.037,00	0,19
2014	480.880,00	83.629,00	0,17
2013	453.120,00	74.498,00	0,16
2012	485.400,00	66.802,00	0,14
μ.ο.ε	537.664,00	92.359,60	0,17

Πίνακας 7.13. Ενεργειακό κόστος (ΕΕΛ Χρυσούπολης)

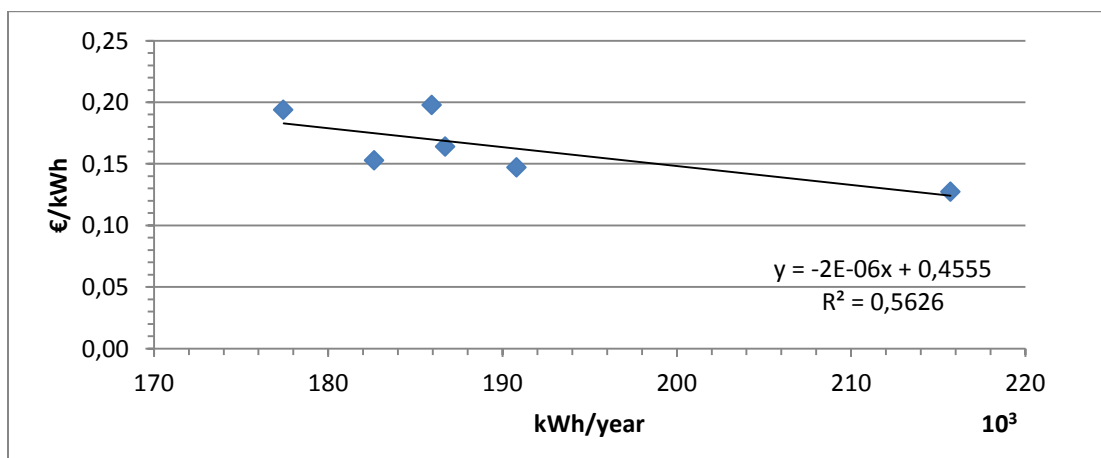


Διάγραμμα 7.7. Ενεργειακό κόστος (ΕΕΛ Χρυσούπολης)

ΕΕΛ Δήμου Πάρου (ΕΕΛ Μάρπησσας)

Year	Ετήσια κατανάλωση ηλ. ρεύματος (kWh/year)	Ετήσιο κόστος για την κατανάλωση ενέργειας (€/year)	€/kWh
2016	177.440,00	34.400,00	0,19
2015	182.640,00	27.905,00	0,15
2014	185.948,00	36.762,00	0,20
2013	190.818,00	28.068,00	0,15
2012	186.720,00	30.630,00	0,16
2011	215.707,00	27.489,00	0,13
μ.ο.	171.818,30	30.875,67	0,16

Πίνακας 7.14. Ενεργειακό κόστος (ΕΕΛ Μάρπησσας)

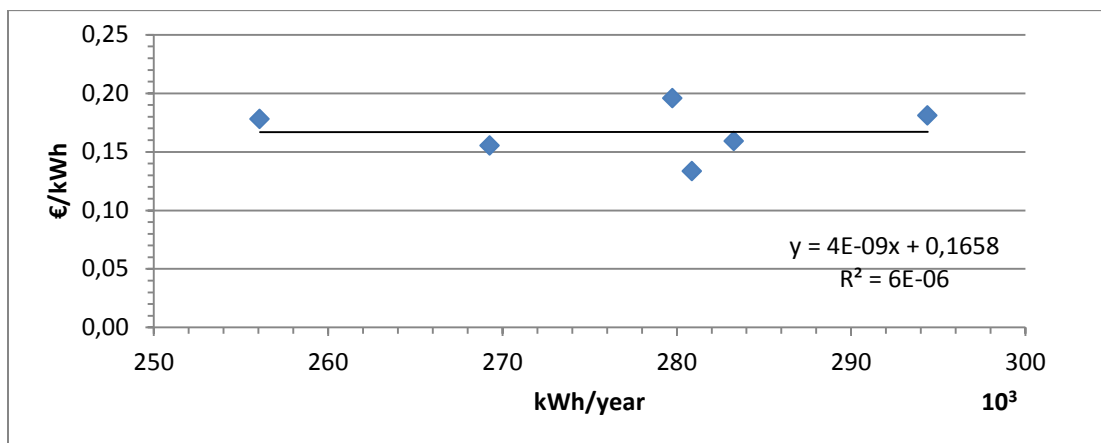


Διάγραμμα 7.8. Ενεργειακό κόστος (ΕΕΛ Μάρπησσας)

