



Πολυτεχνείο Κρήτης

Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος

Διπλωματική Εργασία

**“Έλεγχος λειτουργίας μονάδας επεξεργασίας
λυμάτων Βόλου”**

Ονοματεπώνυμο:

Κατσιούλας Θωμάς

Επιβλέπων Καθηγητής:

Μαντζαβίνος Διονύσιος

Εξεταστική Επιτροπή:

Μαντζαβίνος Διονύσιος

Καλογεράκης Νικόλαος

Οικονομόπουλος Αλέξανδρος

Χανιά Φεβρουάριος 2006

Πρόλογος

Θα ήθελα σ' αυτό το σημείο να ευχαριστήσω τον επιβλέπων καθηγητή της διπλωματικής αυτής εργασίας Δρ. Διονύσιο Μαντζαβίνο για την πολύ καλή συνεργασία που είχαμε κατά την διάρκεια εκπόνησης αυτής της εργασίας.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω και τους καθηγητές κ. Νικόλαο Καλογεράκη και κ. Αλέξανδρο Οικονομόπουλο για την συμμετοχή τους στην εξεταστική επιτροπή.

Πολλά 'ευχαριστώ' για την βοήθεια της κ. Διομή Ευτυχίας, βιολόγου – χημικού μηχανικού, προϊσταμένης των Ε.Ε.Λ. της ΔΕΥΑΜΒ και του κ. Κουτσιφέλη Δημητρίου, ηλεκτρολόγου μηχανικού, υπεύθυνου συντήρησης των Ε.Ε.Λ.

Τέλος ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένεια μου αλλά και στους φίλους για την αμέριστη συμπαράσταση τους κατά την διάρκεια αυτής της εργασίας.

Περίληψη

Η διπλωματική εργασία αφορά στην επεξεργασία των δεδομένων της ζήτησης οξυγόνου στις δεξαμενές αερισμού των Ε.Ε.Λ του Βόλου, στην σύγκριση των πραγματικών δεδομένων ζήτησης με τα θεωρητικά δεδομένα.

Αφορά επίσης στην επεξεργασία των ενεργειακών δεδομένων ως προς την κατανάλωση οξυγόνου στις δεξαμενές αερισμού καθώς επίσης και στον έλεγχο απόδοσης της μονάδας σε σχέση με τα όρια της οδηγίας 91/271 Ε.Ο.Κ.

Η λήψη των στοιχείων έγινε από τη βάση δεδομένων του SCADA (Σύστημα Οπτικοποίησης Δεδομένων) των Ε.Ε.Λ και την βάση δεδομένων των αναλύσεων του χημικού εργαστηρίου και αφορά στους μήνες Ιανουάριο και Ιούνιο των ετών 2004 και 2005.

Περιεχόμενα

1.	Εισαγωγή	1
1.1	Ποιότητα νερού και επεξεργασία αποβλήτων.....	2
1.2	Περιγραφή της Ε.Ε.Λ.....	4
1.3	Επεξεργασία λάσπης	10
1.4	Προχωρημένη Επεξεργασία	12
1.5	Εκμετάλλευση Βιοαερίου – Αξιοποίηση Λάσπης	13
2.	Επεξεργασία παραμέτρων Βιολογικού Αντιδραστήρα	14
3.	Παρουσίαση Αποτελεσμάτων	18
3.1	Εξέταση της πραγματικής ζήτησης οξυγόνου στις δεξαμενές αερισμού σε σχέση με την θεωρητικά αναμενόμενη	18
3.2	Ενεργειακά Αποτελέσματα	26
3.3	Αποτελέσματα της Επεξεργασίας στις Ε.Ε.Λ. Βόλου	34
4.	Συμπεράσματα	56
4.1	Η ζήτηση οξυγόνου στις δεξαμενές Αερισμού	56
4.2	Ενεργειακά Αποτελέσματα	57
4.3	Αποτελέσματα Επεξεργασίας	57
5.	Βιβλιογραφία	58

Διαγράμματα

Διάγραμμα 1: kg O ₂ /day STP για τον μήνα Ιούνιο 2004	18
Διάγραμμα 2: kg O ₂ /day STP για τον μήνα Ιούνιο 2005	20
Διάγραμμα 3: kg O ₂ /day STP για τον μήνα Ιανουάριο 2004	22
Διάγραμμα 4: kg O ₂ /day STP για τον μήνα Ιανουάριο 2005	24
Διάγραμμα 5: kWh/kg BOD μηνός Ιουνίου 2004.....	26
Διάγραμμα 6: kgO ₂ /kg BOD μηνός Ιουνίου 2004	26
Διάγραμμα 7:kWh/kg O ₂ μηνός Ιουνίου 2004	27
Διάγραμμα 8: kWh/kg BOD μηνός Ιουνίου 2005.....	28
Διάγραμμα 9: kg O ₂ /kg BOD μηνός Ιουνίου 2005	28
Διάγραμμα 10: kWh/kg O ₂ μηνός Ιουνίου 2005	29
Διάγραμμα 11: kWh/kg BOD μηνός Ιανουαρίου 2004	30
Διάγραμμα 12: kg O ₂ /kg BOD μηνός Ιανουαρίου 2004	30
Διάγραμμα 13 : kWh/kg O ₂ μηνός Ιανουαρίου 2004	31
Διάγραμμα 14 : kWh/kg BOD μηνός Ιανουαρίου 2005	32
Διάγραμμα 15 : kg O ₂ /kg BOD μηνός Ιανουαρίου 2005	32
Διάγραμμα 16 : kWh/kg O ₂ μηνός Ιανουαρίου 2005	33
Διάγραμμα 17: BOD (mg/l) μηνός Ιουνίου 2004	35
Διάγραμμα 18: COD (mg/l) μηνός Ιουνίου 2004	35
Διάγραμμα 19: SS (mg/l) μηνός Ιουνίου 2004	36
Διάγραμμα 20 : N-NH ₄ εξ. (mg/l) για τον μήνα Ιούνιο 2004.....	37
Διάγραμμα 21: TP (mg/l) μηνός Ιουνίου 2004	38
Διάγραμμα 22: Παροχή λύματος (m ³ /day) μηνός Ιουνίου 2004	39
Διάγραμμα 23: BOD εισόδου μηνός Ιουνίου 2004.....	40
Διάγραμμα 24: SS εισόδου (kg/day) μηνός Ιουνίου 2004	40

Διάγραμμα 25: BOD (mg/l) μηνός Ιουνίου 2005	41
Διάγραμμα 26: COD (mg/l) μηνός Ιουνίου 2005	42
Διάγραμμα 27: SS (mg/l) μηνός Ιουνίου 2005	42
Διάγραμμα 28: N-NH ₃ εξ.(mg/l) μηνός Ιουνίου 2005	43
Διάγραμμα 29: TP (mg/l) μηνός Ιουνίου 2005	44
Διάγραμμα 30: Παροχή λύματος (m ³ /day) μηνός Ιουνίου 2005	44
Διάγραμμα 31: BOD εισόδου (kg/day) μηνός Ιουνίου 2005	45
Διάγραμμα 32: SS εισόδου (kg/day) μηνός Ιουνίου 2005	45
Διάγραμμα 33: BOD (mg/l) μηνός Ιανουαρίου 2004	46
Διάγραμμα 34: COD (mg/l) μηνός Ιανουαρίου 2004	46
Διάγραμμα 35: SS (mg/l) μηνός Ιανουαρίου 2004	47
Διάγραμμα 36: N-NH ₃ εξόδου (mg/l) μηνός Ιανουαρίου 2004	47
Διάγραμμα 37: Παροχή Λύματος (m ³ /day) μηνός Ιανουαρίου 2004	49
Διάγραμμα 38: BOD εισόδου (kg/day) μηνός Ιανουαρίου 2004	49
Διάγραμμα 39: SS εισόδου (kg/day) μηνός Ιανουαρίου 2004	50
Διάγραμμα 40: TP (mg/l) μηνός Ιανουαρίου 2004	50
Διάγραμμα 41: BOD (mg/l) μηνός Ιανουαρίου 2005	51
Διάγραμμα 42: COD (mg/l) μηνός Ιανουαρίου 2005	51
Διάγραμμα 43: SS (mg/l) μηνός Ιανουαρίου 2005	52
Διάγραμμα 44: N-NH ₃ εξ.(mg/l) μηνός Ιανουαρίου 2005	52
Διάγραμμα 45: TP (mg/l) μηνός Ιανουαρίου 2005	53
Διάγραμμα 46: Παροχή Λύματος (m ³ /day) μηνός Ιανουαρίου 2005	54
Διάγραμμα 47: BOD εισόδου (kg/day) μηνός Ιανουαρίου 2005	54
Διάγραμμα 48: BOD εισόδου (kg/day) μηνός Ιανουαρίου 2005	55

1. Εισαγωγή

Στα πλαίσια της διπλωματικής μου εργασίας , εκπονήθηκε η παρούσα εργασία στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων Δημοτικής Επιχείρησης Ύδρευσης Αποχέτευσης Μείζονος Περιοχής Βόλου (ΔΕΥΑΜΒ).

Η εν λόγω επιχείρηση ιδρύθηκε το 1979 με τον Ν. 890/79, αποτελώντας την πρώτη Δημοτική Επιχείρηση – Νομικό Πρόσωπο Ιδιωτικού Δικαίου και την ίδια χρονιά υπογράφεται η “Σύμβαση Βόλου” μεταξύ Ελληνικού Κράτους και ΔΕΥΑΜΒ. Οι πιο σημαντικές επιλογές της εγκεκριμένης από το ΥΠ.Δ.Ε. μελέτης είναι :

- ✚ Η εγκατάσταση επεξεργασίας θα είναι κοινή για τα αστικά και βιομηχανικά απόβλητα και οι μονάδες της βιομηχανικής περιοχής υποχρεώνονται να προεπεξεργάζονται τα αποβλητά τους, έτσι ώστε να εξομοιώνονται με αστικά.
- ✚ Το επίπεδο καθαρισμού που απαιτείται είναι προκαταρκτική επεξεργασία σε συνδυασμό με υποβρύχιο αγωγό εκβολής.
- ✚ Το έργο εκβολής θα γίνει στη θέση Αγκίστρι, που χαρακτηρίζεται για τις ευνοϊκές ωκεανογραφικές συνθήκες. Είναι περιοχή μακριά από κολυμβητικές ακτές.

Με τη λειτουργία δικτύου κι εγκατάστασης, η ρύπανση από τους υπονόμους στην κεντρική παραλία της πόλεως του Βόλου υποχωρεί και το λύμα, μεταφέρεται στο Αγκίστρι. Η λάσπη που παράγεται, χωρίς καμιά επεξεργασία, διατίθεται στη χωματερή.

Αργότερα η ΔΕΥΑΜΒ αποφασίζει να επεκτείνει τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας με νέα φάση προχωρημένης επεξεργασίας. Η επεξεργασμένη πλέον λάσπη, αφυδατωμένη κατά 30%, διατίθενται στην οργανωμένη χωματερή μαζί με τα οικιακά απορρίμματα. Με την επέκταση της εγκατάστασης, οι περισσότερες βιομηχανίες έχουν πλέον προσαρμόσει τα απόβλητα τους με προεπεξεργασία στη πηγή κι ο κεντρικός συλλεκτήρας της Α ΒΙ.ΠΕ. Βόλου συνδέεται με την εγκατάσταση.

Παράλληλα, σε κάθε σημαντική βιομηχανική μονάδα τοποθετείται αυτόματος δειγματολήπτης για τον πλήρη έλεγχο από τη ΔΕΥΑΜΒ των βιομηχανικών αποβλήτων και την προστασία δικτύου και εγκατάστασης.

Στα πλαίσια λοιπόν αυτής της εργασίας, εξετάσθηκε με την βοήθεια της κ. Διομή Ευτυχίας, βιολόγου – χημικού μηχανικού, προϊσταμένης των Ε.Ε.Λ. της ΔΕΥΑΜΒ και του κ. Κουτσιφέλη Δημητρίου, ηλεκτρολόγου μηχανικού, υπεύθυνου συντήρησης των Ε.Ε.Λ, η λειτουργία του βιολογικού αντιδραστήρα ως προς τη ζήτηση σε οξυγόνο και ενέργεια με βάση τα πραγματικά δεδομένα λειτουργίας της μονάδας. Ακολούθως μελετήθηκαν οι αποκλίσεις της πραγματικής ζήτησης σε οξυγόνο, από τις θεωρητικά αναμενόμενες.

1.1 Ποιότητα νερού και επεξεργασία αποβλήτων.

Αυτό που συμβαίνει, λοιπόν, σε μια εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων είναι βασικά το ίδιο με ότι διαδραματίζεται σε ένα ποτάμι ή σε μια θάλασσα. Ο ρόλος μιας τέτοιας εγκατάστασης είναι να επιταχύνει τις φυσικές διεργασίες, με τις οποίες τα νερά αυτοκαθαρίζονται.

Σε αυτές τις φυσικές διαδικασίες αποσύνθεσης, βακτήρια και άλλοι μικροοργανισμοί στα ποτάμια και στις θάλασσες “αναγνωρίζουν” διάφορα ρυπαντικά σωματίδια, σαν πηγές τροφής. Ενώ δεσμεύουν την τροφή τους οι μικροοργανισμοί, παράγουν νέα βακτηριακά κύτταρα, διοξείδιο του άνθρακα και άλλα προϊόντα. Καθώς τα απόβλητα αποδομούνται, τα βακτήρια καταναλώνουν, επίσης και οξυγόνο, απαραίτητο για όλες τις μεταβολικές τους λειτουργίες

Οι λειτουργίες που εξασφαλίζουν ζωντανό έναν οργανισμό εξαρτώνται σημαντικά και κύρια από την ικανότητα που έχει να διατηρεί στα κύτταρα του ένα καθορισμένο επίπεδο διαλυμένου οξυγόνου. Εάν μικρή ποσότητα αποβλήτων εκβάλλει στη θάλασσα, τα βακτήρια μπορούν να αποσυνθέτουν τα απόβλητα, χωρίς αυτό να επηρεάζει τις ανώτερες μορφές ζωής. Τα νερά μπορούν γρήγορα να αποκαταστήσουν το έλλειμμα οξυγόνου από την ατμόσφαιρα και κυρίως από την φωτοσύνθεση του φυτοπλαγκτού.

Η διαταραχή αρχίζει, όταν οι ποσότητες των αποβλήτων, που αφήνονται να πέσουν στη θάλασσα είναι τόσο μεγάλες, που τα βακτήρια αρχίζουν να “κλέβουν” το οξυγόνο από τα ψάρια και τους άλλους υδρόβιους οργανισμούς.

Η αύξηση του ανθρώπινου πληθυσμού μπορεί να συντελέσει στην αύξηση του όγκου των αποβλήτων πάνω από το επίπεδο, που οι φυσικές διεργασίες αποσύνθεσης μπορούν να επιτύχουν. Η εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων χρησιμοποιείται τότε βοηθητικά και συμπληρωματικά στον αυτοκαθαρισμό των νερών .

Σε μια εγκατάσταση επεξεργασίας, βακτήρια και άλλοι μικροοργανισμοί, καταναλώνουν – αποδομούν – τα ρυπαντικά υλικά των αποβλήτων, ακριβώς όπως στις φυσικές διαδικασίες, αλλά κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες. Καθώς οι περισσότερες ρυπαντικές ουσίες μπορούν να οξειδωθούν από τα βακτήρια, τα επεξεργασμένα λύματα μπορούν να οδηγηθούν, χωρίς να προκαλέσουν βλάβες, στον υδάτινο αποδέκτη.

Περισσότερο σε άλλες γλώσσες και λιγότερο στη δική μας, τα απόβλητα (ροή του νερού, που χρησιμοποιήθηκε από μια ανθρώπινη κοινωνία), λέγονται “ακάθαρτα νερά” κι αυτό το όνομα ταιριάζει απόλυτα, διότι τα απόβλητα είναι κατά το 99,94% κατά βάρος νερό. Το υπόλοιπο 0,06% είναι ουσίες διαλυμένες ή αιωρούμενες στο νερό. Οι αιωρούμενες αυτές ουσίες αναφέρονται σαν αιωρούμενα στερεά – SS -, προκειμένου να διαφοροποιηθούν από τις διαλυμένες.

Καθώς το διαλυμένο οξυγόνο είναι το στοιχείο κλειδί στην ζωή ενός οργανισμού, είναι πολύ σημαντικό να μετριέται πόσο οξυγόνο θα χρησιμοποιήσουν τα βακτήρια, για να αποδομήσουν μια “μονάδα” αποβλήτου. Η μέτρηση αυτή ονομάζεται ανάλυση του βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου και συνοπτικά γράφεται BOD.

Όσο μεγαλύτερο το BOD των αποβλήτων, τόσο περισσότερο οξυγόνο απαιτείται από τα βακτήρια, για να αποδομήσουν. Η απομάκρυνση του BOD είναι ο μέγας στόχος της επεξεργασίας υγρών αποβλήτων.

Συχνά, και ανάλογα την προέλευσή τους, τα απόβλητα περιέχουν ουσίες, οι οποίες δεν αποδομούνται από μικροοργανισμούς και επομένως δεν είναι μέρος του BOD. Τέτοια παραδείγματα είναι τα εντομοκτόνα, τα βαριά μέταλλα, τα θρεπτικά άλατα.

Επειδή αυτές οι ουσίες μπορεί να έχουν βλαπτικές συνέπειες για το περιβάλλον ή την υγεία, είναι μερικές φορές απαραίτητο να εφαρμόζονται πολύπλοκες βοηθητικές διαδικασίες για να απομακρύνεται από τα λύματα, ότι δεν μπορεί να αναγνωριστεί και να καταναλωθεί από τους μικροοργανισμούς.

Όπως ειπώθηκε, τα αστικά λύματα είναι συνήθως 99,94% νερό, που σημαίνει ότι τα περιεχόμενα σ' αυτά συστατικά βρίσκονται σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις. Για το λόγο αυτό οι διαδικασίες επεξεργασίας λυμάτων είναι ιδιαίτερα δύσκολες. Παρ' όλα αυτά, οι ισορροπίες στη φύση που αφορούν στη ζωή ή στο θάνατο των οργανισμών, είναι ακριβώς τόσο λεπτές, που στηρίζονται στην παρουσία στη θάλασσα 2 – 3 mg/l οξυγόνου. Ένα ελάχιστο όριο οξυγόνου 4 – 5 mg/l κρίνεται, συνήθως, απαραίτητο για τη διατήρηση της ποικιλότητας και του αναγκαίου πληθυσμού των ειδών.

1.2 Περιγραφή της Ε.Ε.Α.

Είναι μια εκτίμηση, ότι κάθε κάτοικος του Πολεοδομικού Συγκροτήματος συμβάλλει με περίπου 120 – 200 λίτρα νερό την ημέρα στο σύνολο των αποβλήτων, που έρχονται στο σύστημα. Ενώ οι περισσότεροι νομίζουν ότι τα απόβλητα είναι μόνο οικιακά, το σωστό είναι ότι απόβλητα προέρχονται κι από άλλες πηγές, όπως εμπορικές, βιομηχανικές, βιοτεχνικές δραστηριότητες, καθώς επίσης από τον υπόγειο ορίζοντα και τη θάλασσα.

Γενικά, κάθε σπίτι και κάθε ανθρώπινη δραστηριότητα έχει έναν αγωγό, με τον οποίο συνδέεται και μεταφέρονται τα λύματα στο δίκτυο αποχέτευσης και στη συνέχεια στην εγκατάσταση επεξεργασίας.

Το αποχετευτικό δίκτυο συλλέγει και μεταφέρει μόνο τα οικιακά λύματα και τα βιομηχανικά απόβλητα, ενώ τα νερά της βροχής οδηγούνται στη θάλασσα με το δίκτυο ομβρίων. Επίσης, στην εγκατάσταση υπάρχει μονάδα υποδοχής βοθρολυμάτων, στην οποία με βυτιοφόρα μεταφέρονται βοθρολύματα περιοχών της πόλης, που δεν έχουν ακόμη συνδεθεί με το δίκτυο.

Η εγκατάσταση περιλαμβάνει τρία μεγάλα στάδια στη σειρά, την προκαταρκτική, την χημική και την βιολογική επεξεργασία, στα οποία βήμα – βήμα αποχωρίζονται από το λύμα και απομακρύνονται τα στερεά περιεχόμενα υλικά.

Στην προκαταρκτική επεξεργασία, ο σκοπός είναι να απομακρυνθούν, με φυσικές μεθόδους τα χοντρά υλικά και η άμμος, που υπάρχουν στο λύμα. Έτσι από το φρεάτιο εισόδου της εγκατάστασης, τα αστικά λύματα και τα προεπεξεργασμένα βιομηχανικά απόβλητα διέρχονται από δύο ζεύγη σχάρες. Στο πρώτο ζεύγος σχαρών συγκρατούνται τα ευμεγέθη στερεά, που υπάρχουν στο λύμα.

Στο δεύτερο ζεύγος σχαρών λεπτού εσχαρισμού, συγκρατούνται όλα τα στερεά, που επιπλέουν στο λύμα και έχουν διάμετρο μέχρι 3 mm. Η λειτουργία είναι αυτόματη και τα στερεά που συλλέγονται συμπιέζονται και απομακρύνονται με κοχλιομεταφορείς. Η διαδικασία του εσχαρισμού είναι απαραίτητη, ώστε ξένα προς το λύμα υλικά, να μην προκαλέσουν φθορές σε αγωγούς και αντλίες, που ακολουθούν.

Αμέσως μετά, τα λύματα οδηγούνται στον αμμοκράτη, ο οποίος αποτελείται από δύο επιμήκεις χωριστές δεξαμενές. Στο κεντρικό τμήμα κάθε δεξαμενής, όπου διαχέεται αέρας, η άμμος, τα χαλίκια και άλλα βαρύτερα του νερού στερεά καθιζάνουν, αντλούνται σε κανάλι αμμοσυλλογής, πλένονται διαχωρίζονται από το νερό και διατίθενται στη χωματερή.

Μετά τον αμμοκράτη, το λύμα οδηγείται σε δύο δεξαμενές επίπλευσής. Σε ειδικά δοχεία πίεσης, συμπιεσμένο διάλυμα λύματος – αέρα, αναμειγνύεται συνεχώς με το λύμα. Αυτή η διαδικασία παρασύρει, στην επιφάνεια των δεξαμενών, το ελαφρύ ρυπαντικό φορτίο, ενώ παράλληλα, στον πυθμένα καταβυθίζονται στερεά με ειδικό βάρος μεγαλύτερο της μονάδας. Τόσο το πυκνό στρώμα λάσπης που επιπλέει, όσο και η λάσπη του πυθμένα των δεξαμενών αντλούνται στη δεξαμενή ομογενοποίησης λάσπης.

Σε αυτή την πρώτη φάση επεξεργασίας, το λύμα απαλλάσσεται από τα επιπλέοντα αντικείμενα (ξύλα, ράκη, πλαστικά), τα αδρανή (άμμος, χαλίκια), τα λίπη, καθώς κι ένα μικρό ποσοστό των αιωρούμενων στερεών και του οργανικού φορτίου, 40% και 20% αντίστοιχα.

Τα λύματα στη συνέχεια υφίστανται την χημική επεξεργασία. Σ' αυτή τη φάση, με την προσθήκη στο λύμα χημικών, απομακρύνεται ένα μεγάλο ποσοστό αιωρούμενων στερεών, κολλοειδή υλικά, μικρές ποσότητες βαρέων μετάλλων, που τυχόν υπάρχουν στα βιομηχανικά απόβλητα και πάνω απ' όλα άλατα φωσφόρου. Τα λύματα παραμένουν για μερικές ώρες στη μονάδα καθίζησης. Στο διάστημα αυτό, τα αιωρούμενα στερεά βρίσκουν τον απαιτούμενο χρόνο να καθιζήσουν στον πυθμένα.

Η φυσική αυτή διαδικασία υποστηρίζεται με χημικές ουσίες (τα λεγόμενα κροκιδωτικά) τις οποίες αναμειγνύονται με το λύμα και αφ' ενός διευκολύνουν την συνένωση κολλοειδών μεταξύ τους, αφ' ετέρου αντιδρούν με τον διαλυμένο φώσφορο και τον καταβυθίζουν. Τα συσσωματώματα που δημιουργούνται – κροκίδες – συμπαρασύρουν άλλα αιωρούμενα, οργανικά, βαριά μέταλλα, βελτιώνοντας έτσι την διαδικασία της ιζηματοποίησης και τον βαθμό καθαρισμού.

Τα λύματα από την μονάδα επίπλευσης οδηγούνται δεξαμενή ανάμειξης, όπου γίνεται και η προσθήκη του κροκιδωτικού – χλωροθειϊκού άλας του σιδήρου FeClSO_4 και οδεύουν στη συνέχεια σε τέσσερα διαμερίσματα ανάδευσης. Εδώ σχηματίζονται τα συσσωματώματα, που διατηρούνται σε αιώρηση με τέσσερις αργόστροφους αναδευτήρες, ώστε να δημιουργηθούν οι απαραίτητες προϋποθέσεις για την ιζηματοποίηση.

