

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Έλεγχος Ποιότητας και Διαχείριση Περιβάλλοντος»

**« Προσομοίωση της Λειτουργίας της Εγκατάστασης
Επεξεργασίας Λυμάτων της Κ.ΕΡ.ΕΦ.Υ.Τ. με το πακέτο
λογισμικού STOAT »**

ΧΡΥΣΟΥΛΑ ΧΡΙΣΤΙΝΑΚΗ
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Ε. ΔΙΑΜΑΝΤΟΠΟΥΛΟΣ

Χανιά, Δεκέμβριος 2002

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦ.		Σελ.
1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1	Γενική τοποθέτηση του προβλήματος	1
1.2	Η παρούσα εργασία	3
2.	ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ	4
2.1	Γενικά	4
2.2	Προσομοίωση εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων σε μόνιμη κατάσταση	5
2.3	Προσομοίωση εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων σε δυναμική κατάσταση	7
3.	ΤΟ ΠΑΚΕΤΟ STOAT	10
3.1	Γενικά	10
3.2	Περιγραφή του 1 ^{ου} μοντέλου αντιδραστήρα ενεργού ιλύος (ASAL1, ASAL1A.)	14
3.3	Περιγραφή μοντέλου δεξαμενής τελικής καθίζησης SSED1	16
3.4	Γενική περιγραφή των στοιχείων που πρέπει να προσδιορισθούν στον βιολογικό αντιδραστήρα	19
3.5	Γενική περιγραφή των στοιχείων που πρέπει να προσδιορισθούν στην δεξαμενή τελικής καθίζησης	24
4.	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΙΛΟΤΙΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ ΚΕΡΕΦΥΤ	29
5.	ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	37
5.1	Μεθοδολογία – περιγραφή εργασιών	37
5.2	Επεξεργασία και πινακοποίηση μετρήσεων	38
5.3	Επιλογή μοντέλων βιολογικού αντιδραστήρα και δεξαμενής τελικής καθίζησης - Προσδιορισμός γεωμετρικών μεγεθών και χαρακτηριστικών λειτουργίας - επισημάνση των παραμέτρων που θα διερευνηθούν	39
5.4	Προσδιορισμός του μοντέλου και της παροχής απομάκρυνσης της ιλύος	43
5.5	Μελέτη ευαισθησίας του συστήματος σε σχέση με την επιλεγμένη συγκέντρωση MLSS – προσδιορισμός MLSS setpoint.	44
5.6	Διερεύνηση των σχέσεων που συνδέουν τις χαρακτηριστικές παραμέτρους της ιλύος.	48
5.7	Επιλογή μοντέλου καθιζησιμότητας της ιλύος	50

5.8	Μελέτη ευαισθησίας του συστήματος σε σχέση με τον δείκτη $SSVI_{3.5}$ της ιλύος και το ποσοστό μη καθιζανόντων στερεών –προσδιορισμός του δείκτη $SSVI_{3.5}$ της ιλύος και του ποσοστού μη καθιζανόντων στερεών	51
5.9	Μελέτη ευαισθησίας του συστήματος σε σχέση με την χαρακτηριστική παράμετρο καθίζησης στην ζώνη χαμηλών συγκεντρώσεων στερεών, b_2 (discrete parameter) – προσδιορισμός του discrete parameter	55
5.10	Μελέτη ευαισθησίας του συστήματος σε σχέση με την μεταβολή της τιμής του ορίου πάχυνσης, onset of flocculation - προσδιορισμός της τιμής onset of flocculation	58
5.11	Μελέτη ευαισθησίας του συστήματος σε σχέση με τον ρυθμό νιτροποίησης – προσδιορισμός ρυθμού νιτροποίησης	58
5.12	Έλεγχος του μοντέλου σε δυναμικά μεταβαλλόμενες συνθήκες λειτουργίας με την φόρτιση της 17 ^{ης} Μαρτίου	59
5.13	Μελέτη ευαισθησίας του συστήματος σε σχέση με τον μέγιστο ρυθμό παροχής οξυγόνου maximum K_{La} - προσδιορισμός του μέγιστου ρυθμού παροχής οξυγόνου maximum K_{La}	60
5.14	Συγκεντρώσεις των SS στην έξοδο των δεξαμενών τελικής καθίζησης κατά την δυναμική φόρτιση- επαναπροσδιορισμός των χαρακτηριστικών της ιλύος	69
5.15	Ανακεφαλαίωση των βημάτων της προσομοίωσης – Τελικό μοντέλο της εγκατάστασης που προσομοιώνεται	70
5.16	Σχολιασμός αποτελεσμάτων	81
6.	ΤΟ ΠΑΚΕΤΟ ΣΤΟΑΤ ΩΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΕΡΓΑΛΕΙΟ	83
7.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	85

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενική τοποθέτηση του προβλήματος

Από τα μέσα περίπου του εικοστού αιώνα, με την εντατικοποίηση της βιομηχανικής ανάπτυξης, άρχισε η παραγωγή και αποχέτευση μεγάλων ποσοτήτων αστικών και άλλων υγρών αποβλήτων στο έδαφος και σε υδάτινους αποδέκτες με σοβαρές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Η μελέτη και κατασκευή έργων επεξεργασίας αστικών υγρών αποβλήτων θεωρήθηκε τότε ότι θα αντιμετώπιζε οριστικά τα προβλήματα που σχετίζονται με τη διαχείριση των υγρών αποβλήτων. Πολύ γρήγορα όμως, άρχισαν να αναδύονται σοβαρά προβλήματα απόδοσης, κόστους λειτουργίας και γενικά διαχείρισης αυτών των έργων, που η ικανοποιητική αντιμετώπισή τους εξακολουθεί να είναι ζητούμενο στη σημερινή πραγματικότητα.

Η λειτουργία πολλών μονάδων δεν επιτυγχάνει εκροές εντός των επιτρεπομένων ορίων και σε αρκετές καινούργιες εγκαταστάσεις χρειάζεται να γίνουν τροποποιήσεις ή αλλαγές σημαντικής δαπάνης για να επιτευχθεί πιο αξιόπιστη λειτουργία και να πληρούνται οι περιβαλλοντικές εγκρίσεις. Επίσης, λόγω της μεταβολής της νομοθεσίας και της θέσπισης αυστηρότερων περιβαλλοντικών όρων, αλλά και λόγω διαφόρων παραγόντων που δεν είχαν προβλεφθεί (όπως η ραγδαία ανάπτυξη κάποιας περιοχής, η αλλαγή της σύστασης των προς επεξεργασία αστικών λυμάτων, η επίδραση των βιομηχανικών αποβλήτων και οι σημαντικές μεταβολές παροχών και φορτίων σε περιοχές με εποχιακό τουρισμό ή μικτά δίκτυα αποχέτευσης), συχνά επιβάλλεται η επέκταση, τροποποίηση ή αναβάθμιση πολλών μονάδων επεξεργασίας λυμάτων. Τέλος, το κόστος λειτουργίας και συντήρησης των μονάδων επεξεργασίας που καλύπτεται αποκλειστικά από τοπική χρηματοδότηση, πολλές φορές είναι δυσβάσταχτο, ιδιαίτερα όταν πρόκειται για μικρές κοινότητες με περιορισμένους πόρους.

Η επεξεργασία στην οποία υποβάλλονται τα υγρά απόβλητα πριν από την διάθεση τους διακρίνεται σε πρωτοβάθμια, δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια επεξεργασία. Στην πρωτοβάθμια επεξεργασία χρησιμοποιούνται φυσικές διεργασίες, όπως η εσχάρωση και η καθίζηση για να απομακρυνθούν τα ευμεγέθη, καθιζάνοντα και επιπλέοντα στερεά, στη δευτεροβάθμια απομακρύνεται το μεγαλύτερο μέρος του οργανικού φορτίου με βιολογικές και χημικές διεργασίες, ενώ στην τριτοβάθμια επεξεργασία, με πρόσθετο συνδυασμό διεργασιών, απομακρύνονται άλλα συστατικά, όπως το άζωτο και ο φώσφορος που δεν ελαττώνονται ικανοποιητικά με τη δευτεροβάθμια επεξεργασία.

Η δημοφιλέστερη μέχρι σήμερα μέθοδος δευτεροβάθμιας επεξεργασίας είναι το σύστημα της ενεργού ιλύος, που αναπτύχθηκε για πρώτη φορά στην Αγγλία από τους Fowler, Ardern, Mumford και Locket και ονομάσθηκε έτσι, γιατί η απομάκρυνση του οργανικού φορτίου πραγματοποιείται μέσω της παραγωγής μιας αερόβιας ενεργού μάζας μικροοργανισμών, η οποία διατηρείται αιωρούμενη μέσα στα λύματα. Στον βιοαντιδραστήρα, το οργανικό φορτίο χρησιμοποιείται ως πηγή άνθρακα και ενέργειας για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών και μετατρέπεται σε νέα κυτταρική μάζα και σε οξειδωμένα τελικά προϊόντα, κυρίως CO₂. Εκτός από τον βιοαντιδραστήρα, μια εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων, με το σύστημα της ενεργού ιλύος, περιλαμβάνει δεξαμενές δευτεροβάθμιας καθίζησης, στις οποίες διαχωρίζονται τα επεξεργασμένα λύματα από το ανάμικτο υγρό, τις μονάδες για τη διαχείριση και επεξεργασία της περίσσειας της παραγόμενης ιλύος, όπως δεξαμενές πάχυνσης, δεξαμενές χώνευσης και μονάδες αφυδάτωσης της ιλύος, καθώς και τις μονάδες φυσικού διαχωρισμού της πρωτοβάθμιας επεξεργασίας, όπως οι εσχάρες, οι δεξαμενές εξάμωσης και λιποσυλλογής και οι δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης.

Με την οδηγία 91/271 της Ευρωπαϊκής Ένωσης, μέχρι το 2005 κάθε οικισμός με πληθυσμό μεγαλύτερο από 10,000 κατοίκους είναι υποχρεωμένος να υποβάλλει τα λύματά του σε δευτεροβάθμια τουλάχιστον επεξεργασία.

Στην Ελλάδα, ο ρυθμός κατασκευής και λειτουργίας μονάδων επεξεργασίας λυμάτων, κυρίως με το σύστημα της ενεργού ιλύος, αυξάνει συνεχώς και καθώς η φάση της κατασκευής φαίνεται να ολοκληρώνεται, ιδιαίτερα για τις μεγαλύτερες πόλεις, η έμφαση πλέον μετατοπίζεται στην επιτυχή λειτουργία τους, ώστε να τηρούνται τα όρια των περιβαλλοντικών εγκρίσεων, στην τεχνικοοικονομική βελτιστοποίηση της απόδοσής τους και στην ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών οχλήσεων που προκαλούν.

Επίσης ήδη έχει εμφανισθεί η ανάγκη, σε πολλές από τις υπάρχουσες μονάδες, για επεκτάσεις, αναβαθμίσεις ή τροποποιήσεις που οφείλουν να γίνονται με εύστοχες τεχνικοοικονομικά επιλογές.

Σήμερα, με την μεγάλη και συνεχώς αυξανόμενη διάδοση της λειτουργίας μονάδων επεξεργασίας αστικών λυμάτων και την παράλληλη εξαιρετικά μεγάλη ανάπτυξη της πληροφορικής, έχουν αναπτυχθεί πολλά πακέτα λογισμικού προσομοίωσης εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων που μπορούν να αποτελέσουν ένα πολύτιμο εργαλείο για την αντιμετώπιση των πιο πάνω προβλημάτων.

1.2 Η παρούσα εργασία

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι να προσομοιωθεί δυναμικά και να μελετηθεί η λειτουργία μιας υπάρχουσας εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων με χρήση του πακέτου λογισμικού Stoa. Το Stoa είναι ένα πακέτο δυναμικών μοντέλων διεργασιών επεξεργασίας λυμάτων που δίνει τη δυνατότητα να εξετάζεται η ωριαία μεταβολή της παροχής και σύστασης των λυμάτων καθώς και τα αντίστοιχα αποτελέσματα στην εκροή των μονάδων επεξεργασίας.

Επιλέχθηκε να προσομοιωθεί η πιλοτική εγκατάσταση επεξεργασίας του Κ.ΕΡ.ΕΦ.Υ.Τ. (Κέντρου Ερευνών και Εφαρμογών Υγειονομικής Τεχνολογίας) της Ε.ΥΔ.Α.Π., όπου, στα πλαίσια ερευνητικού προγράμματος, έχουν καταγραφεί δυναμικά μεταβαλλόμενες συνθήκες λειτουργίας. Τα σχετικά στοιχεία ελήφθησαν από την διδακτορική διατριβή που εκπονήθηκε από τον κ. Γ. Χατζηκωνσταντίνου με τίτλο «Νιτροποίηση-Απονιτροποίηση σε Σύστημα Ενεργού Ιλύος».

Το κεφάλαιο 2 της παρούσας εργασίας αναφέρεται στη σκοπιμότητα της προσομοίωσης της λειτουργίας εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων και περιγράφει συνοπτικά τα πιο γνωστά σήμερα πακέτα λογισμικού σε μόνιμες και σε δυναμικές συνθήκες.

Στο κεφάλαιο 3, δίδονται στοιχεία για το δυναμικό πρόγραμμα Stoa που χρησιμοποιείται για την εκπόνηση αυτής της εργασίας.

Το κεφάλαιο 4 περιγράφει την εγκατάσταση Κ.ΕΡ.ΕΦ.Υ.Τ και τα πραγματικά στοιχεία της λειτουργίας που προσομοιώνεται.

Η εργασία της προσομοίωσης περιγράφεται στο κεφάλαιο 5.

Στο κεφάλαιο 6 αναφέρονται οι διαπιστώσεις για την χρησιμότητα του Stoa ως εκπαιδευτικού εργαλείου.

Τέλος στο κεφάλαιο 7 περιλαμβάνονται τα συμπεράσματα από την παρούσα εργασία και οι σχετικές προτάσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

2.1 Γενικά

Η αλματώδης ανάπτυξη της πληροφορικής, σε συνδυασμό με την ευρεία διάδοση της λειτουργίας μονάδων επεξεργασίας αστικών λυμάτων οδήγησε στην ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων που με συστήματα αλγεβρικών ή διαφορικών εξισώσεων περιγράφουν ικανοποιητικά τις διάφορες φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες της επεξεργασίας και κάνουν δυνατή την επιστημονική εμβάθυνση σχετικά με τους νόμους που τις διέπουν.

Παράλληλα, διευρύνθηκε σημαντικά και το πεδίο εφαρμογής της μαθηματικής μοντελοποίησης των διεργασιών. Τα μαθηματικά μοντέλα των διεργασιών χρησιμοποιούνται πλέον ως αφετηρία για αριθμητικές προσομοιώσεις ολόκληρης της εγκατάστασης επεξεργασίας και επιτρέπουν την πρόβλεψη της απόκρισης του συστήματος, κάνουν δυνατή τη βελτιστοποίηση της κατασκευής και της λειτουργίας του, και αποτελούν πολύτιμο εργαλείο για την εκπαίδευση και την έρευνα.

Κατά το στάδιο του σχεδιασμού, εύκολα εξετάζονται διάφορες εναλλακτικές διατάξεις και σενάρια λειτουργίας που μπορούν να δώσουν την επιθυμητή ποιότητα εκροών προκειμένου να επιλεγεί η κατάλληλη λύση σε σχέση με το κόστος κατασκευής και λειτουργίας και με τη διαθέσιμη έκταση.

Κατά το στάδιο της λειτουργίας, εάν είναι διαθέσιμο ένα καλά βαθμονομημένο μοντέλο, μπορούν να προσομοιωθούν και να μελετηθούν πολλές παραλλαγές του επιλεγμένου σεναρίου και να προσεγγισθούν διάφορες στρατηγικές ελέγχου και διαχείρισης της λειτουργίας της εγκατάστασης.

Στον τομέα της έρευνας, οι προσομοιώσεις αποτελούν ένα μη δαπανηρό τρόπο για να δοκιμασθούν νέες ιδέες πριν αυτές εφαρμοσθούν στην πραγματικότητα και διευρύνουν σημαντικά τις δυνατότητες για συστηματική μελέτη και έρευνα σχετικά με τις διάφορες διεργασίες και τον τρόπο λειτουργίας μιας εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων. Η σύγκριση των προβλέψεων μιας προσομοίωσης με τα πειραματικά αποτελέσματα και τις μετρήσεις σε πραγματικές εγκαταστάσεις αναδεικνύει τις τυχόν αδυναμίες στα μοντέλα των διεργασιών και βοηθά στην καλύτερη κατανόηση των φαινομένων που λαμβάνουν χώρα. Επίσης, όσον αφορά στη διερεύνηση του τρόπου λειτουργίας μιας εγκατάστασης, από τη στιγμή που αναγνωρίζονται οι κρίσιμες ποσότητες και η αλληλεπίδρασή τους, και με δεδομένες τις αριθμητικές σχέσεις που προσομοιάζουν τις σημαντικότερες από αυτές, οι τροποποιήσεις των παραμέτρων, οι αλλαγές στις αρχικές ή στις οριακές συνθήκες και

οι παραλλαγές σε ολόκληρο το σενάριο μπορούν να γίνουν με πολύ μικρότερο κόστος και σε συντομότερο χρόνο από ότι θα απαιτούσε μια πειραματική διαδικασία.

Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί πολλά πακέτα λογισμικού προσομοίωσης εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων που μπορούν να περιγράψουν την λειτουργία τους σε μόνιμες αλλά και σε δυναμικές συνθήκες και χρησιμοποιούνται σε πολλούς τομείς όπως:

- Ο σχεδιασμός νέων εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων
- Η αξιολόγηση υπαρχόντων μονάδων
- Ο σχεδιασμός επεκτάσεων τροποποιήσεων και αναβαθμίσεων υπαρχόντων εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων.
- Η διερεύνηση και ανάπτυξη σεναρίων λειτουργίας και η εκπαίδευση προσωπικού σε υπάρχουσες εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων.
- Η αναλυτική μελέτη διαφόρων μεθόδων επεξεργασίας.
- Η διεξαγωγή ερευνητικών προγραμμάτων σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων
- Η πανεπιστημιακή εκπαίδευση

2.2 Προσομοίωση εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων σε μόνιμη κατάσταση

Οι πρώτες προσομοιώσεις εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων που αναπτύχθηκαν, περιγράφουν τη λειτουργία τους σε μόνιμη κατάσταση. Με αυτές ο σχεδιασμός γίνεται με βάση τη μέση παροχή και το μέσο φορτίο των εισερχομένων λυμάτων και συνήθως εγκαθίσταται επιπλέον δυναμικότητα. Τα αποτελέσματά τους είναι αξιόπιστα ως μέσοι όροι για λειτουργία χρονικών περιόδων ενός μήνα ή και μεγαλύτερων, αλλά δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για προσέγγιση της καθημερινής λειτουργίας. Κατά συνέπεια, οι προσομοιώσεις σε μόνιμη κατάσταση είναι ιδιαίτερα χρήσιμες για τον προκαταρκτικό σχεδιασμό και την κοστολόγηση νέων εγκαταστάσεων καθώς, και για τη διαμόρφωση σεναρίων λειτουργίας για μεγάλα χρονικά διαστήματα, δεν επαρκούν όμως για τον λεπτομερή έλεγχο της ποιότητας των εκροών και την ελαχιστοποίηση του απαιτούμενου κόστους κατασκευής και λειτουργίας. Παραδείγματα αυτού του τύπου των προγραμμάτων είναι το SASSPro από την Science Traveller International, το SuperPro Designer από την Intelligen Inc., το CapdetWorks από την Hydromantis Inc. και το Plan-it STOAT από την από την εταιρεία Water Research WRc σε συνεργασία με την Camp Dresser & McKee Inc.

Η εταιρία Science Traveller International έχει αναπτύξει το πακέτο SASSPro. το οποίο προσομοιώνει μονάδες ενεργού ιλύος σε μόνιμη κατάσταση. Η μοντελοποίηση περιορίζεται στις μονάδες βιολογικών διεργασιών και περιλαμβάνει μοντέλα αερόβιας απομάκρυνσης ανθρακούχων ρύπων, απονιτροποίηση, απομάκρυνση αζώτου και απομάκρυνση φωσφόρου. Το λογισμικό αυτό επιτρέπει την ανάλυση ευαισθησίας, και τη σύγκριση μεταξύ πολλών διαφορετικών σεναρίων λειτουργίας. Επίσης το πρόγραμμα δημιουργεί απευθείας γραφικές απεικονίσεις των αποτελεσμάτων.