ΕΕΛ Δήμου Πάρου (ΕΕΛ Νάουσας)

Year	Ετήσια κατανάλωση ηλ. ρεύματος (kWh/year)	Ετήσιο κόστος για την κατανάλωση ενέργειας (€/year)	€/kWh
2016	294.400,00	53.230,00	0,18
2015	283.280,00	45.083,00	0,16
2014	279.760,00	54.717,00	0,20
2013	256.080,00	45.529,00	0,18
2012	269.280,00	41.826,00	0,16
2011	280.880,00	37.451,00	0,13
μ.ο.	276.560,00	46.306,00	0,17

Πίνακας 7.15. Ενεργειακό κόστος (ΕΕΛ Νάουσας)

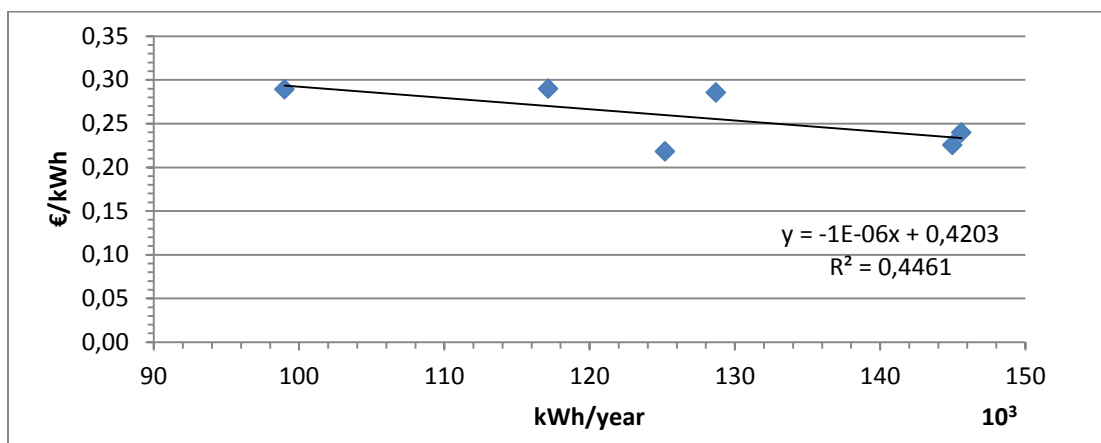


Διάγραμμα 7.9. Ενεργειακό κόστος (ΕΕΛ Νάουσας)

ΕΕΛ Δήμου Πάρου (ΕΕΛ Παροικιάς)

Year	Ετήσια κατανάλωση ηλ. ρεύματος (kWh/year)	Ετήσιο κόστος για την κατανάλωση ενέργειας (€/year)	€/kWh
2016	128.707,00	36.731,00	0,29
2015	125.196,00	27.282,00	0,22
2014	117.164,00	33.937,00	0,29
2013	99.003,00	28.612,00	0,29
2012	145.604,00	34.859,00	0,24
2011	144.998,00	32.659,00	0,23
μ.ο.	179.763,56	32.346,67	0,26

Πίνακας 7.16. Ενεργειακό κόστος (ΕΕΛ Παροικιάς)