Ακολουθούν τρεις ορθογώνιες δεξαμενές χημικής καθίζησης, όπου άλατα και κροκίδες καθιζάνουν και με σαρωτή λάσπης μεταφέρονται στα φρεάτια λάσπης, στην είσοδο των δεξαμενών. Επιπλέοντα υλικά συλλέγονται με επιφανειακό σαρωτή και απομακρύνονται στο φρεάτιο αφρού, αυτόματα.

Στη δεύτερη φάση, τα λύματα απαλλάσσονται από το 70% των αιωρούμενων στερεών, από ένα 20% ακόμη του οργανικού φορτίου και από 70 – 80% του φωσφόρου.

Ο μεγάλος σκοπός του τρίτου σταδίου είναι, με βιολογικές διεργασίες, να απομακρυνθούν τα ρυπαντικά φορτία, που είναι διαλυμένα στο λύμα και δεν είναι δυνατή η απομάκρυνσή τους με άλλη μέθοδο.

Το λύμα στην έξοδό του από την καθίζηση, περιέχει ακόμα αιωρούμενα και άλλα στερεά, τα οποία είναι διαλυμένα στο νερό. Αυτά τα υλικά, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, είναι πηγές τροφής για πρωτόζωα, μούχλες, φύκη και εκατοντάδες ποικιλίες από βακτήρια. Η βιολογική διεργασία γίνεται σε αυστηρά ελεγχόμενο τεχνητό περιβάλλον, στο οποίο οι μικροσκοπικοί οργανισμοί βρίσκουν την ευκαιρία να δουλέψουν, όσο πιο γρήγορα και αποδοτικά μπορούν. Μετατρέπουν, έτσι, τα διαλυμένα στερεά του λύματος σε αιωρούμενα στερεά, τα οποία, με φυσικές διαδικασίες ξανά, καθιζάνουν στις δεξαμενές τελικής καθίζησης.

Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι εφαρμογής της βιολογικής επεξεργασίας. Η πιο κοινή και ευρέως χρησιμοποιούμενη είναι η διαδικασία 'της ενεργούς ιλύος', η οποία μπορεί, με τον καλύτερο και ασφαλέστερο τρόπο, να ελέγχεται συνέχεια.

Σύμφωνα με την θεωρία αυτή, λύμα και μικροοργανισμοί αναμειγνύονται, έρχονται και παραμένουν σε επαφή μερικές ώρες, σε μεγάλες επιμήκεις δεξαμενές, σε σταθερή παροχή αέρα και ρυθμό ανάδευσης. Απαιτείται φροντίδα ώστε παράγοντες όπως θερμοκρασία, οξυγόνο και χρόνος επαφής να κυμαίνεται στα επίπεδα εκείνα, που διασφαλίζουν την γρήγορη και πλήρη κατανάλωση του διαλυμένου οργανικού φορτίου. Τα τελικά προϊόντα είναι διοξείδιο του άνθρακα, νερό, ενέργεια για την αύξηση των μικροοργανισμών και όλο και περισσότεροι μικροοργανισμοί....

Στην εγκατάστασή μας, το λύμα, μετά τις δεξαμενές καθίζησης, μέσω ενός οχετού, οδεύει προς το αντλιοστάσιο ενδιάμεσης ανύψωσης. Εκεί, με τρεις κοχλίες Αρχιμήδη ανυψώνεται και μοιράζεται σε τέσσερις δεξαμενές αερισμού - νιτροποίησης - απονιτροποίησης, που αποτελούν την καρδιά της βιολογικής επεξεργασίας.

Στις δεξαμενές αυτές, δύο διαμερισμάτων και όγκου 3500 m³ καθεμιά, ο εμπλουτισμός του λύματος με οξυγόνο γίνεται με υποβρύχια διάχυση αέρα. Αυτό επιτυγχάνεται με ένα σύστημα από πέντε αεροσυμπιεστές - φυσητήρες, ρυθμιζόμενης παροχής από 600 – 3000 m³ αέρα την ώρα και με 1100 διαχυτές ελαστικής μεμβράνης – λεπτής φυσαλίδας, που είναι διαστρωμένοι στον πυθμένα των δεξαμενών. Η αιώρηση του λύματος επιτυγχάνεται με 28 αναμεικτές, επτά ανά δεξαμενή. Η παρακολούθηση του συστήματος παροχής είναι απολύτως αυτόματη και ελεγχόμενη, με μετρήσεις όγκου, θερμοκρασίας και πίεσης του αέρα προσαγωγής στις δεξαμενές.

Οι βιολογικές διεργασίες, που πραγματοποιούνται στη μονάδα αυτή κατά “μήκος” της ροής του λύματος, είναι οι παρακάτω :

Η είσοδος του λύματος γίνεται στο πρώτο τμήμα του πρώτου διαμερίσματος των δεξαμενών, όπου η απουσία αέρα επιτρέπει την ανάπτυξη μικροοργανισμών, που καταναλώνουν φώσφορο και άλατα. Ένα σημαντικό τμήμα του φωσφόρου απομακρύνεται από το λύμα και σ’ αυτό το διαμέρισμα, ιδιαίτερα στους θερινούς μήνες.

Στη συνέχεια, το λύμα προχωρεί στο δεύτερο τμήμα του πρώτου διαμερίσματος, όπου σε συνθήκες ανοξικές (πολύ μικρή συγκέντρωση οξυγόνου) αναπτύσσονται ετερότροφα βακτήρια. Αυτά, καταναλώνοντας το οξυγόνο των νιτρικών αλάτων, μετατρέπουν τα νιτρικά σε άζωτο, το οποίο ελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα.

Στο ίδιο τμήμα, μικροοργανισμοί καταναλώνουν και ενώσεις άνθρακα, απομακρύνοντας, μ’ αυτόν τον τρόπο, τμήμα του οργανικού φορτίου, που υπάρχει στο λύμα.

Στη συνέχεια, το λύμα εισβάλλει στο δεύτερο διαμέρισμα των δεξαμενών, όπου, με το συγκρότημα φυσητήρων – διαχυτών, παροχετεύεται αέρας και οι συνθήκες γίνονται αερόβιες. Άλλου είδους μικροοργανισμοί, τα αυτότροφα βακτήρια *Nitrosomonas* και *Nitrobacter* εδώ προκαλούν την διαδικασία της νιτροποίησης, μετατρέποντας την αμμωνία, που υπάρχει στο λύμα, σε νιτρικά ιόντα. Παράλληλα, καταναλώνεται και το μεγαλύτερο μέρος του οργανικού φορτίου και σαν διοξείδιο του άνθρακα απελευθερώνεται.

Τα νιτρικά, όμως, που παράγονται σ’ αυτή τη διαδικασία της νιτροποίησης, απαιτούν ανοξικές συνθήκες για να μετατραπούν σε άζωτο. Έτσι ανακυκλοφορούν στο ανοξικό τμήμα του πρώτου διαμερίσματος, που περιγράψαμε, με αντλίες πενταπλάσιας αντλητικής δυναμικότητας από αυτή της ροής του λύματος, που εισέρχεται στις δεξαμενές. Ολοκληρώνοντας το λύμα την πορεία του στις δεξαμενές νιτροποίησης – απονιτροποίησης έχει απαλλαγεί από το διαλυμένο οργανικό ρυπαντικό φορτίο, καθώς έχει μετατραπεί σε αιωρούμενους μικροοργανισμούς και σωματίδια.

Αυτό το ‘μεικτό υγρό’ οδηγείται στις δεξαμενές τελικής καθίζησης. Πρόκειται για ένα ζεύγος δεξαμενών, διαμέτρου 36 μέτρων η καθεμία και συνολικού όγκου 7000 m³. Στις δεξαμενές αυτές γίνεται η τελευταία πράξη της επεξεργασίας του λύματος. Εκεί δίνεται ο απαραίτητος χρόνος στα αιωρούμενα σωματίδια και μικροοργανισμούς (ενεργή ύλη) να πυκνώσουν και να καθιζήσουν στον πυθμένα των δεξαμενών, ώστε, από την επιφάνεια των δεξαμενών, το καθαρό επεξεργασμένο λύμα να μπορεί να επιστρέψει στη φύση.

Η ενεργής ύλη που συγκεντρώνεται στον πυθμένα των δεξαμενών, ακολουθεί δύο δρόμους. Η μεγαλύτερη ποσότητα επιστρέφει στις δεξαμενές αερισμού, ώστε να αποτελέσει ‘μαγιά’ και βοήθεια στις διεργασίες ενώ μια μικρότερη ποσότητα αντλείται στην μονάδα πάχυνσης της βιολογικής λάσπης, ώστε να ακολουθήσει άλλη επεξεργασία.

Στην τρίτη φάση, το λύμα απαλλάσσεται από το 90% του οργανικού (βιοαποικοδομήσιμου) φορτίου, το 70% των αιωρούμενων στερεών, το 75% του αζώτου και το 50% του φωσφόρου.

Από τις δεξαμενές τελικής καθίζησης, το επεξεργασμένο λύμα οδηγείται στο αντλιοστάσιο εκροής και απομακρύνεται, μέσω καταθλιπτικού αγωγού, που εκβάλλει στην εγκατάσταση διάθεσης, στη θέση Αγκίστρι.

Η εγκατάσταση αυτή αποτελείται από διθάλαμη δεξαμενή αναρρύθμισης και από υποθαλάσσιο αγωγό από HDPE (υψηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο), που εδράζεται στον πυθμένα. Στο άκρο του, είναι κλειστός, ενώ στα τελευταία μέτρα του έχουν τοποθετηθεί 28 διαχυτήρες.

Με την δεξαμενή αναρρύθμισης και τους διαχυτήρες, η εκροή των λυμάτων, αφ’ ενός είναι σταθερή σε όλο το 24ωρο, εφ’ ετέρου γίνεται “κατά μάζες χωριστές”, με αποτέλεσμα το καθαρό πλέον νερό να αφομοιώνεται ομαλά από τον αποδέκτη. Επιπλέον, η θέση του αγωγού, σε μια περιοχή εκτός εσωτερικού κόλπου, με πολύ καλή κυκλοφορία και ανανέωση μαζών, διευκολύνει αποτελεσματικά τη διάχυση των επεξεργασμένων λυμάτων.

Σε τελική ανάλυση, οι ευνοϊκές αυτές συνθήκες συμβάλουν ώστε, το διαλυμένο οξυγόνο, η διαύγεια και η αισθητική εικόνα στην περιοχή εκβολής και στις γειτονικές ακτές, να βρίσκονται μέσα σε αποδεκτά επίπεδα.

1.3 Επεξεργασία λάσπης

Καθώς το λύμα οδεύει στις διάφορες μονάδες επεξεργασίας, διάφοροι τύποι από στερεά απομακρύνονται, ώστε να απαλλαγεί από τα ρυπαντικά φορτία και να αποκτήσει ξανά την καθαρότητά του.

Η επεξεργασία αυτών των στερεών μπορεί, συχνά, να αποβεί πιο ακριβή και σύνθετη διαδικασία από την επεξεργασία του λύματος. Τα διάφορα στερεά αναφέρονται, όπως είπαμε, με το όνομα “ιλύς ή λάσπη”, χωρίς όμως να έχουν σχέση με την γνωστή μας λάσπη, που συναντάμε μετά τη βροχή.

Οι λάσπες αυτές παραμένουν ακόμα πολύ υδαρή διαλύματα, 100 φορές, όμως, πυκνότερα από το ανεπεξέργαστο λύμα. Η φιλοσοφία για την επεξεργασία της λάσπης στηρίζεται στην τεχνική της συμπύκνωσης, η οποία αυξάνει τα στερεά σε 250-300 κιλά το κυβικό.

Σαν ένα πρακτικό κανόνα, μπορούμε να πούμε, όσο ψηλότερος ο βαθμός επεξεργασίας των αποβλήτων, τόσο μεγαλύτεροι όγκοι λάσπης παράγονται. Για παράδειγμα, 1000 m³ λύματος παράγουν 2,5-3,5 m³ λάσπη κατά την πρωτοβάθμια, 4-5 m³ κατά την χημική και 15-25 m³ κατά την βιολογική επεξεργασίας τους. Οι μέθοδοι που ακολουθούνται για την επεξεργασία της λάσπης είναι πάχυνση, χώνευση, αφυδάτωση και διάθεση.

Στην εγκατάστασή μας όπως έχει ήδη περιγραφεί, παράγονται τρία είδη λάσπης: πρωτογενής, χημική και βιολογική. Επειδή η χημική και βιολογική λάσπη είναι ιδιαίτερα υδαρείς ακολουθούν την διαδικασία της πάχυνσης, η χημική σε δύο παχυντές βαρύτητας, ενώ η βιολογική σε μηχανικό παχυντή.

Το επόμενο βήμα είναι η ομογενοποίηση και των τριών ειδών, ώστε να τροφοδοτούνται οι τρεις χωνευτές με κοινό μείγμα. Αυτό γίνεται σε μια δεξαμενή ομογενοποίησης, όπου αντλούνται η λάσπη της επίπλευσης, η παχυμένη χημική και η παχυμένη βιολογική λάσπη. Η μεικτή ιλύς πλέον περιέχει 30-40 κιλά στερεών ανά κυβικό μέτρο.

Οι χωνευτές είναι συγκρότημα τριών δεξαμενών, συνολικού όγκου 5600 m³. Εκεί, η λάσπη θερμαίνεται σε 33-35 °C, ανακυκλοφορεί πάνω από εναλλάκτη θερμότητας και με μηχανικό σύστημα ανάδευσης εξασφαλίζεται η γρήγορη ανάμειξη και θερμανσή της. Οι μακρομοριακές οργανικές ενώσεις, που περιέχει, διασπώνται σε απλούστερες, με τη βοήθεια αναερόβιων μικροοργανισμών, που βρίσκονται σε αφθονία στη λάσπη οικιακών λυμάτων.

Παράλληλα, καταστρέφονται ορισμένοι παθογόνοι μικροοργανισμοί. Το τελικό προϊόν της χώνευσης είναι ένα μείγμα αερίων, το οποίο λέγεται βιοαέριο και αποτελείται, κυρίως από διοξείδιο του άνθρακα και μεθάνιο. Το παραγόμενο βιοαέριο στους τρεις χωνευτές οδηγείται στο αεροφυλάκιο, τύπου κώδωνα, που βρίσκεται τοποθετημένο μέσα σε δεξαμενή νερού και αφ' ενός εξισορροπεί τις διακυμάνσεις στην παραγωγή – κατανάλωση αερίου, αφ' ετέρου γεμίζει το χωνευτή με αέριο κατά την εκροή χωνευμένης ιλύος.

Το βιοαέριο, μετά τη συγκέντρωσή του, οδηγείται στην μονάδα παραγωγής ενέργειας. Εκεί καίγεται σε δύο κινητήρες αερίου, που κινούν δύο γεννήτριες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται αποδίδεται στη ΔΕΗ, ενώ η παραγόμενη θερμότητα επιστρέφει στους χωνευτές και αξιοποιείται στη θέρμανση της λάσπης.

Η χωνευμένη λάσπη, έχοντας υποστεί εξυγίανση και σταθεροποίηση και έχοντας απαλλαγεί από ενοχλητικές οσμές, είναι σε θέση πλέον να αφυδατωθεί. Οδηγείται, για το σκοπό αυτό, με βαρύτητα στις δεξαμενές μεταπάχυνσης, οι οποίες λειτουργούν παρόμοια με τους προπαχυντές και συμπυκνώνεται ακόμη περισσότερο.

Στην συνέχεια, αντλείται σε τρεις ταινιοφιλτρόπρεσσες και, με προσθήκη πολυηλεκτρολύτη, για διευκόλυνση της διαδικασίας, η λάσπη αφυδατώνεται. Το τελικό προϊόν που προκύπτει είναι “χώμα στη φυσική του υγρασία”, με περιεκτικότητα σε στερεά από 250 – 300 κιλά το κυβικό.

Υπολογίζεται ότι θα παράγεται 40 κυβικά μέτρα αφυδατωμένη λάσπη την ημέρα, με πλήρη παροχή λυμάτων, η οποία με κοντέινερ μεταφέρεται στο χώρο για την τελική της διαχείριση.

1.4 Προχωρημένη Επεξεργασία

Όλα τα αστικά λύματα και μερικά βιομηχανικά απόβλητα περιέχουν ουσίες, που αναφέρονται σαν “θρεπτικά άλατα”. Μεγάλες ποσότητες θρεπτικών, όταν αποβάλλονται στη θάλασσα, προκαλούν υπέρμετρη αύξηση του φυτοπλαγκτού και γενικότερα υδρόβιων φυτών, το γνωστό φαινόμενο δηλαδή του ευτροφισμού.

Κατά την αποδόμηση της αυξημένης αυτής πρωτογενούς, φυτικής παραγωγής μπορεί να καταναλωθεί τόσο πολύ διαλυμένο οξυγόνο, ώστε αυτό που απομένει να μην επαρκεί για τη ζωή των ψαριών και άλλων οργανισμών στο υδάτινο οικοσύστημα. Ένα από τα σημαντικότερα θρεπτικά, που πρέπει να ελέγχεται η απόρριψη του, είναι ο φώσφορος, ο οποίος προάγει την αύξηση φυτοπλαγκτού στα επιφανειακά νερά.

Τυπικά, ο φώσφορος απομακρύνεται με την προσθήκη χημικών στο λύμα, καθώς δημιουργούνται αδιάλυτα ιζήματα, που καθιζάνουν σαν λάσπη. Απομακρύνεται, επίσης, τα τελευταία χρόνια, με βιολογική διαδικασία, από βακτήρια ονόματι “πολυφωσφορικά” σε αναερόβιες συνθήκες, που αναπτύσσονται σε ιδιαίτερα τμήματα των δεξαμενών αερισμού.

Στην εγκατάσταση μας επιτυγχάνεται ο συνδυασμός των δύο μεθόδων, ο οποίος δίνει το καλύτερο αποτέλεσμα με το μικρότερο κόστος. Το άζωτο είναι κι αυτό ένα θρεπτικό, που προκαλεί υπεραύξηση, όπως ο φώσφορος, επιπλέον όμως γίνεται επικίνδυνο, όταν οι ποσότητες που αποβάλλονται στη θάλασσα είναι μεγάλες. Το άζωτο υπάρχει στη μορφή αμμωνίας στα αστικά λύματα, η οποία δύσκολα απομακρύνεται με συμβατικές επεξεργασίες. Απαιτείται ειδική βιολογική διαδικασία για την ικανοποιητική μείωση της συγκέντρωσής της στο επεξεργασμένο λύμα, η οποία περιλαμβάνει δύο στάδια :

✚ Τη νιτροποίηση, για τη μετατροπή της αμμωνίας σε νιτρικά ιόντα

✚ Την απονιτροποίηση, για τη μεταφορά των νιτρικών σε μοριακό άζωτο, το οποίο, σ’ αυτή τη μορφή είναι εντελώς ακίνδυνο και απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα. Και οι δύο αυτές διαδικασίες γίνονται σε ιδιαίτερα τμήματα των δεξαμενών αερισμού.

1.5 Εκμετάλλευση Βιοαερίου – Αξιοποίηση Λάσπης

Κατά την επεξεργασία των αποβλήτων παράγονται δύο “παραπροϊόντα”, το βιοαέριο και η αφυδατωμένη λάσπη, τα οποία γίνεται προσπάθεια να αξιοποιηθούν με τρεις στόχους:

- ✚ Τη φιλική τους επιστροφή στο περιβάλλον
- ✚ Την οικονομικότερη λειτουργία της εγκατάστασης
- ✚ Τον περιορισμό της εξάντλησης των φυσικών πόρων

Το βιοαέριο παράγεται στη διαδικασία της χώνευσης και αποτελείται από 50 – 60% μεθάνιο, 45 – 35% διοξείδιο του άνθρακα και άλλα αδρανή αέρια. Συγκεντρώνεται στο θόλο των χωνευτών και, στη συνέχεια, αποθηκεύεται στο αεροφυλάκιο, απ’ όπου με σταθερή παροχή τροφοδοτείται η μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας.

Εκεί είναι εγκατεστημένα δύο συστήματα, συνολικής ισχύος 350 kW. Το καθένα αποτελείται από μια αεριομηχανή, συνδεδεμένη απ’ ευθείας με ασύγχρονη γεννήτρια. Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια, διοχετεύεται στο δίκτυο της ΔΕΗ.

Η θερμική ενέργεια που αποδίδεται, χρησιμοποιείται για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης της λάσπης στους χωνευτές, καθώς και του κτιρίου διοίκησης. Σε περίπτωση που η σύσταση του βιοαερίου δεν είναι η κατάλληλη, έχει προβλεφθεί διάταξη μίξης του βιοαερίου με φυσικό αέριο.

Η λάσπη, χωνευμένη και αφυδατωμένη, συνδιατίθεται με τα οικιακά απορρίμματα στην οργανωμένη χωματερή υγειονομικής ταφής του Δήμου. Παράλληλα εδώ και τρία χρόνια ερευνάται η καταλληλότητα της λάσπης για γεωργική χρήση. Μέχρι στιγμής, τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η ποιότητά της είναι καλή, σύμφωνα με τους περιορισμούς της Ευρωπαϊκής Ένωσης και ότι η εφαρμογή της στην καλλιέργεια αυξάνει σημαντικά την απόδοση του βαμβακιού, ενώ βελτιώνει παράλληλα ορισμένες ιδιότητες του εδάφους.

2. Επεξεργασία παραμέτρων Βιολογικού Αντιδραστήρα

Η Ε.Ε.Λ. Βόλου έχει σχεδιαστεί για να εξυπηρετεί τους Δήμους Βόλου, Ν. Ιωνίας και τη περιοχή των Αλυκών που αναμένεται μέχρι το 2010 να αριθμούν συνολικά περίπου 115.000 κατοίκους. Επίσης η Ε.Ε.Λ. έχει σχεδιασθεί ώστε να δέχεται βιομηχανικά απόβλητα που αντιστοιχούν σε φορτίο περίπου 20.000 ισοδύναμων κατοίκων. Τα φορτία σχεδιασμού της Γ Φάσης των έργων δίνονται στον παρακάτω πίνακα :

Πίνακας Φορτίων σχεδιασμού Ε.Ε.Λ Βόλου

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΦΟΡΤΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ
Παροχή (m ³ /day)	32000
Οργανικό φορτίο :	
BOD (kg/day)	7950
COD (kg/day)	15900
Φορτίο στερεών, TSS (kg/day)	8700
Φορτίο αζώτου, TN (kg/day)	1250
Φορτίο φωσφόρου, TP (kg/day)	330

Στην παρούσα εργασία υπολογίστηκαν ορισμένα χαρακτηριστικά μεγέθη που αφορούν τις δεξαμενές αερισμού της εγκατάστασης με δεδομένα από το Scada των Ε.Ε.Λ. Βόλου για τους μήνες Ιούνιο 2004, Ιούνιο 2005, Ιανουάριο 2004, Ιανουάριο 2005.

Με βάση τα δεδομένα από το Scada, που περιέχουν μετρήσεις ανά τακτά χρονικά διαστήματα (ανά δίλεπτο) της πίεσης, της θερμοκρασίας αλλά και της παροχής του προς διάχυση στη δεξαμενή αέρα, υπολογίζεται η μέση παροχή του αέρα για την διάρκεια ενός εικοσιτετράωρου.

Ακολουθώντας με χρήση της καταστατικής εξίσωσης των ιδανικών αερίων, η προαναφερθείσα μέση παροχή του αέρα, ανάγεται σε πρότυπες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας. Στη συνέχεια με χρήση του “high air delivery rates DIAGRAM 2”, υπολογίζονται τα γραμμάρια του οξυγόνου ανά κυβικό μέτρο του προς διάχυση αέρα στη δεξαμενή σε πρότυπες πάντα συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας.

Το μέγεθος αυτό, όπως είναι εμφανές και από το εν λόγω διάγραμμα είναι συνάρτηση τόσο της παροχής του αέρα ανά μήκος διαχυτή, όσο και από το βάθος στο οποίο είναι τοποθετημένοι οι διαχυτές στις τέσσερις δεξαμενές αερισμού. Για την συγκεκριμένη εγκατάσταση, η διάχυση για το μήνα Ιούνιο 2004, Ιούνιο 2005, Ιανουάριο 2004 και Ιανουάριο 2005 επιτεύχθηκε με τη βοήθεια συνολικά 252 διαχυτών, συνολικού μήκους 378 m. Δηλαδή ο κάθε διαχυτής έχει μήκος $378/252=1.5$ m. Έτσι καθορίζεται η πραγματική ζήτηση οξυγόνου για κάθε μέρα του εκάστοτε μήνα(kg/day).

Το εισερχόμενο οργανικό φορτίο, το αμμωνιακό άζωτο που μετατρέπεται σε νιτρικό, η ενδογενής αναπνοή των βακτηρίων και ο βαθμός απονιτροποίησης είναι τέσσερις παράγοντες με βάση τους οποίους υπολογίζεται η απαίτηση σε οξυγόνο των μικροοργανισμών στα συστήματα ενεργούς ιλύος, που πραγματοποιούν νιτροποίηση και απονιτροποίηση.