Το πρόγραμμα SuperPro Designer αναπτύχθηκε από την εταιρία Intelligen Inc και αφορά στην προσομοίωση διαφόρων ειδών χημικών, φυσικών και βιολογικών διεργασιών. Το πρόγραμμα προσομοιώνει μονάδες σε διαλείπουσα και μόνιμη λειτουργία, περιλαμβάνει περισσότερα από ένα μοντέλα προσομοίωσης για τις περισσότερες μονάδες, ενώ ένα από τα βασικότερα χαρακτηριστικά του είναι ο υπολογισμός πάγιων και λειτουργικών εξόδων των μονάδων και γενικότερων οικονομικών στοιχείων της εγκατάστασης, καθώς και η παραγωγή περιβαλλοντικών αναφορών.

Η εταιρεία Hydromantis Inc. έχει αναπτύξει το πακέτο CapdetWorks που προσομοιώνει πάνω από 60 φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες επεξεργασίας σε μόνιμη κατάσταση. Το πρόγραμμα αυτό υπολογίζει τα κόστη που αφορούν στην κατασκευή και λειτουργία της εγκατάστασης επεξεργασίας, και δίνει έμφαση στη δυνατότητα οικονομικής σύγκρισης μεταξύ εναλλακτικών διατάξεων και σεναρίων λειτουργίας στις εκάστοτε συγκεκριμένες μόνιμες συνθήκες που εξετάζονται.

Η εταιρεία Water Research WRc σε συνεργασία με την Camp Dresser & McKee Inc. ανέπτυξαν το πακέτο Plan-it STOAT που μπορεί να προσομοιώσει τις διεργασίες μιας εγκατάστασης επεξεργασίας σε μόνιμη κατάσταση και να προβλέψει τα χαρακτηριστικά της εκροής, εφόσον δοθούν τα στοιχεία των μονάδων επεξεργασίας, ή εναλλακτικά να διαστασιολογήσει τις μονάδες επεξεργασίας, εφόσον δοθεί η επιθυμητή ποιότητα της εκροής. Με το πρόγραμμα αυτό γίνεται προκαταρκτικός υδραυλικός σχεδιασμός της εγκατάστασης, εκτιμούνται οι υδραυλικές απώλειες και υπολογίζονται οι απαιτήσεις άντλησης, όπως επίσης και οι ποσότητες των απαιτούμενων χημικών και ενέργειας. Επίσης υπολογίζονται τα αντίστοιχα κόστη κατασκευής και λειτουργίας. Τέλος δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη να τοποθετήσει υπό κλίμακα τις διάφορες μονάδες επεξεργασίας στο τοπογραφικό του διαθέσιμου οικοπέδου ή σε αεροφωτογραφία.

2.3 Προσομοίωση εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων σε δυναμική κατάσταση

Οι προσομοιώσεις εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων σε δυναμική κατάσταση μπορούν να εξετάσουν την ωριαία μεταβολή της παροχής και της σύστασης στα εισερχόμενα λύματα και στις εκροές των διεργασιών επεξεργασίας. Με αυτόν τον τρόπο υπάρχει η δυνατότητα να μειωθεί με ασφάλεια η επιπλέον δυναμικότητα στις νέες εγκαταστάσεις, καθώς επίσης να εκτιμηθεί με ακρίβεια η επάρκεια στις υπάρχουσες. Επίσης, οι δυναμικές προσομοιώσεις δίνουν αξιόπιστες προβλέψεις, όχι μόνο για τις μέσες τιμές, αλλά και για τα μέγιστα και ελάχιστα των ποιοτικών συγκεντρώσεων της εκροής. Τα δυναμικά μοντέλα δεν περιορίζονται σε βραχυχρόνια χρονικά διαστήματα, αλλά μπορούν να εφαρμοσθούν για να προσομοιώσουν τη λειτουργία των εγκαταστάσεων για εβδομάδες, μήνες ή και χρόνια, και επιτρέπουν να μελετηθούν οι πλημμυρικές παροχές και η ομαλοποίηση μετά από αυτές. Επιπροσθέτως μπορούν να χρησιμοποιήσουν ως δεδομένα τα αποτελέσματα προβλέψεων δυναμικών μοντέλων που εξετάζουν αποχετευτικά συστήματα, όπως το MOUSE, ενώ τα αποτελέσματα των δικών τους προβλέψεων μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως δεδομένα για δυναμικά μοντέλα, όπως το MIKE 11 και το MIKE 21 που εξετάζουν την επίδραση των απορροών των εγκαταστάσεων στους αποδέκτες. Έτσι είναι δυνατό να γίνει ταυτόχρονα δυναμική προσομοίωση του αποχετευτικού συστήματος, της εγκατάστασης επεξεργασίας των λυμάτων και της κατάστασης στον υδάτινο αποδέκτη.

Η τελευταία εξέλιξη στα μοντέλα αυτά δίνει τη δυνατότητα μέσω συστημάτων SCADA να εισάγουν on line ως δεδομένα τα πραγματικά χαρακτηριστικά των εισερχομένων στην εγκατάσταση λυμάτων, καθώς και χαρακτηριστικά εξόδου από τις μονάδες επεξεργασίας για σύγκριση με τις δικές τους προβλέψεις. Μεγάλο ενδιαφέρον συγκεντρώνεται στη χρησιμοποίησή τους για τον ορθολογικό και ενδεχόμενα αυτοματοποιημένο έλεγχο της λειτουργίας των εγκαταστάσεων επεξεργασίας, όπου, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά των εισερχομένων λυμάτων, θα μεταβάλλονται παράμετροι της λειτουργίας, όπως για παράδειγμα το ποσοστό επανακυκλοφορίας της ιλύος, ώστε να επιτυγχάνεται η επιθυμητή ποιότητα εκροών και να αποφεύγεται η σπατάλη πόρων και ενέργειας.

Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στα πιο γνωστά πακέτα λογισμικού με δυναμικά μοντέλα.

Η εταιρία Hydromantis Inc έχει αναπτύξει το λογισμικό GPS-X I το οποίο μπορεί να προσομοιώσει εγκαταστάσεις επεξεργασίας αποβλήτων σε μόνιμη και δυναμική κατάσταση με γραφική απεικόνιση των μονάδων και των ρευμάτων. Το

λογισμικό αυτό προσομοιώνει βιολογικούς αντιδραστήρες που αντιστοιχούν σε όλες τις ευρεία χρησιμοποιούμενες τεχνολογίες επεξεργασίας λυμάτων (ενεργού ιλύος, βιολογικών φίλτρων, αντιδραστήρων διαδοχικής διαλείπουσας λειτουργίας SRB, περιστρεφόμενων δίσκων, αναερόβιων και αερόβιων χωνευτών) και περιλαμβάνει μοντέλα αερόβιας απομάκρυνσης ανθρακούχων ρύπων, νιτρικοποίηση, απομάκρυνση αζώτου, χημική και βιολογική απομάκρυνση φωσφόρου. Ακόμη μπορεί να προσομοιώσει μονάδες που χρησιμοποιούνται στην προκαταρκτική επεξεργασία των λυμάτων (δεξαμενές εξισορρόπησης, εξαμμητές), μονάδες καθίζησης, αφυδάτωσης ιλύος, απολύμανσης λυμάτων, ανάμιξης και διαχωρισμού ρευμάτων, καθώς και κάποιες μονάδες-«μαύρα κουτιά» (black box) τον ρόλο των οποίων καθορίζει ο χρήστης. Το πρόγραμμα επίσης διαθέτει υποπρογράμματα για ανάλυση ευαισθησίας, βελτιστοποίηση, βαθμονόμηση, υπολογισμό παραμέτρων βιολογικών μοντέλων και υπολογισμό κόστους λειτουργίας. Μπορεί να συνεργασθεί με άλλα δυναμικά προγράμματα και να συνδεθεί με SCADA , περιέχει υπορουτίνες για έλεγχο On-off, P, PI, PID, ενώ συνδέεται δυναμικά με το πρόγραμμα Matlab για σχεδιασμό και προσομοίωση εξειδικευμένων συστημάτων ελέγχου.

Η εταιρία KRUGER έχει αναπτύξει το πρόγραμμα EFOR 3.0, το οποίο είναι δυναμικό και μπορεί να προβλέψει τα λειτουργικά αποτελέσματα, τον βαθμό απόδοσης, και την κατανάλωση οξυγόνου και χημικών μιας μονάδας επεξεργασίας λυμάτων, εφόσον δεχθεί δεδομένα για τη σύσταση των αποβλήτων, το μέγεθος, τον τρόπο λειτουργίας και τον εξοπλισμό των διαφόρων μονάδων. Το μοντέλο που χρησιμοποιείται από το EFOR αποτελείται από αρχείο σχεδιασμού, στο οποίο γίνεται η γραφική απεικόνιση της εγκατάστασης, ένα αρχείο λειτουργίας, στο οποίο ο χρήστης θέτει τις τιμές στόχους (set points) και το πρόγραμμα εκτελεί τους αναγκαίους κύκλους υπολογισμών για να επιτύχει τις τιμές αυτές, ένα αρχείο εισόδου, ένα αρχείο θερμοκρασιών και ένα αρχείο μαθηματικών βιολογικών μοντέλων απομάκρυνσης οργανικού φορτίου, νιτρικοποίησης και απομάκρυνσης αζώτου. Το 2000 το πρόγραμμα επεκτάθηκε με μοντέλα πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας καθίζησης, χημικής και βιολογικής απομάκρυνσης φωσφόρου, και μια λειτουργία διαχειριστή σεναρίων, στην οποία ταυτόχρονα εκτελούνται περισσότερες από μια προσομοιώσεις, π.χ. με διαφορετικές τιμές θερμοκρασίας και ρυπαντικών φορτίων εισόδου. Μετά από πρόσφατες βελτιώσεις έχει δυνατότητα υπολογισμού κόστους λειτουργίας, μπορεί να συνεργασθεί με άλλα δυναμικά προγράμματα και να συνδεθεί με SCADA.

Το πρόγραμμα BioWin32 αναπτύχθηκε από την EnviroSim Associates Ltd είναι ένα δυναμικό πρόγραμμα προσομοίωσης, το οποίο μπορεί να μοντελοποιήσει τις διεργασίες βιολογικής απομάκρυνσης οργανικού φορτίου, μεταφοράς οξυγόνου,

δευτεροβάθμιας καθίζησης και αναερόβιας χώνευσης. Διαθέτει μοντέλα πρωτοβάθμιας επεξεργασίας (εξαμμωτές, δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης), βιολογικούς αντιδραστήρες και μοντέλα των μονάδων επεξεργασίας ιλύος. Ο χρήστης καθορίζει τους συντελεστές κινητικής, τη θερμοκρασία των διαφόρων αντιδραστήρων, μπορεί να ρυθμίσει τα επιθυμητά επίπεδα οξυγόνου, την παροχή αέρα, ενώ στα πλεονεκτήματα του προγράμματος περιλαμβάνεται και η προσομοίωση βιολογικής δράσης και στις δεξαμενές καθίζησης. Το πρόγραμμα έχει την δυνατότητα να δεχτεί δεδομένα σε μορφή λογιστικών φύλλων απευθείας από άλλα προγράμματα, καθώς και να δημιουργήσει τις δικές του γραφικές παραστάσεις.

Το πακέτο λογισμικού STOAT αναπτύχθηκε από την εταιρία Water Research WRc, μπορεί να προσομοιώσει δυναμικά τη λειτουργία εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων και περιλαμβάνει μοντέλα που αντιστοιχούν σε όλες τις ευρεία χρησιμοποιούμενες τεχνολογίες επεξεργασίας, καθώς και «black box» μονάδες για την προσομοίωση διεργασιών που δεν υποστηρίζονται από το πρόγραμμα. Διαθέτει ρουτίνες ελέγχου PID, ελέγχου lagger logic, ανάλυσης ευαισθησίας, βαθμονόμησης του μοντέλου και βελτιστοποίησης. Αναλυτική παρουσίαση του πακέτου αυτού γίνεται στο Κεφάλαιο 3.

Εκτός από τα παραπάνω πακέτα έχουν αναπτυχθεί και πλήθος άλλων που προσομοιώνουν δυναμικά ορισμένες μόνο ειδικές διεργασίες, όπως το DSP (Dynamic Simulator for Prefermenters) από την εταιρία Science Traveller International που αναλύει την λειτουργία προζυμωτήρων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΤΟ ΠΑΚΕΤΟ STOAT

3.1 Γενικά

Το Stoat ξεκίνησε να αναπτύσσεται το 1988 ως μέρος του προγράμματος Urban Pollution Management (UPM) στη Μεγάλη Βρετανία που προοριζόταν να ανταποκριθεί στην ανάγκη να μοντελοποιηθούν οι βροχοπτώσεις, οι λεκάνες απορροής, η μεταφορά των λυμάτων, η επεξεργασία των λυμάτων και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά στον αποδέκτη ποταμό. Προσομοιώνει δυναμικά τις διάφορες διεργασίες των εγκαταστάσεων βιολογικής επεξεργασίας λυμάτων και μπορεί να συνεργαστεί με τα δυναμικά μοντέλα ποιότητας λυμάτων που λαμβάνονται από αποχετευτικά συστήματα, HydroWorks QM και MOUSETRAP, καθώς και με το δυναμικό μοντέλο ποιότητας ποταμών MIKE 11. Περιλαμβάνει μοντέλα εισροών, διεργασιών πρωτοβάθμιας επεξεργασίας, βιοφίλμ, ενεργού ιλύος, επεξεργασίας ιλύος, θερμικής επεξεργασίας, ελέγχου διεργασιών κ.α.

Στη συνέχεια, στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται οι διεργασίες που μπορούν να προσομοιωθούν με το Stoat κατά κατηγορία και είδος, και στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται τα διαθέσιμα από το Stoat μοντέλα για το σύστημα αντιδραστήρας ενεργού ιλύος - δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης που αποτελεί την πλέον διαδεδομένη μέθοδο δευτεροβάθμιας επεξεργασίας. Επίσης παρουσιάζονται στοιχειωδώς τα βασικά μοντέλα βιολογικού αντιδραστήρα και δεξαμενής δευτεροβάθμιας καθίζησης και περιγράφονται τα menu με τα στοιχεία που πρέπει να προσδιορισθούν για το στήσιμο των μοντέλων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Κατηγορίες και είδη διεργασιών επεξεργασίας που προσομοιώνονται δυναμικά από το Stoa

A/A	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ	ΕΙΔΟΣ
1	Εισροές	Αστικά λύματα Βιομηχανικά λύματα Στραγγίσματα χώρων υγειονομικής ταφής Βροχόπτωση
2	Πρωτοβάθμια επεξεργασία	Δεξαμενή αποθήκευσης πλημμυρικών παροχών (storm tank) Δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης Διαχωριστής Lamella Δεξαμενή επίπλευσης (DAF) Χημική απομάκρυνση φωσφόρου Χημικώς υποβοηθούμενη καθίζηση
4	Βιολογικές μέθοδοι σταθερού υμενίου (Fixed film processes)	Βιολογικό φίλτρο (Trickling filter) Δεξαμενή χουμποποίησης Αεριζόμενο βιολογικό φίλτρο ανοδικής ροής Αεριζόμενο βιολογικό φίλτρο καθοδικής ροής Ρευστοστερεή κλίνη Περιστρεφόμενοι βιολογικοί δίσκοι (Rotating biological contactor) Βυθισμένοι βιολογικοί δίσκοι (Submerged biological contactor)
5	Μέθοδοι αιωρούμενης ανάπτυξης	Αντιδραστήρας ενεργού ιλύος Οξειδωτική τάφρος Δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης Αντιδραστήρας διαδοχικής διαλείπουσας λειτουργίας (SBR) Διαμερισματοποιημένος SBR (CSBR) Αντιδραστήρας ενεργού ιλύος μεταβλητού όγκου (IDEA) Αντιδραστήρας τύπου Deep Shaft
6	Επεξεργασία ιλύος	Μεσοφιλικός αναερόβιος χωνευτής Θερμοφιλικός αερόβιος χωνευτής Αφυδάτωση ιλύος
7	Έλεγχος διεργασιών	Ελεγκτής PID Λογικός ελεγκτής (Logic controller) Αισθητήρας οργάνου (Instrument probe)
8	Άλλες μονάδες επεξεργασίας	Δεξαμενή εξισορρόπησης Μονάδα Black Box Φρεάτια άντλησης Χημική απολύμανση Μονάδα για την μοντελοποίηση της καθυστέρησης στην εμφάνιση των συγκεντρώσεων (Pipe holdup)
9	Θερμική επεξεργασία	Εναλλάκτης θερμότητας κατ' αντιρροή (Counter-current heat exchanger) Εναλλάκτης θερμότητας κατ' ομορροή (Co-current heat exchanger) Άμεση θερμική ξήρανση ιλύος Έμμεση θερμική ξήρανση ιλύος Αποτέφρωση
10	Μοντέλα χρήστη	Προσδιορίζονται από τον χρήστη
11	Μονάδες διαχωρισμού και ανάμιξης	Διαχωρισμός ροής 2 και 3 εξόδων Διαχωρισμός ροής αερίου 2 και 3 εξόδων Εναλλακτικός διαχωρισμός Διαχωρισμός ιλύος Ανάμιξη ροής 2 και 3 εισόδων Ανάμιξη ροής αερίου 2 και 3 εισόδων Υπερχείλιση Υπερχείλιση αερίου
12	Έξοδοι	Εκροή υγρού Εκροή ιλύος Τυφλή έξοδος

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

Μοντέλα ενεργού ιλύος

Μονάδα	Μοντέλο	Χαρακτηριστικά
Αντιδραστήρας ενεργού ιλύος	ASAL1	Αποτελεί το βασικό μοντέλο ενεργού ιλύος και έχει επιλεγεί να μεγιστοποιεί την ταχύτητα των υπολογισμών για τυπικούς σχεδιασμούς ενεργού ιλύος. Περιλαμβάνει οξείδωση, νιτροποίηση και απονιτροποίηση. Κάνει τις απλοποιητικές παραδοχές ότι το διακριτό BOD υδρολύεται αυτόματα και ότι τα νιτρικά χρησιμοποιούνται ως εναλλακτικό οξειδωτικό μόνο στις προσδιορισμένες από το μοντέλο ανοξικές ζώνες όπου το διαλυμένο οξυγόνο είναι μηδέν.
	ASAL1A	Επιτρέπει να λαμβάνουν χώρα ταυτόχρονα νιτροποίηση και απονιτροποίηση όταν έχουμε χαμηλές συγκεντρώσεις διαλυμένου οξυγόνου και εμφανίζει το μεγαλύτερο τμήμα της μεταφοράς διαλυμένου οξυγόνου μεταξύ των σταδίων αερισμού και των ανοξικών σταδίων. Χρησιμοποιείται όταν τα επίπεδα των συγκεντρώσεων της αμμωνίας είναι πολύ υψηλά (μέσοι όροι μεγαλύτεροι από 100 mg/l) ή όταν είναι επιθυμητή η λεπτομερής απεικόνιση της μεταφοράς του διαλυμένου οξυγόνου από την ανακύκλωση του ανάμικτου υγρού στον αντιδραστήρα.
	ASAL2	Επεκτείνει το ASAL1 εξετάζοντας την υδρόλυση του διακριτού αιωρούμενου BOD σε διαλυμένο BOD. Η χρήση του προϋποθέτει την ύπαρξη κάποιων δεδομένων σχετικά με την υδρόλυση των στερεών. Το ASAL2 πρέπει να χρησιμοποιείται όταν ο χρόνος παραμονής των λυμάτων πέφτει κάτω από τις δύο ώρες και πρέπει να εξετάζεται η χρήση του όπου ο χρόνος παραμονής των λυμάτων είναι κάτω από τις τέσσερις ώρες ή όπου ενδιαφέρει η λεπτομερής επιμέρους διακύμανση του απαιτούμενου οξυγόνου στην δεξαμενή αερισμού.
	ASAL2A	Το μοντέλο 2A κάνει στο μοντέλο 2 την ίδια επέκταση με αυτή που κάνει το 1A στο 1.
	ASAL3	Είναι μια ανοικτή έκδοση του ASAL2. Ο χρήστης έχει πρόσβαση σε όλες τις παραμέτρους των κινητικών και μπορεί να τις αλλάξει αν απαιτείται. Επίσης, ενώ τα άλλα μοντέλα ενεργού ιλύος υπολογίζουν την βιωσιμότητα χρησιμοποιώντας εξίσωση διαφορών, σε αυτό το μοντέλο χρησιμοποιείται διαφορική εξίσωση. Η επίδραση αυτής της διαφοράς κανονικά είναι οριακή.
	ASAL3A	Το μοντέλο 3A κάνει στο μοντέλο 3 την ίδια επέκταση με αυτή που κάνει το 1A στο 1.
	ASAL5	Βασίζεται στο ASAL1 προσθέτοντας ένα απλό μοντέλο βιολογικής απομάκρυνσης του φωσφόρου που δέχεται ότι ο φωσφόρος απομακρύνεται αναλογικά με την ανάπτυξη της βιομάζας. Δεν εφαρμόζεται για μικρούς χρόνους παραμονής.
	ASAL5A	Το μοντέλο 5A κάνει στο μοντέλο 5 την ίδια επέκταση με αυτή που κάνει το 1A στο 1.
	LAWQ#1	Είναι το διεθνές βασικό μοντέλο ενεργού ιλύος που βασίζεται σε COD. Χρησιμοποιείται ως βασικό μοντέλο όταν τα δεδομένα δίδονται σε COD.
	LAWQ#2A	Επεκτείνει το LAWQ#2 με τη μοντελοποίηση του οργανικού φωσφόρου των εισερχομένων λυμάτων μέσω των παραμέτρων της στοιχειομετρίας του φωσφόρου στο Stoichiometry calibration section. Ο οργανικός φωσφόρος που προσδιορίζεται στα δεδομένα της εισροής αγνοείται.
	LAWQ#2B	Όπως το LAWQ#2A, αλλά με τις τιμές του οργανικού φωσφόρου να προσδιορίζονται στην εισροή από όπου και λαμβάνονται.