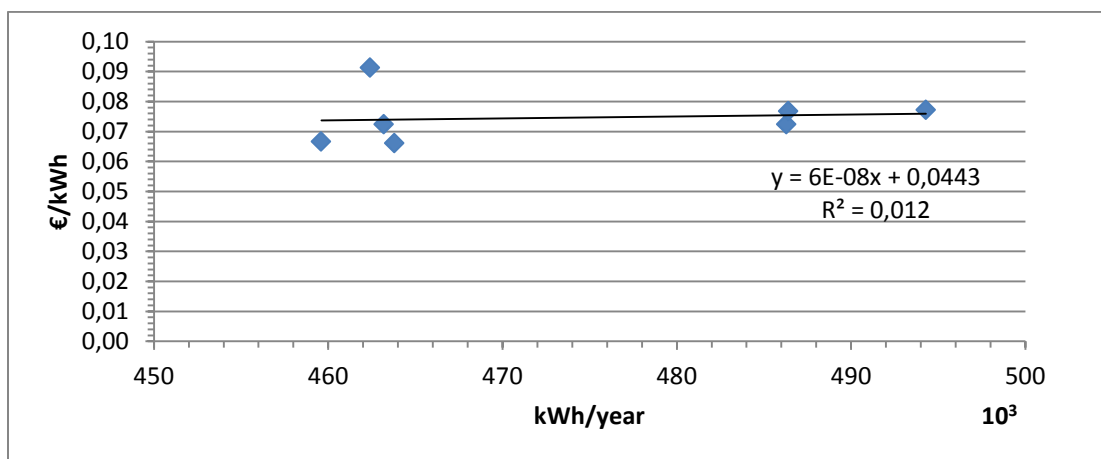


Διάγραμμα 7.10. Ενεργειακό κόστος (ΕΕΛ Παροικιάς)

ΕΕΛ Δήμου Φαρσάλων

Year	Ετήσια κατανάλωση ηλ. ρεύματος (kWh/year)	Ετήσιο κόστος για την κατανάλωση ενέργειας (€/year)	€/kWh
2016	459.600,00	30.630,00	0,07
2015	486.300,00	35.180,00	0,07
2014	494.300,00	38.120,00	0,08
2013	486.400,00	37.310,00	0,08
2012	463.200,00	33.500,00	0,07
2011	463.800,00	30.660,00	0,07
2010	462.400,00	42.210,00	0,09
μ.ο.	473.714,29	35.372,86	0,07

Πίνακας 7.17. Ενεργειακό κόστος (ΕΕΛ Φαρσάλων)

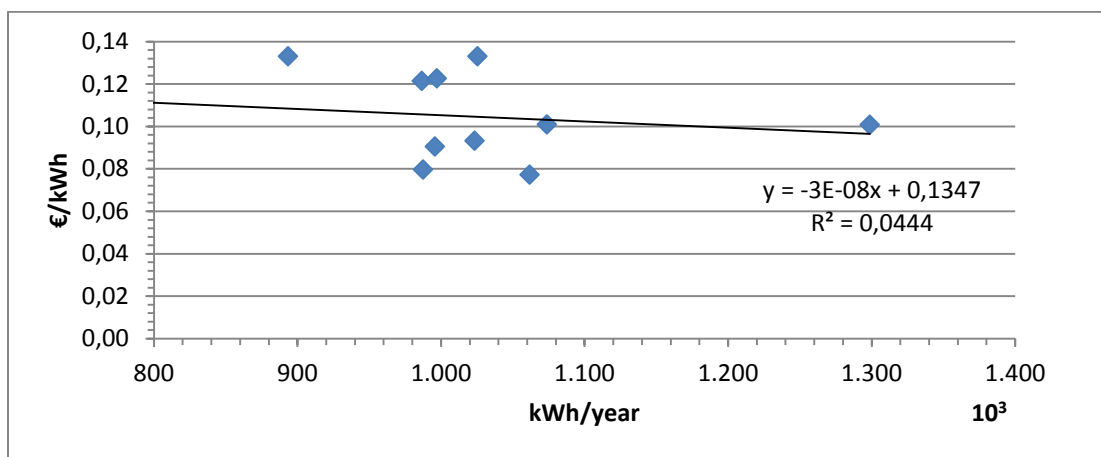


Διάγραμμα 7.11. Ενεργειακό κόστος (ΕΕΛ Φαρσάλων)

ΕΕΛ Δήμου Φλώρινας

Year	Ετήσια κατανάλωση ηλ. ρεύματος (kWh/year)	Ετήσιο κόστος για την κατανάλωση ενέργειας (€/year)	€/kWh
2016	986.655,84	119.730,00	0,12
2015	893.601,58	118.781,00	0,13
2014	1.025.509,56	136.257,00	0,13
2013	997.292,63	122.207,00	0,12
2012	1.298.753,63	130.717,00	0,10
2011	1.074.000,00	108.229,00	0,10
2010	698.612,00	73.750,00	0,11
2009	1.023.600,00	95.241,00	0,09
2008	996.000,00	90.078,00	0,09
2007	987.600,00	78.549,00	0,08
2006	1.062.000,00	81.907,00	0,08
μ.ο.	1.003.965,93	105.040,55	0,11

Πίνακας 7.18. Ενεργειακό κόστος (ΕΕΛ Φλώρινας)



Διάγραμμα 7.12. Ενεργειακό κόστος (ΕΕΛ Φλώρινας)