Για τη θεωρητικά αναμενόμενη ζήτηση οξυγόνου, προτάθηκε από τους χειριστές των Ε.Ε.Λ η χρήση του παρακάτω τύπου (εξ. 2.1) :

Συνολική ζήτηση οξυγόνου σε **kg/day** =

$$\begin{aligned} & \mathbf{fBOD \cdot (BOD_{εισ.} - BOD_{εξ.}) \cdot Q} \text{ (εξαιτίας του οργανικού φορτίου που οξειδώνεται)} \\ & + \mathbf{fN \cdot (TKN_{εισ.} - TKN_{εξ.}) \cdot Q} \text{ (εξαιτίας του αμμωνιακού αζώτου που οξειδώνεται)} \\ & + \mathbf{0.024 \cdot Re(T) \cdot M} \text{ (εξαιτίας της ενδογενούς αναπνοής)} \\ & - \mathbf{fNaπ. \cdot N} \text{ απονιτροποιούμενο (εξαιτίας του αζώτου, που απονιτροποιείται)} \end{aligned}$$

Όπου :

fBOD : Συντελεστής απαίτησης οξυγόνου = 0.60 kg O₂/kg BOD,

fN : Συντελεστής οξείδωσης αζώτου = 4.60 kg O₂/kg N-NH₃,

M : Συνολική ποσότητα ανάμεικτου υγρού στις δεξαμενές αερισμού χωρίς τη χημική λάσπη = 64.612 kg MLSS/day, όπου MLSS : συγκέντρωση στερεών στα ανάμεικτο υγρό (kg SS/m³),

Re(T) : $\text{Re} \cdot 1.07^{(T-20)}$

Re : Ειδική ταχύτητα ζήτησης οξυγόνου = 2 – 4 gr O₂/kg MLSS · h,

fN_{ap} : Συντελεστής απονιτροποίησης = 2.86

Q : Ημερήσια παροχή λύματος σε m³/day

TKN : Ολικό άζωτο κατά Kjeldahl

Η θερμοκρασία του λύματος στην παραπάνω εξίσωση λήφθηκε σύμφωνα με μετρήσεις ίση προς **T = 22 °C** για το θέρος και **T = 13°C** για τον χειμώνα. Με τη βοήθεια του φύλλου αναλύσεων για τους παραπάνω μήνες των Ε.Ε.Λ., προσδιορίζονται τα BOD εισόδου και εξόδου.

Για το BOD εισόδου στις δεξαμενές αερισμού έγινε η παραδοχή ότι αυτό είναι ίσο με το **70%** του BOD εισόδου στην εγκατάσταση, επειδή ένα ποσοστό **30%** κατακρατείται στην πρωτοβάθμια χημική επεξεργασία.

Για τον καθορισμό του **TKN** εισόδου και εξόδου, λόγω έλλειψης μετρήσεων, θεωρήθηκε ότι **TKN = NH₄ – N/0.75**, σύμφωνα με την τελική έκθεση παροχής υπηρεσιών συμβούλου στη ΔΕΥΑΜΒ για τη λειτουργία των Ε.Ε.Λ. Βόλου του Ε.Μ.Π. Τέλος, για τον υπολογισμό του αζώτου προς απονιτροποίηση, ακολουθείται η εξής διαδικασία

Σύμφωνα πάντα με τους χειριστές των Ε.Ε.Λ., το καλοκαίρι η συγκέντρωση ολικού αζώτου στην έξοδο πρέπει να είναι **10 mg/l** ή το **20 – 30%** του εισερχόμενου αζώτου. Θεωρώντας μέση απόδοση απονιτροποίησης **75%**, η συγκέντρωση στην εκροή θα πρέπει να είναι μικρότερη από **11,25 mg/l**, με **2 mg/l** αμμωνιακό και **9 mg/l** νιτρικό άζωτο. Εάν λάβουμε υπόψη ότι το **15%** του εισερχόμενου αζώτου προσλαμβάνεται από τους μικροοργανισμούς για τις βιοσυνθέσεις τους, το ισοζύγιο αζώτου περιγράφεται ως εξής (εξ. 2.2):

Άζωτο προς απονιτροποίηση = Εισερχόμενο άζωτο – άζωτο για βιοσυνθέσεις (=0.15 · Εισερχόμενο άζωτο) – άζωτο στην έξοδο (=0.25 · Εισερχόμενο άζωτο).

Η θεωρητική ζήτηση σε οξυγόνο σε kg/day που προκύπτει με χρήση της εξ. 2.1 ανάγεται σε τυπικές συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας, χρησιμοποιώντας τον παρακάτω τύπο (εξ. 2.3) :

$$\text{OCR} = \text{OVR} \cdot \text{CS} / 1.024^{(T-10)} \cdot a \cdot [b \cdot (P/760) \cdot CT - C]$$

Όπου :

OCR : ζήτηση οξυγόνου σε τυπικές συνθήκες (kg/day),

OVR : θεωρητική ζήτηση οξυγόνου σε κανονικές συνθήκες (kg/day),

C : μέση συγκέντρωση οξυγόνου στο ανάμεικτο υγρό = 2.0 mg/l,

CS : συγκέντρωση κορεσμού οξυγόνου σε καθαρό νερό, σε κανονικές συνθήκες και σε σταθερή θερμοκρασία 10 °C (= 11.288 mg/l),

CT : συγκέντρωση κορεσμού οξυγόνου σε καθαρό νερό, σε κανονικές συνθήκες και σε θερμοκρασία εφαρμογής 22 °C (= 8.743 mg/l),

P : βαρομετρική πίεση αέρος (= 760 mm Hg)

a : συντελεστής αναγωγής της απόδοσης αερισμού από το καθαρό νερό στο ανάμεικτο υγρό των δεξαμενών (= 0.60 για υποβρύχιους διαχυτές)

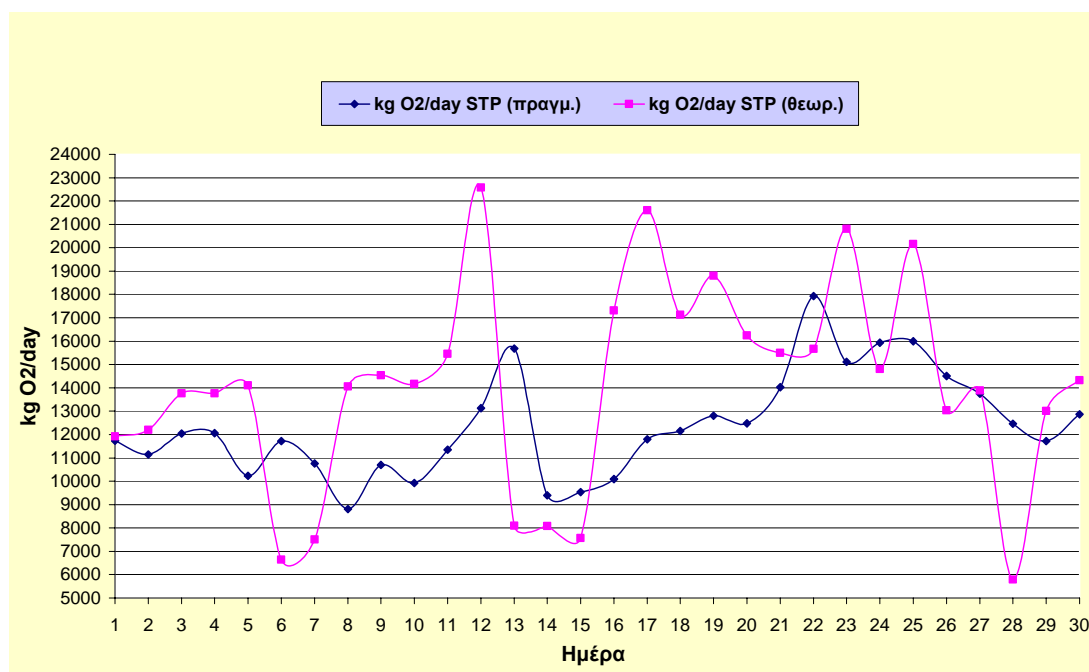
b : συντελεστής αναγωγής της συγκέντρωσης κορεσμού από το καθαρό νερό στο ανάμεικτο υγρό (= 0.95 μέση τιμή)

Η επεξεργασία των τιμών του Scada (excel), ο πίνακας αποτελεσμάτων (excel) που προκύπτουν για τον μήνα Ιούνιο 2004, παρατίθενται ενδεικτικά στα παραρτήματα **A** και **B** αντίστοιχα, με την βοήθεια των οποίων προέκυψαν τα αποτελέσματα για την παρούσα εργασία στο παρακάτω Κεφάλαιο. Στο παράρτημα **Γ** παρατίθενται οι μετρήσεις εργαστηρίου για τους μήνες Ιανουάριο και Ιούνιο 2004-2005.

3. Παρουσίαση Αποτελεσμάτων

3.1 Εξέταση της πραγματικής ζήτησης οξυγόνου στις δεξαμενές αερισμού σε σχέση με την θεωρητικά αναμενόμενη

Ιούνιος 2004



Διάγραμμα 1: kg O2/day STP για τον μήνα Ιούνιο 2004

Στο διάγραμμα 1, φαίνεται η πραγματική ζήτηση οξυγόνου στις δεξαμενές αερισμού των Ε.Ε.Λ. και η θεωρητικά αναμενόμενη ζήτηση που προέκυψε με τις προαναφερθείσες παραδοχές για τον μήνα Ιούνιο του 2004.

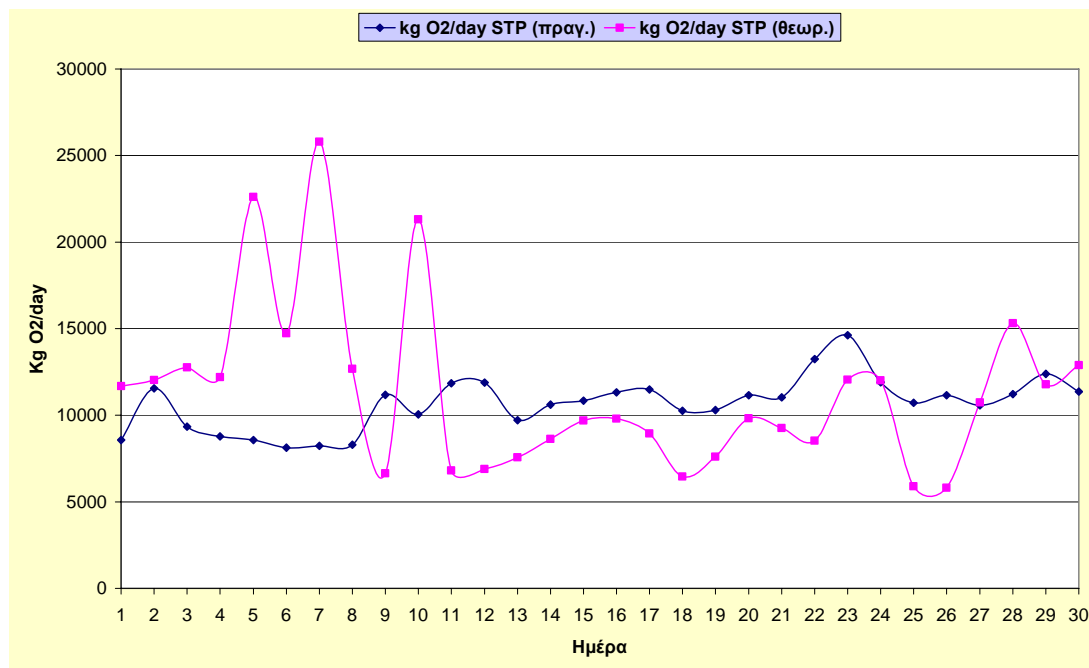
Παρατηρώντας το διάγραμμα αυτό προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα :

📊 Παρατηρούμε ότι η θεωρητικά υπολογισμένη ζήτηση οξυγόνου στις δεξαμενές αερισμού παρακολουθεί τα πραγματικά δεδομένα για τις περισσότερες μέρες του Ιουνίου, είναι ωστόσο μονίμως μεγαλύτερη της πραγματικής. Αυτό οφείλεται προφανώς σε σφάλμα των παραδοχών σε σχέση με το BOD εισόδου στον αερισμό,

όπου δηλαδή είναι πιθανό η παραδοχή για κατακράτηση του 30% του φορτίου BOD στην πρωτοβάθμια επεξεργασία να είναι σχετικώς συντηρητική, όπως επίσης και με την παραδοχή για το συντελεστή προσδιορισμού του TKN μέσω του αμμωνιακού αζώτου, ο οποίος προφανώς είναι μεγαλύτερος του 0.75. Τα σφάλματα αυτά των παραδοχών όμως, σ' αυτό το χρονικό διάστημα όπως φαίνεται από το διάγραμμα 1 είναι σταθερά και επομένως «αποδεικνύεται» ότι η λειτουργία του συστήματος συνολικά κινείται με βάση τις θεωρητικές παραδοχές σχεδιασμού.

✚ Στις δύο επόμενες εβδομάδες όμως, μεταξύ της πραγματικής ζήτησης οξυγόνου και της θεωρητικά αναμενόμενης δεν υπάρχει καμία ακολουθία. Το γεγονός αυτό και πάλι οφείλεται σε σφάλματα των θεωρητικών παραδοχών, τα οποία όμως σε αυτό το χρονικό διάστημα δεν είναι σταθερά. Σε σύγκριση με το προηγούμενο διάστημα φαίνεται ότι υπάρχει κάποιος παράγοντας ο οποίος ανατρέπει πλήρως τις παραδοχές.

Ιούνιος 2005

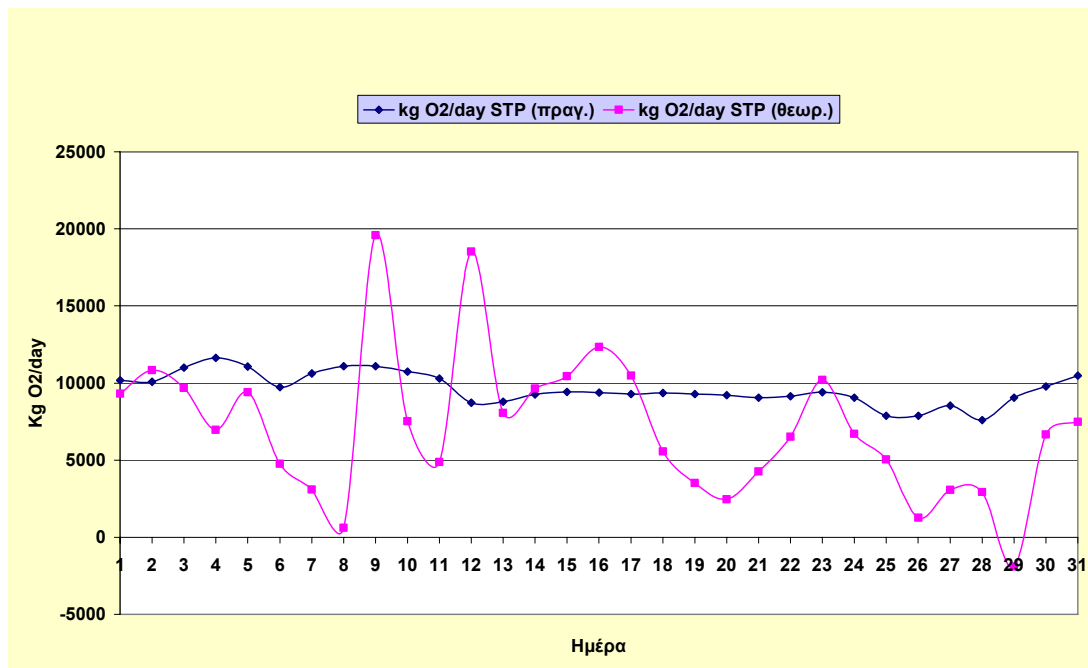


Διάγραμμα 2: kg O2/day STP για τον μήνα Ιούνιο 2005

Στο παραπάνω διάγραμμα, φαίνεται η πραγματική ζήτηση οξυγόνου στις δεξαμενές αερισμού των Ε.Ε.Λ. και η θεωρητικά αναμενόμενη ζήτηση που προέκυψε με τις προαναφερθείσες παραδοχές για τον μήνα Ιούνιο του 2005. Βλέποντας το διάγραμμα αυτό προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα :

- ✚ Παρατηρούμε ότι η θεωρητικά υπολογισμένη ζήτηση οξυγόνου στις δεξαμενές αερισμού παρακολουθεί τα πραγματικά δεδομένα είναι ωστόσο γενικά ελαφρώς χαμηλότερη από την πραγματική. Αυτό προφανώς οφείλεται σε σφάλμα των παραδοχών σε σχέση με το BOD στον αερισμό, όπου δηλαδή είναι πιθανόν η παραδοχή για την κατακράτηση του 30% του φορτίου του BOD στην πρωτοβάθμια επεξεργασία να είναι σχετικώς αισιόδοξη. Το σφάλμα όμως αυτής της παραδοχής είναι πρακτικά σταθερό και επομένως <<αποδεικνύεται>> ότι η λειτουργία του συστήματος συνολικά κινείται με βάση τις θεωρητικές παραδοχές σχεδιασμού.
- ✚ Παρατηρούμε ωστόσο ότι στο πρώτο δεκαήμερο του μήνα η θεωρητικά υπολογισμένη ζήτηση οξυγόνου παρουσιάζει μεγάλη απόκλιση προς τα πάνω από την πραγματική. Το

γεγονος αυτό οφείλεται στις ιδιαίτερα μεγάλες παροχές εισόδου εκείνης της περιόδου, ιδιαίτερα της 5^{ης} Ιουνίου όπου η παροχή λύματος είναι 51500 m³ λόγω καταρρακτώδους βροχής και πρακτικά δεν είναι αξιολογήσιμο. Στην πράξη οι χειριστές του συστήματος εκτρέπουν τμήμα της παροχής μετά την πρωτοβάθμια επεξεργασία στην έξοδο του συστήματος τροφοδοτώντας τον εξαερισμό με τη συνήθη ποσότητα λύματος ώστε να διατηρήσουν τις ίδιες συνθήκες στην βιολογική επεξεργασία.



Διάγραμμα 3: kg O₂/day STP για τον μήνα Ιανουάριο 2004

Στο διάγραμμα 3, φαίνεται η πραγματική ζήτηση οξυγόνου στις δεξαμενές αερισμού των Ε.Ε.Λ. και η θεωρητικά αναμενόμενη ζήτηση που προέκυψε με τις προαναφερθείσες παραδοχές για τον μήνα Ιανουάριο του 2004.

Παρατηρώντας το διάγραμμα αυτό προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα :

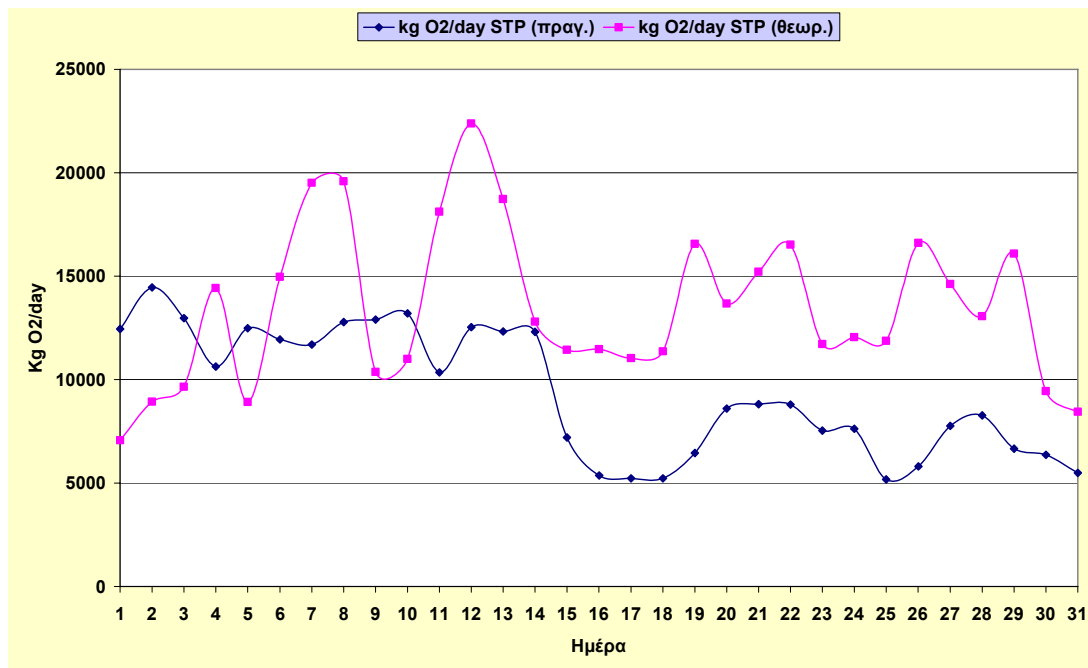
✚ Η θεωρητική ζήτηση δεν έχει πρακτικώς καμία σχέση με την πραγματική. Αυτό ενδεχομένως οφείλεται στο γεγονός ότι η βιολογική επεξεργασία δεν επιτύγχανε νιτροποίηση (μέσο ποσοστό απομάκρυνσης αμμωνιακού αζώτου 21%) με αποτέλεσμα οι παραδοχές για τις ανάγκες οξυγόνου:

1. Για την οξείδωση του αμμωνιακού αζώτου
2. Για την ενδογενή αναπνοή
3. Η απόδοση του οξυγόνου εξαιτίας του αζώτου που απονιτροποιείται να μην ευσταθούν και να οδηγούν σε αυτές τις αποκλίσεις της θεωρητικής ζήτησης από την πραγματική.

✚ Η πραγματική ζήτηση εμφανίζεται απολύτως σταθερή και αυτό είναι εύλογο, δεδομένου ότι κατά τον μήνα αυτό είχαμε σχετικά σταθερή παροχή και οργανικό

φορτίο όπως επίσης σταθερά χαρακτηριστικά εξόδου σε ότι αφορά το BOD, COD. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να έχουμε σταθερή ζήτηση οξυγόνου το οποίο χρησιμοποιήθηκε μόνο για την οξείδωση του οργανικού φορτίου. Κατά τους χειριστές του συστήματος η αναστολή των διαδικασιών νιτροποίησης-απονιτροποίησης οφείλεται τόσο στις χαμηλές θερμοκρασίες όσο και στα ιδιαίτερα ψηλά φορτία αμμωνιακού αζώτου των βιομηχανικών αποβλήτων.

✚ Λόγω της συντήρησης των δεξαμενών αερισμού είχαμε την λειτουργία τριών δεξαμενών αυτόν τον μήνα αντί τεσσάρων που είναι το δυναμικό του συστήματος με αποτέλεσμα να περιορίζεται ο χρόνος επαφής του αμμωνιακού αζώτου με το οξυγόνο κατά 25%, γεγονός που επιδεινώνει την κατάσταση και εξηγεί την χαμηλή απόδοση του συστήματος στα αιωρούμενα στερεά.



Διάγραμμα 4: kg O2/day STP για τον μήνα Ιανουάριο 2005

Στο διάγραμμα 4, φαίνεται η πραγματική ζήτηση οξυγόνου στις δεξαμενές αερισμού των Ε.Ε.Λ. και η θεωρητικά αναμενόμενη ζήτηση που προέκυψε με τις προαναφερθείσες παραδοχές.

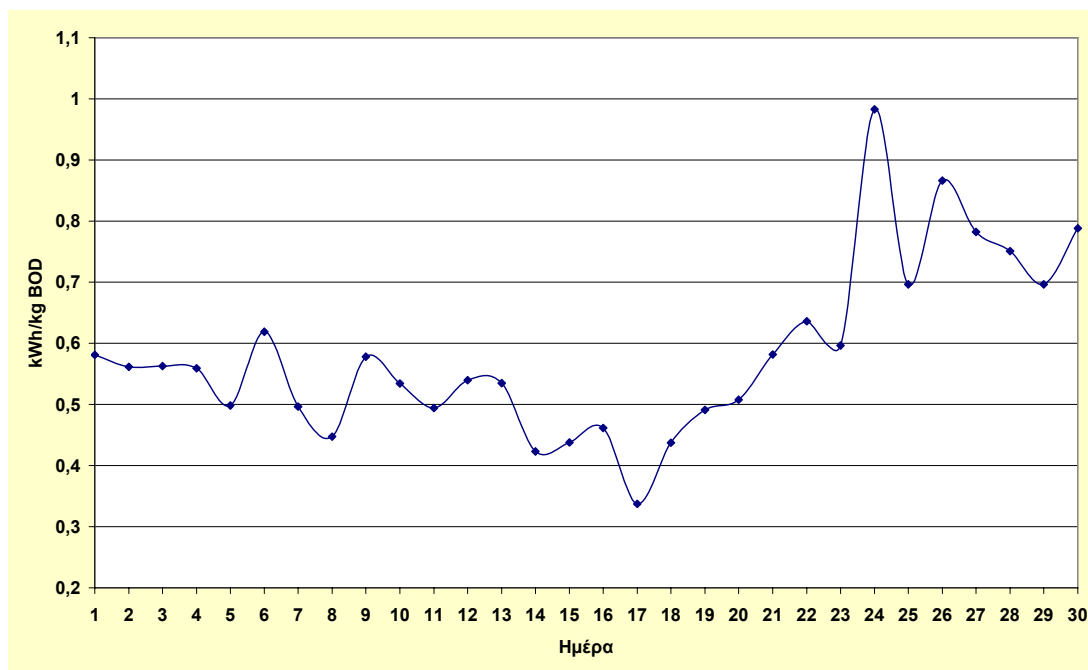
Παρατηρώντας το διάγραμμα αυτό προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα :

- ✚ Η θεωρητικά υπολογισμένη ζήτηση είναι μονίμως μεγαλύτερη από την πραγματική. Αυτό οφείλεται προφανώς σε σφάλματα των παραδοχών τόσο σε σχέση με το BOD εισόδου στον αερισμό, όπου είναι πιθανόν η παραδοχή για κατακράτηση του 30% του BOD στην πρωτοβάθμια επεξεργασία να είναι σχετικά συντηρητική όπως και με την παραδοχή για τον συντελεστή προσδιορισμού για το TKN μέσω του αμμωνιακού αζώτου ο οποίος είναι προφανώς μεγαλύτερος του 0,75. Τα σφάλματα αυτά όμως όπως φαίνεται και από το διάγραμμα είναι πρακτικώς σταθερά και επομένως <<αποδεικνύεται>> ότι η λειτουργία του συστήματος συνολικά κινείται με βάση τις θεωρητικές παραδοχές σχεδιασμού.