	LAWQ#2C	Όπως το LAWQ#2A, αλλά με τις τιμές του οργανικού αζώτου να εκτιμούνται επίσης από τα δεδομένα που εισάγονται στη στοιχειομετρία και όχι από τον προσδιορισμό της εισροής.
	LAWQ#2D	Επεκτείνει το LAWQ#2C επιτρέποντας στους μικροοργανισμούς που απομακρύνουν το φώσφορο (PAOs) να παίρνουν μέρος στην απονιτροποίηση.
	LAWQ#3	Είναι μια αντικατάσταση του LAWQ#1 που χρησιμοποιεί την αρχή του συσσωρευμένου υποστρώματος και της ενδογενούς αναπνοής έναντι της παραδοχής του LAWQ#1 ότι το COD θα μπορούσε να οξειδωθεί χωρίς να χρειάζεται πρώτα να αφομοιωθεί στα κύτταρα των βακτηρίων.
Δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης	SSED1	Χρησιμοποιείται όταν έχει επιλεγεί αντιδραστήρας ενεργού ιλύος ASAL1 και ASAL1A.
	SSED2	Χρησιμοποιείται όταν έχει επιλεγεί αντιδραστήρας ενεργού ιλύος ASAL2 και ASAL2A.
	SSED5	Χρησιμοποιείται όταν έχει επιλεγεί αντιδραστήρας ενεργού ιλύος ASAL5 και ASAL5A.
	Generic	Χρησιμοποιείται όταν έχει επιλεγεί αντιδραστήρας ενεργού ιλύος ASAL3, ASAL3A, LAWQ#1, LAWQ#2 καθώς και για την μοντελοποίηση παχυντών ιλύος.

3.2 Περιγραφή του 1^{ου} μοντέλου αντιδραστήρα ενεργού ιλύος (ASAL1, ASAL1A.)

Αποτελεί το βασικό μοντέλο ενεργού ιλύος της WRc. Περιλαμβάνει διαφορικές εξισώσεις που περιγράφουν τα ισοζύγια μάζας σε έναν αντιδραστήρα πλήρους μίξεως και προσεγγίζει τον αντιδραστήρα εμβολικής ροής (plug-flow) αυξάνοντας τον αριθμό των αντιδραστήρων σε σειρά. Κάθε αντιδραστήρας περιέχει τον ίδιο αριθμό συστατικών, τα οποία και αναφέρονται στη συνέχεια, με μια διαφορετική εξίσωση για το καθένα από αυτά. Οι αυτοτροφικοί οργανισμοί είναι οι καταναλωτές αμμωνίας, ενώ οι ετεροτροφικοί είναι οι καταναλωτές BOD.

S_{NH_3}	αμμωνία	[mg/l]
S_{NO_3}	νιτρικά	[mg/l]
S_O	διαλυμένο οξυγόνο	[mg/l]
S_P	διαλυμένος φωσφόρος	[mg/l]
S_S	διαλυμένο BOD	[mg/l]
$X_{A,V}$	βιώσιμοι αυτοτροφικοί οργανισμοί	[mg/l]
$X_{A,NV}$	μη βιώσιμοι αυτοτροφικοί οργανισμοί	[mg/l]
$X_{H,V}$	βιώσιμοι ετεροτροφικοί οργανισμοί	[mg/l]
$X_{H,NV}$	μη βιώσιμοι ετεροτροφικοί οργανισμοί	[mg/l]
X_T	στερεά ανάμικτου υγρού	[mg/l]

Μακροχρόνια εργασία που έγινε στα Water Pollution Research Laboratories, μετέπειτα WRc, είχε καταδείξει την δυσκολία να συσχετισθεί η βιοχημική δραστηριότητα της ενεργού ιλύος με τον αριθμό των παρόντων βιώσιμων βακτηρίων. Το μοντέλο της WRc που πρωτοδημοσιεύτηκε από τον GL. Jones, θεωρεί ότι σε μια εγκατάσταση επεξεργασίας, βακτήρια μπορεί να είναι μη βιώσιμα με την έννοια ότι δεν είναι πια ικανά για κυτταρική διαίρεση, χωρίς αυτό να σημαίνει αναγκαστικά ότι δεν είναι πλέον ικανά για βιοχημική δραστηριότητα. Κατά συνέπεια, μπορεί να γίνεται κατανάλωση του υποστρώματος χωρίς αυτό να συνδυάζεται με ανάπτυξη του βακτηριακού πληθυσμού. Το μοντέλο περιγράφει την απομάκρυνση του υποστρώματος με την εξίσωση του ισοζυγίου μάζας να συμπεριλαμβάνει ένα όρο για την μετατροπή του υποστρώματος σε νέα βιομάζα (Monod) και ένα όρο για την απομάκρυνση που δεν σχετίζεται με ανάπτυξη (Michaelis-Menten). Οι εξισώσεις που ακολουθούν δείχνουν την εφαρμογή των παραπάνω στο μοντέλο της WRc.

Απομάκρυνση του BOD

$$DS_g/dt = Q(S_{s,in} - S) - \mu_H/Y_H * X_{H,V} * V - \psi * X_{H,NV} * V$$

Ο όρος εισροής $Q \cdot S_{s,in}$ περιλαμβάνει τις επιδράσεις από τα λύματα, την επανακυκλοφορούμενη ενεργό ιλύ, τις ανακυκλοφορίες του ανάμικτου υγρού και την κανονική ροή του ανάμικτου υγρού δια μέσου της δεξαμενής αερισμού.

Βιώσιμοι ετεροτροφικοί οργανισμοί

$$dX_{H,V}/dt = Q \cdot (X_{H,V,in} - X_{H,V}) + \mu_H \cdot X_{H,V} \cdot V$$

Μη βιώσιμοι ετεροτροφικοί οργανισμοί

$$dX_{H,NV}/dt = Q \cdot (X_{H,NV,in} - X_{H,NV}) - K_D \cdot X_{H,NV} \cdot V$$

Βιώσιμοι και μη βιώσιμοι αυτοτροφικοί οργανισμοί

Οι ίδιες εξισώσεις επαναλαμβάνονται για τους αυτοτροφικούς οργανισμούς με την αμμωνία και τα αυτοτροφικά βακτήρια στη θέση του BOD και των ετεροτροφικών βακτηρίων

Κατανάλωση οξυγόνου

Η κατανάλωση οξυγόνου περιγράφεται από την ακόλουθη εξίσωση που προβλέπει κατανάλωση οξυγόνου από τα λύματα για την οξείδωση του οργανικού φορτίου και της αμμωνίας και μεταφορά οξυγόνου στα λύματα με τον αερισμό.

$$DS_O/dt = Q/V \cdot (S_{O,in} - S_O) + K_{La} \cdot (S_O^* - S_O) - \mu_H/Y_H \cdot X_{H,V} - \psi_H \cdot X_{H,NV} - Y_{O,NH_3} \cdot (\mu_A/Y_A \cdot X_{A,V} - \psi_A \cdot X_{A,NV}) - M_O \cdot S_O / (K_O + S_O) \cdot X_T$$

Κινητικές ανάπτυξης Monod και ενζύμων Michaelis-Menten

Οι όροι ανάπτυξης και ενζύμων περιγράφονται με παρόμοιους τύπους εξισώσεων

Κινητική ανάπτυξης Monod

$$\mu = \mu_{max} \cdot S / (K_s + S) \cdot S_O / (K_O + S_O)$$

Κινητική ενζύμων Michaelis-Menten

$$\psi = \psi_{max} \cdot S / (K_s + S) \cdot S_O / (K_O + S_O)$$

Το μοντέλο επιτρέπει τη χρήση των νιτρικών ως οξειδωτικού, όταν αυτό ευνοεί τη βακτηριακή ανάπτυξη. Μόνο τα ετεροτροφικά βακτήρια μπορούν να χρησιμοποιούν τα νιτρικά. Υπολογίζονται οι ρυθμοί ανάπτυξης με οξυγόνο και με

νιτρικά και επιλέγεται το οξειδωτικό για το οποίο ο ρυθμός ανάπτυξης είναι μεγαλύτερος.

Ένα ουσιώδες μέρος του μοντέλου είναι η μετατροπή από βιώσιμα σε μη βιώσιμα κύτταρα. Το μοντέλο WRc δέχεται ότι τα βακτήρια παραμένουν πλήρως βιώσιμα όταν ο ρυθμός ανάπτυξης είναι πάνω από 10% του μέγιστου ρυθμού ανάπτυξης και ότι η βιωσιμότητα ελαττώνεται σε χαμηλότερους ρυθμούς ανάπτυξης.

Οι παράμετροι που μπορούμε να αλλάξουμε σε αυτό το μοντέλο είναι

1.Ο ρυθμός νιτροποίησης που μπορεί να προσδιορισθεί ως υψηλός, μέσος ή χαμηλός (high, average ή low). Το «high» αυξάνει το ρυθμό νιτροποίησης κατά 20% από την «average» τιμή, ενώ το «low» τον ελαττώνει κατά 20%. Για τις περισσότερες περιπτώσεις αστικών λυμάτων είναι κατάλληλη η τιμή «average». Η τιμή «low» αντιστοιχεί σε μέτρια ανάσχεση της νιτροποίησης από βιομηχανικές απορροές.

2.Ο ρυθμός μεταφοράς του οξυγόνου K_{La} . Οι περισσότεροι χρήστες θέτουν τα επίπεδα του διαλυμένου οξυγόνου στις συγκεντρώσεις που θέλουν να χρησιμοποιήσουν και προσδιορίζουν την τιμή του K_{La} στο εύρος 10-20 ανά ώρα. Ο μηχανισμός ελέγχου του διαλυμένου οξυγόνου θα υπολογίσει την απαιτούμενη τιμή του K_{La} για να έχουμε την συγκεκριμένη συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου.

ΣΥΜΒΟΛΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ

μ βακτηριακός ρυθμός ανάπτυξης	[1/h]
ψ ρυθμός ενζυματικής απομάκρυνσης του υποστρώματος	[1/h]
K_D ρυθμός θανάτου	[1/h]
K_{La} ρυθμός μεταφοράς οξυγόνου	[1/h]
K_O σταθερά Monod για το οξυγόνο (half rate)	[mg/l]
K_S σταθερά Monod για το BOD (half rate)	[mg/l]
K_X σταθερά για το διακριτό BOD (half rate)	[-]
Q παροχή	[m ³ /h]
V όγκος	[m ³]
Y_A απόδοση αυτοτροφικών οργανισμών στο αμμωνιακό άζωτο	[-]
Y_H απόδοση ετεροτροφικών οργανισμών στο BOD	[-]
Y_{O,NH_3} οξυγόνο που απαιτείται για να οξειδωθεί η μονάδα μάζας του αμμωνιακού αζώτου	[-]
$Y_{S,X}$ αναλογία BOD στη μονάδα μάζας των εξαερωσίμων στερεών	[-]

3.3 Περιγραφή μοντέλου δεξαμενής τελικής καθίζησης SSED1

Το μοντέλο δεξαμενής καθίζησης βασίζεται στην εργασία του Takacs.

Σε αυτό το μοντέλο η δεξαμενή καθίζησης χωρίζεται σε ένα αριθμό ζωνών, μεταξύ των οποίων και αυτή στην οποία εισέρχεται το ανάμικτο υγρό. Τα λύματα είτε ανεβαίνουν στις ανώτερες ζώνες για να φύγουν σαν εκροή, είτε κατεβαίνουν στις κατώτερες ζώνες για να παχυνθούν και να φύγουν ως επανακυκλοφορούμενη ενεργός ιλύς.

Η εξίσωση της ταχύτητας καθίζησης χρησιμοποιεί την τροποποίηση του Takacs στην εξίσωση του Vesilind.

$$V_s = \min(V_{\max}, V_o [e^{-b_1 X} - e^{-b_2 X}])$$

Τα στερεά χωρίζονται σε δύο κλάσματα, τα καθιζάνοντα και τα μη καθιζάνοντα (settleable and non settleable). Μόνο το ποσοστό των καθιζανόντων χρησιμοποιείται στον υπολογισμό της ταχύτητας καθίζησης.

Τοποθετούνται όρια στη ροή καθίζησης (flux) για να προσομοιωθεί η επίδραση μιας ελάχιστης ροής καθίζησης. Για κάθε ζώνη της δεξαμενής η ροή καθίζησης προσδιορίζεται από την εξίσωση:

$$(V_s X)_{\text{out}} = \min([V_s X]_{\text{zone}}, [V_s X]_{\text{below}})$$

Προϋπόθεση είναι ότι η συγκέντρωση των στερεών βρίσκεται πάνω από μια τιμή που προσδιορίζεται από τον χρήστη και οριοθετεί το ξεκίνημα της εμποδιζόμενης καθίζησης (όριο πάχυνσης). Ως πρώτη προσέγγιση αυτή η τιμή μπορεί να ορισθεί ως η μεγαλύτερη από τις δύο λύσεις που υπολογίζονται από την εξίσωση

$$V_{\max} = V_o (\exp(-b_1 X) - \exp(-b_2 X))$$

Ο απλούστερος τρόπος να λυθεί αυτή η εξίσωση είναι να κατασκευασθεί ένα γράφημα του όρου $V_o (\exp(-b_1 X) - \exp(-b_2 X))$ και να χρησιμοποιηθεί το γράφημα για εντοπισθούν οι συγκεντρώσεις X που δίνουν τις μέγιστες τιμές $V_{\max}$. Γενικά η συγκέντρωση των στερεών που οριοθετεί το ξεκίνημα της εμποδιζόμενης καθίζησης θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από

$$X = (\ln(b_2/b_1)) / (b_2 - b_1)$$

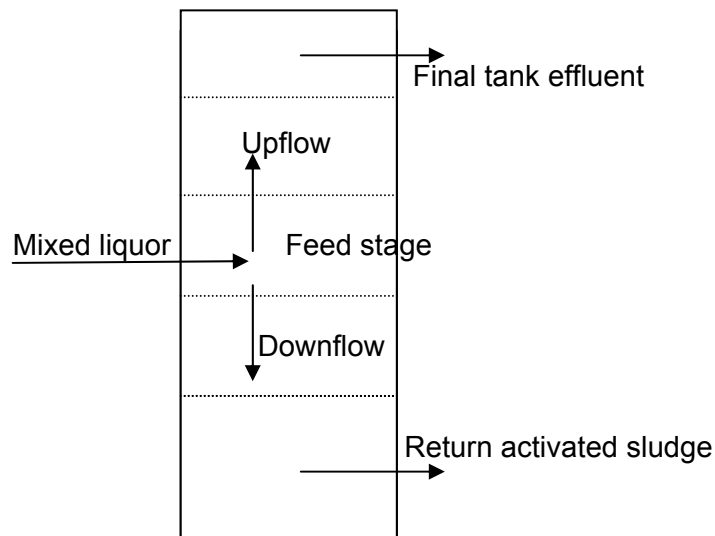
Για διαλυτά υλικά οι εξισώσεις ισοζυγίου μάζας είναι:

$$DS/dt = Q(S_i - S)$$

Όπου Q παίρνει την τιμή της εκροής πάνω από το σημείο τροφοδοσίας, την τιμή της συνολικής παροχής στην τροφοδοσία και την τιμή της επιστρεφόμενης ενεργού ιλύος συν της απομάκρυνσης της ιλύος κάτω από το σημείο τροφοδοσίας.

Πάνω από το σημείο τροφοδοσίας οι συγκεντρώσεις εισροής είναι εκείνες του από κάτω σταδίου, αφού η ροή είναι προς τα επάνω. Κάτω από το σημείο τροφοδοσίας οι συγκεντρώσεις εισροής είναι εκείνες του από επάνω σταδίου,

αφού η ροή είναι προς τα κάτω. Στο σημείο τροφοδοσίας οι συγκεντρώσεις εισροής είναι εκείνες του εισερχόμενου ανάμικτου υγρού. Τα παραπάνω φαίνονται στο διάγραμμα που ακολουθεί.



SCHEMATIC DIAGRAM OF ACTIVATED SLUDGE FINAL TANK

Για τις στερεές ουσίες η εξίσωση είναι

$$dX/dt = Q/V*(X_{in}-X)+A/V*(V_s*X_{above}-V_s*X)$$

Οι ίδιες συνθήκες στη ροή και στις συγκεντρώσεις εισροής εφαρμόζονται όπως και στα διαλυτά στοιχεία. Στην κορυφή της δεξαμενής καθίζησης δεν υπάρχουν στερεά να εισέλθουν από τον αέρα, έτσι η τιμή του V_s*X_{above} είναι μηδέν. Στη βάση της δεξαμενής ο πυθμένας εμποδίζει την παραπέρα καθίζηση και έτσι εδώ η τιμή του V_s*X είναι μηδέν. Η ταχύτητα καθίζησης V_s υπολογίζεται ως συνάρτηση της συγκέντρωσης των στερεών, όπως δίδεται από την εξίσωση του Vesilind.

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

Αυτό το μοντέλο έχει τις παραμέτρους V_{max} , V_o , b_1 , b_2 , το όριο πάχυνσης και το ποσοστό μη καθιζανόντων στερεών.

Το όριο πάχυνσης όπως περιγράφηκε παραπάνω.

Το ποσοστό μη καθιζανόντων στερεών αφήνοντας ένα δείγμα ιλύος για 30 λεπτά έως μία ώρα και μετρώντας τα στερεά που παραμένουν σε αιώρηση.

Τα V_o και b_1 από τις σχέσεις

$$V_o = 9.32 - 0.039 \text{ SSVI}_{3.5}$$

$$b_1 = (0.269 + 0.00122 \text{ SSVI}_{3.5}) * 10^{-3}$$

όπου V_o σε m/h και $\text{SSVI}_{3.5}$ σε ml/g.

Παρόμοιες σχέσεις αναπτύχθηκαν από τους PFC Catunda και AC van Haandel :

$$V_{\max} = (10.9 + 0.18 \text{ SSVI}_{3.5}) \exp(-0.016 \text{ SSVI}_{3.5})$$

$$b_1 = (0.016 + 0.0027 \text{ SSVI}_{3.5}) \cdot 10^{-3}$$

Ο $\text{SSVI}_{3.5}$ (Stirred Sludge Volume Index) μετριέται σε συγκέντρωση MLSS 3.5g/lit = 3500mg/lit. Κατά κανόνα $\text{SSVI}_{3.5}$ μικρότερος από 80 δείχνει ιλύ που καθιζάνει γρήγορα, μεταξύ 100 και 130 δείχνει τυπική ιλύ, και μεγαλύτερος από 150 δείχνει ιλύ που διογκώνεται. Οι γκρίζες περιοχές 80-100 και 130-150 αντιπροσωπεύουν την αβεβαιότητα εάν η ιλύς είναι καλή ή κακή.

Ο Von Sperling κατατάσσει την καθιζησιμότητα της ιλύος σε καλή, μέτρια ή φτωχή (good, fair, poor) με τις αντίστοιχες τιμές παραμέτρων.

Settleability	V_o (m/h)	b_1 (l/mg)
Good	7.57	$0.36 \cdot 10^{-3}$
Fair	6.85	$0.52 \cdot 10^{-3}$
Poor	5.63	$0.81 \cdot 10^{-3}$

Εάν θεωρηθεί ότι αυτές οι σχέσεις δεν αντιπροσωπεύουν τις σωστές τιμές V_o και b_1 στην εργασία μας, τότε είναι δυνατή μια διαφορετική προσέγγιση από τον χρήστη.

Η μέγιστη ταχύτητα καθίζησης μετριέται με ένα απλό πείραμα. Η ενεργός ιλύς διαλύεται με ποσότητα εκροής σε μια συγκέντρωση περίπου 500 mg/lit και τοποθετείται σε ένα κύλινδρο καθίζησης. Η ταχύτητα καθίζησης των μεγάλων συσσωματωμάτων μετριέται και χρησιμοποιείται ως $V_{\max}$. Η τελική παράμετρος b_2 θα πρέπει να είναι πολύ μεγαλύτερη από την b_1 , τυπικά 50 φορές και κανονικά μεταξύ 10 και 100 φορές μεγαλύτερη από την b_1 . Κανονικά εκτιμάται μεταβάλλοντας τις προβλέψεις του μοντέλου ώστε να συμπίσουν με τις μετρήσεις. Όσο μικρότερη είναι η τιμή του b_2 τόσο χειρότερα η ιλύς καθιζάνει. Μια τιμή $b_2 = b_1$ δείχνει ότι η ιλύς δεν καθιζάνει, ενώ εάν $b_2 < b_1$ σημαίνει ότι η ιλύς θα ανυψώνεται.

3.4 Γενική περιγραφή των στοιχείων που πρέπει να προσδιορισθούν στον βιολογικό αντιδραστήρα

Ο αντιδραστήρας ενεργού ιλύος προσδιορίζεται από 8 κατηγορίες δεδομένων που εισάγονται από τον χρήστη

1.NAME AND DIMENSIONS

Εκτός το όνομα και το μοντέλο του. B.A. πρέπει να προσδιοριστούν και τα παρακάτω:

Volume: Ο ενεργός όγκος της δεξαμενής αερισμού συμπεριλαμβανομένου του όγκου τυχόν ανοξικών ή αναερόβιων ζωνών

Number of stages: Ο αριθμός των σταδίων αντιστοιχεί στην εσωτερική ανάμειξη της δεξαμενής αερισμού. Ένα απλό στάδιο αντιστοιχεί σε αντιδραστήρα πλήρους μίξεως, 12 στάδια αντιστοιχούν σε αντιδραστήρα plug-flow. Ο αριθμός των σταδίων για επιφανειακά αεριζόμενες δεξαμενές μπορεί να ληφθεί ίσος με τον αριθμό των επιφανειακών αεριστήρων. Ο αριθμός των σταδίων για συστήματα διάχυσης αέρα μπορεί να ληφθεί από την ακόλουθη εξίσωση (ο πλησιέστερος ακέραιος στην τιμή που προκύπτει).

$$N = [7,4 * Q * (1 + R) * L] / (W * H)$$

N = αριθμός σταδίων

Q = μέση παροχή (m³/sec)

R = ποσοστό επανακυκλοφορίας ιλύος

L = μήκος δεξαμενής (m)

W = πλάτος δεξαμενής (m)

H = βάθος δεξαμενής (m)

Εάν η τιμή που προκύπτει είναι μεγαλύτερη από 12, τότε ο αριθμός των σταδίων για την μοντελοποίηση λαμβάνεται ίσος με 12.

Number of MLSS recycles: Εξαρτάται από τον επιλεγέντα σχεδιασμό του μοντέλου. Δεν συμπεριλαμβάνει την επανακυκλοφορία της ενεργού ιλύος. Κανονικά μόνο τα έργα απομάκρυνσης αζώτου και φωσφόρου έχουν επανακυκλοφορία ανάμικτου υγρού. Για N στάδια ο μέγιστος αριθμός επανακυκλοφορίας των MLSS είναι N*(N-1), αλλά ο αριθμός τους είναι συνήθως 2 έως 4.

Wastage method: εάν επιλεγούν οποιεσδήποτε wastage conditions εκτός “none”, απομακρύνεται ενεργός ιλύς από την δεξαμενή αερισμού. Εάν θέλουμε να απομακρύνεται ιλύς μόνο από την γραμμή επανακυκλοφορίας όπως γίνεται συνήθως, πρέπει να ρυθμιστεί η μέθοδος απομάκρυνσης στο “none” και να κάνουμε τις ρυθμίσεις που θέλουμε στην Δ.Τ.Κ.

Οι μέθοδοι απομάκρυνσης της ιλύος είναι None, Constant, Variable flow και Variable time.

None: δεν απομακρύνεται ιλύς από την δεξαμενή αερισμού και πρέπει να ρυθμιστεί η απομάκρυνση της ιλύος στην Δ.Τ.Κ.

Constant: ρυθμίζεται η απομάκρυνση της ιλύος με την σταθερή τιμή που θα προσδιορισθεί στο μενού Operation.

Variable flow: ρυθμίζεται η παροχή απομάκρυνσης της ιλύος να ελέγχει τα MLSS στο προσδιορισμένο setpoint. Η τιμή που εισάγεται στο μενού Operation προσδιορίζει την μέγιστη τιμή της παροχής απομάκρυνσης της ιλύος. Η ιλύς θα απομακρύνεται κατά τον προσδιορισθέντα χρόνο αντλήσεως με μεταβαλλόμενη παροχή.

Variable time: ρυθμίζεται ο χρόνος απομάκρυνσης της ιλύος να ελέγχει τα MLSS στο προσδιορισμένο setpoint. Η τιμή που εισάγεται στο μενού Operation προσδιορίζει τον μέγιστο χρόνο απομάκρυνσης της ιλύος. Η ιλύς θα απομακρύνεται με την προσδιορισθείσα παροχή με μεταβαλλόμενο χρόνο αντλήσεως.

Tank from which MLSS is wasted: Μπορούμε να προσδιορίσουμε από ποιο στάδιο της δεξαμενής αερισμού επιθυμούμε να απομακρύνεται το ανάμικτο υγρό.

Tank in which MLSS is measured: Εάν θέλουμε να ελέγχουμε τα MLSS χρησιμοποιώντας είτε το Variable flow είτε το Variable time πρέπει να προσδιορίσουμε όχι μόνο την τιμή των MLSS στην οποία θέλουμε να γίνεται η λειτουργία, αλλά και επίσης σε ποιο στάδιο της δεξαμενής αερισμού επιθυμούμε να μετρούνται τα MLSS .

3.FLOW DISTRIBUTION

Volume distribution: Ο καταμερισμός του όγκου είναι ο ποσοστιαίος καταμερισμός της δεξαμενής αερισμού μεταξύ των σταδίων. Το άθροισμα των ποσοστών πρέπει να είναι 1 και κανένα στάδιο δεν μπορεί να έχει μηδενικό όγκο.

Feed distribution: Το άθροισμα των ποσοστών πρέπει να είναι 1. Η πιο συνηθισμένη παραδοχή είναι ότι ολόκληρη η παροχή εισέρχεται στην αρχή της δεξαμενής, οπότε η κατανομή της τροφοδοσίας είναι 1 για το πρώτο στάδιο και 0 για τα υπόλοιπα. Μπορούμε να μοντελοποιήσουμε και τμηματική τροφοδοσία τοποθετώντας μη μηδενική τιμή σε κάποιο από τα άλλα στάδια.

Return activated sludge distribution: Το άθροισμα των ποσοστών πρέπει να είναι 1. Η πιο συνηθισμένη παραδοχή είναι ότι ολόκληρη η παροχή της επανακυκλοφορούμενης ιλύος εισέρχεται στην αρχή της δεξαμενής, οπότε η κατανομή της τροφοδοσίας είναι 1 για το πρώτο στάδιο και 0 για τα υπόλοιπα. Μπορούμε να μοντελοποιήσουμε και τμηματική τροφοδοσία ιλύος τοποθετώντας μη μηδενική τιμή σε κάποιο από τα άλλα στάδια.

Minimum K_{La} : Το Minimum K_{La} τίθεται 0 στα ανοξικά στάδια και με μια μικρή τιμή στα υπόλοιπα στάδια. Αυτή η ελάχιστη τιμή αντιπροσωπεύει τη μη λειτουργία του αεριστήρα ή την ελάχιστη εισροή ενέργειας που απαιτείται για να παραμένουν τα στερεά σε αιώρηση.

Μια τυπική ελάχιστη ενεργειακή εισροή είναι 5W/m^3 , και μια τυπική παροχή αεριστήρα $2\text{kg O}_2/\text{kWh}$. Για την περίπτωση αυτή το minimum K_{La} θα είναι

$$K_{La}=5*2/(C_{sat}-C)$$

Όπου C_{sat} είναι η συγκέντρωση κορεσμού του διαλυμένου οξυγόνου και C η επιθυμητή συγκέντρωση οξυγόνου σε mg/l . Γενικά για παροχή αεριστήρα E ($\text{kg O}_2/\text{kWh}$) και εισροή ενέργειας P (W/m^3), η ελάχιστη τιμή K_{La} θα είναι

$$K_{La}=E*P/(C_{sat}-C)$$

Η default τιμή για αυτή την παράμετρο είναι 2h^{-1} και αποτελεί μια ακριβέστατη τιμή για τις περισσότερες προσομοιώσεις.

Maximum K_{La} : Ο μέγιστος ρυθμός με τον οποίο το οξυγόνο μπορεί να διαλυθεί από έναν αεριστήρα δίνεται από τη σχέση

$$K_{La}*V*C_{sat}/1000$$

Όπου

K_{La} είναι ο συντελεστής μεταφοράς μάζας του οξυγόνου (h^{-1})

V είναι ο όγκος της δεξαμενής (m^3)

C_{sat} είναι η συγκέντρωση κορεσμού του διαλυμένου οξυγόνου (mg/l)

Ο μέγιστος ρυθμός μεταφοράς οξυγόνου που υπολογίζεται από την παραπάνω εξίσωση δίνεται σε kg/h . Επομένως εάν ξέρουμε την δυναμικότητα σε παροχή οξυγόνου του αεριστήρα, μπορούμε να υπολογίσουμε την τιμή του K_{La} . Η τιμή του K_{La} που χρησιμοποιείται στο Stoa είναι η τιμή για λύματα και όχι για καθαρό νερό. Οι περισσότερες δυναμικότητες αεριστήρων αναφέρονται σε καθαρό νερό και κατά συνέπεια η τιμή του K_{La} υπολογίζεται για καθαρό νερό. Εάν έχουμε το K_{La} του καθαρού νερού και μια εκτίμηση του συντελεστή α , η τιμή του K_{La} για τα λύματα λαμβάνεται ως $\alpha*K_{La}$ του καθαρού νερού. Στην επεξεργασία των λυμάτων η μέγιστη τιμή του K_{La} σπάνια ξεπερνά το 25 h^{-1} . Εάν το στάδιο είναι ανοξικό τότε πρέπει να μηδενίσουμε το Maximum K_{La} . Το Stoa λειτουργεί με έλεγχο διαλυμένου οξυγόνου, έτσι το K_{La} ρυθμίζεται ώστε να πετυχαίνει το διαλυμένο οξυγόνο που έχουμε προσδιορίσει.

Dissolved oxygen set point: Είναι η επιθυμητή τιμή διαλυμένου οξυγόνου στο στάδιο. Εάν το στάδιο είναι ανοξικό τίθεται ίσο με το μηδέν. Το Stoa ρυθμίζει την

τιμή του K_{La} μεταξύ της μέγιστης και ελάχιστης τιμής ώστε να επιτυγχάνεται το Dissolved oxygen set point.

Stage where DO is to be measured: Κανονικά οι μετρήσεις διαλυμένου οξυγόνου που αποσκοπούν στις αντίστοιχες ρυθμίσεις γίνονται στο ίδιο στάδιο με τον αεριστήρα.

4.MIXED LIQUOR RECYCLES

Εάν έχουμε ανακυκλώσεις ανάμικτου υγρού στα στάδια του βιολογικού αντιδραστήρα πρέπει να προσδιορίζονται τα παρακάτω:

- **Stage from where MLSS recycle leaves**
- **Stage to which MLSS recycle goes**
- **MLSS recycle flowrate**

5.OPERATION

Εάν έχουμε απομάκρυνση ιλύος από τον βιολογικό αντιδραστήρα πρέπει να προσδιορίζονται τα παρακάτω:

- **MLSS setpoint**
- **Max. wastage flowrate**
- **Max. pumping time per wastage event**
- **Period between wastage events**

6.INITIAL CONDITIONS

Για όλα τα μοντέλα απαιτούνται οι ακόλουθες αρχικές συνθήκες

Soluble BOD, ammonia, nitrate, soluble phosphate, dissolved oxygen, total solids, viable autotrophs, nonviable autotrophs, viable heterotrophs, nonviable heterotrophs.

Το particular BOD απαιτείται μόνο για τα ASAL2/2A και OXID2.

Το biomass phosphorus απαιτείται μόνο για τα ASAL5/5A και OXID5.

Από αυτές τις παραμέτρους, μόνο τα viable autotrophs και viable heterotrophs πρέπει να προσδιορισθούν. Συνιστώνται default τιμές 1mg/lt και 100mg/lt αντίστοιχα για την πρώτη προσομοίωση. Επίσης πρέπει να βεβαιωνόμαστε ότι τα MLSS έχουν μεγαλύτερη τιμή από το άθροισμα των viable και nonviable autotrophs και heterotrophs.

Τα επόμενα τρέξιμα θα χρησιμοποιήσουν τις τιμές από τις προηγούμενες προσομοιώσεις και τα αποτελέσματα κανονικά δεν θα αλλάζουν. Για το πρώτο τρέξιμο οι άλλες παράμετροι μπορούν να μείνουν μηδενικές ή μπορούν να πάρουν τις τιμές των τυπικών συγκεντρώσεων των λυμάτων. Η επιλογή των αρχικών συνθηκών θα επηρεάσει την ποιότητα της εκροής για χρονικό διάστημα περίπου ίσο

με το τριπλάσιο του χρόνου παραμονής των λυμάτων και τα στερεά για περίπου το τριπλάσιο του χρόνου παραμονής της ιλύος.

7.MODEL CALIBRATION (sewage)

Nitrification rate: Πρέπει να προσδιορισθεί για όλα τα μοντέλα και παίρνει τις τιμές “low”, “average” ή “high”. Εάν το σύστημα ενεργού ιλύος επιτυγχάνει πλήρη νιτροποίηση όταν το Nitrification rate είναι στο “low”, τότε, εάν αλλάξουμε στο “high”, τα αποτελέσματα δεν θα αλλάξουν. Για κανονική χρήση το Nitrification rate μπαίνει στο “average”, όταν αναμένονται ανασχετικοί παράγοντες μπαίνει στο “low”, και όπου υπάρχουν στοιχεία για υψηλή ικανότητα νιτροποίησης, μπαίνει το “high”. Αν και το “low” συνιστάται όπου αναμένονται ανασχετικοί παράγοντες, είναι κατάλληλο όμως για κυρίως αστικά λύματα. Εάν υπάρχουν πολλά βιομηχανικά συστατικά στα λύματα η επίδραση των ανασχετικών παραγόντων μπορεί να υποεκτιμηθεί. Σε αυτή τη περίπτωση χρησιμοποιούμε τα ASAL 3/3A.

8.MODEL CALIBRATION (process unit)

Saturation dissolved oxygen: Η τυπική (default) τιμή υπολογίζεται από το πρόγραμμα για καθαρό νερό στο επίπεδο της θάλασσας. Εάν επιθυμούμε να επέμβουμε εδώ για να ληφθεί υπόψιν η επίδραση μέσων παροχής άφθονου οξυγόνου (όπως καθαρό οξυγόνο στα VITOX ή UNOX συστήματα), η επίδραση χαμηλότερων πιέσεων όταν η εγκατάσταση επεξεργασίας βρίσκεται υψηλότερα από το επίπεδο της θάλασσας, τότε μπορούμε να εισάγουμε τη δικιά μας τιμή.

Sludge wastage control gain: 0.010

Wastage integral time: 24.00

Οι τιμές αυτές χρησιμοποιούνται στα μοντέλα ASAL 1, 2 και 5 τα οποία δεν λαμβάνουν υπόψιν τις διαφορετικές τιμές που τυχόν εισάγονται στο αντίστοιχο μενού.

3.5 Γενική περιγραφή των στοιχείων που πρέπει να προσδιορισθούν στην δεξαμενή τελικής καθίζησης

Η δεξαμενή τελικής καθίζησης προσδιορίζεται από 6 κατηγορίες δεδομένων που εισάγονται από τον χρήστη

1.NAME AND DIMENSIONS

Εκτός το όνομα και το μοντέλο της Δ.Τ.Κ.. πρέπει να προσδιοριστούν και τα παρακάτω:

Number of stages: Ο αριθμός των σταδίων επηρεάζει την ακρίβεια με την οποία προσεγγίζεται η διαχωριστική επιφάνεια της ιλύος και η υδραυλική

συμπεριφορά της δεξαμενής. Συνιστάται η χρήση 8 έως 10 σταδίων. Εάν έχουμε μια δεξαμενή βάθους 3μ. και 10 σταδίων μπορούμε να προβλέψουμε την διαχωριστική επιφάνεια της ιλύος στο πλησιέστερο πολλαπλάσιο του 0,3μ. Εάν έχουμε μόνο 5 στάδια η ακρίβεια της πρόβλεψης πέφτει στα 0,6μ.

Surface area: Είναι η επιφάνεια καθίζησης της δεξαμενής. Για κυκλική δεξαμενή είναι η ολική επιφάνεια μειωμένη κατά την επιφάνεια του κεντρικού diffuser drum.

Depth of tank: Το βάθος της δεξαμενής θα πρέπει να επιλεγεί ώστε το γινόμενο της επιφάνειας καθίζησης επί το βάθος να δίνει τον όγκο της δεξαμενής.

Depth of feed: Το βάθος τροφοδοσίας θα πρέπει να επιλεγεί ώστε ο όγκος πάνω και κάτω της τροφοδοσίας να ταιριάζει με το μοντέλο και την πραγματική δεξαμενή. Εάν δεν έχουμε στοιχεία για το βάθος τροφοδοσίας τότε μπορούμε να θεωρήσουμε ότι η τροφοδοσία γίνεται στο μισό του βάθους της δεξαμενής.

RAS flow: Στο μενού Operation μπορούμε να προσδιορίσουμε είτε RAS rate είτε RAS ratio με την κατάλληλη τιμή.

Wastage method: Οι επιλογές για τη μέθοδο απομάκρυνσης της ιλύος είναι “No wastage”, “Constant Rate”, “Variable rate over fixed time”, “Fixed rate over variable time” και “Divert all sludge recycle to waste”. Σημειώνεται ότι εφόσον τίθενται συνθήκες απομάκρυνσης της ιλύος εδώ, η ιλύς θα απομακρύνεται από το ρεύμα επανακυκλοφορίας της ιλύος. Εάν θέλουμε να απομακρύνεται ανάμικτο υγρό, τότε πρέπει να επιλέξουμε ως μέθοδο απομάκρυνσης της ιλύος “none”, και να κάνουμε τις αντίστοιχες επιλογές που θέλουμε από την δεξαμενή αερισμού.

No wastage: Δεν απομακρύνεται ιλύς από την δεξαμενή καθίζησης. Θα πρέπει να προβλεφθεί απομάκρυνση ανάμικτου υγρού από την δεξαμενή αερισμού.

Constant Rate: Ρυθμίζεται την απομάκρυνση ιλύος όπως θα προσδιορισθεί από το operation.

Variable rate over fixed time: Ρυθμίζεται η παροχή απομάκρυνσης της ιλύος ώστε η συγκέντρωση των MLSS να διατηρείται στην προκαθορισμένη τιμή (setpoint). Η τιμή που καθορίζεται στο operation προσδιορίζει το ανώτατο όριο της παροχής απομάκρυνσης της ιλύος. Η ιλύς θα απομακρύνεται κατά την περίοδο που προσδιορίζεται ως wastage pump run time.

Fixed rate over variable time: Ρυθμίζεται η περίοδος απομάκρυνσης της ιλύος ώστε η συγκέντρωση των MLSS να διατηρείται στην προκαθορισμένη τιμή (setpoint).

Η τιμή που καθορίζεται στο operation προσδιορίζει το ανώτατο όριο του χρόνου απομάκρυνσης της ιλύος. Η ιλύς θα απομακρύνεται με την παροχή και στην επανάληψη κύκλου που προσδιορίζονται.

Divert all sludge recycle to waste: χρησιμοποιείται σε μερικά μικρά έργα επεξεργασίας λυμάτων όπου η απομάκρυνση της ιλύος γίνεται με περιοδική εκτροπή όλου του ρεύματος επανακυκλοφορίας στη γραμμή απομάκρυνσης της ιλύος.