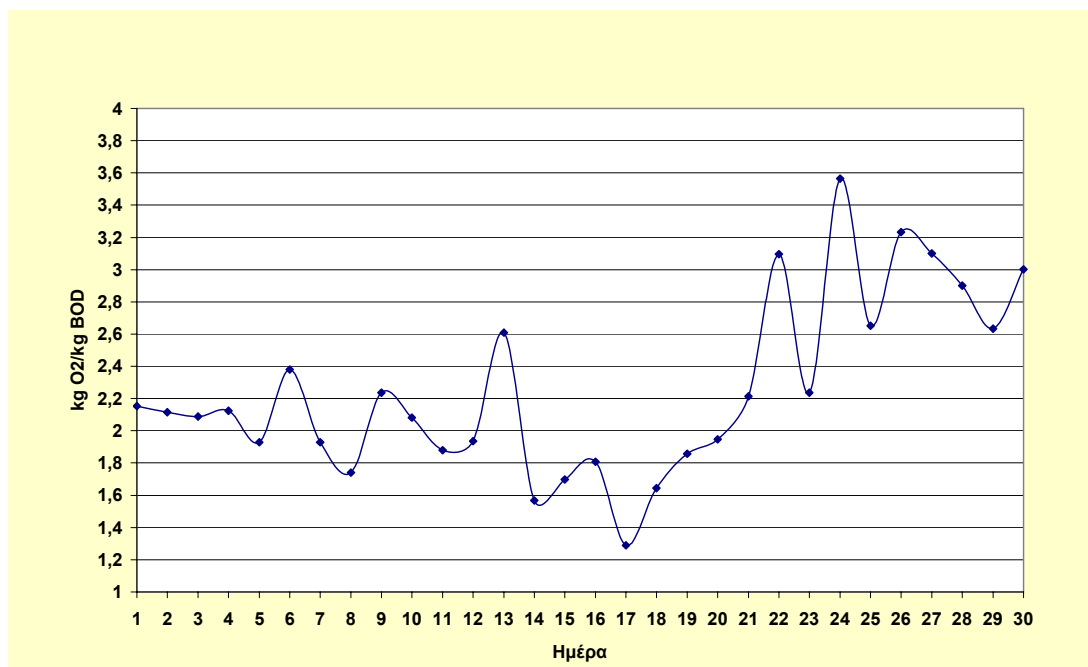
✚ Η διαφοροποίηση στο 1^ο δεκαήμερο όπου η θεωρητική ζήτηση παίρνει ιδιαίτερα υψηλές τιμές κάποιες ημέρες (5^η, 6^η, 7^η, 11^η, 12^η, 13^η) οφείλεται στα ιδιαίτερα υψηλά φορτία νιτρικού αζώτου στην είσοδο, με αποτέλεσμα η σχέση $TKN = N-NH_4/0,75$ να είναι εσφαλμένη. Για παράδειγμα την 7^η του αντίστοιχου μηνός το αμμωνιακό άζωτο είναι ίσο με το νιτρικό και επομένως ο συντελεστής στην παραπάνω σχέση είναι το πολύ ίσος με 0,5.

3.2 Ενεργειακά Αποτελέσματα

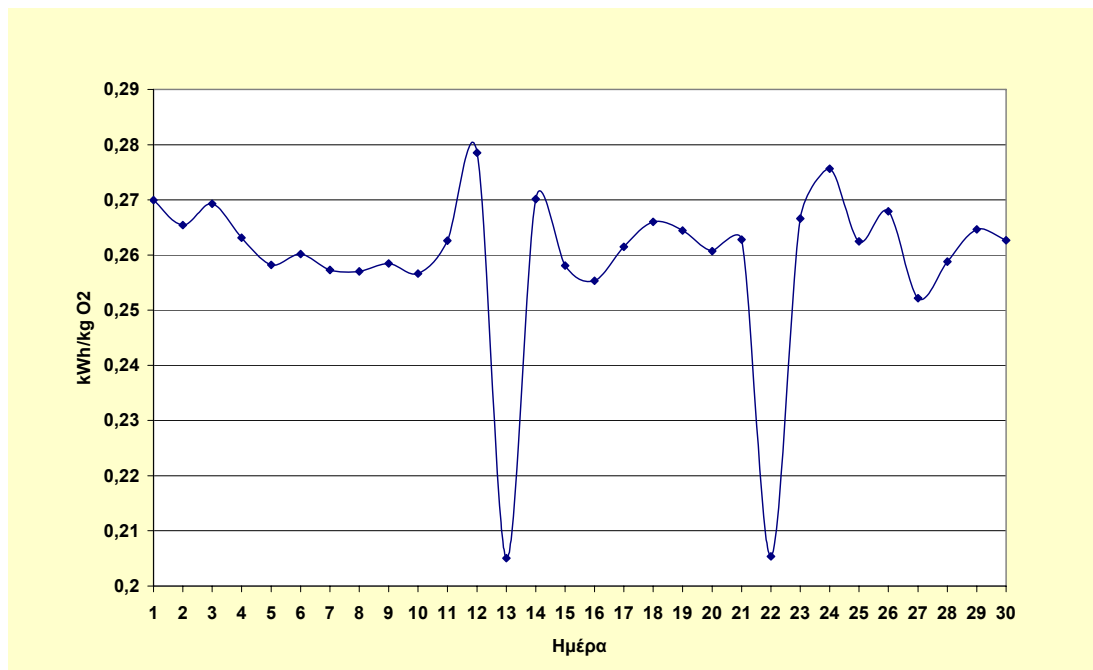
Ιούνιος 2004



Διάγραμμα 5: kWh/kg BOD μηνός Ιουνίου 2004



Διάγραμμα 6: kgO2/kg BOD μηνός Ιουνίου 2004



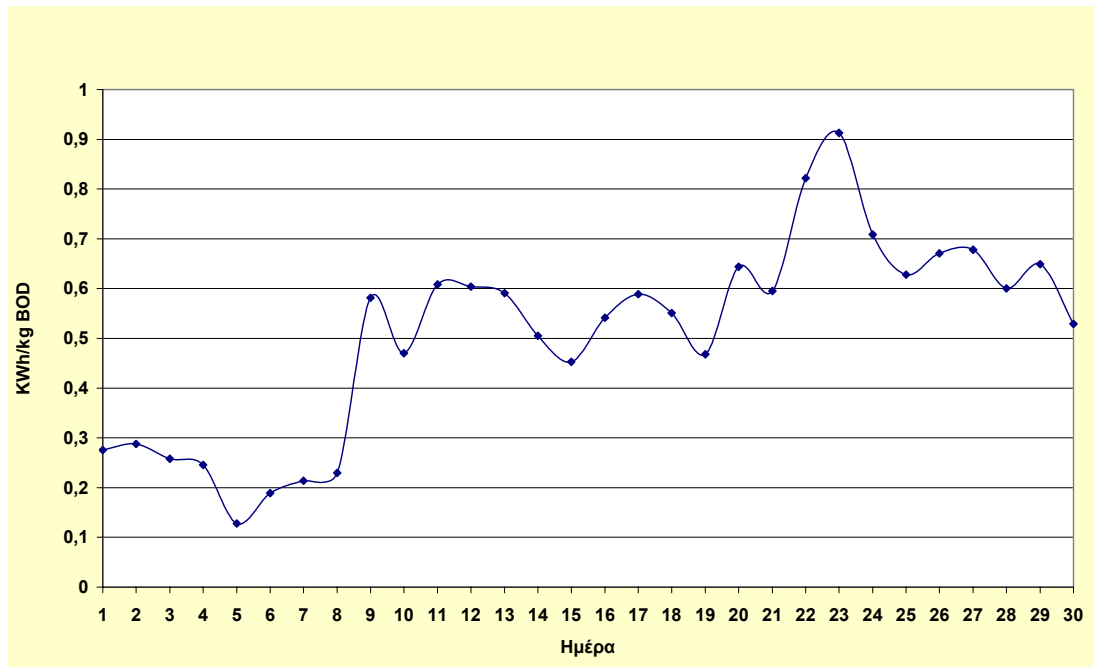
Διάγραμμα 7: kWh/kg O₂ μηνός Ιουνίου 2004

Τα διαγράμματα 5,6 και 7 απεικονίζουν την ενεργειακή κατανάλωση του βιολογικού αντιδραστήρα ως προς το οξυγόνο και το απομακρυνόμενο BOD. Συγκεκριμένα, το διάγραμμα 5 εμφανίζει την καταναλωθείσα ενέργεια σε kWh ανά kg απομακρυνόμενου BOD. Παρατηρούμε ότι η ζητούμενη ενέργεια είναι σχετικά σταθερή με εξαίρεση τη τελευταία εβδομάδα του μήνα όπου υπάρχει μία αύξηση η οποία αποκλίνει γύρω στο 50% του μέσου όρου.

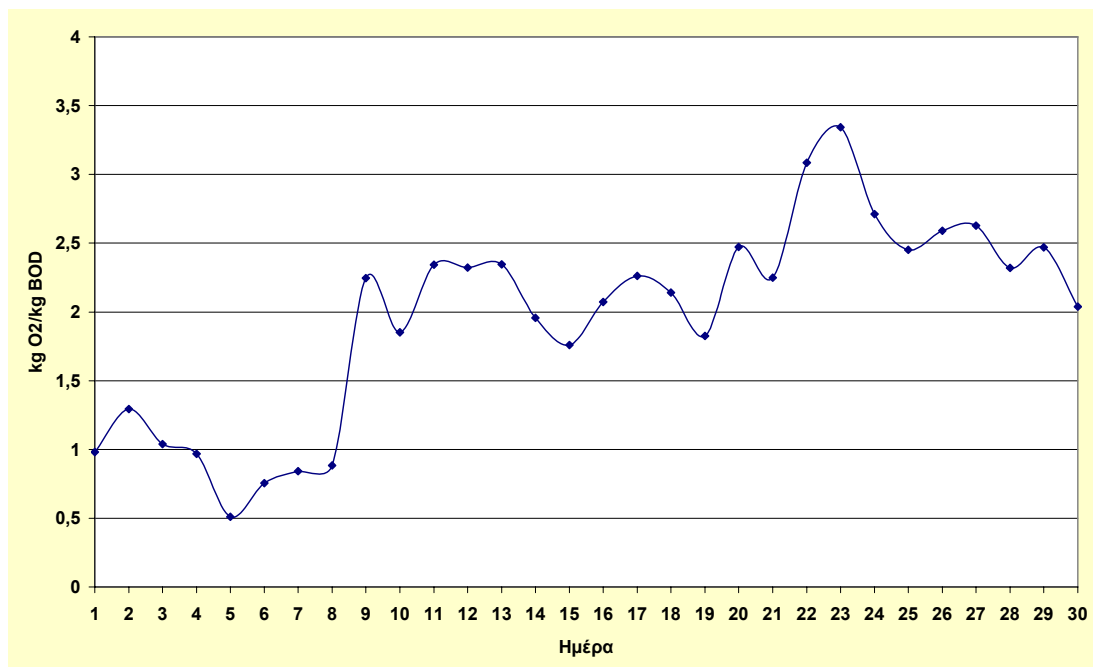
Το διάγραμμα 6 παρουσιάζει τις ανάγκες σε κιλά οξυγόνου ανά κιλό απομακρυνόμενου BOD. Και στο διάγραμμα αυτό παρατηρείται μια μεγιστοποίηση της ζήτησης την τελευταία εβδομάδα του μήνα.

Το διάγραμμα 7 παρουσιάζει τις καταναλισκόμενες kWh για την απόδοση στις δεξαμενές αερισμού ενός kg O₂ για το μήνα Ιούνιο. Παρατηρούμε ότι η σχέση είναι σταθερή και ίση με 0.26 kWh ανά kg αποδιδόμενου O₂, ενώ οι μικρές χαμηλότερες αποκλίσεις οφείλονται στο γεγονός ότι υπάρχει μία minimum παροχή αέρα στις δεξαμενές αερισμού ανεξάρτητα από τη ζήτηση ώστε να αποδίδεται μόνιμα η αναγκαία ισχύς ανάδευσης.

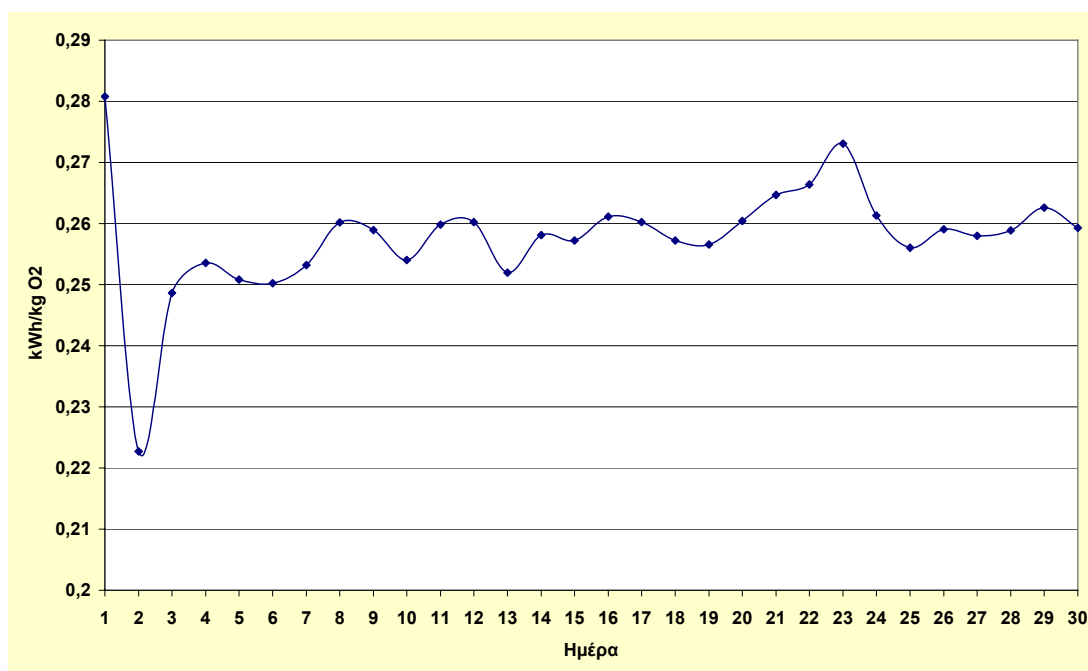
Ιούνιος 2005



Διάγραμμα 8: kWh/kg BOD μηνός Ιουνίου 2005



Διάγραμμα 9: kg O₂/kg BOD μηνός Ιουνίου 2005

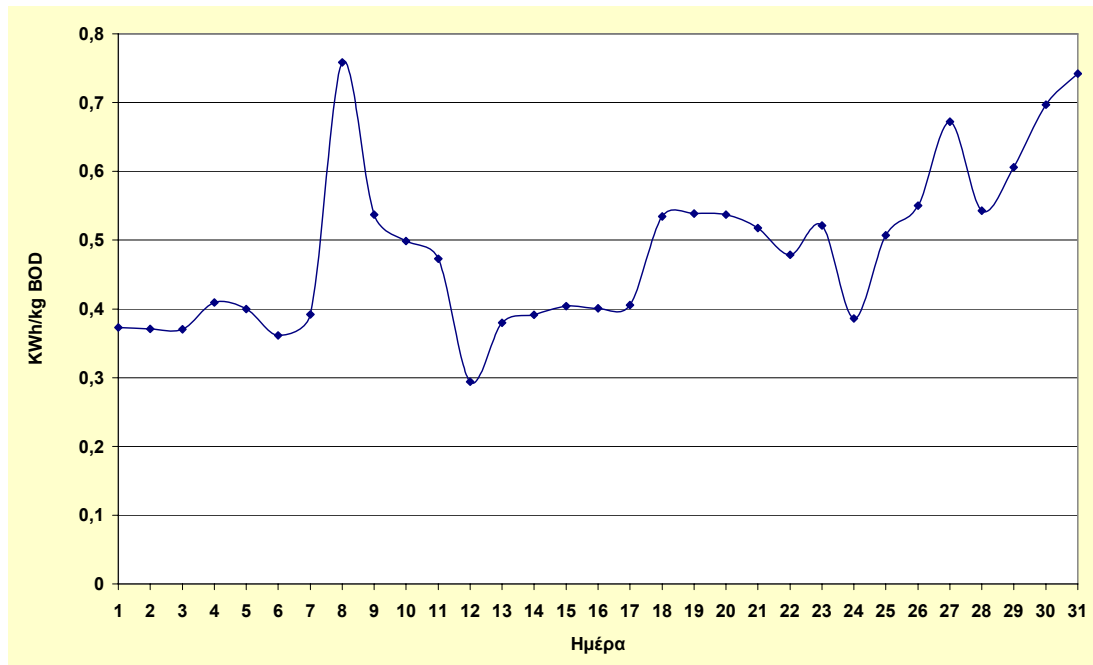


Διάγραμμα 10: kWh/kg O₂ μηνός Ιουνίου 2005

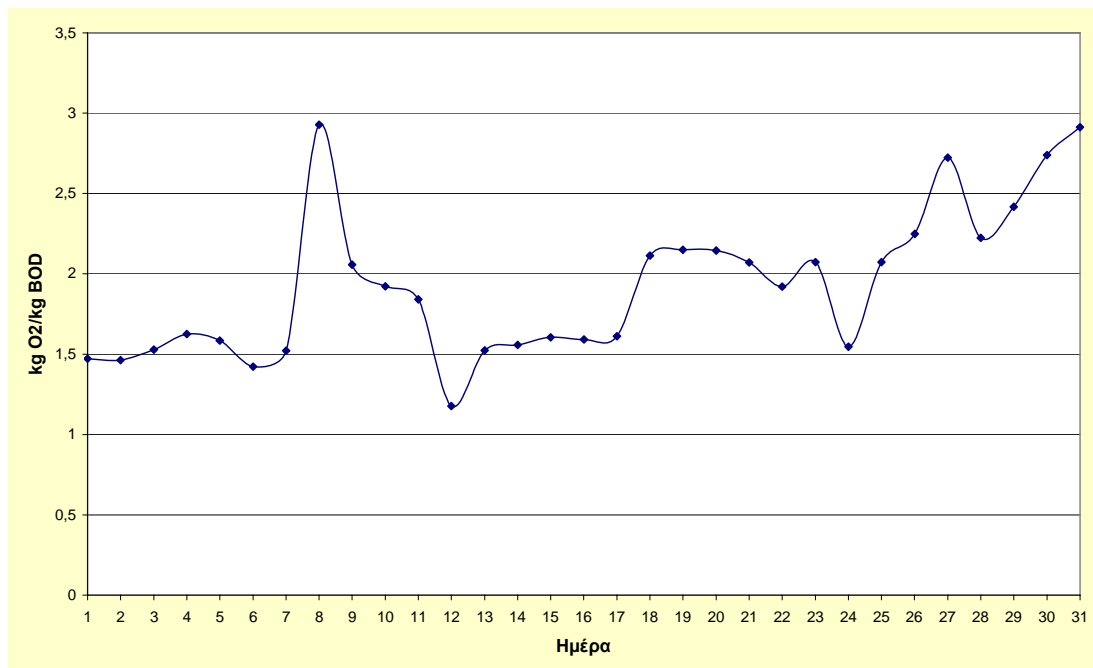
Παρατηρούμε ότι ζητούμενη ενέργεια είναι σχετικώς σταθερή με εξαίρεση την 1^η περίοδο του μήνα όπου εμφανίζεται σημαντικά μικρότερη. Αυτό οφείλεται στο γεγονός της εκτροπής του λύματος στην έξοδο πριν τον αερισμό όπως έχουμε προαναφέρει με αποτέλεσμα να είναι εσφαλμένοι οι υπολογισμοί της αντίστοιχης περιόδου.

Επίσης παρατηρούμε ότι η σχέση είναι σταθερή και ίση με 0.26 kWh ανά kg αποδιδόμενου O₂, ενώ οι μικρές χαμηλότερες αποκλίσεις οφείλονται στο γεγονός ότι υπάρχει μία minimum παροχή αέρα στις δεξαμενές αερισμού ανεξάρτητα από τη ζήτηση ώστε να αποδίδεται μόνιμα η αναγκαία ισχύς ανάδευσης.

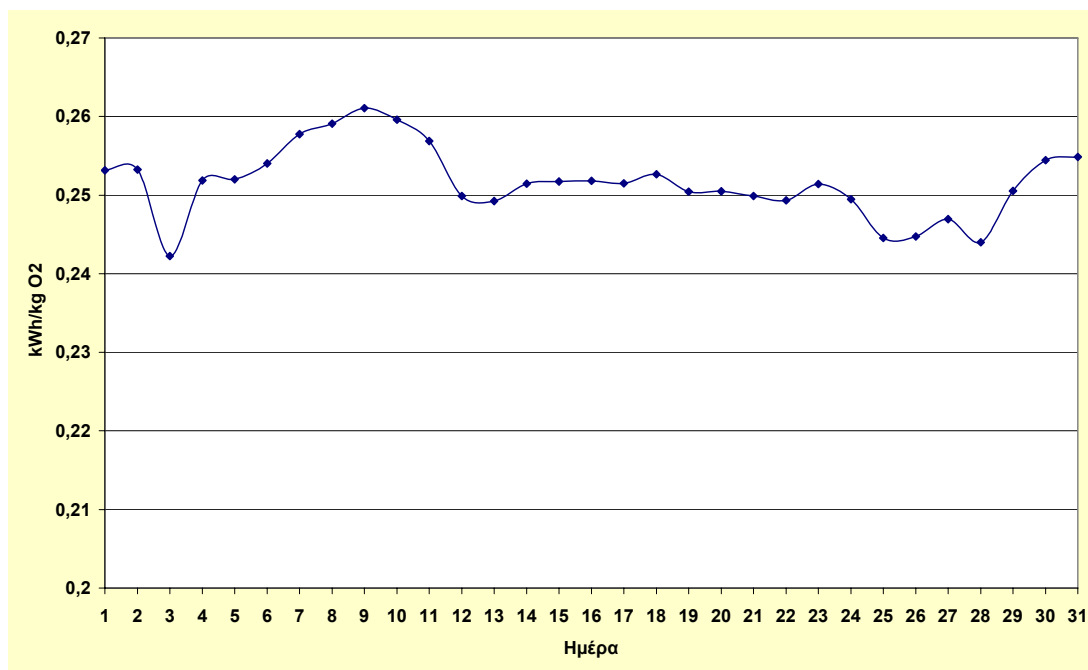
Ιανουάριος 2004



Διάγραμμα 11: kWh/kg BOD μηνός Ιανουαρίου 2004



Διάγραμμα 12: kg O2/kg BOD μηνός Ιανουαρίου 2004

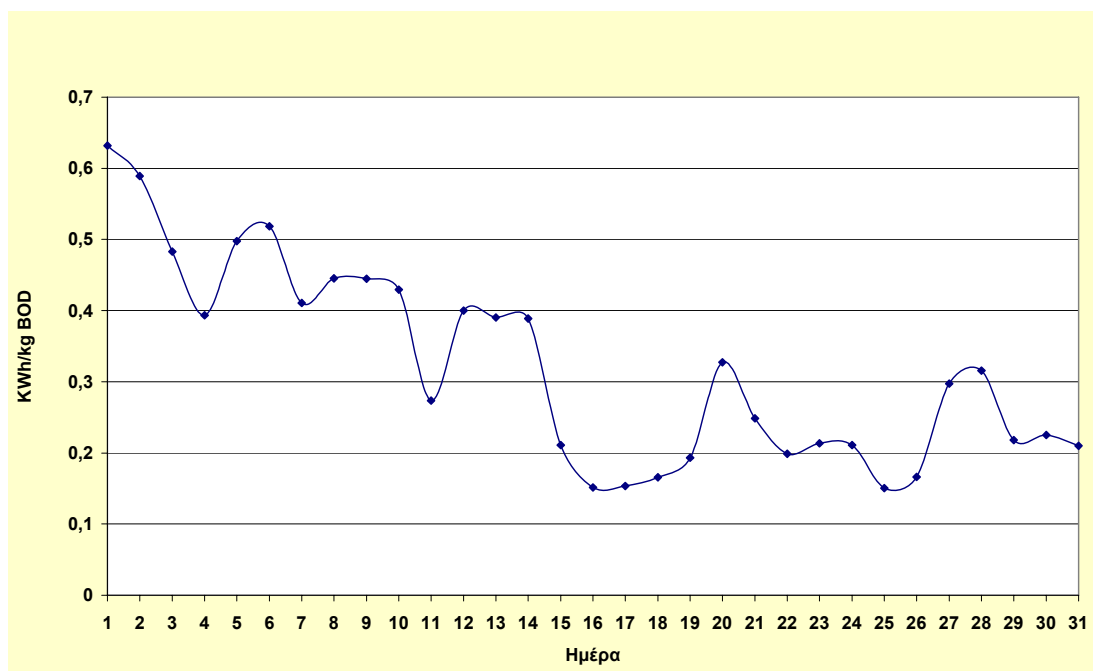


Διάγραμμα 13 : kWh/kg O₂ μηνός Ιανουαρίου 2004

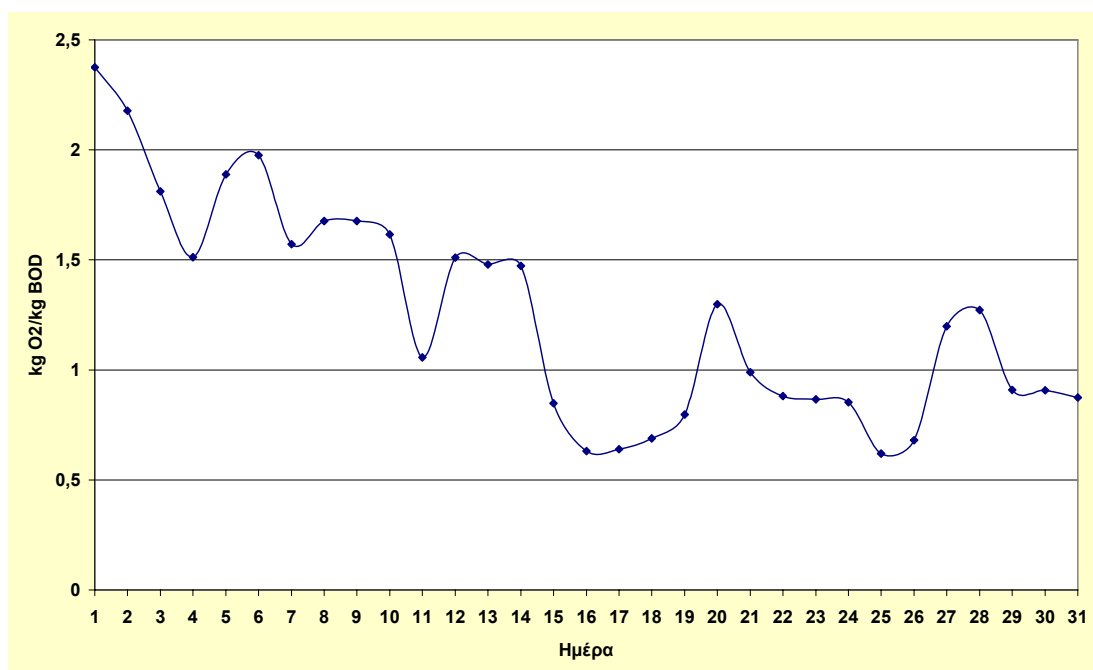
Όπως παρατηρούμε, από το διάγραμμα 12 φαίνεται ότι τα kg οξυγόνου που απαιτούνται για την απομάκρυνση 1 kg BOD εμφανίζουν μεγαλύτερη σταθερότητα από τους προηγούμενους μήνες που εξετάζουμε και αυτό οφείλεται όπως ήδη έχουμε αναφέρει στο ότι στο συγκεκριμένο η βιολογική επεξεργασία δεν επιτύγχανε νιτροποίηση – απονιτροποίηση με αποτέλεσμα η κατανάλωση οξυγόνου να αφορά αποκλειστικά την σχετικά σταθερή είσοδο του οργανικού φορτίου.

Επίσης παρατηρούμε ότι η σχέση είναι σταθερή και ίση με 0.26 kWh ανά kg απόδιδόμενου O₂, ενώ οι μικρές χαμηλότερες αποκλίσεις οφείλονται στο γεγονός ότι υπάρχει μία minimum παροχή αέρα στις δεξαμενές αερισμού ανεξάρτητα από τη ζήτηση ώστε να αποδίδεται μόνιμα η αναγκαία ισχύς ανάδευσης

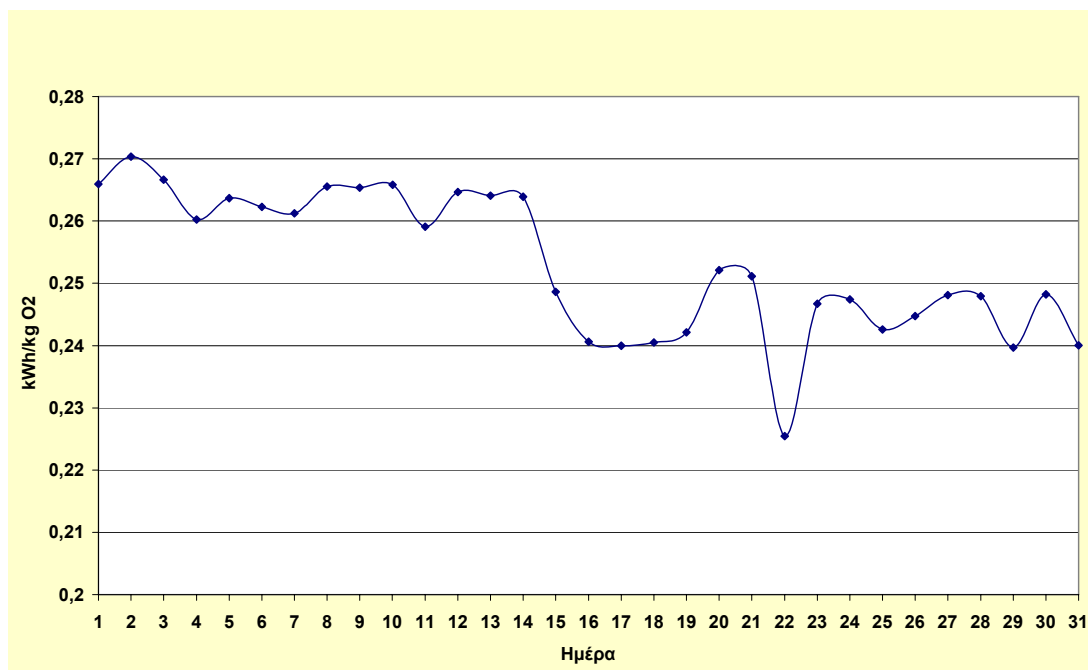
Ιανουάριος 2005



Διάγραμμα 14 : kWh/kg BOD μηνός Ιανουαρίου 2005



Διάγραμμα 15 : kg O2/kg BOD μηνός Ιανουαρίου 2005



Διάγραμμα 16 : kWh/kg O2 μηνός Ιανουαρίου 2005

Στα διαγράμματα 14, 15 εμφανίζεται προοδευτικά μία μείωση της απαιτούμενης ενέργειας και του οξυγόνου ανά kg απομακρυνόμενου BOD. Το γεγονός αυτό οφείλεται στις ιδιαίτερα υψηλές ποσότητες ανάκτησης οξυγόνου κατά την διαδικασία της απονιτροποίησης. Το ίδιο γεγονός επηρεάζει και την σχέση των καταναλισκόμενων kwh ανά kg οξυγόνου η οποία στο συγκεκριμένο μήνα (διάγραμμα 16) εμφανίζεται μικρότερη του 0,26.

3.3 Αποτελέσματα της Επεξεργασίας στις Ε.Ε.Λ. Βόλου

Οι Ε.Ε.Λ. του Βόλου έχουν σχεδιαστεί να λειτουργούν ώστε να επιτυγχάνουν τα όρια εκροής σύμφωνα με την οδηγία 91/271 της Ε.Ε. για τα αστικά λύματα. Με βάση αυτή την οδηγία για εγκαταστάσεις του μεγέθους των συγκεκριμένων Ε.Ε.Λ., τα όρια εκροής είναι :

Πίνακας Ορίων Εκροής Ε.Ε.Λ. Βόλου

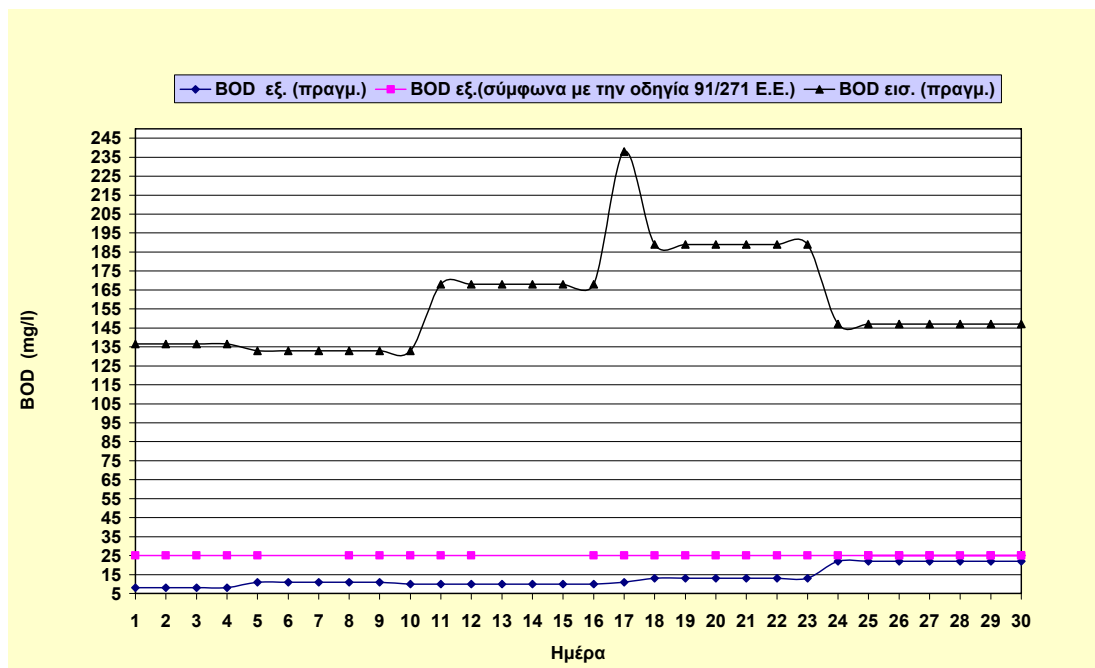
ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΟΡΙΑ ΕΚΡΟΗΣ
SS	35 mg/l
BOD5	25 mg/l
COD	125 mg/l
N – NH ₄	80% της εισόδου
P	2 mg/l

Στα παρακάτω διαγράμματα εμφανίζεται η εκροή της εγκατάστασης σε σχέση με τα παραπάνω όρια για τους προαναφερθέντες μήνες.

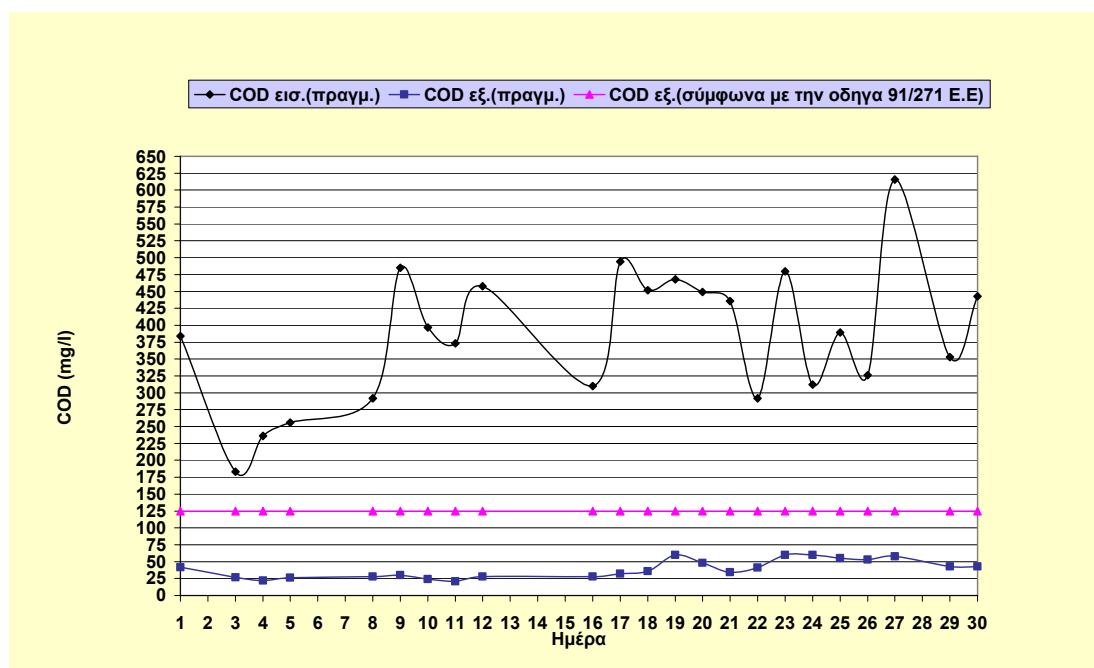
Ιούνιος 2004

Παρατηρούμε ότι:

✚ Η απόδοση στο οργανικό φορτίο BOD και COD (διαγράμματα 17,18) είναι πάντα στο πλαίσιο της οδηγίας, ανεξάρτητα από τα φορτία και τις τιμές εισόδου.

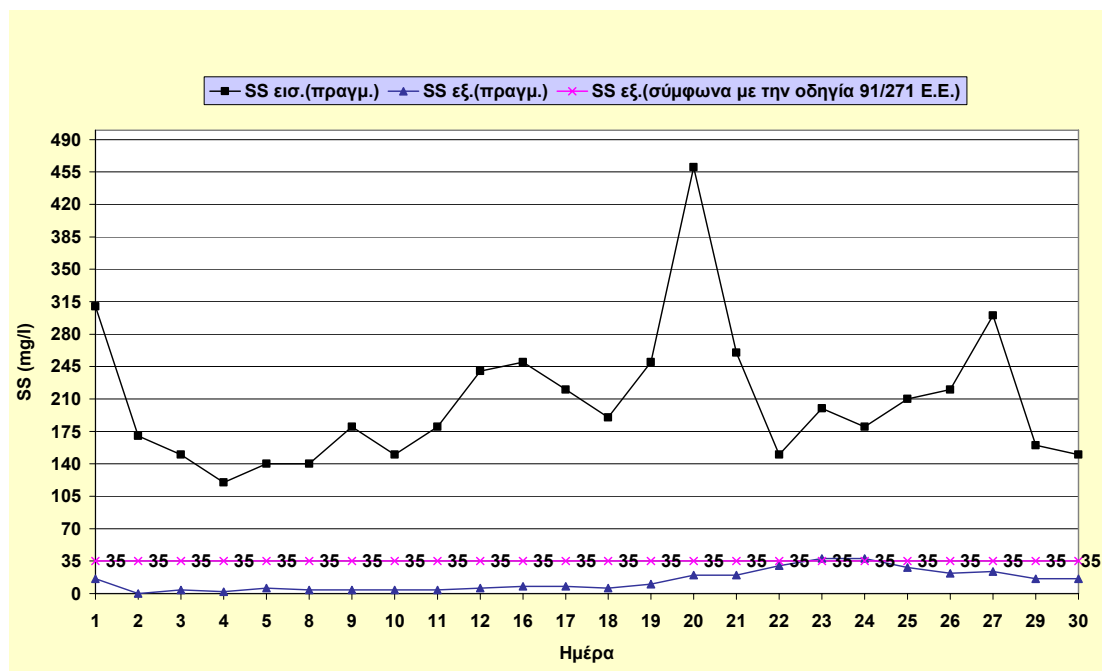


Διάγραμμα 17: BOD (mg/l) μηνός Ιουνίου 2004



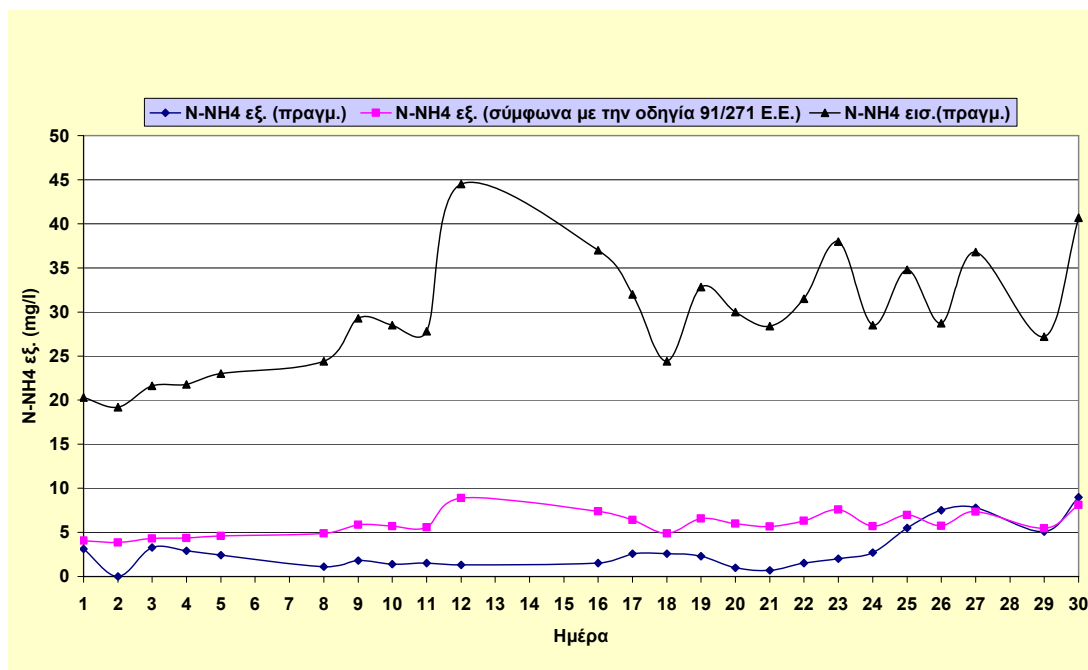
Διάγραμμα 18: COD (mg/l) μηνός Ιουνίου 2004

Η απόδοση στα SS (διάγραμμα 19) είναι επίσης στο πλαίσιο της οδηγίας ανεξάρτητα από τις τιμές εισόδου



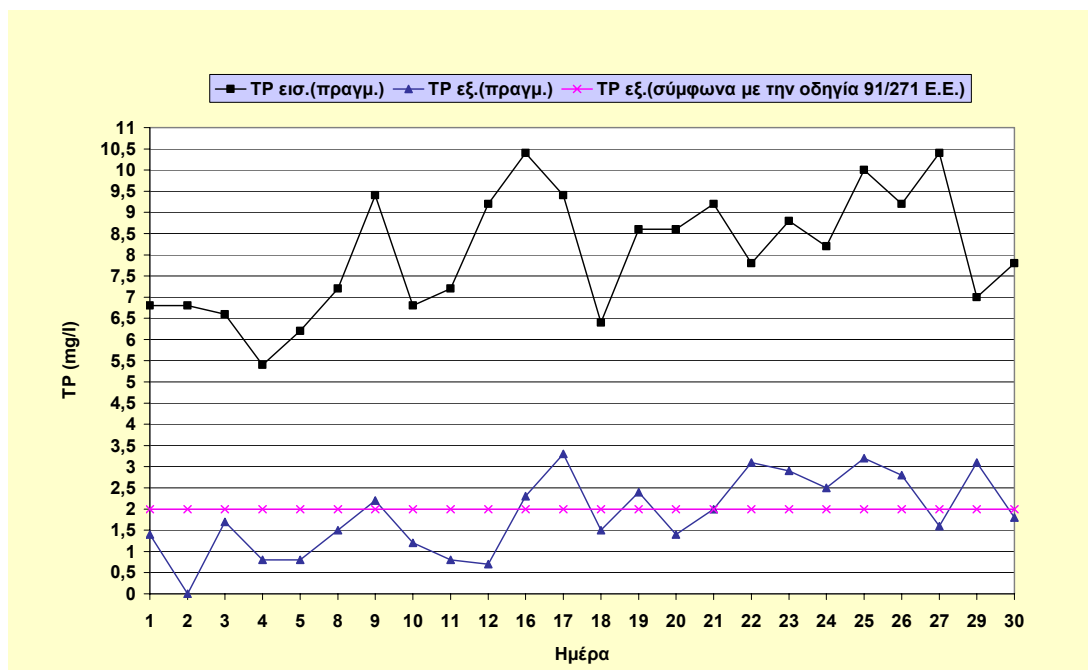
Διάγραμμα 19: SS (mg/l) μηνός Ιουνίου 2004

Η απόδοση στο αμμωνιακό άζωτο (διάγραμμα 20) είναι στο πλαίσιο της οδηγίας με εξαίρεση της τελευταίες 5 ημέρες του μήνα, όπου εμφανίζεται οριακή υπέρβαση χωρίς να σχετίζεται με τα φορτία εισόδου.



Διάγραμμα 20 : N-NH₄ εξ. (mg/l) για τον μήνα Ιούνιο 2004

Η απόδοση στο P (διάγραμμα 21) το δεύτερο μισό του μήνα, υπερβαίνει το όριο εκροής ενώ φαίνεται ότι σχετίζεται με τα φορτία εισόδου. Αυτό είναι λογικό δεδομένου ότι το μεγαλύτερο τμήμα της απομάκρυνσης του φωσφόρου γίνεται με τη χρήση κροκιδωτικού (παράγραφος 4, FeClSO_4), του οποίου η δοσολογία δεν μεταβάλλεται ανάλογα με τη συγκέντρωση του φωσφόρου στην είσοδο των Ε.Ε.Λ. για τον απλό λόγο ότι οι χημικές αναλύσεις υστερούν αντικειμενικά ένα εικοσιτετράωρο της πραγματικής εισόδου, καθώς πραγματοποιούνται σε σύνθετο εικοσιτετράωρο δείγμα.