Συνοπτικά: Το “Constant Rate” λειτουργεί με την προσδιορισμένη παροχή και κύκλο λειτουργίας,, το “Variable rate over fixed time” λειτουργεί με τον προσδιορισμένο χρόνο άντλησης και κύκλο λειτουργίας, και ρυθμίζει την παροχή απομάκρυνσης της ιλύος μεταξύ $0\text{ m}^3/\text{h}$ και της προσδιορισμένης τιμής (ανώτατο όριο) ώστε να διατηρούνται τα MLSS στην προσδιορισμένη συγκέντρωση. Το “Fixed rate over variable time” λειτουργεί με την προσδιορισμένη παροχή και μεταβάλλει τον χρόνο άντλησης μεταξύ 0 h και της προσδιορισμένης τιμής (ανώτατο όριο) ανά κύκλο λειτουργίας, ώστε να διατηρούνται τα MLSS στην προσδιορισμένη συγκέντρωση. Το “Divert all sludge recycle to waste” αγνοεί τις ρυθμίσεις της παροχής, και θα σταματήσει την επανακυκλοφορία της ιλύος προς την δεξαμενή αερισμού στέλνοντας την εξ ολοκλήρου στη γραμμή απομάκρυνσης, μεταβάλλοντας τον χρόνο που γίνεται αυτή η εκτροπή μεταξύ 0 h και της προσδιορισμένης τιμής (ανώτατο όριο) ανά κύκλο λειτουργίας, ώστε να διατηρούνται τα MLSS στην προσδιορισμένη συγκέντρωση.

Control Aeration tank: Εάν επιλέξουμε να ελέγχουμε την συγκέντρωση των MLSS, πρέπει να προσδιορίζεται σε ποια δεξαμενή αερισμού θα μετριέται η συγκέντρωση αυτή.

Aeration stage: Εάν επιλέξουμε να ελέγχουμε την συγκέντρωση των MLSS, πρέπει να προσδιορίζεται σε ποια δεξαμενή αερισμού θα μετριέται η συγκέντρωση αυτή, αλλά επίσης και σε ποιο μέρος μέσα στην δεξαμενή ελέγχου θα γίνεται η μέτρηση.

3.PROCESS OPERATION

RAS flow: Εάν η επανακυκλοφορία γίνεται με σταθερή παροχή, εδώ προσδιορίζουμε την παροχή αυτή (m^3/h)

RAS ratio: Εάν η επανακυκλοφορία γίνεται με σταθερό ποσοστό της παροχής εισόδου, εδώ προσδιορίζουμε το ποσοστό αυτό. Το ποσοστό αυτό δεν αφορά την παροχή που εισέρχεται στην δεξαμενή αερισμού αλλά την παροχή που εισέρχεται στην δεξαμενή καθίζησης.

Σημειώνουμε ότι έχουμε μόνο μια από τις δύο αυτές επιλογές ανάλογα με τον αντίστοιχο προσδιορισμό που έχει γίνει στο μενού Name and Dimensions

Sludge wastage flow: είναι η παροχή απομάκρυνσης της ιλύος

Wastage pump run time: είναι ο χρόνος άντλησης της ιλύος προς τη γραμμή απομάκρυνσης ανά κύκλο αντλήσεως.

Interval between wastage events: είναι ο κύκλος αντλήσεως της ιλύος προς τη γραμμή απομάκρυνσης, δηλαδή το διάστημα μεταξύ της αρχής μιας άντλησης και της αρχής της επόμενης άντλησης προς τη γραμμή απομάκρυνσης.

MLSS set point: Είναι η τιμή που επιλέγουμε για την συγκέντρωση των MLSS.

4.INITIAL CONDITIONS

Η δεξαμενή καθίζησης θα πρέπει να ρυθμισθεί ώστε τα στάδια πάνω από το σημείο τροφοδοσίας να είναι αρκετά διαυγή και η ιλύς να καθιζάνει στα κατώτερα στάδια. Τα διαυγασμένα λύματα φεύγουν από το στάδιο 1 και η παχυμένη ιλύς από το στάδιο N(εάν έχουμε ορίσει N στάδια-από το στάδιο 10, εάν έχουμε ορίσει 10 στάδια). Οι συγκεντρώσεις μπορούν να πάρουν τις τιμές των ανεπεξέργαστων λυμάτων και να αγνοηθούν οι προβλέψεις των πρώτων ωρών της προσομοίωσης έως ότου εγκατασταθούν οι σωστές συνθήκες στη δεξαμενή. Όταν αρχίζει ένα τρέξιμο στη συνέχεια ενός άλλου, τότε λαμβάνονται οι σωστές αρχικές συνθήκες που έχουν προκύψει από την προηγούμενη προσομοίωση.

5.MODEL CALIBRATION (sewage)

Vesilind settling velocity: Μπορεί να υπολογισθεί από τη σχέση

$$V = 9.32 - 0.039 \text{ SSVI}_{3.5}$$

Όπου $\text{SSVI}_{3.5}$ σε ml/g, και η ταχύτητα καθίζησης σε m/h

Maximum settling velocity: Αυτή η παράμετρος θα πρέπει να μετριέται. Εάν δεν έχουμε δεδομένα, μπορούμε να την προσδιορίσουμε ίση με την Vesilind settling velocity.

Hindered settling parameter: Μπορεί να υπολογισθεί από τη σχέση

$$b_1 = (0.269 + 0.00122 \text{ SSVI}_{3.5}) \cdot 10^{-3}$$

όπου b_1 σε l/mg και $\text{SSVI}_{3.5}$ σε ml/g.

Discrete parameter: Η τελική παράμετρος b_2 θα πρέπει να είναι πολύ μεγαλύτερη από την b_1 , τυπικά 50 φορές και κανονικά μεταξύ 10 και 100 φορές μεγαλύτερη από την b_1 . Κανονικά εκτιμάται μεταβάλλοντας τις προβλέψεις του μοντέλου ώστε να συμπίπτουν με τις μετρήσεις.

Onset of flocculation: Συνήθως δεν είναι ευαίσθητη παράμετρος. Μπορεί να μετρηθεί, αλλά με μια τιμή γύρω στα 250 έχει μικρή επίδραση στις προβλέψεις του μοντέλου.

Non-settleable fraction: Το ποσοστό μη καθιζανόντων στερεών παίρνει τιμή της τάξεως 0 έως $2 \cdot 10^{-3}$.

6.MODEL CALIBRATION (process unit)

Gain

Integral Time

Αυτές οι τιμές πρέπει να προσδιορισθούν μόνο για το μοντέλο GENERIC. Εάν η απομάκρυνση της ιλύος γίνεται από την δεξαμενή καθίζησης τότε οι τιμές αυτές πρέπει να προσδιορισθούν και να είναι μεγαλύτερες του μηδενός.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Περιγραφή της Πιλοτικής Μονάδας Επεξεργασίας Λυμάτων ΚΕΡΕΦΥΤ.

Γενική περιγραφή

Η πιλοτική εγκατάσταση του Κ.ΕΡ.ΕΦ.Υ.Τ. κατασκευάστηκε στις εγκαταστάσεις της Ε.ΥΔ.Α.Π. στην Μεταμόρφωση Αττικής στα πλαίσια ενός ευρύτερου «Προγράμματος Σχεδιασμού, Κατασκευής και Λειτουργίας μιας Πιλοτικής Μονάδας για την Επεξεργασία Αστικών Λυμάτων». Περιλαμβάνει μεγάλο αριθμό επιμέρους μονάδων, η παρακολούθηση και διερεύνηση της λειτουργίας των οποίων, αποτέλεσε και το αντικείμενο τριετούς ερευνητικού προγράμματος που εκπόνησε ερευνητική ομάδα του Ε.Μ.Π. Η διδακτορική διατριβή του κ. Γ. Χατζηκωνσταντίνου «Νιτροποίηση-Απονιτροποίηση σε Σύστημα Ενεργού Ιλύος» αναφέρεται στον πειραματισμό που πραγματοποιήθηκε στην βιολογική βαθμίδα.

Η βαθμίδα αυτή περιλαμβάνει τρία βασικά συκροτήματα βιολογικών αντιδραστήρων συνολικού όγκου 60 m³ το καθένα που τροφοδοτούνται με πραγματικά αστικά λύματα που έχουν υποστεί πρωτοβάθμια καθίζηση. Ο αερισμός των αντιδραστήρων πραγματοποιείται με σύστημα υποβρύχιας διάχυσης, μέσω διαχυτών λεπτής φυσαλίδας, τύπου ελαστικής μεμβράνης.

Παροχή ανακυκλοφορίας - ρύθμιση της συγκέντρωσης του ανάμικτου υγρού

Κατά τον πειραματισμό, ο έλεγχος και η ρύθμιση των παροχών ανακυκλοφορίας, γινόταν σε περιοδική βάση. Για τη ρύθμιση της συγκέντρωσης του ανάμικτου υγρού και της οργανικής φόρτισης κάτω από την οποία λειτουργούσαν οι μονάδες, γινόταν είτε τακτική αφαίρεση περίσσειας ιλύος μέσω των αντλιών ανακυκλοφορίας και καταλλήλου χειρισμού ηλεκτροκίνητων δικλείδων τύπου AUMA, που βρίσκονται στο αντλιοστάσιο ανακυκλοφορίας για το σκοπό αυτό, είτε αφαίρεση της κατάλληλης ποσότητας ανάμικτου υγρού απευθείας από τον βιολογικό αντιδραστήρα, μέσω κατάλληλων δικλείδων εκκένωσης.

Εκκίνηση μονάδων

Η ανάπτυξη της βιομάζας επιτεύχθηκε αποκλειστικά με βάση τα εισερχόμενα λύματα. Μετά την πλήρωση των αντιδραστήρων με πρωτοβάθμιες εκροές και την έναρξη κανονικής τροφοδοσίας τους, απαιτήθηκε χρονικό διάστημα 10 περίπου ημερών για να αναπτυχθεί ορατή βιομάζα. Αργότερα και μετά την διαπίστωση ότι επιτυγχάνεται πρακτικά πλήρης απομάκρυνση του οργανικού φορτίου και σημαντική νιτροποίηση, ξεκινούσε κατά περίπτωση η περίοδος κανονικής παρακολούθησης.

Τρόπος δειγματοληψίας

Όσον αφορά τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν, τα δείγματα εισόδου και εξόδου ήταν σύνθετα 24 ωρών, που λήφθηκαν με δειγματολήπτες τύπου E.BUHLER. Οι δειγματολήπτες αυτοί, εκτός από τον εξοπλισμό λήψης των δειγμάτων, παρέχουν και τη δυνατότητα διατήρησής τους σε χαμηλές θερμοκρασίες, 4° C περίπου, καθώς διαθέτουν ψυγείο. Τα δείγματα που λήφθηκαν από τους βιολογικούς αντιδραστήρες, όπως επίσης και τα δείγματα που αφορούσαν την διερεύνηση δυναμικά μεταβαλλόμενων συνθηκών λειτουργίας, ήταν στιγμιαία.

Γεωμετρικά στοιχεία της εγκατάστασης που προσομοιώνεται

Επιλέγεται να γίνει προσομοίωση με το λογισμικό του Stoa στο δεύτερο από τα συγκροτήματα της βιολογικής βαθμίδας, επειδή σε αυτό εφαρμόσθηκαν κατά τον ως άνω πειραματισμό δυναμικές φορτίσεις. Το δεύτερο συγκρότημα αποτελείται από ένα βιολογικό αντιδραστήρα πλήρους μίξεως τον A2, που έχει όγκο 60 m³ και από τρεις όμοιες κυκλικές δεξαμενές τελικής καθίζησης τις ΔTK 2,3 και 4 που έχουν διάμετρο D=2.25m, βάθος H=3.50m, διάμετρο τύμπανου διάχυσης d=1.00m και βάθος τροφοδοσίας λυμάτων h=1.50m. Για την επανακυκλοφορία της ιλύος υπάρχουν τρεις αντλίες τύπου Mono, μία για κάθε δεξαμενή, δυναμικότητας 6 m³/hr εκάστη.

Ποιοτικά χαρακτηριστικά λυμάτων

Το συγκρότημα A2-ΔTK 2,3,4 λειτούργησε από τον Μάρτιο έως τον Ιούλιο του 1994. Τα χαρακτηριστικά των εισερχομένων λυμάτων κατά την περίοδο αυτή, διατηρήθηκαν πρακτικά στα ίδια επίπεδα, εκτός από την θερμοκρασία που από T= 18 °C κατά τον Μάρτιο αυξήθηκε γραμμικά σχεδόν, για να φθάσει μια μέση τιμή T = 24 °C κατά τον Ιούνιο. Οι συγκεντρώσεις εισόδου όσον αφορά τον οργανικό άνθρακα, κυμάνθηκαν σε μέσες μηνιαίες τιμές, από CODt = 580 έως 672 mg/l, CODs=286 έως 365 mg/l, BODt = 329 έως 371 mg/l, BODs = 154 έως 174mg/l με μέσους λόγους για όλη την περίοδο CODs/CODt =0,52, BODs/BODt=0.47, BODt/CODt=0,54 και BODs/CODs = 0.50. Όσον αφορά το άζωτο οι συγκεντρώσεις κυμάνθηκαν από TKN = 56 έως 66 mg/l και NH3-N = 47 έως 55 mg/l. Ο λόγος άνθρακα προς άζωτο ήταν περίπου C/N = 10.1 σε όρους CODt προς TKN και C/N = 5.5 σε όρους BODt προς TKN. Οι συγκεντρώσεις ολικών και οργανικών αιωρούμενων στερεών ήταν αντίστοιχα SS = 153 έως 173 mg/l και VSS = 131 έως 152mg/l με ποσοστό οργανικών ίσο με 85% επί των ολικών. Η αλκαλικότητα των λυμάτων ήταν περίπου Talk. = 470 mgCaCO3/l και το pH = 7.6.

Παρουσία δύσκολα βιοδιασπάσιμων ουσιών

Κατά τον πειραματισμό διαπιστώθηκε ότι οι συγκεντρώσεις εξόδου CODs ήταν σχετικά υψηλές γεγονός που αποδίδεται στα χαρακτηριστικά των εισερχομένων λυμάτων. Πιο συγκεκριμένα, στην εγκατάσταση του Κ.Ε.Ρ.Ε.Φ.Υ.Τ., η εισερχόμενη παροχή αποτελεί μείγμα τυπικών οικιακών αποβλήτων αλλά και βιομηχανικών εκροών με δυνητικά σημαντικό περιεχόμενο σε αδρανείς, μη βιοδιασπάσιμες ή εν πάση περιπτώσει δύσκολα βιοδιασπάσιμες ουσίες.

Λαμβάνοντας υπόψη τις παρατηρήσεις αυτές, εκτιμάται ότι ο υπολογισμός της απόδοσης με βάση τις συγκεντρώσεις BODs εξόδου, δίδει με μεγαλύτερη ακρίβεια την δυναμικότητα των βιολογικών διεργασιών να απομακρύνουν σχεδόν πλήρως το εισερχόμενο οργανικό φορτίο κάτω από τις σχετικά χαμηλές φορτίσεις που εφαρμόστηκαν.

Παρουσία ανασχετικών παραγόντων στην νιτροποίηση

Από την διερεύνηση της επίδρασης της οργανικής φόρτισης και του καθεστώτος μίξης του βιολογικού αντιδραστήρα, στην απόδοση της νιτροποίησης, προέκυψε το συμπέρασμα ότι στις μονάδες της πιλοτικής εγκατάστασης του Κ.Ε.Ρ.Ε.Φ.Υ.Τ., σημαντική επίδραση στη διεργασία της νιτροποίησης άσκησαν φαινόμενα μειωμένης δραστηριότητας ή μειωμένης ταχύτητας ανάπτυξης των νιτροποιητικών μικροοργανισμών. Καθώς οι υπόλοιποι περιβαλλοντικοί παράγοντες, όπως το pH, η θερμοκρασία, η οργανική φόρτιση και η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου, δεν ήταν κατά κανόνα περιοριστικοί, προκύπτει ότι αυτά τα φαινόμενα μείωσης του ρυθμού ανάπτυξης των νιτροποιητών, οφείλονται στα χαρακτηριστικά των εισερχομένων λυμάτων και πιο συγκεκριμένα στην συμμετοχή βιομηχανικών εισροών στην τροφοδοσία της εγκατάστασης.

Υδραυλικός χρόνος παραμονής- θερμοκρασία στο Β.Α.

Η παροχή τροφοδοσίας κυμάνθηκε σχετικά περισσότερο κατά τους δύο πρώτους μήνες του πειραματισμού και ο υδραυλικός χρόνος παραμονής για τους βιολογικούς αντιδραστήρες ήταν για τον Μάρτιο και τον Απρίλιο $HRT = 15 \pm 6$ ώρες, ενώ κατά τον Μάιο και τον Ιούνιο ήταν $HRT = 12 \pm 2$ ώρες. Η θερμοκρασία στους αντιδραστήρες κυμάνθηκε σε μέσες τιμές στα ίδια περίπου επίπεδα ή κατά μισό περίπου βαθμό χαμηλότερα, κατά τις ψυχρότερες ημέρες, από την θερμοκρασία των εισερχομένων λυμάτων.

Διαλυμένο οξυγόνο - συγκέντρωση του ανάμικτου υγρού - οργανική φόρτιση στο Β.Α

Η μονάδα Α2 λειτούργησε ως σύστημα νιτροποίησης και ταυτόχρονης απομάκρυνσης του άνθρακα, κάτω από σχετικά αυξημένη οργανική φόρτιση σέ βιολογικό αντιδραστήρα πλήρους μίξης, όγκου $V = 60\text{m}^3$ και συνεχώς αεριζόμενου. Η στάθμη του διαλυμένου οξυγόνου ήταν, για όλο το διάστημα, υψηλότερη από $\text{D.O.} = 4.0\text{mg/l}$. Η συγκέντρωση του ανάμικτου υγρού μεταβλήθηκε σημαντικά στη διάρκεια της περιόδου. Ήταν υψηλότερη κατά το πρώτο δίμηνο με $\text{MLSS} = 3.1\text{ g/l}$ κατά τον Μάρτιο και $\text{MLSS} = 2.7\text{ g/l}$ κατά τον Απρίλιο. Η οργανική φόρτιση κυμάνθηκε, ανάλογα με την διακύμανση της πυκνότητας του ανάμικτου υγρού, σε επίπεδα $F/M = 0.36$ έως $0.40\text{ kgCOD/kgMLSS.d}$ και $F/M = 0.20\text{ kgBOD/kgMLSS.d}$ κατά το πρώτο δίμηνο της περιόδου.

Καθιζησιμότητα της ιλύος - χρόνος παραμονής - λειτουργία των δεξαμενών τελικής καθίζησης

Η καθιζησιμότητα της ιλύος ήταν σχεδόν σταθερή σε όλη την διάρκεια της λειτουργίας, κυμαινόμενη σε σχετικά υψηλά επίπεδα τιμών $(D)SVI = 180\text{ ml/g}$, ενώ κατά τις αρχές Μαρτίου και Μαΐου διατηρήθηκε ακόμη υψηλότερα ξεπερνώντας τις τιμές $(D)SVI = 300$ και 400 ml/g αντίστοιχα. Η φόρτιση των δεξαμενών τελικής καθίζησης ανήλθε περίπου σε μια μέση τιμή, για όλη την περίοδο, ίση με $60\text{ kgSS/m}^2.\text{d}$, κυμαινόμενη ανάλογα με την παροχή εισόδου, την παροχή επανακυκλοφορίας και την συγκέντρωση του ανάμικτου υγρού. Σε όλη την διάρκεια της λειτουργίας σημειώθηκαν φαινόμενα ανύψωσης της ιλύος στην επιφάνεια των δεξαμενών τελικής καθίζησης, λόγω μη ελεγχόμενης απονιτροποίησης στον πυθμένα των δεξαμενών, είτε λόγω αφρισμού που σχηματιζόταν στις δεξαμενές αερισμού και προσέδιδε πλευστότητα στην ιλύ. Τα φαινόμενα αυτά είχαν ως αποτέλεσμα την ανεξέλεγκτη διαφυγή τεμαχίων ιλύος, συμπαγούς μορφής, στην εκροή. Για τους λόγους αυτούς, ο χρόνος παραμονής της ιλύος στο σύστημα δεν έγινε δυνατό να καθοριστεί με αξιοπιστία.

Απονιτροποίηση

Από τα ισοζύγια αζώτου στην είσοδο και την έξοδο του συστήματος, προέκυψε απομάκρυνση αζώτου που κυμάνθηκε από 17 έως 61 %. Στα συστήματα νιτροποίησης, η απομάκρυνση του αζώτου θα έπρεπε φυσιολογικά να αποδοθεί στην σύνθεση νέας βιομάζας. Ωστόσο η ευρεία διακύμανση και τα υψηλά ποσοστά που μετρήθηκαν, όσο και κυρίως τα φαινόμενα ανύψωσης της ιλύος στις δεξαμενές τελικής καθίζησης, καθώς και άλλοι λόγοι (όπως λ.χ. οι διαφορές στην κατανάλωση αλκαλικότητας) οδηγούν στο συμπέρασμα, ότι στην απομάκρυνση του αζώτου που

σημειώθηκε, συμπεριλαμβάνεται σε πολλές περιπτώσεις και κάποια ποσότητα που οφείλεται σε απονιτροποίηση η οποία δεν είναι δυνατό να μετρηθεί.

Χαρακτηριστικά της εκροής

Τα χαρακτηριστικά της εκροής της δεξαμενής τελικής καθίζησης ήταν σε μέσες μηνιαίες τιμές CODs = 41 έως 53 mg/l, BODs= 3 έως 7 mg/l, NH₃-N =1 έως 3 mg/l, NO_x-N = 35 έως 44 mg/l, SS = 23 έως 48 mg/l, pH =7.4 και αλκαλικότητα Talk. =138 έως 189 mgCaCO₃/l.

Η απόδοση ως προς την απομάκρυνση του οργανικού άνθρακα ήταν για όλη την περίοδο μεγαλύτερη από 92% σε όρους COD και μεγαλύτερη από 98% σε όρους BOD. Η απόδοση ως προς την απομάκρυνση του εισερχόμενου φορτίου αμμωνιακού αζώτου ήταν υψηλή και μεγαλύτερη από 98% για όλο το διάστημα εκτός από τον Μάιο όταν διαρροή υψηλών συγκεντρώσεων αμμωνιακού αζώτου σε ορισμένες περιπτώσεις κατά το τέλος του μήνα, έφεραν την μέση μηνιαία απόδοση σε επίπεδα περίπου 94%. Η ολική απομάκρυνση του TKN αζώτου από το σύστημα σε μέσες μηνιαίες τιμές κυμάνθηκε από 22% έως 41 %.

Δεδομένα φορτίσεων

Οι πίνακες που ακολουθούν περιέχονται στη διδακτορική διατριβή του κ. Χατζηκωνσταντίνου με τίτλο «Νιτροποίηση-Απονιτροποίηση σε Σύστημα Ενεργού Ιλύος», και παρουσιάζουν τα λειτουργικά χαρακτηριστικά, τα χαρακτηριστικά των εισερχομένων λυμάτων και τα χαρακτηριστικά της εκροής, για τις φορτίσεις που πραγματοποιήθηκαν στο συγκρότημα Α2 – ΔΤΚ 2,3 και 4, υπό μόνιμες συνθήκες κατά τον μήνα Μάρτιο του 1994 και υπό δυναμικά μεταβαλλόμενες συνθήκες (τριπλασιασμός της παροχής για τρεις ώρες) στις 17-3-1994.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

5.1 Μεθοδολογία – περιγραφή εργασιών

Στην παρούσα εργασία μοντελοποιείται με το πακέτο λογισμικού Stoa^{at}, το δεύτερο συγκρότημα βιολογικής επεξεργασίας που λειτούργησε στην πιλοτική μονάδα της ΚΕΡΕΦΥΤ τον Μάρτιο του 1994.

Γίνεται επεξεργασία των μετρήσεων που έγιναν στα εισερχόμενα λύματα που τροφοδότησαν την πιλοτική εγκατάσταση, στον Β.Α. και στην εκροή του συγκροτήματος και καταρτίζονται τα αντίστοιχα μοντέλα των εισροών, καθώς και οι πίνακες των στοιχείων που θα χρησιμοποιηθούν για να συγκριθούν με τα αποτελέσματα που δίνει το Stoa^{at} και να γίνει η βαθμονόμηση του μοντέλου του συγκροτήματος.

Επιλέγονται τα κατάλληλα μοντέλα βιολογικού αντιδραστήρα και δεξαμενής καθίζησης, προσδιορίζονται τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά και οι βασικές παράμετροι λειτουργίας τους και επισημαίνονται οι παράμετροι που πρέπει να διερευνηθούν για την καλύτερη προσαρμογή του μοντέλου του συγκροτήματος στα πειραματικά αποτελέσματα.

Με την επιλογή των κατάλληλων τιμών των παραμέτρων που διερευνούνται προσαρμόζεται κατά το δυνατόν το μοντέλο στα πραγματικά δεδομένα της μόνιμης φόρτισης του Μαρτίου. Πιο συγκεκριμένα, για να φθάσει το μοντέλο σε ισορροπία γίνονται δυο διαδοχικά τρεξίματα με δεδομένα εισερχομένων λυμάτων και τις δυο φορές, τις αντίστοιχες μετρήσεις των 31 ημερών του Μαρτίου 1994 κατά της οποίες το συγκρότημα λειτουργούσε σε συνθήκες μόνιμης φόρτισης (παραπλήσια χαρακτηριστικά εισερχομένων λυμάτων) και στη συνέχεια, θεωρώντας ότι το μοντέλο είναι πλέον σε ισορροπία, με τρεξίματα στη συνέχεια του δεύτερου επιχειρείται η χονδρική βαθμονόμηση του. Παράλληλα διερευνούνται οι επιπτώσεις της μεταβολής των παραμέτρων αυτών στην λειτουργία και τις αποδόσεις του συστήματος επεξεργασίας.

Τέλος για την επαλήθευση και την τελική βαθμονόμηση του μοντέλου χρησιμοποιούνται με αντίστοιχο τρόπο τα δεδομένα της δυναμικής φόρτισης που έγινε την 17^η Μαρτίου 1994.

5.2 Επεξεργασία και πινακοποίηση μετρήσεων

Επεξεργασία μετρήσεων

- Εισερχόμενα λύματα

Από το Stoaζ ζητούνται στα εισερχόμενα λύματα τιμές για Q, T, BOD_s, BOD_p, VSS, NVSS, NH₃-N, και NO_x

Στις συνθήκες μόνιμης φόρτισης καταρτίζεται το μοντέλο των εισερχομένων λυμάτων ώστε να δίδονται οι πιο πάνω τιμές ανά ημέρα.

Για τις ημέρες που δεν υπάρχουν μετρήσεις, συμπληρώνονται οι τιμές που λείπουν με την μέση τιμή των υπαρχουσών αντιστοίχων μετρήσεων.

Όπου υπάρχει μέτρηση COD και δεν υπάρχει μέτρηση BOD, υπολογίζονται οι τιμές του BOD από τις σχέσεις $BOD_t = 0,54 \text{ COD}_t$ και $BOD_s = 0,5 \text{ COD}_s$ που είναι οι μέσοι λόγοι ολοκλήρης της πειραματικής περιόδου.

Στις 2 Μαρτίου, έχουμε BOD_t = 700 mg/l που οφείλεται σε διαφυγή υψηλών συγκεντρώσεων στερεών λόγω διόγκωσης της ιλύος στην δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης. Η τιμή αυτή διορθώνεται χρησιμοποιώντας τη σχέση $BOD_t = BOD_s / 0,47 = 427,66 \text{ mg/l}$.

Τα NVSS προκύπτουν από τα μετρηθέντα SS και VSS, από τη σχέση NVSS=SS-VSS.

Στις δυναμικές φορτίσεις, καταρτίζεται το μοντέλο των εισερχομένων λυμάτων ώστε να δίδονται οι τιμές των χαρακτηριστικών τους ανά μισή ώρα.

Όπου δεν υπάρχουν μετρήσεις, οι τιμές που λείπουν συμπληρώνονται με γραμμική παρεμβολή.

Μετρήσεις στον Β.Α. και στις Δ.Τ.Κ.

Οι μετρήσεις που υπάρχουν από τον Β.Α. και τις Δ.Τ.Κ. χρησιμοποιούνται για να συγκριθούν με τα αποτελέσματα που δίνει το Stoaζ και να γίνει η βαθμονόμηση του μοντέλου.

Από τις τιμές που μας δίνει το Stoaζ στον Β.Α. , στις συνθήκες μόνιμης φόρτισης, υπάρχουν μετρήσεις για MLSS και F/M και στις δυναμικές φορτίσεις, μετρήσεις MLSS, NH₃-N και NO_x-N.

Από τις τιμές που μας δίνει το Stoaζ στην εκροή των Δ.Τ.Κ. , στις συνθήκες μόνιμης φόρτισης υπάρχουν μετρήσεις για COD_s, BOD_s, SS, NH₃-N, και NO_x και στις δυναμικές φορτίσεις μόνο μετρήσεις SS.

Στις 7 και 8 Μαρτίου έχουμε τιμές για τα εξερχόμενα στερεά SS, 325 και 188 mg/l αντίστοιχα που οφείλονται σε διαφυγή υψηλών συγκεντρώσεων στερεών λόγω διόγκωσης της ιλύος. Οι τιμές αυτές δεν αντιστοιχούν σε ομαλή λειτουργία του συστήματος υπό μόνιμες συνθήκες και αφαιρούνται από τον αντίστοιχο πίνακα.

Σημειώνεται ότι οι συγκεντρώσεις των νιτρικών που μετρήθηκαν είναι ιδιαίτερα χαμηλές, λόγω μη ελεγχόμενης απονιτροποίησης που ελάμβανε χώρα στον πυθμένα των δεξαμενών τελικής καθίζησης και κατά συνέπεια δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη βαθμονόμηση του μοντέλου.

Πινακοποίηση μετρήσεων

Στο παράρτημα περιλαμβάνονται οι πίνακες που προέκυψαν από την πιο πάνω επεξεργασία, τα στοιχεία που εισάγουμε ως εισερχόμενα λύματα στο πρόγραμμα καθώς και τα αντίστοιχα διαγράμματα εισερχομένων λυμάτων.

5.3 Επιλογή μοντέλων βιολογικού αντιδραστήρα και δεξαμενής τελικής καθίζησης - Προσδιορισμός γεωμετρικών μεγεθών και χαρακτηριστικών λειτουργίας και επισήμανση των παραμέτρων που θα διερευνηθούν

Επιλογή μοντέλου βιολογικού αντιδραστήρα

Στα δεδομένα των εισερχομένων λυμάτων περιλαμβάνονται μετρήσεις τόσο του BOD όσο και του COD. Επιλέγεται η προσομοίωση του συγκροτήματος να γίνει με μοντέλα των μονάδων που βασίζονται σε δεδομένα BOD, τόσο λόγω του εύχρηστου των μοντέλων αυτών αλλά και επειδή, όπως αναφέρεται στο κεφάλαιο 3 της παρούσης εργασίας, στην σχετική διατριβή του κ. Γ. Χατζηκωνσταντίνου «Νιτροποίηση-Απονιτροποίηση σε Σύστημα Ενεργού Ιλύος» θεωρείται ότι η λειτουργία και απόδοση του συγκροτήματος που προσομοιώνεται αποδίδεται καλύτερα με τις σχετικές μετρήσεις BOD_s.

Για την προσομοίωση του βιολογικού αντιδραστήρα επιλέγεται το βασικό 1^ο μοντέλο του Stoat, ASAL1 επειδή:

- ο υδραυλικός χρόνος παραμονής των λυμάτων είναι κατά πολύ μεγαλύτερος από τον αναφερόμενο ως κρίσιμο χρόνο των 2 έως 4 ωρών και κατά συνέπεια η απλούστευση ότι το διακριτό BOD υδρολύεται αμέσως, δεν επηρεάζει τις προβλέψεις που θα δώσει το μοντέλο.
- δεν υπάρχουν στοιχεία για τις σταθερές υδρόλυσης που να μας επιτρέπουν μια ακριβέστερη προσέγγιση της διεργασίας με το μοντέλο ASAL2.
- ο βιολογικός αντιδραστήρας που εξετάζεται είναι πλήρους μίξεως και η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου κυμαίνεται σε υψηλά επίπεδα καθ' όλη την διάρκεια του πειραματισμού με συνέπεια η αδυναμία του ASAL1 να προσομοιώσει ταυτόχρονη νιτροποίηση και απονιτροποίηση στον βιολογικό αντιδραστήρα, να μην επηρεάζει τα λαμβανόμενα αποτελέσματα.

Επιλογή μοντέλου δεξαμενής τελικής καθίζησης

Στο μοντέλο του βιολογικού αντιδραστήρα ενεργού ιλύος που έχει επιλεγεί για την προσομοίωση, αντιστοιχεί το μοντέλο δεξαμενής τελικής καθίζησης SSED1.

Προσδιορισμός γεωμετρικών μεγεθών και χαρακτηριστικών λειτουργίας

Στα αντίστοιχα μενού δεδομένων εισάγονται τα γεωμετρικά μεγέθη και τα χαρακτηριστικά λειτουργίας των μονάδων του Β.Α. και της δεξαμενής τελικής καθίζησης όπως φαίνεται στη συνέχεια.

1.Βιολογικός Αντιδραστήρας A2

NAME AND DIMENSIONS

Name: activated sludge aeration tank 1

Model: ASAL1

Volume: 60m³

Number of stages: 1 (αντιδραστήρας πλήρους μίξεως)

Number of MLSS recycles: 0

Wastage method: continuous rate

Stage from which MLSS is wasted: 1

Stage in which MLSS is measured: 1

FLOW DISTRIBUTION

Volume distribution: 1

Feed distribution: 1

Return activated sludge distribution: 1

Minimum K_{La} : 2 1/h

Maximum K_{La} : 10 1/h (αρχική επιλογή)

Dissolved oxygen set point: 4 mg/l

Stage where DO is to be measured: 1

MIXED LIQUOR RECYCLES

Stage from where MLSS recycle leaves

Stage to which MLSS recycle goes

MLSS recycle flowrate

Επειδή εξετάζουμε αντιδραστήρα πλήρους μίξεως, στον οποίο δεν γίνεται εσωτερική ανακυκλοφορία του ανάμικτου υγρού το μενού αυτό δεν ενεργοποιείται

OPERATION

MLSS setpoint: 3000mg/l (δεν ενεργοποιείται)

Max. wastage flowrate: 0.20 m³/h

Max. pumping time per wastage event: 24h

Period between wastage events: 24h

INITIAL CONDITIONS

Soluble BOD (mg/l):	5.00
Ammonia (mg/l):	40.00
Nitrate (mg/l):	0.00
Soluble phosphate (mg/l):	0.00
Dissolved oxygen (mg/l):	4.00
MLSS (mg/l):	3000.00
Viable autotrophs (mg/l):	100.00
Non-viable autotrophs (mg/l):	0.00
Viable heterotrophs (mg/l):	1000.00
Non-viable heterotrophs (mg/l):	0.00
Particulate BOD (mg/l):	0.00

SEWAGE CALIBRATION DATA

Nitrification rate: average (αρχική επιλογή)

PROCESS CALIBRATION

Saturation dissolved oxygen: calculated automatically

Sludge wastage control gain: 0.010

Wastage integral time: 24.00

2.Δεξαμενές Τελικής Καθίζησης ΔTK 2,3,4

Προσομοιώνονται με μια ΔTK ισοδύναμης επιφάνειας

$$\text{Surface area} = 3 \cdot (\pi \cdot 2,25^2 / 4 - \pi \cdot 1^2 / 4) = 9,555 \text{ m}^2$$

NAME AND DIMENSIONS

Name: Secondary sedimentation tank 1

Model: SSED1

Surface area: 9.555 m²

Depth of tank: 3.5m

Depth of feed: 1.5m

RAS flow: ratio

Wastage method: no wastage(αρχική επιλογή)

Control Aeration tank:

Control aeration stage:

PROCESS OPERATION

RAS flow:

RAS ratio: 1.20

Sludge wastage flow:

Wastage pump run time:

Interval between wastage events:

INITIAL CONDITIONS

initial conditions	stage 1	stage 2	stage 3	stage 4	stage 5	stage 6	stage 7	stage 8
Soluble BOD (mg/l):	5	5	5	5	5	5	5	5
Ammonia (mg/l):	40	40	40	40	40	40	40	40
Nitrate (mg/l):	0	0	0	0	0	0	0	0
Soluble phosphate :	0	0	0	0	0	0	0	0
Dissolved oxygen (mg/l):	4	4	4	4	4	4	4	4
Particulate BOD (mg/l):	0	0	0	0	0	0	0	0
Particulate phosphate :	0	0	0	0	0	0	0	0
MLSS (mg/l):	0	0	0	300	300	300	300	6000
Non-settleable solids :	0	0	0	0	0	0	0	0
Viable heterotrophs :	0	0	0	100	100	100	100	2000
Non-viable heterotrophs:	0	0	0	0	0	0	0	0
Viable autotrophs (mg/l):	0	0	0	10	10	10	10	200
Non-viable autotrophs :	0	0	0	0	0	0	0	0

SEWAGE CALIBRATION DATA

Correlation: no correlation (αρχική επιλογή)

Vesilind settling velocity: 9.15 m/h

Maximum settling velocity: 8 m/h

Hindered settling parameter: 0.00058 lt/mg

Discrete parameter: 0.029 lt/mg

Onset of flocculation: 350 mg/lt

Non-settleable fraction: 0.001

PROCESS CALIBRATION

Gain: 0.01

Integral Time: 24h

Επισήμανση των παραμέτρων που θα διερευνηθούν για τη βαθμονόμηση του μοντέλου

Επισημαίνεται ότι για τη βαθμονόμηση του μοντέλου είναι απαραίτητο να διερευνηθούν

- το μοντέλο απομάκρυνσης της ιλύος.
- το μοντέλο καθιζησιμότητας της ιλύος
- οι τιμές των χαρακτηριστικών της ιλύος
- ο ρυθμός νιτροποίησης
- ο μέγιστος ρυθμός παροχής του οξυγόνου στον βιολογικό αντιδραστήρα

5.4 Προσδιορισμός του μοντέλου και της παροχής απομάκρυνσης της ιλύος

Στην σχετική διατριβή του κ. Γ. Χατζηκωνσταντίνου «Νιτροποίηση-Απονιτροποίηση σε Σύστημα Ενεργού Ιλύος», αναφέρεται ότι για τη ρύθμιση της συγκέντρωσης του ανάμικτου υγρού και της οργανικής φόρτισης κάτω από την οποία λειτουργούσαν οι μονάδες, γινόταν είτε τακτική αφαίρεση περίσσειας ιλύος μέσω των αντλιών ανακυκλοφορίας, είτε αφαίρεση της κατάλληλης ποσότητας ανάμικτου υγρού απευθείας από τον βιολογικό αντιδραστήρα.

Στους πίνακες των σχετικών μετρήσεων ο ρυθμός απαγωγής περίσσειας ιλύος W δίδεται ως στοιχείο στους βιολογικούς αντιδραστήρες με μέση τιμή για τον Μάρτιο και τον βιολογικό αντιδραστήρα A2, $W = 5\%$ (επί της παροχής εισόδου).

Προκειμένου να επιλέξουμε το μοντέλο απομάκρυνσης της ιλύος, ελέγχουμε πρώτα τα αποτελέσματα που παίρνουμε από το πρόγραμμα εάν απομακρύνεται μόνο ιλύς από την ΔTK (kerefyt1) η μόνο ανάμικτο υγρό από τον BA (kerefyt2) με τον πιο πάνω μέσο ρυθμό που αντιστοιχεί σε μέση παροχή $0,20 \text{ m}^3 / \text{h}$. Στην περίπτωση αυτή τίθεται Wastage method:none, στον BA η στην ΔTK αντίστοιχα.

Και στις δυο περιπτώσεις, γίνεται το πρώτο τρέξιμο (W-run1) με δεδομένα εισερχομένων λυμάτων τις μετρήσεις του Μαρτίου για τις μόνιμες συνθήκες λειτουργίας, και στη συνέχεια του δεύτερο τρέξιμο (W-run2) με τα ίδια δεδομένα εισερχομένων λυμάτων, για να θεωρηθεί ότι το μοντέλο είναι σε ισορροπία, και λαμβάνονται οι παρακάτω μέσες τιμές συγκεντρώσεων MLSS στον B.A., και NH_3 , SS και BODs στην εκροή.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3

	SS (mg/l)	BOD_t (mg/l)	BOD_s (mg/l)	NH₃ (mg/l)	MLSS (mg/l)
W-run2(kerefyt1)	10.70	5.10	2.00	0.30	3868.30
W-run3(kerefyt2)	81.60	22.80	2.30	0.20	4807.20
μετρήσεις	21.69		4.00	1.00	3063.00

Διαπιστώνεται ότι και στις δυο περιπτώσεις, προκύπτουν πολύ υψηλές συγκεντρώσεις MLSS στον B.A. που οδηγούν στο συμπέρασμα ότι ο αναφερόμενος ρυθμός απαγωγής περίσσειας ιλύος αναφέρεται μόνο στην απομάκρυνση ανάμικτου υγρού, ενώ απομακρύνεται και ιλύς και από τις δεξαμενές τελικής καθίζησης.

Επιλέγεται η απομάκρυνση του ανάμικτου υγρού να γίνεται με σταθερή παροχή (constant rate) ίση με την αναφερόμενη μέση παροχή $0,20 \text{ m}^3/\text{h}$ και η

απομάκρυνση της περίσσειας ιλύος από τις δεξαμενές τελικής καθίζησης να γίνεται με παροχή 0,50 m³/h για όσο χρονικό διάστημα απαιτείται (constant rate over variable time) ώστε η μέση συγκέντρωση MLSS να είναι περίπου ίση με την μετρηθείσα μέση συγκέντρωση MLSS του Μαρτίου (kerefyt4).