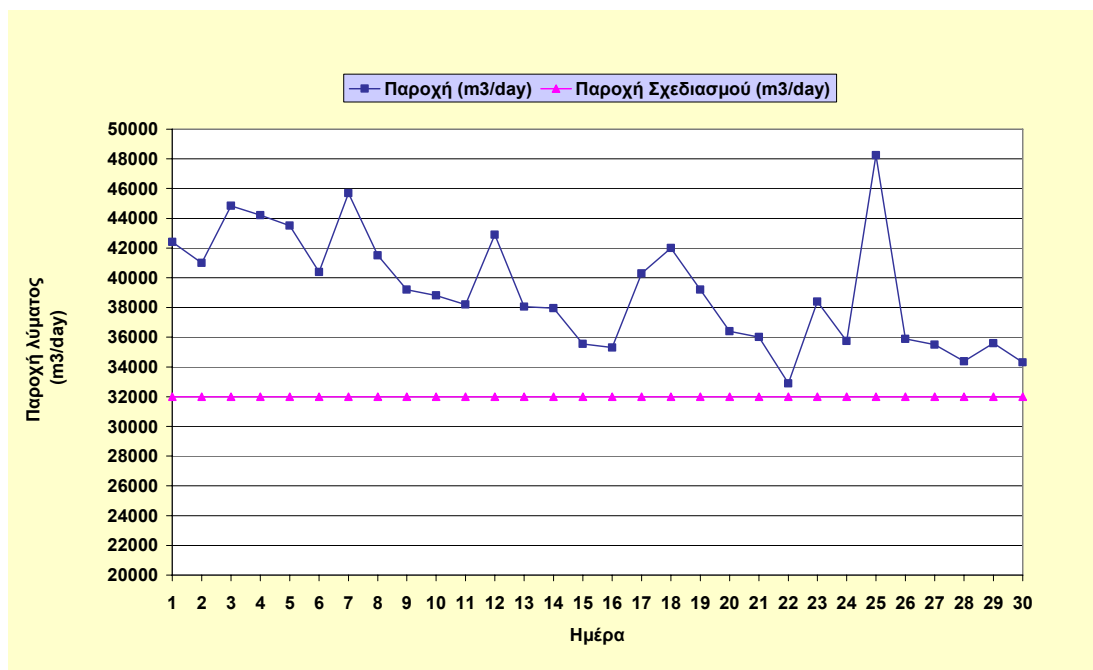


Διάγραμμα 21: TP (mg/l) μηνός Ιουνίου 2004

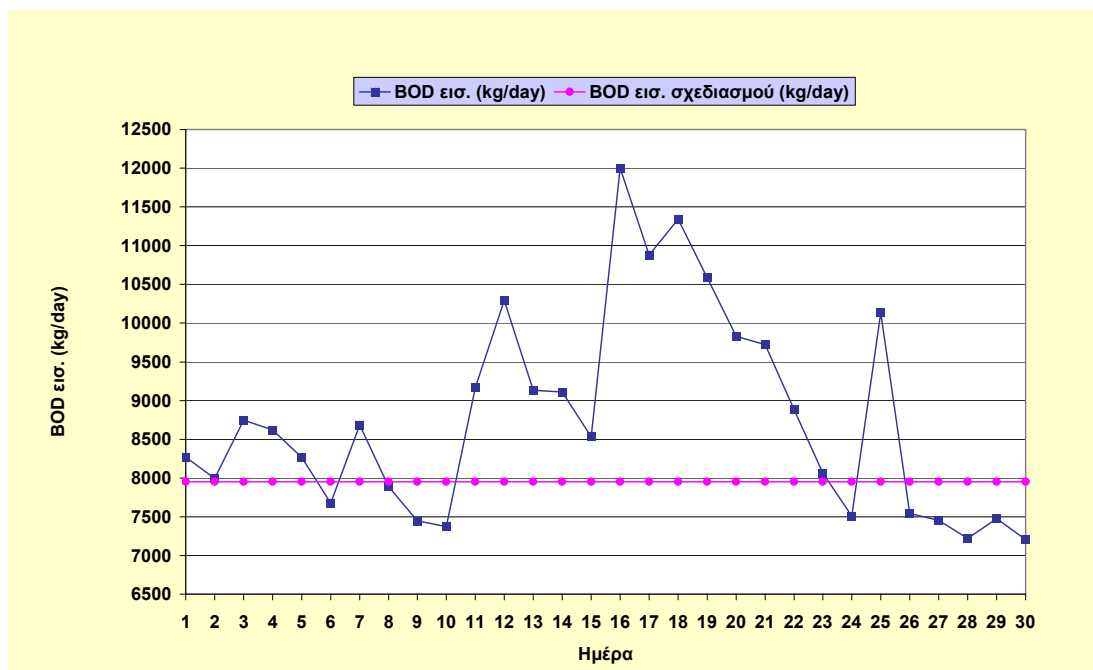
- Γενικά ωστόσο παρατηρείται μια σχετική χειροτέρευση των δεδομένων της εκροής την τελευταία εβδομάδα του μήνα. Το γεγονός αυτό είναι μεν αποδεκτό εφόσον βρίσκεται εντός των ορίων, ωστόσο μεταφράζεται σε επιπλέον κιλά ρυπαντικού φορτίου που καταλήγει στη θάλασσα. Προσπαθώντας να εξηγήσουμε αυτό το γεγονός, εξετάσαμε τη λειτουργία της εγκατάστασης σε σχέση με τα δεδομένα σχεδιασμού της ως προς την υδραυλική παροχή (διάγραμμα 22), το φορτίο BOD (διάγραμμα 23) και το φορτίο SS (διάγραμμα 24).
- Παρατηρούμε ότι η μεν υδραυλική παροχή είναι μονίμως μεγαλύτερη της παροχής σχεδιασμού και άρα δεν είναι λόγος της σχετικής χειροτέρευσης που έχουμε παρατηρήσει, τα δε φορτία BOD και SS την παραπάνω περίοδο είναι μικρότερα εκείνων του σχεδιασμού και επομένως δεν αποτελούν την απάντηση στο πρόβλημα, πολύ περισσότερο που όπως φαίνεται από τα διαγράμματα οι Ε.Ε.Λ. είχαν άριστα αποτελέσματα και στις περιπτώσεις όπου τα φορτία αυτά ξεπερνούσαν κατά πολύ τα αντίστοιχα του σχεδιασμού. Ο λόγος επομένως της σχετικής αναχαίτισης της επεξεργασίας οφείλεται σε παράγοντα που αφορά τη λειτουργία του βιολογικού αντιδραστήρα.

✚ Εξετάζοντας τις καθημερινές μετρήσεις του χημείου των εγκαταστάσεων για τις δεξαμενές αερισμού και τον μήνα Ιούνιο ως προς το pH, ML/L, MLSS, SVI παρατηρήσαμε ότι είχαμε μία σημαντική πτώση στα MLSS ακριβώς αυτή την περίοδο. Επομένως η σχετική χειροτέρευση των αποτελεσμάτων της επεξεργασίας οφείλεται ακριβώς σε αυτό, στη μείωση δηλαδή της ενεργούς μάζας στον αερισμό, η οποία και αποδομεί το ρυπαντικό φορτίο. Στο ίδιο γεγονός οφείλεται προφανώς και η χειροτέρευση των ενεργειακών δεδομένων στην αντίστοιχη χρονική περίοδο (διαγράμματα 14, 15).

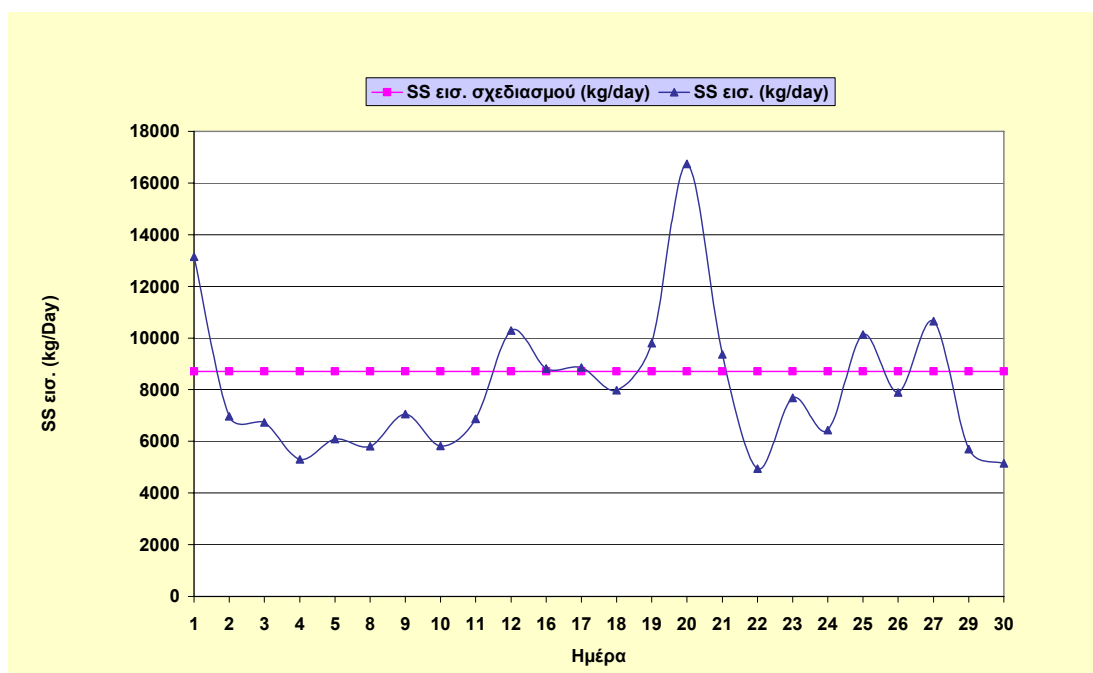
✚ Οι χειριστές των Ε.Ε.Λ. στους οποίους εκτέθηκε ο προβληματισμός, επιβεβαίωσαν το παραπάνω συμπέρασμα, επειδή την ίδια χρονική περίοδο υπήρχε απόφραξη στον αγωγό της λάσπης ανακυκλοφορίας, με αποτέλεσμα τα MLSS να συγκεντρώνονται στις δεξαμενές τελικής καθίζησης. Αυτό επιβεβαιώνεται και από τα αποτελέσματα του μηνός Ιουλίου, οπότε και οι συγκεντρώσεις των MLSS στον αερισμό επανήλθαν στα φυσιολογικά επίπεδα μετά την αποκατάσταση του προβλήματος.



Διάγραμμα 22: Παροχή λύματος (m³/day) μηνός Ιουνίου 2004



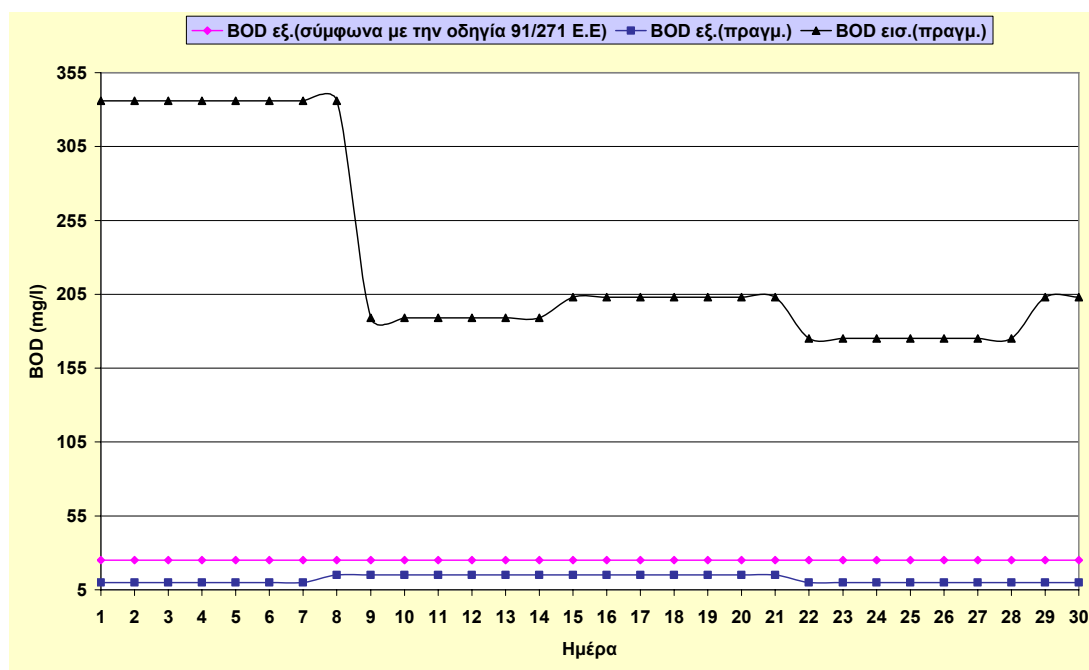
Διάγραμμα 23: BOD εισόδου μηνός Ιουνίου 2004



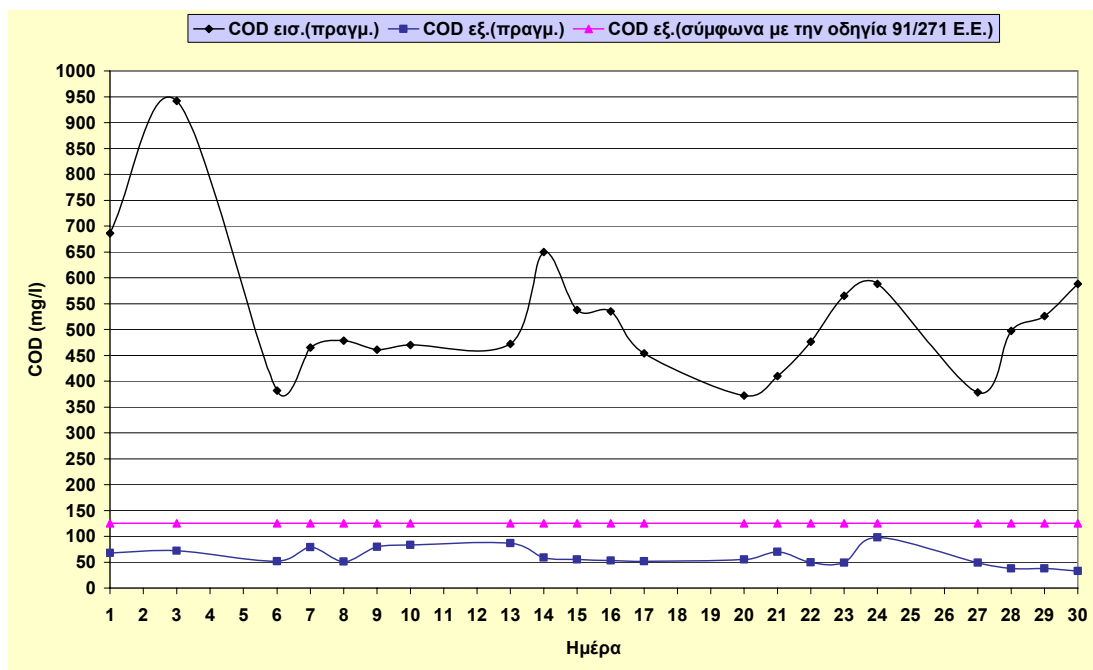
Διάγραμμα 24: SS εισόδου (kg/day) μηνός Ιουνίου 2004

Ιούνιος 2005

✚ Η απόδοση στο οργανικό φορτίο BOD και COD (διαγράμματα 25,26) είναι πάντα στο πλαίσιο της οδηγίας, ανεξάρτητα από τα φορτία και τις τιμές εισόδου.

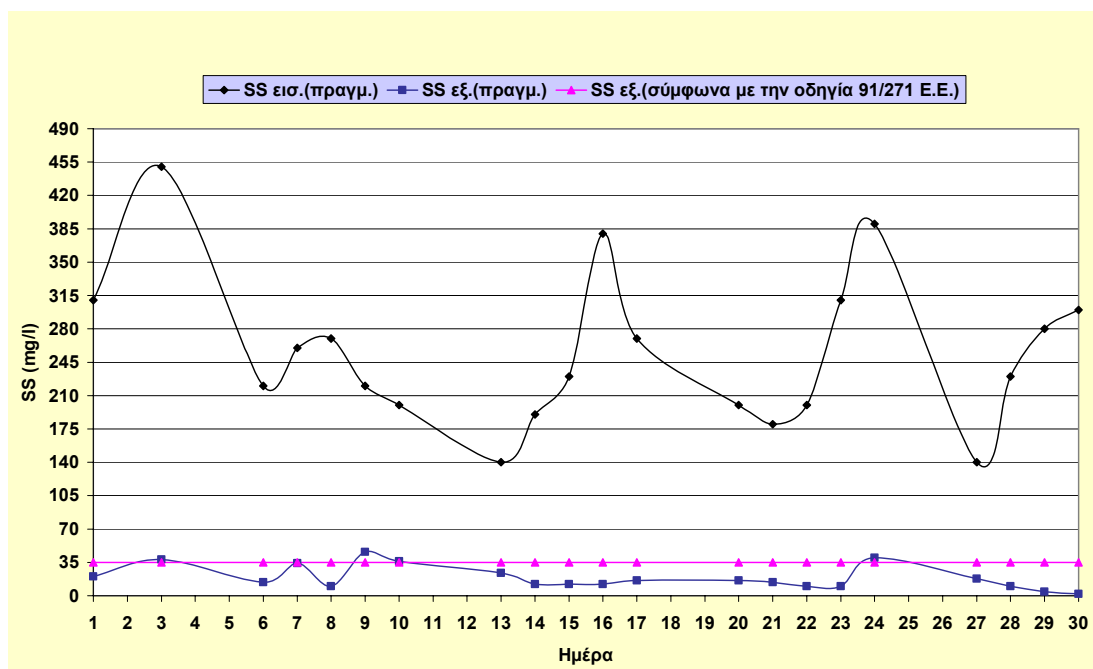


Διάγραμμα 25: BOD (mg/l) μηνός Ιουνίου 2005



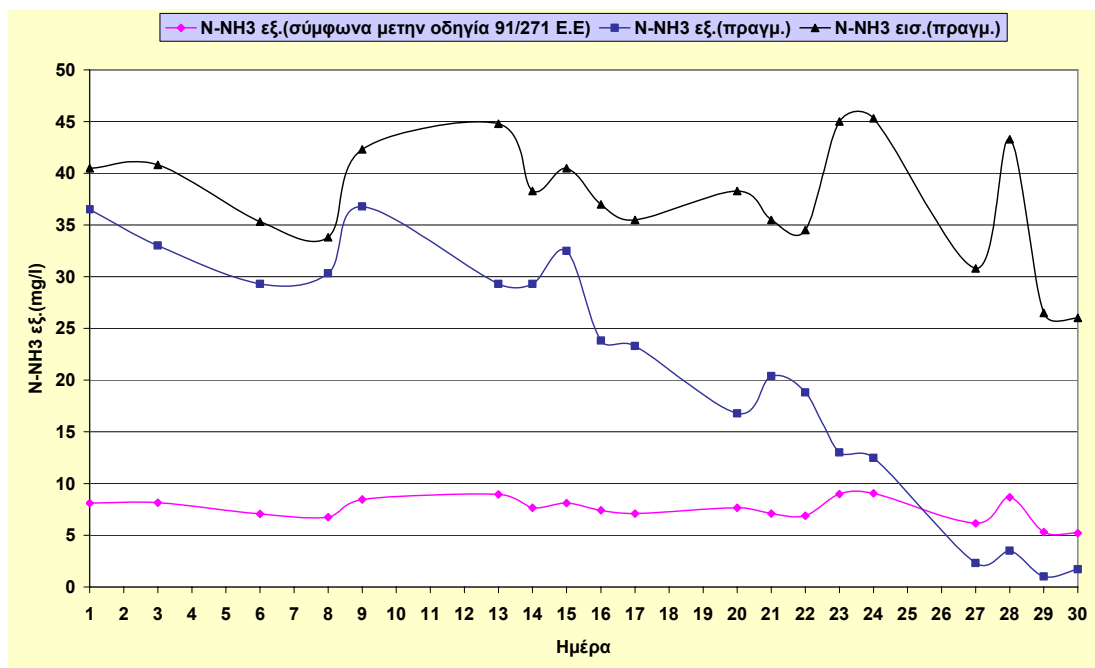
Διάγραμμα 26: COD (mg/l) μηνός Ιουνίου 2005

Η απόδοση στα SS (διάγραμμα 27) είναι επίσης στο πλαίσιο της οδηγίας ανεξάρτητα από τις τιμές εισόδου



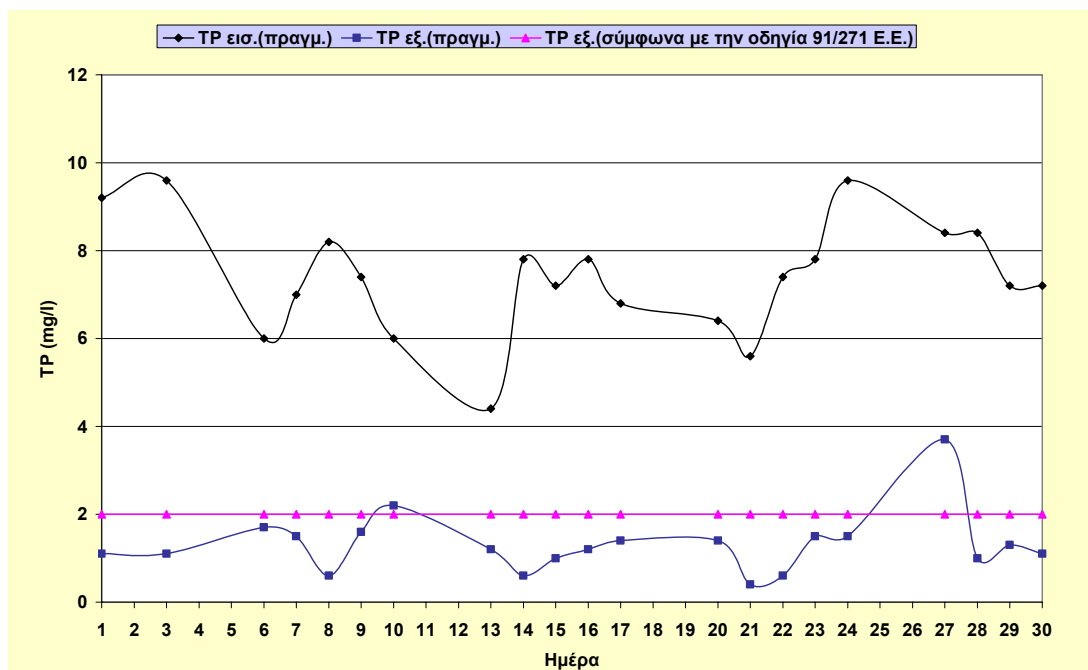
Διάγραμμα 27: SS (mg/l) μηνός Ιουνίου 2005

✚ Η απόδοση του συστήματος σε ότι αφορά την απομάκρυνση του N-NH_4 , είναι ελλειμματική (διάγραμμα 28). Οι λόγοι δεν προσδιορίζονται από τα στοιχεία του συγκεκριμένου μήνα. Κατά τους χειριστές του συστήματος αυτό οφείλεται στις ιδιαίτερα υψηλές υδραυλικές παροχές του Μαΐου, οι οποίες είχαν σαν αποτέλεσμα την αναστολή της διαδικασίας της απονιτροποίησης. Προς το τέλος του μήνα οπότε οι παροχές ήταν στα πλαίσια τα πλαίσια σχεδιασμού (32000 m³/ημέρα) η διαδικασία επιτεύχθηκε και τα αποτελέσματα ήταν εντός των προβλεπόμενων ορίων.

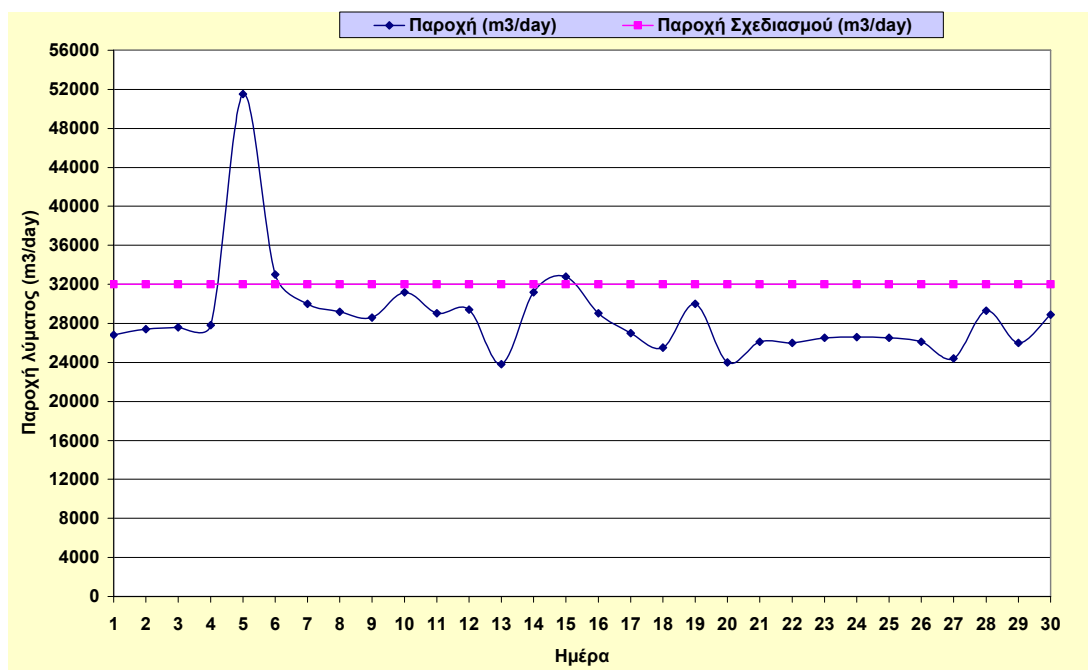


Διάγραμμα 28: N-NH₃ εξ. (mg/l) μηνός Ιουνίου 2005

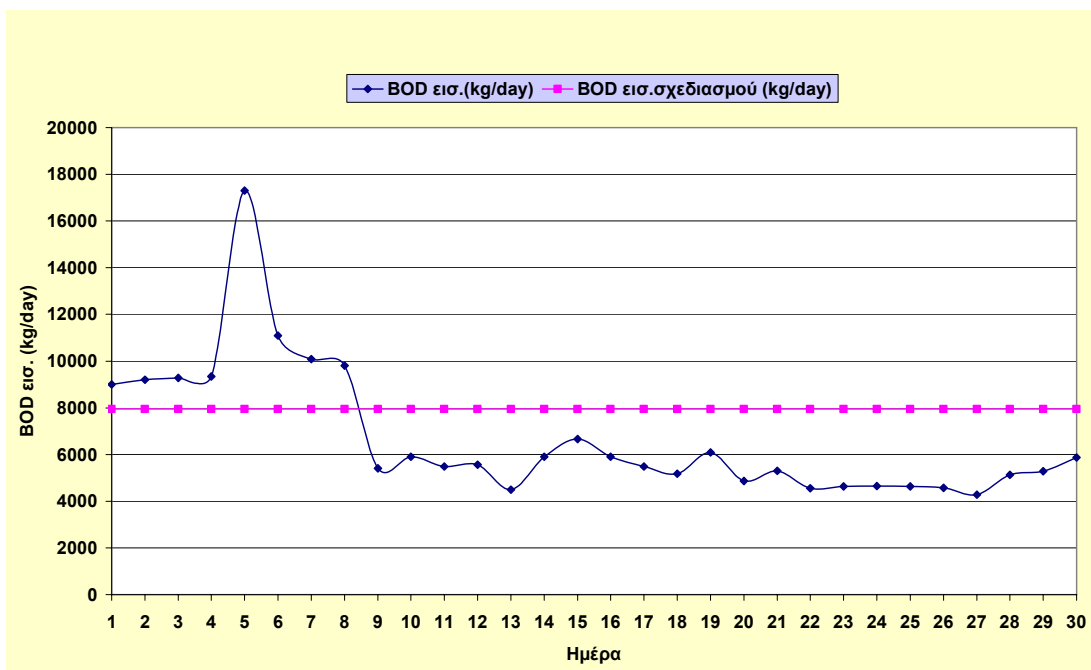
✚ Η έξοδος ως προς το TP (διάγραμμα 29) είναι εντός ορίων. Η μία τιμή που ξεφεύγει οφείλεται σε εσφαλμένη δοσομέτρηση κροκιδωτικού