Γίνονται τρία τρεξίματα το ένα στη συνέχεια του άλλου (MLSS1, MLSS2, MLSS3), με δεδομένα εισερχομένων λυμάτων τις μετρήσεις του Μαρτίου και με MLSS setpoint=3000mg/lit, για να θεωρηθεί ότι το μοντέλο είναι σε ισορροπία, από τα οποία λαμβάνονται οι παρακάτω μέσες τιμές συγκεντρώσεων MLSS στον B.A., και NH₃, SS και BODs στην εκροή.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4

	SS (mg/lit)	BODt (mg/lit)	BODs (mg/lit)	NH₃ (mg/lit)	MLSS (mg/lit)
run MLSS3	9.00	4.80	1.80	0.70	3063.50
μετρήσεις	21.69		4.00	1.00	3063.00

Επισημαίνεται ότι προκύπτουν συγκεντρώσεις MLSS που προσεγγίζουν τις μετρήσεις, ενώ η ιλύς απομακρύνεται όχι συνεχώς, αλλά κατά διαστήματα από τις δεξαμενές τελικής καθίζησης με παροχή 0,50 m³/h και μέση συνολική παροχή 0,30 m³/h.

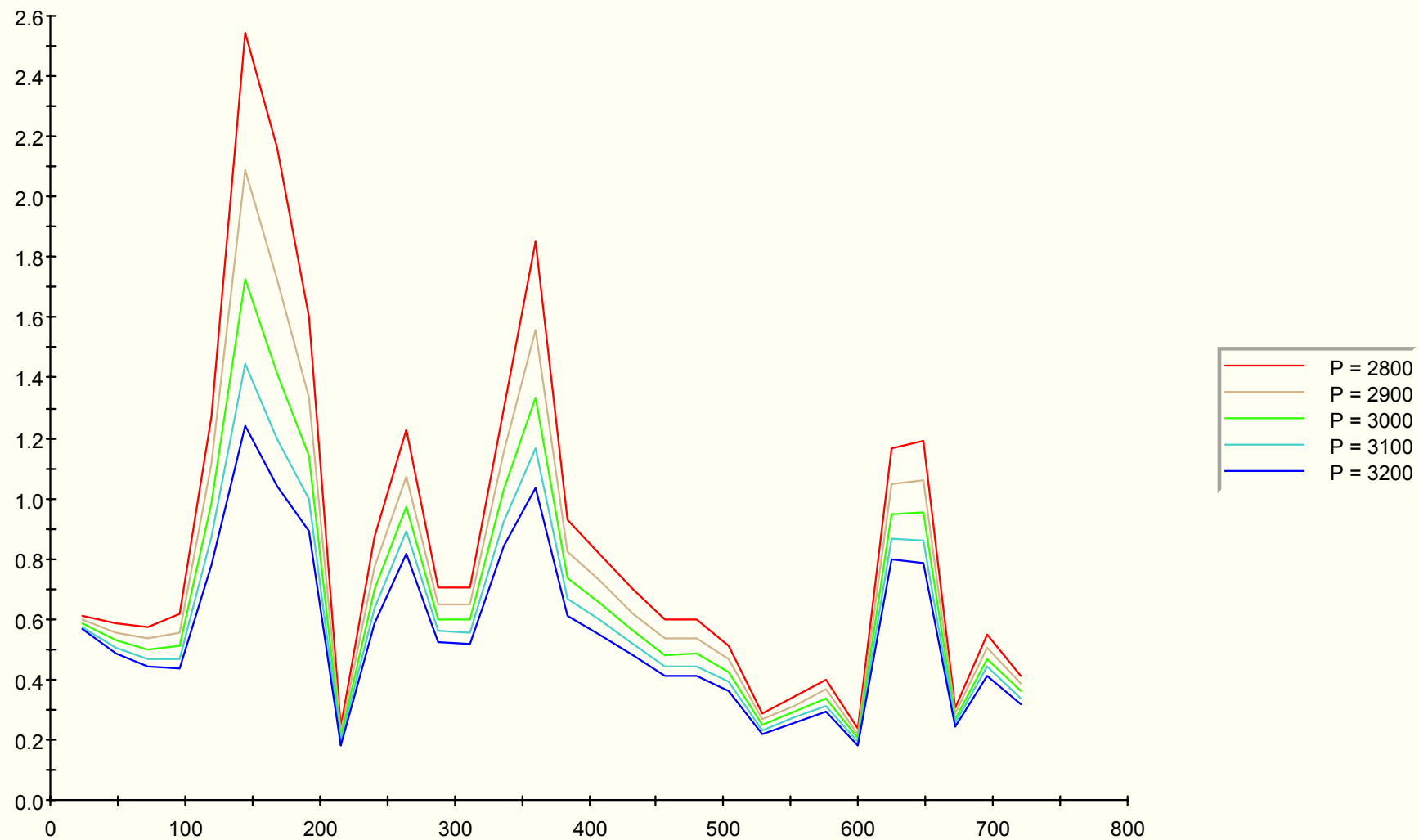
Οι συγκεντρώσεις των NH₃, SS και BODs που λαμβάνονται από το πρόγραμμα είναι χαμηλότερες από τις μετρηθείσες τιμές. Στην συνέχεια επιχειρείται μια καλύτερη προσέγγιση τους με ρύθμιση των διαφόρων παραμέτρων του προγράμματος, ενώ παράλληλα διερευνούνται οι επιπτώσεις της μεταβολής των παραμέτρων αυτών στην λειτουργία και τις αποδόσεις του συστήματος επεξεργασίας που εξετάζεται.

5.5 Μελέτη ευαισθησίας του συστήματος σε σχέση με την επιλεγμένη συγκέντρωση MLSS – προσδιορισμός MLSS setpoint.

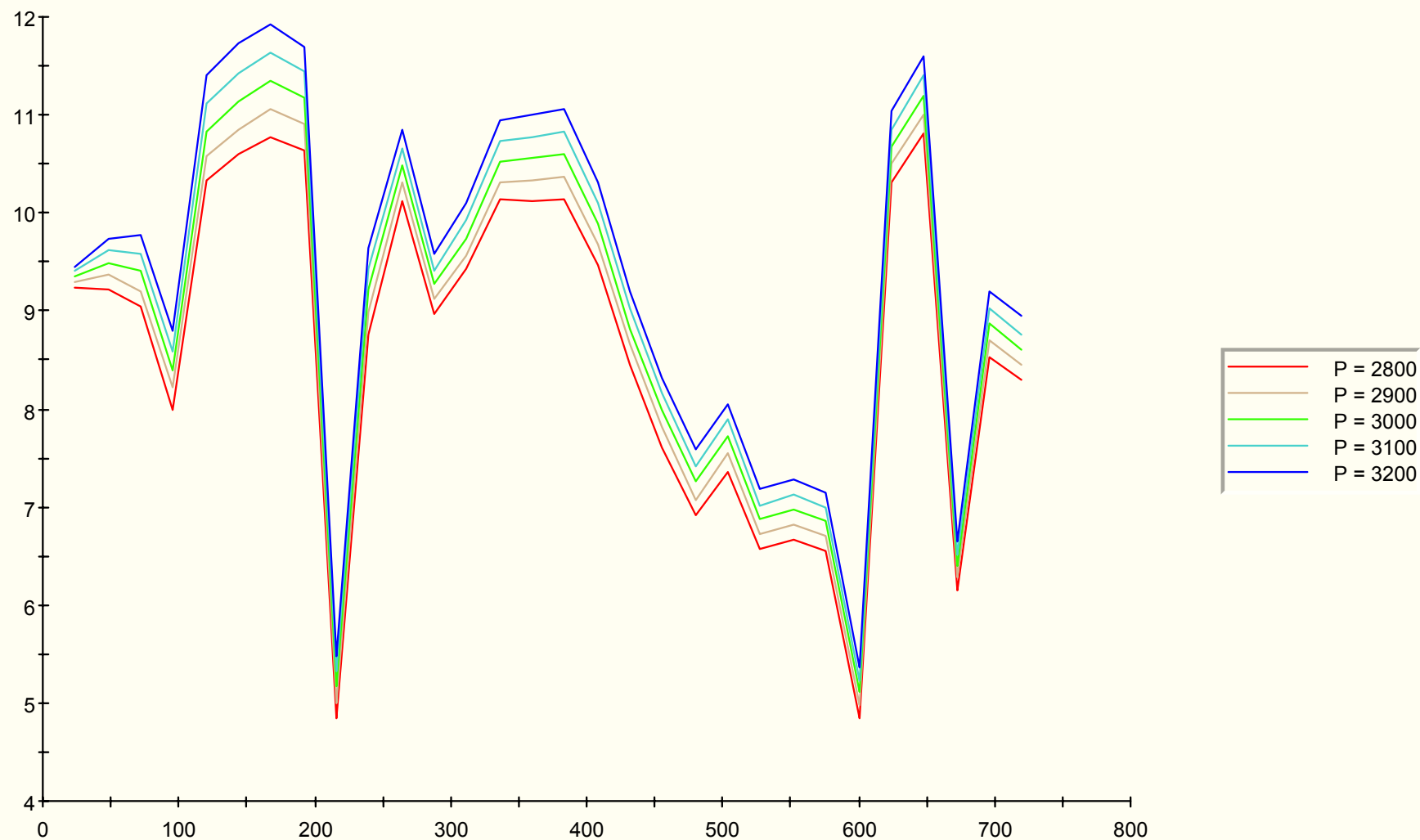
Στα τρεξίματα MLSS1, MLSS2 και MLSS3 επιλέχθηκε MLSS setpoint = 3000 mg/lit που έδωσε μέση τιμή συγκέντρωσης MLSS =3063,5 mg/lit. Στη συνέχεια διερευνούνται η ορθότητα της επιλογής αυτής καθώς και οι επιπτώσεις που θα είχε μια διαφορετική επιλογή MLSS setpoint, τόσο στις συγκεντρώσεις MLSS όσο και στα χαρακτηριστικά της εκροής.

Χρησιμοποιώντας την δυνατότητα του Stoat για μελέτη της ευαισθησίας του μοντέλου επεξεργασίας στην μεταβολή των διαφόρων παραμέτρων, με το εργαλείο sensitivity analysis, εξετάζονται οι επιπτώσεις της μεταβολής της τιμής του MLSS setpoint στις συγκεντρώσεις MLSS στον B.A. και NH₃, BODt, BODs και SS στην εκροή (τρέξιμο

MLSS4). Τα σχετικά διαγράμματα και οι αντίστοιχοι αναλυτικοί συγκριτικοί πίνακες που καταρτίζονται περιλαμβάνονται στο παράρτημα. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα διαγράμματα της μεταβολής των συγκεντρώσεων της NH_3 και SS, καθώς και ο πίνακας 5 που περιλαμβάνει την μεταβολή των μέσων τιμών για MLSS setpoint από 2800 έως 3200



συγκεντρώσεις NH_3 στην εκροή για MLSS setpoint από 2800 έως 3200 mg/l



συγκεντρώσεις SS στην εκροή για MLSS setpoint από 2800 έως 3200 mg/lt

ΠΙΝΑΚΑΣ 5

Μέσες τιμές MLSS, NH₃, BOD_t, BOD_s και SS για MLSS setpoint από 2800 έως 3200						
		MLSS setpoint				
	μετρήσεις	2800.00	2900.00	3000.00	3100.00	3200.00
MLSS(mg/l)	3062.78	2874.99	2969.39	3063.47	3157.73	3251.38
NH₃(mg/l)	1.00	0.85	0.75	0.66	0.61	0.55
BOD_t(mg/l)		4.70	4.70	4.80	4.80	4.80
BOD_s(mg/l)	4.10	1.72	1.75	1.76	1.80	1.82
SS(mg/l)	21.69	8.63	8.81	8.99	9.15	9.34

Διαπιστώνεται ότι η αύξηση της συγκέντρωσης MLSS στο ανάμικτο υγρό στον Β.Α. συνεπάγεται κυρίως μείωση των συγκεντρώσεων της αμμωνίας και αύξηση των συγκεντρώσεων SS στην εκροή, ενώ αυξάνονται ελάχιστα οι συγκεντρώσεις BOD_t και BOD_s.

Για MLSS setpoint=2900 και 3000, λαμβάνονται συγκεντρώσεις MLSS που προσεγγίζουν ικανοποιητικά τις μετρήσεις MLSS, ενώ οι αντίστοιχες συγκεντρώσεις .NH₃, BOD_s και SS είναι χαμηλές.

Επιλέγεται MLSS setpoint=3000 και επιχειρείται με τη κατάλληλη ρύθμιση των παραμέτρων καθιζησιμότητας της ιλύος για να ληφθούν συγκεντρώσεις SS που να αντιστοιχούν στις μετρήσεις.

5.6 Διερεύνηση των σχέσεων που συνδέουν τις χαρακτηριστικές παραμέτρους της ιλύος.

Το μοντέλο της δεξαμενής καθίζησης χρησιμοποιεί τις παρακάτω χαρακτηριστικές παραμέτρους της ιλύος.

Vesilind settling velocity V_o

Maximum settling velocity V_{max}

Hindered settling parameter b_1

Discrete parameter b_2

Onset of flocculation

Non-settleable fraction nsf

Η V_{max} μπορεί να μετρηθεί, ενώ όταν δεν υπάρχουν σχετικά στοιχεία τίθεται ίση με την V_o .

Επίσης το ποσοστό των μη καθιζανόντων στερεών (Non-settleable fraction) μπορεί να υπολογισθεί και κυμαίνεται από 0 έως 0,002.

Το όριο της πάχυνσης (Onset of flocculation) δεν είναι κανονικά μια παράμετρος που επηρεάζει αξιολογικά τα αποτελέσματα. Μπορεί βέβαια να εκτιμηθεί και κυμαίνεται από 250 έως 500 mg/l.

Η χαρακτηριστική παράμετρος καθίζησης στην ζώνη χαμηλών συγκεντρώσεων στερεών, b_2 , είναι κανονικά 10 έως 100 φορές μεγαλύτερη από την b_1 με τυπική τιμή $50 \cdot b_1$ και συνήθως προσδιορίζεται κατά τρόπο ώστε οι προβλέψεις του μοντέλου να συμπίσουν με τις μετρήσεις.

Η Vesilind settling velocity, V_o , και η χαρακτηριστική παράμετρος καθίζησης στην ζώνη εμποδιζόμενης καθίζησης, b_1 , συσχετίζονται με διάφορες σχέσεις που έχουν αναπτυχθεί με τον δείκτη Stirred Sludge Volume Index της ιλύος για συγκέντρωση MLSS 3500 mg/l, $SSV_{l_{3,5}}$, και χαρακτηρίζουν την καθιζησιμότητα της ιλύος. Κατά κανόνα $SSV_{l_{3,5}}$ μικρότερος από 80 δείχνει ιλύ που καθιζάνει γρήγορα, μεταξύ 100 και 130 δείχνει τυπική ιλύ, και μεγαλύτερος από 150 δείχνει ιλύ που διογκώνεται.

Το μοντέλο της δεξαμενής καθίζησης του Stoot δίνει την δυνατότητα να προσδιορισθούν οι παράμετροι V_o και b_1 σε σχέση με τον $SSV_{l_{3,5}}$ από τρία διαφορετικά πακέτα σχέσεων, τα WRc correlation, Extended aeration correlation και BNR correlation.

Επίσης δίνεται η δυνατότητα να μην συσχετίζονται οι παράμετροι αυτές με μαθηματικές σχέσεις με τον δείκτη $SSV_{l_{3,5}}$ (no correlation) και προτείνονται για την περίπτωση αυτή οι παρακάτω χαρακτηριστικές τιμές.

παράμετροι	Προτεινόμενες τιμές		
$SSV_{l_{3,5}}$	80	100	150
V_o	10,38	9,15	6,08
b_1	0,00047	0,00058	0,00102

Με βάση τα παραπάνω, θεωρείται ότι $V_{max}=V_o$, εξετάζεται ποιος είναι ο προσφορότερος τρόπος προσδιορισμού V_o και b_1 , εξετάζονται οι επιπτώσεις της μεταβολής των V_o , b_1 και non-settleable fraction και επιλέγονται οι τιμές τους, εξετάζονται οι επιπτώσεις της μεταβολής του b_2 και επιλέγεται η τιμή του και τέλος εξετάζονται οι επιπτώσεις της μεταβολής του Onset of flocculation και επιλέγεται η τιμή του.

5.7 Επιλογή μοντέλου καθιζησησιμότητας της ιλύος

Προκειμένου να επιλεγεί το προσφορότερο μοντέλο καθιζησησιμότητας της ιλύος ελέγχονται όλα τα διαθέσιμα από το Stoat μοντέλα.

Στα τρεξίματα MLSS1, MLSS2 και MLSS3 επιλέχθηκε το μοντέλο no correlation με τις προτεινόμενες τιμές V_0 και b_1 για δείκτη $SSV_{I_{3,5}}=100$.

Στην εκροή ελήφθησαν συγκεντρώσεις SS πολύ χαμηλές σε σχέση με τις αντίστοιχες μετρήσεις.

Το μοντέλο no correlation με τις προτεινόμενες τιμές V_0 και b_1 για δείκτη $SSV_{I_{3,5}}=150$ (run no 150A,B,C) δίνει στην εκροή ιδιαίτερα υψηλές συγκεντρώσεις SS με μέση συγκέντρωση 235,5 mg/l.

Για $SSV_{I_{3,5}}=100$ και μετά από τρία διαδοχικά τρεξίματα, τα μοντέλα WRc correlation (run1,2,3) και extended aeration correlation (run4,5,6) δίνουν περίπου τις ίδιες τιμές SS, σημαντικά υψηλότερες από τις αντίστοιχες του no correlation για δείκτη $SSV_{I_{3,5}}=100$, ενώ το BRN correlation (run7,8,9) λίγο χαμηλότερες τιμές, όπως παρουσιάζεται στον πίνακα 6 που ακολουθεί.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6

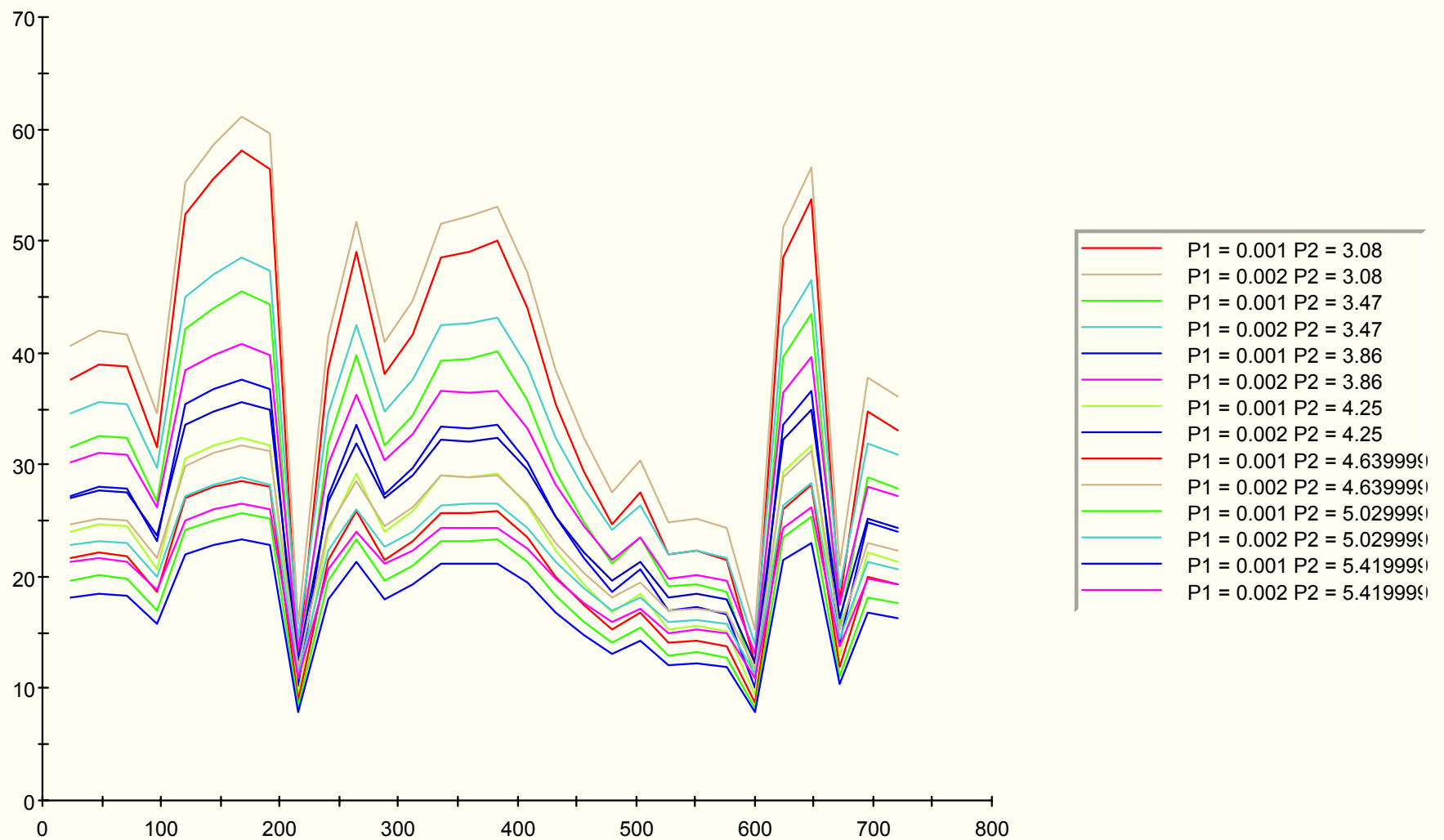
MLSS,NH₃,BOD_t, BOD_s και SS για $SSV_{I_{3,5}}=100$					
	μετρήσεις	no correlation	WRc correlation	ext.aeration correlation	BRN correlation
MLSS	3062.78	3063.50	3077.30	3078.50	3069.50
NH₃	1.00	0.70	0.70	0.70	0.70
BOD_t		4.80	7.50	7.40	6.00
BOD_s	4.10	1.80	1.70	1.70	1.70
SS	21.69	9.00	17.30	17.20	12.80

Επιλέγεται το μοντέλο WRc correlation και με την κατάλληλη επιλογή των χαρακτηριστικών παραμέτρων της ιλύος, θα επιχειρηθεί η καλύτερη προσέγγιση των μετρήσεων.