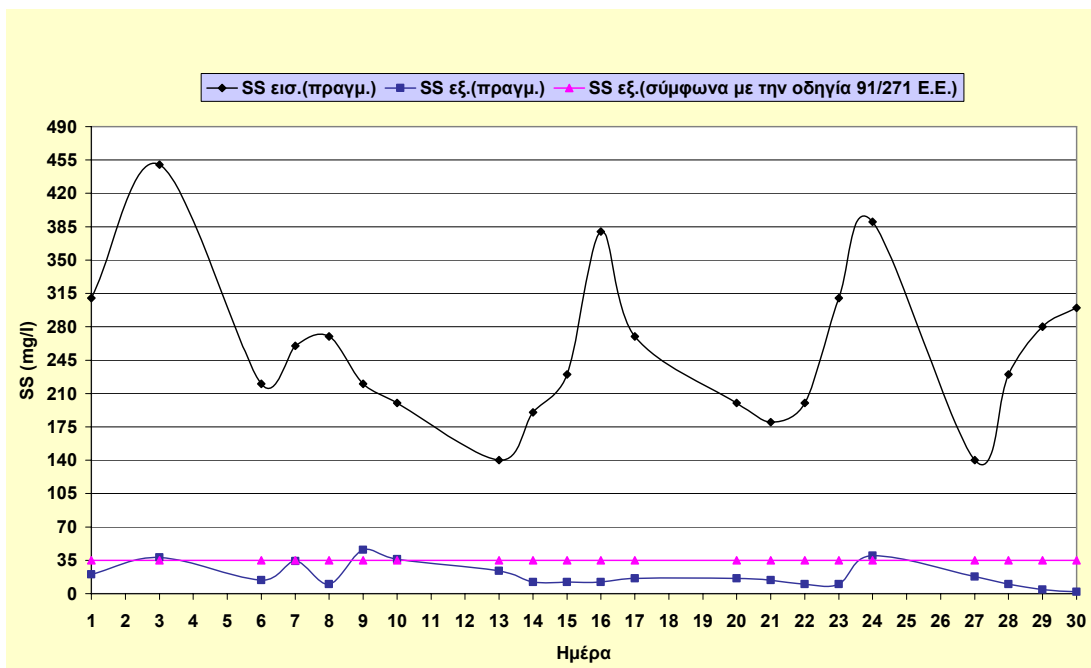
Διάγραμμα 29: TP (mg/l) μηνός Ιουνίου 2005



Διάγραμμα 30: Παροχή λύματος (m³/day) μηνός Ιουνίου 2005

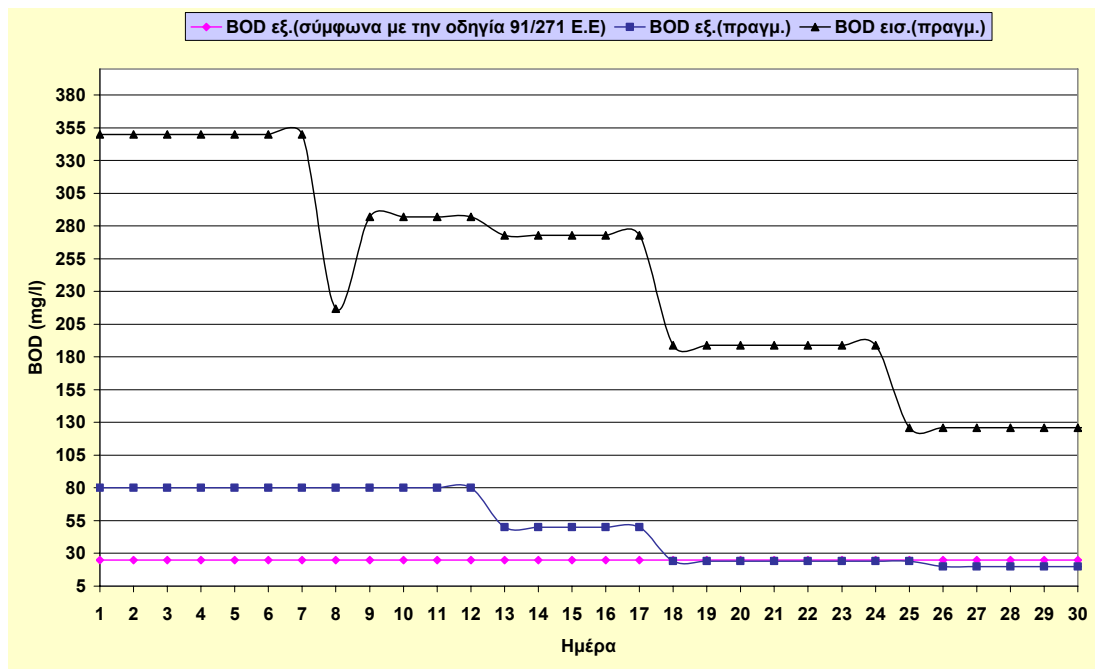


Διάγραμμα 31: BOD εισόδου (kg/day) μηνός Ιουνίου 2005

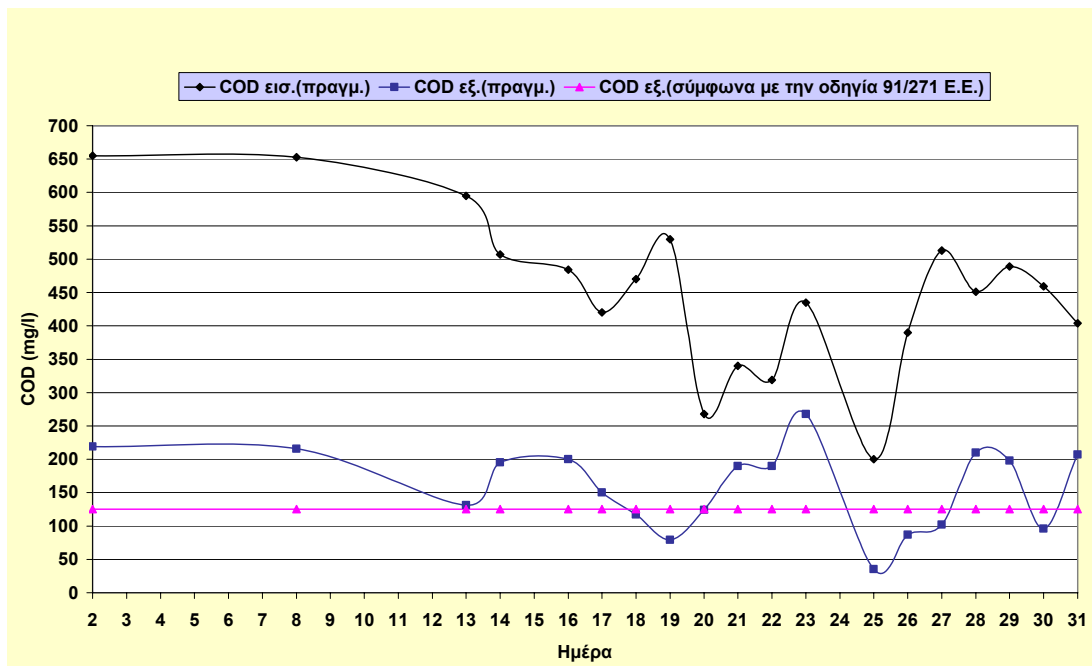


Διάγραμμα 32: SS εισόδου (kg/day) μηνός Ιουνίου 2005

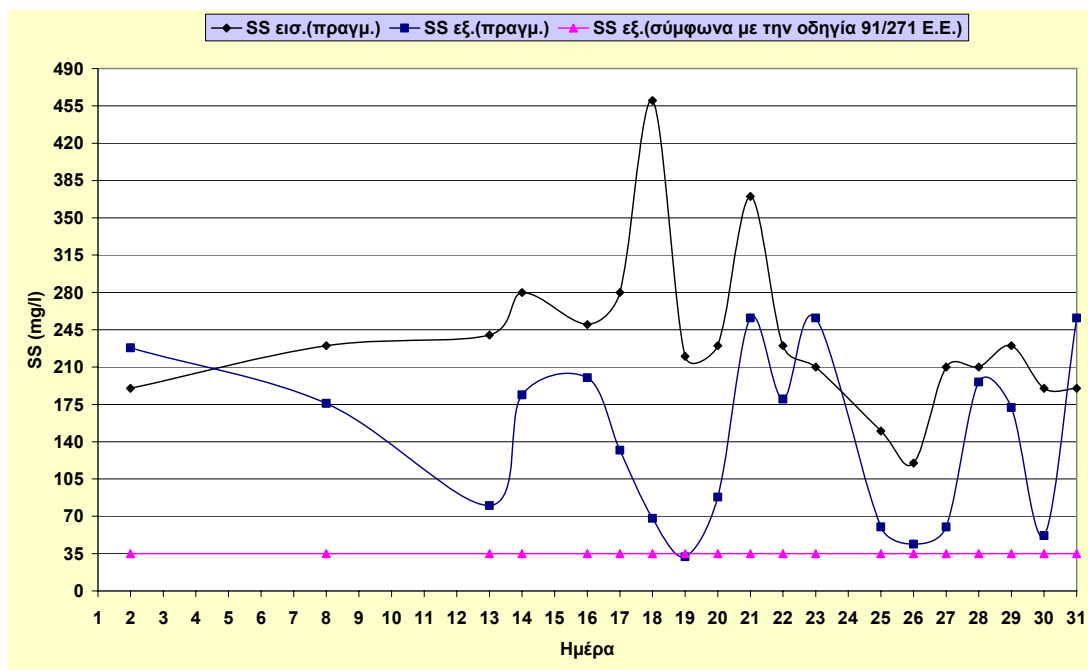
Ιανουάριος 2004



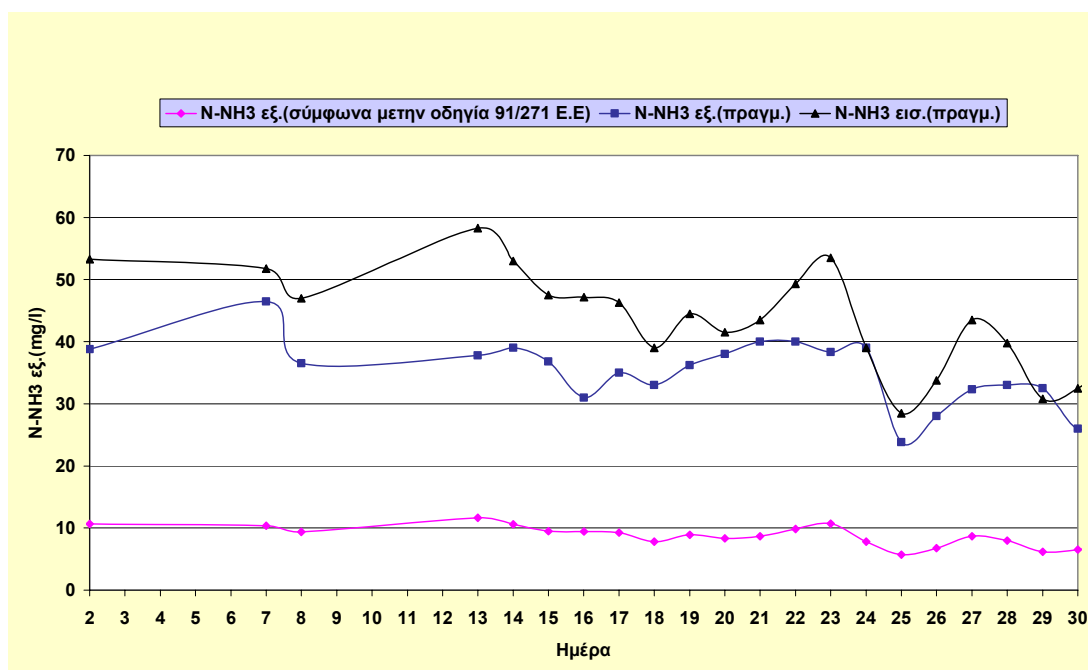
Διάγραμμα 33: BOD (mg/l) μηνός Ιανουαρίου 2004



Διάγραμμα 34: COD (mg/l) μηνός Ιανουαρίου 2004



Διάγραμμα 35: SS (mg/l) μηνός Ιανουαρίου 2004



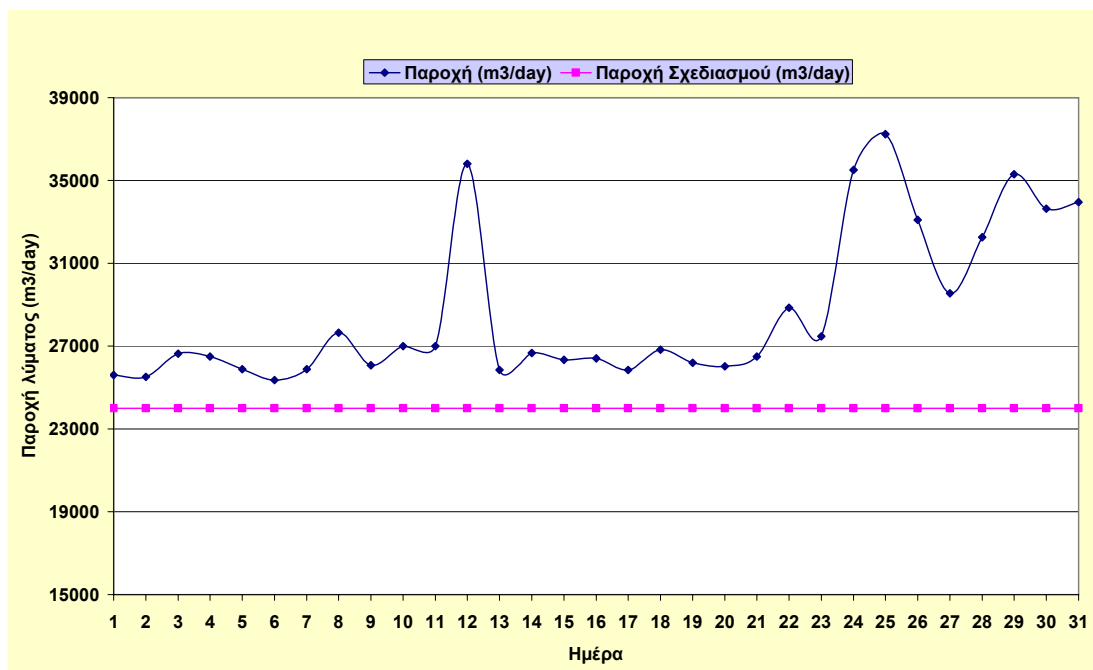
Διάγραμμα 36: N-NH3 εξόδου (mg/l) μηνός Ιανουαρίου 2004

✚ Παρατηρούμε ότι υπάρχει δυσλειτουργία του συστήματος σε όλες τις παραμέτρους και ότι μόνο προς το τέλος του μήνα υφίσταται μία βελτίωση οπότε το οργανικό φορτίο (BOD, COD) στην έξοδο είναι εντός ορίων, ενώ δεν υφίσταται πρακτικά επεξεργασία στο αμμωνιακό άζωτο. Τα παραπάνω οφείλονται όπως ήδη έχουμε αναφέρει

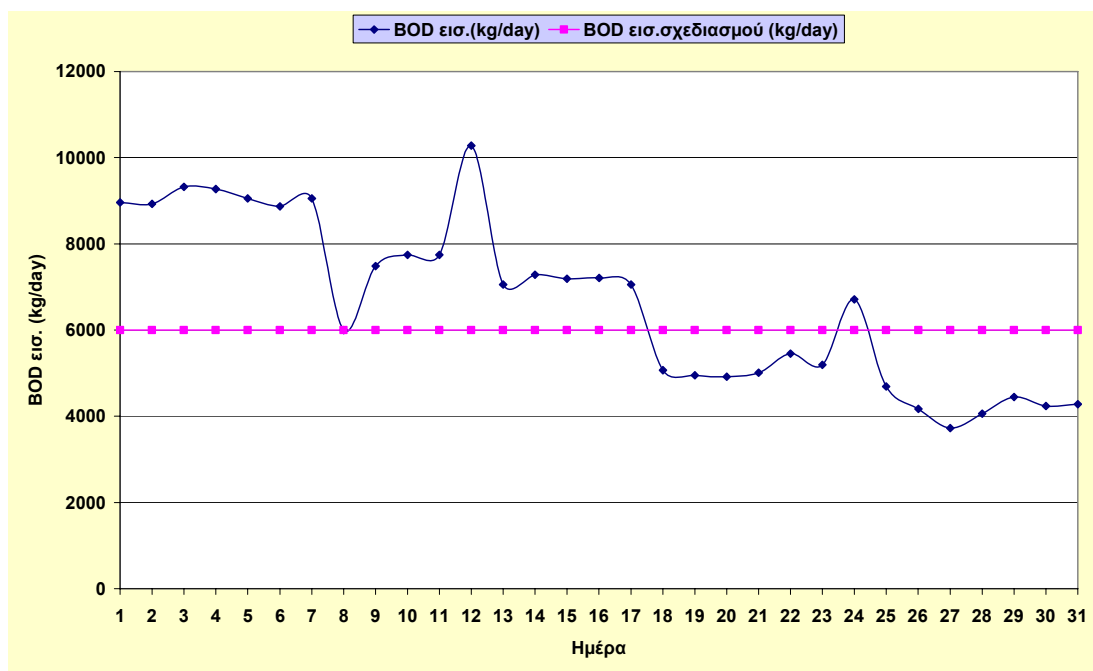
1. Στις χαμηλές θερμοκρασίες
2. Στην συντήρηση των δεξαμενών αερισμού, δηλαδή στη λειτουργία του συστήματος με τρεις(3) δεξαμενές, γεγονός που οδηγεί σε λειτουργία εκτός των συνθηκών σχεδιασμού και
3. Στα ιδιαίτερα μεγάλα φορτία αμμωνιακού αζώτου στην είσοδο

✚ Ιδιαίτερα για τα αιωρούμενα στερεά όπου εμφανίζονται και τιμές εξόδου μεγαλύτερες από τις τιμές εισόδου χωρίς καμία λογική εξήγηση, η γνώμη των χειριστών του συστήματος είναι ότι αυτό οφείλεται σε διαφυγή ενεργούς ιλύος στην έξοδο κατά τις εργασίες της συντήρησης.

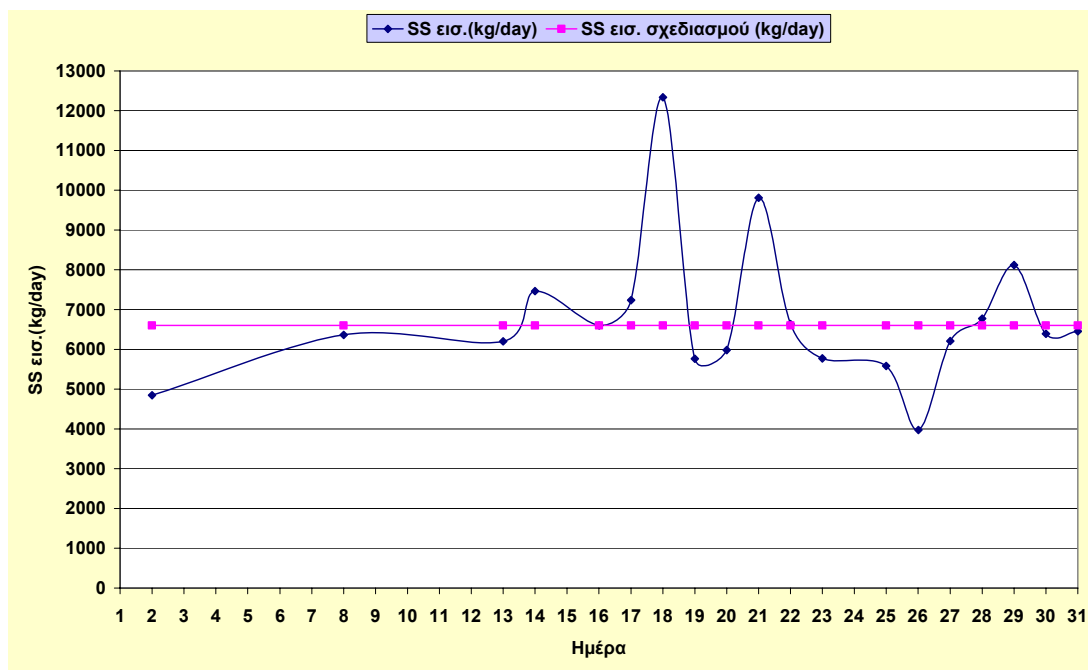
✚ Η συντήρηση των δεξαμενών αερισμού οδηγεί σε λειτουργία εκτός του σχεδιασμού, όπως φαίνεται στα διαγράμματα που ακολουθούν όπου σαν σχεδιασμός έχει ληφθεί το 75% των φορτίων του κεφαλαίου 3.



Διάγραμμα 37: Παροχή Λύματος (m³/day) μηνός Ιανουαρίου 2004

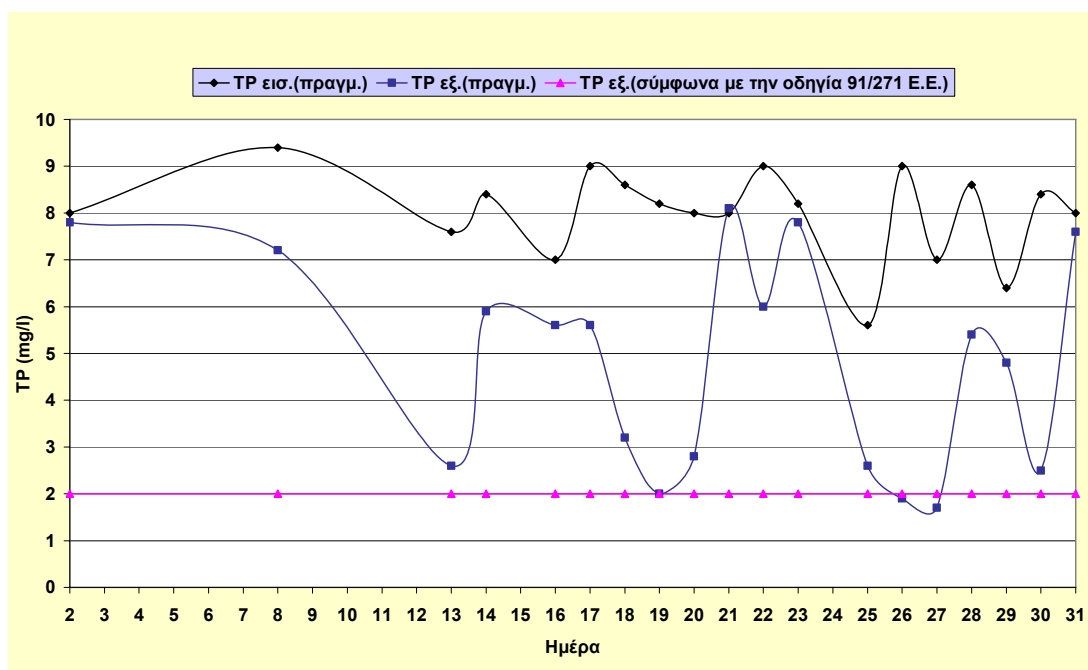


Διάγραμμα 38: BOD εισόδου (kg/day) μηνός Ιανουαρίου 2004



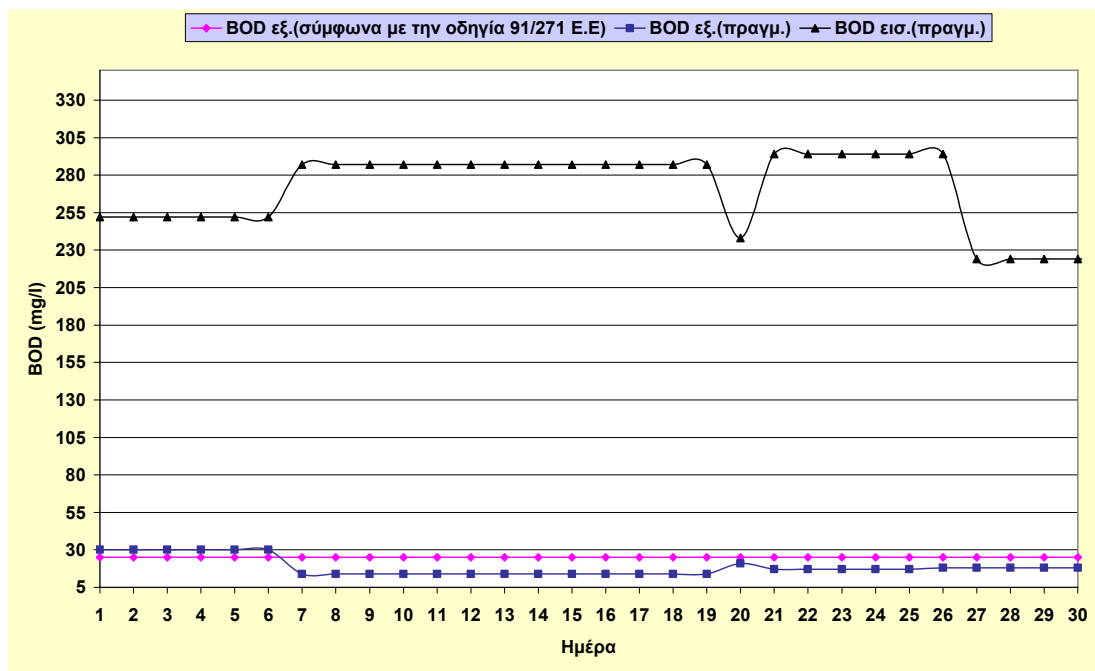
Διάγραμμα 39: SS εισόδου (kg/day) μηνός Ιανουαρίου 2004

- Σε ότι αφορά στην απόδοση του συστήματος ως προς το TP, η δυσαρμονία οφείλεται σε προβλήματα της δοσομέτρησης κροκιδωτικού

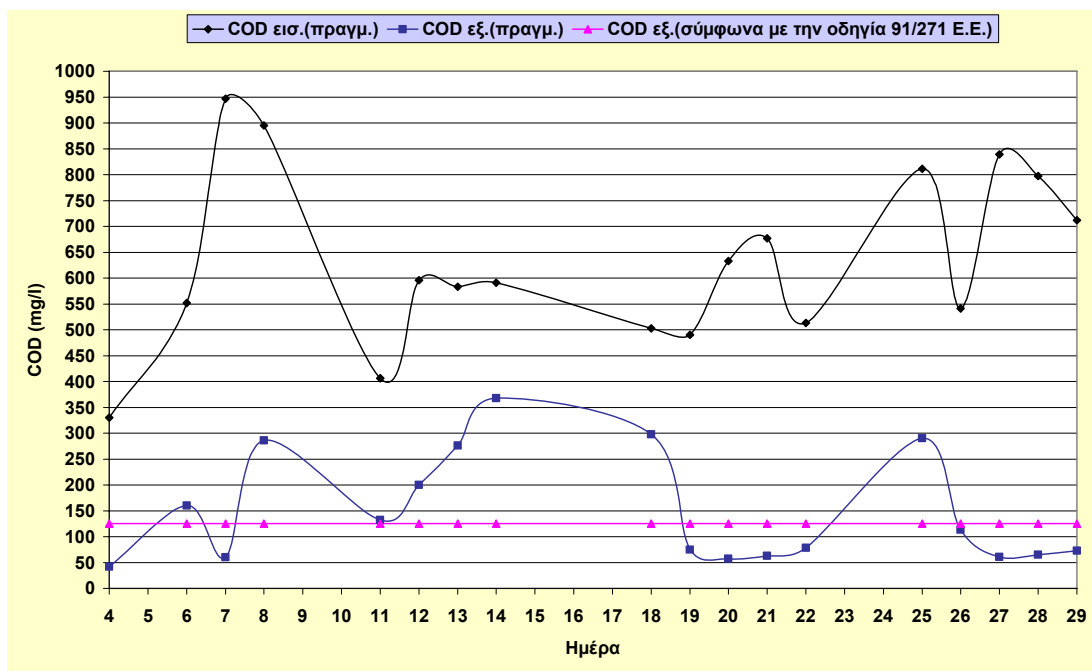


Διάγραμμα 40: TP (mg/l) μηνός Ιανουαρίου 2004

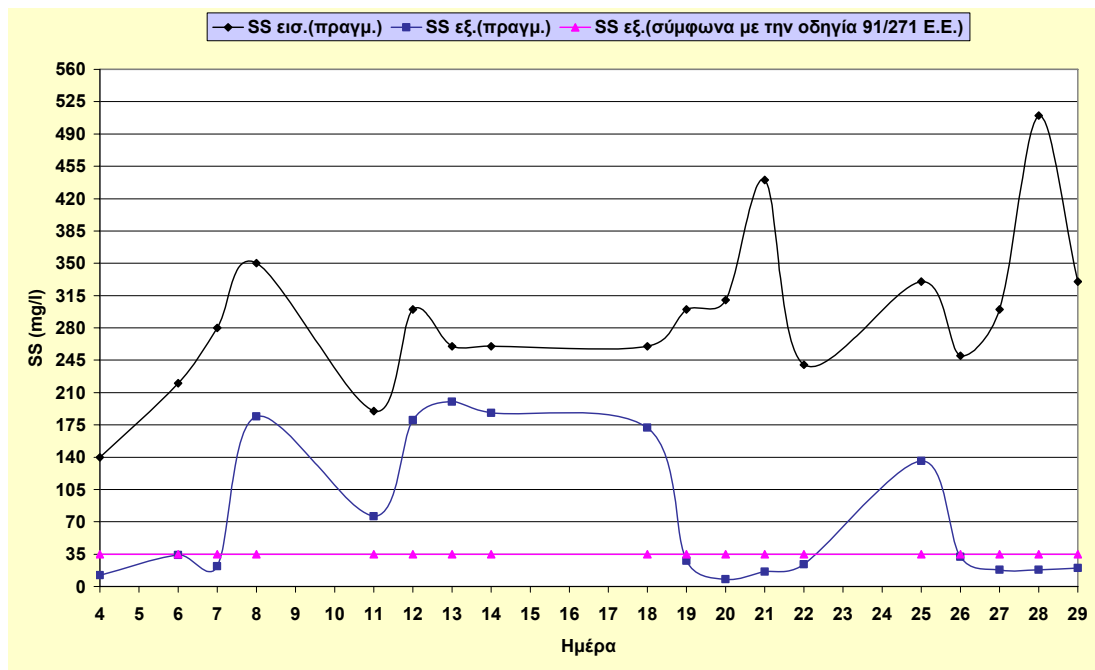
Ιανουάριος 2005



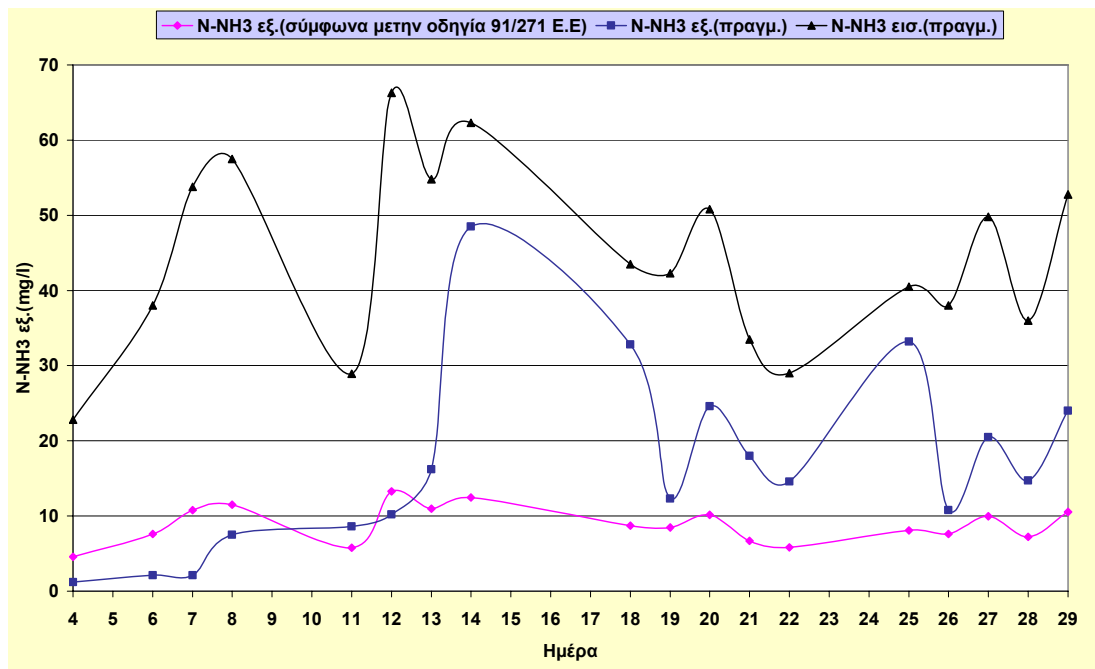
Διάγραμμα 41: BOD (mg/l) μηνός Ιανουαρίου 2005



Διάγραμμα 42: COD (mg/l) μηνός Ιανουαρίου 2005

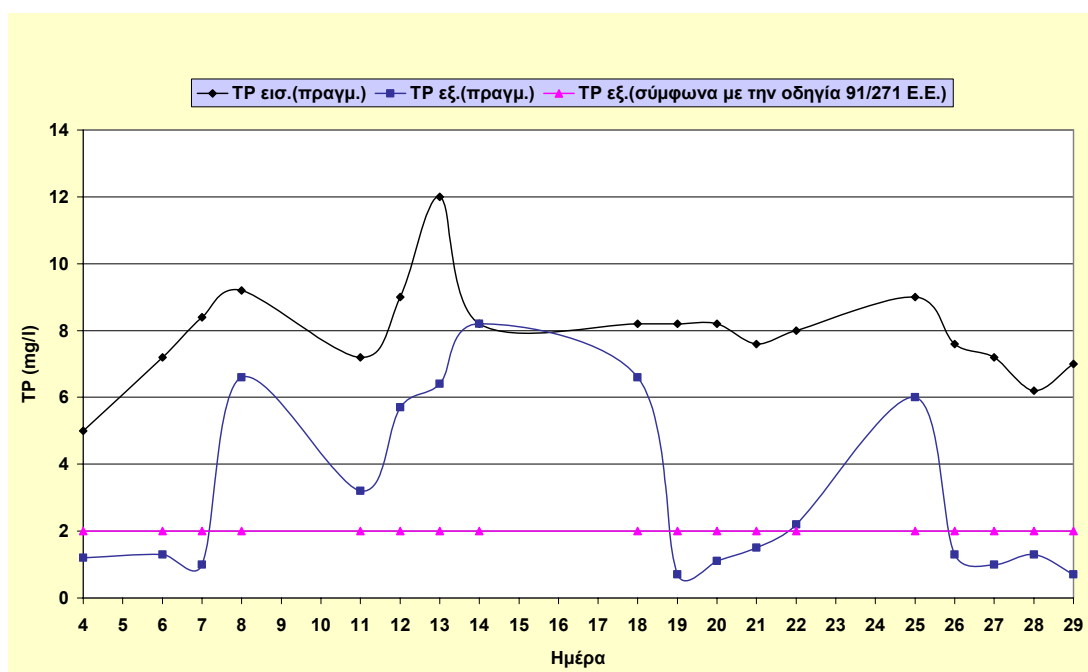


Διάγραμμα 43: SS (mg/l) μηνός Ιανουαρίου 2005



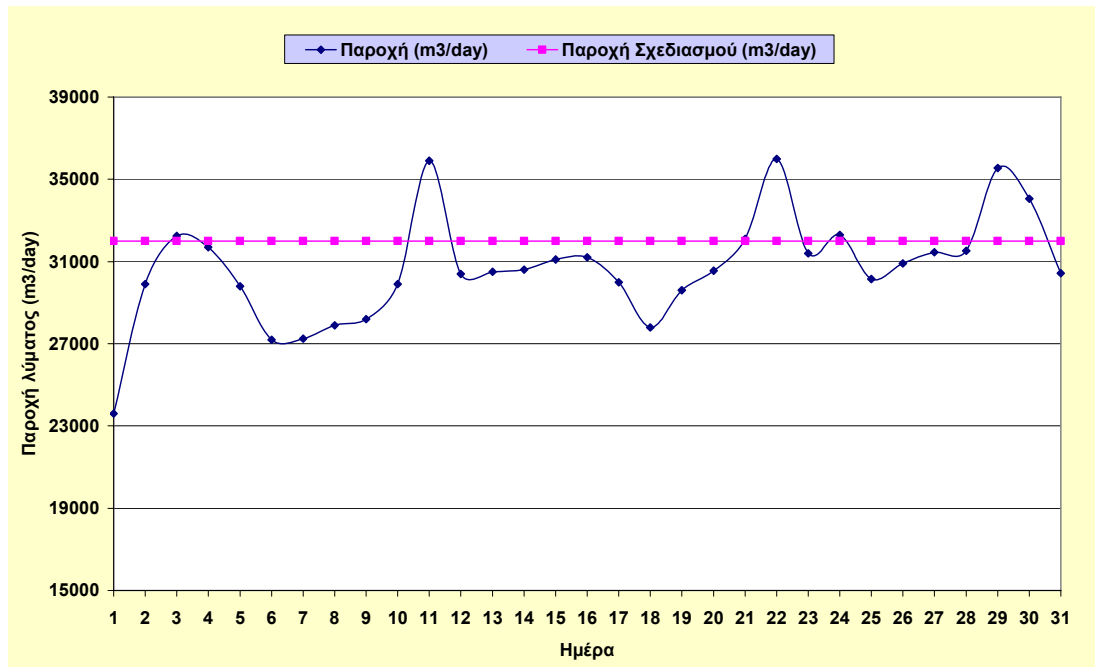
Διάγραμμα 44: N-NH3 εξ.(mg/l) μηνός Ιανουαρίου 2005

- Η απόδοση του συστήματος, σε ότι αφορά το οργανικό φορτίο (BOD, COD) και τα αιωρούμενα στερεά (SS) γενικά ικανοποιητική. Ορισμένες αποκλίσεις οφείλονται κυρίως στο γεγονός ότι τόσο υδραυλικά όσο και άποψη φορτίων οι εγκαταστάσεις λειτουργούσαν το μεγαλύτερο διάστημα με υπέρβαση των δεδομένων σχεδιασμού.
- Σε ότι αφορά το άζωτο γενικά, τα φορτία τόσο του νιτρικού όσο και του αμμωνιακού αζώτου ήταν εκτός σχεδιασμού με αποτέλεσμα την αναστολή της σχετικής διαδικασίας.

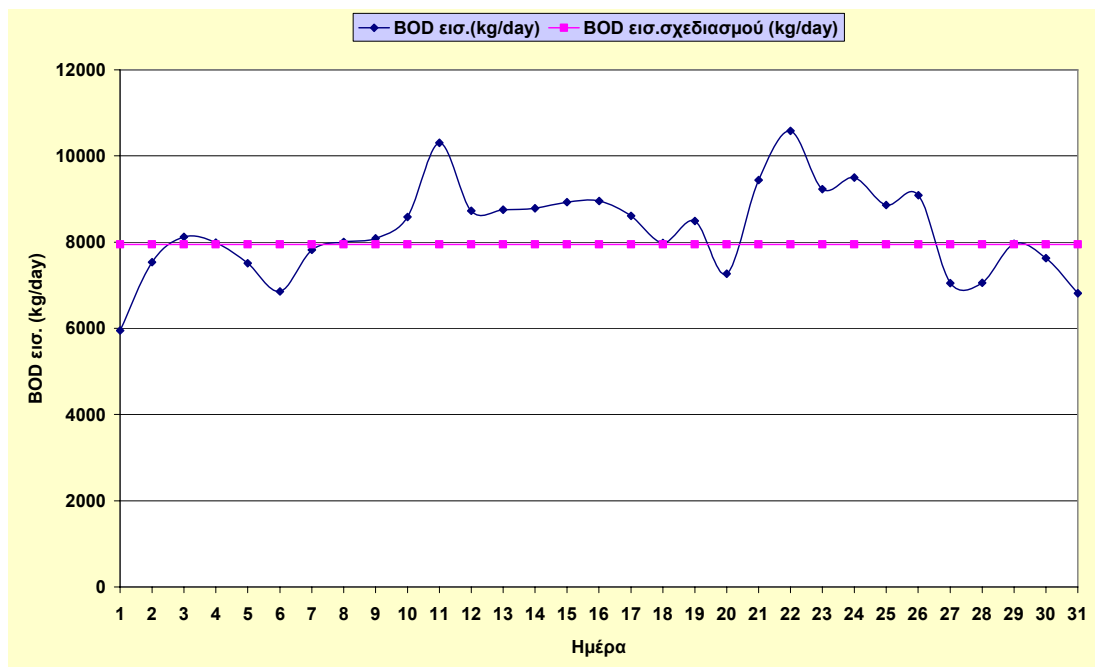


Διάγραμμα 45: TP (mg/l) μηνός Ιανουαρίου 2005

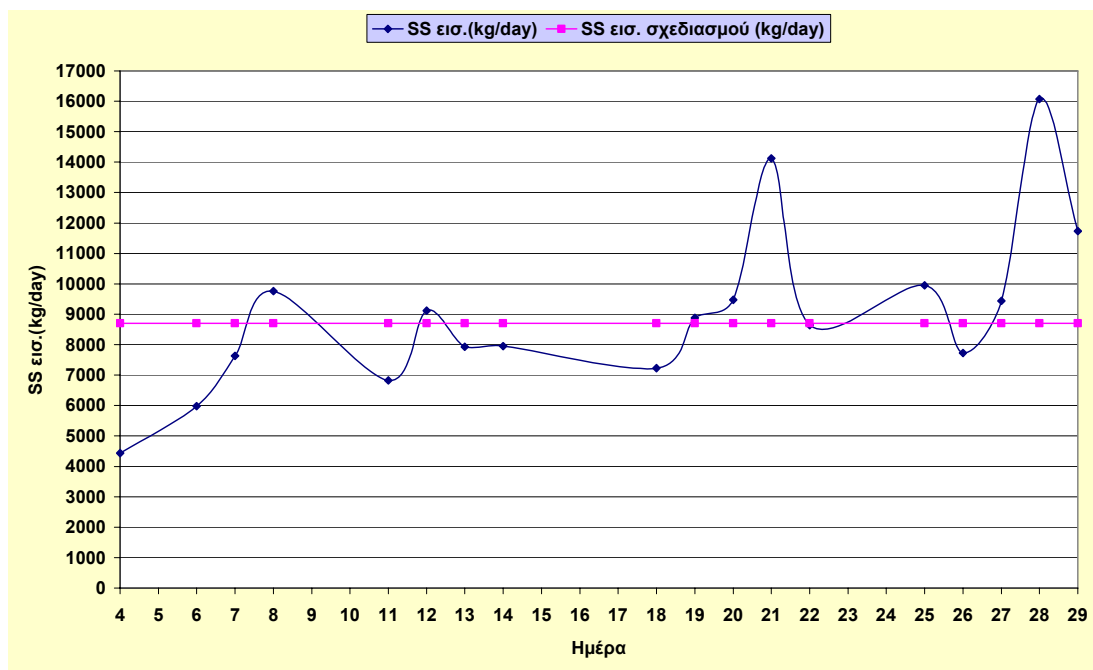
- Σε ότι αφορά στην απόδοση του συστήματος ως προς το TP, η δυσαρμονία οφείλεται σε προβλήματα της δοσομέτρησης κροκιδωτικού.



Διάγραμμα 46: Παροχή Λύματος (m³/day) μηνός Ιανουαρίου 2005



Διάγραμμα 47: BOD εισόδου (kg/day) μηνός Ιανουαρίου 2005



Διάγραμμα 48: BOD εισόδου (kg/day) μηνός Ιανουαρίου 2005

4. Συμπεράσματα

Η Ε.Ε.Λ του Βόλου, είναι μια εγκατάσταση σημαντική για την προστασία του περιβάλλοντος της περιοχής, ιδιαίτερα του Παγασητικού κόλπου. Από την εξέταση των συνθηκών λειτουργίας της και των αποτελεσμάτων στην έξοδο στους μήνες Ιανουάριο και Ιούνιο των ετών 2004 και 2005, προκύπτουν ενδιαφέροντα συμπεράσματα. Τα συμπεράσματα αυτά παρουσιάζονται στη συνέχεια.

4.1 Η ζήτηση οξυγόνου στις δεξαμενές Αερισμού

Πέραν των όσων συμπερασμάτων, εκτίθενται στα ιδιαίτερα κεφάλαια, παρατηρούμε ότι η σταθερή σχέση μεταξύ της θεωρητικής και πραγματικής ζήτησης συνδυάζεται με την ποιότητα της εξόδου. Έτσι στους μήνες που η θεωρητική ζήτηση παρακολουθεί την πραγματική, η έξοδος είναι απόλυτα ικανοποιητική και εντός των προβλεπόμενων ορίων, ενώ όταν η σχέση μεταξύ θεωρητικής και πραγματικής ζήτησης δεν έχει ομαλότητα παρατίθενται 'άσχημα' αποτελέσματα.

Οι παραδοχές αφ' ενός για την απόδοση της πρωτοβάθμιας επεξεργασίας σε ότι αφορά την αποδόμηση του BOD κατά 30% και αφ' ετέρου του TKN μέσω του αμμωνιακού αζώτου είναι γενικά επαρκείς για μια χοντρική εκτίμηση της ζήτησης οξυγόνου στον Αερισμό, είναι όμως σημαντικά ανεπαρκείς για την εξαγωγή λεπτομερών συμπερασμάτων. Ωστόσο στην Ε.Ε.Λ δεν υπήρχε δυνατότητα δείγματος στην έξοδο της πρωτοβάθμιας επεξεργασίας, ενώ αναλύσεις TKN(Αζωτο κατά Kjeldahl) δεν πραγματοποιούνται.

4.2 Ενεργειακά Αποτελέσματα

Σε όλες τις χρονικές περιόδους που εξετάσαμε την σχέση Kwh/kgO_2 , είναι εξαιρετικά σταθερή και αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα το σύστημα παραγωγής, διανομής και διάθεσης του αέρα στις δεξαμενές αερισμού έχει καλή σχεδίαση και λειτουργεί χωρίς προβλήματα.

Υπάρχει σημαντική απόκλιση στις τιμές που λαμβάνουν οι σχέσεις Kwh/kg απομακρυνόμενου BOD και kgO_2/kg απομακρυνόμενου BOD, ενώ μεταξύ τους οι καμπύλες είναι ταυτόσημες. Αυτό εξηγείται από το γεγονός της σταθερότητας στη σχέση Kwh/kgO_2 , ενώ η μεγάλη διαφορά των τιμών οφείλεται, στην κατανάλωση οξυγόνου κατά την διαδικασία της νιτροποίησης, η οποία είτε λόγω των φορτίων είτε λόγω των συνθηκών είναι διαφοροποιημένη.

4.3 Αποτελέσματα Επεξεργασίας

Το γενικό συμπέρασμα είναι ότι οι Ε.Ε.Λ, επιτυγχάνουν τους στόχους τους εφ' όσον λειτουργούν στα πλαίσια του σχεδιασμού τους. Γενικά ωστόσο λειτουργούν με μεγάλη ποικιλομορφία στα φορτία εισόδου, μεγάλες χρονικές περιόδους λειτουργούν με υπέρβαση των δεδομένων σχεδιασμού ή με οριακότητα ως προς αυτά, με αποτέλεσμα η έξοδος να υπολείπεται των ορίων.

Η λειτουργία σε οριακές συνθήκες επιτείνεται ιδιαίτερα στις περιόδους συντήρησης των δεξαμενών, οπότε για τις ανάγκες συντήρησης μειώνεται ο αριθμός των σε λειτουργία δεξαμενών και επομένως χειροτερεύουν οι συνθήκες λειτουργίας

Ιδιαίτερα ευαίσθητη είναι η διαδικασία της νιτροποίησης – απονιτροποίησης, καθώς η αναστολή της επανέρχεται με μεγάλη δυσκολία και είναι ιδιαίτερα χρονοβόρο. Για την άρση των δυσλειτουργιών, της έλλειψης εφεδρειών και οριακότητας των Ε.Ε.Λ, έχει εκπονηθεί μελέτη για την επέκτασή τους η οποία βρίσκεται υπό χρηματοδότηση.

5. Βιβλιογραφία

1. *Βιολογικός Καθαρισμός Αστικών Αποβλήτων*. Αναστάσιος Ι. Στάμου.
2. *Επεξεργασία και Διάθεση Υγρών Αποβλήτων*. Γρηγόριος Π. Μαρκαντωνάτος.
3. *Αποχετεύσεις Εγκαταστάσεις Καθαρισμού Λυμάτων – Αποβλήτων*. Παναγιώτης Σ. Κόλλιας.
4. *Water Technology*. N. F. Gray.
5. *Στοιχεία Υγιεινής Περιβάλλοντος και Υγειονομικής Μηχανικής*. Γρηγόριος Π. Μαρκαντωνάτος.
6. *Wastewater Engineering*. Metcalf & Eddy.