5.8 Μελέτη ευαισθησίας του συστήματος σε σχέση με τον δείκτη $SSVI_{3.5}$ της ιλύος και το ποσοστό μη καθιζανόντων στερεών – προσδιορισμός του δείκτη $SSVI_{3.5}$ της ιλύος και του ποσοστού μη καθιζανόντων στερεών

Χρησιμοποιώντας την δυνατότητα του Stoa για μελέτη της ευαισθησίας του μοντέλου επεξεργασίας στην μεταβολή των διαφόρων παραμέτρων, με το εργαλείο sensitivity analysis, εξετάζονται οι επιπτώσεις της μεταβολής του $SSVI_{3.5}$ από 100 έως 160 (αντίστοιχη Vesilind settling velocity από 5,42 έως 3,08) για non-settleable fraction 0,001 και 0,002. Επίσης αφού προηγηθούν τρία διαδοχικά τρεξίματα (run2900-1,-2 και -3) με το τρέξιμο run2900-sensitivity εξετάζονται οι ίδιες μεταβολές και για MLSS setpoint 2900, WRc correlation.

Τα σχετικά διαγράμματα περιλαμβάνονται στο παράρτημα ενώ στη συνέχεια παρουσιάζεται ο πίνακας με τις μέσες τιμές των συγκεντρώσεων MLSS στον B.A. και NH_3 , BOD_t , BOD_s και SS στην εκροή, καθώς και το διάγραμμα μεταβολής των συγκεντρώσεων SS.



συγκεντρώσεις SS στην εκροή. για V_0 από 3.08 έως 5.42 και non-settleable fraction 0.001 και 0.002

ΠΙΝΑΚΑΣ 7

Μεταβολή του SSVI3.5 και του non settleable fraction για MLSSsetpoint=3000 και MLSSsetpoint=2900, WRc correlation							
MLSS setpoint	SSVI3.5	non settleable fraction	SS	BODt	BODs	NH3	MLSS
3000	100.00	0.001	17.30	7.50	1.70	0.70	3077.30
3000	100.00	0.002	20.20	8.50	1.70	0.70	3077.30
3000	110.00	0.001	18.80	8.00	1.70	0.70	3076.20
3000	110.00	0.002	21.70	9.00	1.70	0.70	3075.40
3000	120.00	0.001	20.60	8.60	1.70	0.70	3073.60
3000	120.00	0.002	23.60	9.60	1.70	0.70	3072.90
3000	130.00	0.001	23.00	9.40	1.70	0.70	3070.40
3000	130.00	0.002	25.90	10.40	1.70	0.70	3069.70
3000	140.00	0.001	26.10	10.50	1.80	0.70	3066.40
3000	140.00	0.002	29.00	11.40	1.80	0.70	3065.60
3000	150.00	0.001	30.40	11.90	1.80	0.70	3062.50
3000	150.00	0.002	33.30	12.90	1.80	0.70	3061.70
3000	160.00	0.001	36.80	14.00	1.90	0.70	3056.40
3000	160.00	0.002	39.70	15.00	1.90	0.70	3055.70
2900	100.00	0.001	17.00	7.50	1.70	0.80	2976.90
2900	100.00	0.002	19.80	8.40	1.70	0.80	2976.20
2900	110.00	0.001	18.40	8.00	1.70	0.80	2976.10
2900	110.00	0.002	21.20	8.90	1.70	0.80	2975.40
2900	120.00	0.001	20.20	8.60	1.70	0.80	2975.00
2900	120.00	0.002	23.00	9.50	1.70	0.80	2974.30
2900	130.00	0.001	22.50	9.40	1.70	0.80	2972.40
2900	130.00	0.002	25.30	10.30	1.70	0.80	2971.70
2900	140.00	0.001	25.40	10.40	1.70	0.70	2968.10
2900	140.00	0.002	28.30	11.30	1.70	0.70	2967.40
2900	150.00	0.001	29.60	11.80	1.80	0.70	2964.30
2900	150.00	0.002	32.40	12.70	1.80	0.70	2963.60
2900	160.00	0.001	35.60	13.80	1.90	0.70	2959.50
2900	160.00	0.002	38.40	14.80	1.90	0.70	2958.80
μετρήσεις			21.69		4.00	1.00	3063.00

Διαπιστώνεται ότι με την αύξηση του $SSV_{l_{3,5}}$ (μείωση της αντίστοιχης Vesilind settling velocity) καθώς και με την αύξηση του non-settleable fraction, οι συγκεντρώσεις SS αυξάνονται σημαντικά, οι συγκεντρώσεις MLSS ελαττώνονται λίγο, οι συγκεντρώσεις BODt και BODs αυξάνονται λίγο, ενώ οι συγκεντρώσεις της διαλυτής NH_3 δεν μεταβάλλονται.

Η μεταβολή του non-settleable fraction ,εκτός από την NH_3 δεν επηρεάζει ούτε τις συγκεντρώσεις του BODs που ταυτίζονται για non-settleable fraction 0,001 και 0,002 για την ίδια vesilind velocity.

Οι μέσες συγκεντρώσεις βρίσκονται αρκετά κοντά στον μέσο όρο των μετρήσεων για MLSS setpoint=3000, στις περιπτώσεις $SSV_{l_{3,5}}=110$, non-settleable fraction=0,002 και $SSV_{l_{3,5}}=130$, non-settleable fraction=0,001 καθώς επίσης και για MLSS setpoint=2900, στις περιπτώσεις $SSV_{l_{3,5}}=110$, non-settleable fraction=0,002 και $SSV_{l_{3,5}}=130$, non-settleable fraction=0,001.

Οι περιπτώσεις αυτές εξετάζονται αναλυτικά με τρία διαδοχικά τρεξίματα (110.2 A,B και C - 130.1 A,B και C - 130.S.1 A,B και C - 130.S.1 A,B και C) και οι αντίστοιχες συγκεντρώσεις παρουσιάζονται στον πίνακα 7 που ακολουθεί.

ΠΙΝΑΚΑΣ 8

Καλύτερες προσεγγίσεις μετρήσεων για MLSSsetpoint=3000 και MLSSsetpoint=2900,WRc correlation							
MLSS setpoint	SSVI _{3,5}	non settleable fraction	SS	BODt	BODs	NH ₃	MLSS
3000	110.00	0.002	21.70	9.00	1.70	0.70	3074.20
3000	130.00	0.001	22.60	9.30	1.80	0.70	3066.20
2900	110.00	0.002	21.20	8.90	1.70	0.80	2975.60
2900	130.00	0.001	22.00	9.20	1.70	0.80	2968.00
μετρήσεις			21.69		4.00	1.00	3063.00

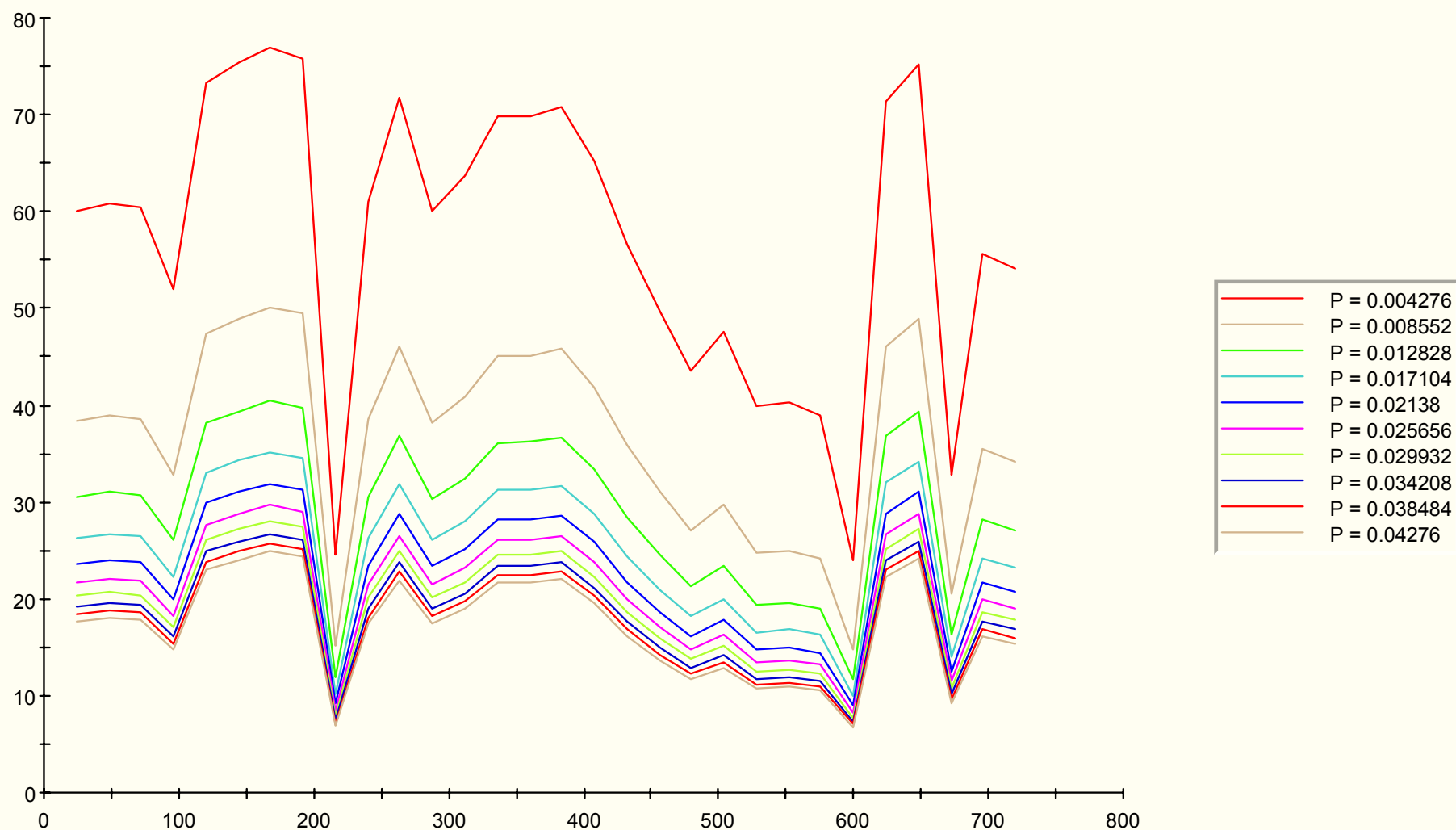
Οι πλησιέστερες στις μετρήσεις συγκεντρώσεις SS λαμβάνονται για $SSV_{l_{3,5}}=110$, non-settleable fraction=0,002, MLSS setpoint=3000, με αρκετά καλή προσέγγιση της συγκέντρωσης MLSS.

Στη συνέχεια θα εξετασθεί η επίδραση της μεταβολής και των υπολοίπων χαρακτηριστικών παραμέτρων της ιλύος για $SSV_{l_{3,5}}=130$, non-settleable fraction=0,001, MLSS setpoint=3000, όπου έχουμε την καλύτερη προσέγγιση της συγκέντρωσης MLSS.

5.9 Μελέτη ευαισθησίας του συστήματος σε σχέση με την χαρακτηριστική παράμετρο καθίζησης στην ζώνη χαμηλών συγκεντρώσεων στερεών, b_2 (discrete parameter) – προσδιορισμός του discrete parameter

Χρησιμοποιώντας την δυνατότητα του Stoa για μελέτη της ευαισθησίας του μοντέλου επεξεργασίας στην μεταβολή των διαφόρων παραμέτρων, με το εργαλείο sensitivity analysis, εξετάζονται οι επιπτώσεις της μεταβολής του discrete parameter b_2 από $b_2 = 10 \cdot b_1$ έως $b_2 = 100 \cdot b_1$, για $SSV_{l_{3,5}}=130$, non-settleable fraction=0,001 και MLSS setpoint=3000.

Τα σχετικά διαγράμματα περιλαμβάνονται στο παράρτημα, ενώ στη συνέχεια παρουσιάζεται το διάγραμμα μεταβολής των συγκεντρώσεων SS.



συγκεντρώσεις SS στην εκροή για b2 από 0.004276 έως 0.04276

Διαπιστώνεται ότι με την μείωση του b_2 αυξάνονται οι συγκεντρώσεις SS και BOD_t , και μάλιστα με έντονα αυξανόμενο ρυθμό καθώς μικραίνει το b_2 .

Αντίθετα οι συγκεντρώσεις MLSS καθώς και οι συγκεντρώσεις των διαλυτών BOD_s και NH_3 δεν επηρεάζονται αξιόλογα από την μεταβολή του b_2 .

Από την μελέτη ευαισθησίας του συστήματος στην μεταβολή του discrete parameter b_2 , προκύπτει ο πίνακας 8 που ακολουθεί.

ΠΙΝΑΚΑΣ 9

Μεταβολή του discrete parameter b_2 για MLSSsetpoint=3000, WRc correlation, SSVI3.5=130, nsf=0.001						
b_2		SS	BOD_t	BOD_s	NH_3	MLSS
10* b_1 =	0.004276	56.20	20.50	1.80	0.70	3057.10
20* b_1 =	0.008552	36.10	13.80	1.80	0.70	3062.80
30* b_1 =	0.012828	28.90	11.40	1.80	0.70	3064.60
40* b_1 =	0.017104	25.00	10.10	1.80	0.70	3065.60
50*b_1=	0.02138	22.60	9.30	1.80	0.70	3066.20
60*b_1=	0.025656	20.80	8.70	1.80	0.70	3066.60
70* b_1 =	0.029932	19.60	8.30	1.80	0.70	3066.90
80* b_1 =	0.034208	18.60	8.00	1.80	0.70	3067.10
90* b_1 =	0.038484	17.80	7.70	1.80	0.70	3067.30
100* b_1 =	0.04276	17.20	7.5	1.80	0.70	3067.4

Παρατηρούμε ότι ο μέσος όρος των μετρήσεων SS βρίσκεται μεταξύ των αποτελεσμάτων που λαμβάνονται για $b_2=50*b_1$ και $b_2=60*b_1$.

Με τρία διαδοχικά τρεξίματα (run4,5,6), ελέγχονται τα αποτελέσματα που λαμβάνονται για $b_2 = 55*b_1 = 0,023518$.

Προκύπτει μια ακόμη πολύ καλή προσέγγιση των μετρήσεων όσον αφορά τις συγκεντρώσεις SS και MLSS, για MLSS setpoint 3000, WRc correlation, SSVI=130, nsf=0.001 και $b_2=55*b_1$ όπως φαίνεται στον πίνακα 10 που ακολουθεί.

ΠΙΝΑΚΑΣ 10

Καλύτερες προσεγγίσεις μετρήσεων για WRc correlation								
MLSS setpoint	SSVI 3.5	nsf	b_2	SS (mg/l)	BOD_t (mg/l)	BOD_s (mg/l)	NH_3 (mg/l)	MLSS (mg/l)
3000	130	0.001	55* b_1	21.60	9.00	1.80	0.70	3066.30
3000	110	0.002	50* b_1	21.70	9.00	1.70	0.70	3074.20
μετρήσεις				21.69		4.00	1.00	3063.00

Επιλέγεται να εξετασθεί η επίδραση της μεταβολής και των υπολοίπων παραμέτρων, αρχικά για MLSS setpoint 3000, WRc correlation, $SSV_{3,5}=130$, $nsf=0.001$ και $b2=55*b1$ όπου παρουσιάζεται καλύτερη προσέγγιση της συγκέντρωσης MLSS.

Η επιλογή MLSS setpoint 3000, WRc correlation, $SSV_{3,5}=110$, $nsf=0.002$ και $b2=50*b1$ αποτελεί ένα δεύτερο μοντέλο που μπορεί επίσης να εξετασθεί.

5.10 Μελέτη ευαισθησίας του συστήματος σε σχέση με την μεταβολή της τιμής του ορίου πάχυνσης, onset of flocculation - προσδιορισμός της τιμής onset of flocculation

Χρησιμοποιώντας την δυνατότητα του Stoat για μελέτη της ευαισθησίας του μοντέλου επεξεργασίας στην μεταβολή των διαφόρων παραμέτρων, με το εργαλείο sensitivity analysis, εξετάζονται οι επιπτώσεις της μεταβολής της τιμής του ορίου πάχυνσης, onset of flocculation από 200 έως 300. Τα σχετικά διαγράμματα παρουσιάζονται στο παράρτημα.

Επιβεβαιώνεται όπως φαίνεται και στον συγκριτικός πίνακα 11 που ακολουθεί, ότι η μεταβολή της τιμής του onset of flocculation μέσα στα λογικά όρια δεν επηρεάζει τις προβλέψεις του μοντέλου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 11

Μεταβολή onset of flocculation για MLSSsetpoint=3000,WRc correlation, $SSV_{3.5}=130,nsf=0.001,b2=55*b1$					
onset of flocculation	SS	BODt	BODs	NH3	MLSS
200	21.60	9.00	1.80	0.70	3066.30
250	21.60	9.00	1.80	0.70	3066.30
300	21.60	9.00	1.80	0.70	3066.30
μετρήσεις	21.69		4.00	1.00	3063.00

5.11 Μελέτη ευαισθησίας του συστήματος σε σχέση με τον ρυθμό νιτροποίησης – προσδιορισμός ρυθμού νιτροποίησης

Σε όλες τις προηγούμενες προσομοιώσεις της εργασίας, επιλέχθηκε από το αντίστοιχο μενού του προγράμματος μέσος ρυθμός νιτροποίησης, nitrification rate: average

Οι συγκεντρώσεις της NH_3 που προκύπτουν δεν επηρεάζονται από την μεταβολή των χαρακτηριστικών παραμέτρων της ιλύος, μειώνονται λίγο με την

αύξηση της συγκέντρωσης MLSS στον B.A. και δείχνουν ότι στο σύστημα γίνεται ουσιαστικά πλήρης νιτροποίηση.

Είναι λίγο μικρότερες από τις μετρήσεις, με μέση τιμή 0,7 mg/lit έναντι μετρήσεων 1mg/lit.

Με τρία διαδοχικά τρεξίματα (nitrification low1,2 και3) ελέγχονται τα αποτελέσματα που λαμβάνονται για nitrification rate:low, ενώ για λόγους εποπτείας γίνονται και τα αντίστοιχα τρεξίματα (nitrification high1,2 και 3) για nitrification rate: high.

ΠΙΝΑΚΑΣ 12

Μεταβολή του ρυθμού νιτροποίησης για MLSSsetpoint=3000,WRc correlation, SSVI3.5=130,nsf=0.001,b2=55*b1					
nitrification rate	SS	BODt	BODs	NH3	MLSS
low	21.60	9.00	1.80	1.50	3066.30
average	21.60	9.00	1.80	0.70	3066.30
high	21.60	9.00	1.80	0.40	3066.30
μετρήσεις	21.69		4.00	1.00	3063.00

Θεωρείται ότι τα αποτελέσματα της επιλογής nitrification rate: average προσεγγίζουν ικανοποιητικά της μετρήσεις της NH3,ενώ δεν παρουσιάζεται καμιά μεταβολή στις υπόλοιπες χαρακτηριστικές συγκεντρώσεις.

5.12 Έλεγχος του μοντέλου σε δυναμικά μεταβαλλόμενες συνθήκες λειτουργίας με την φόρτιση της 17^{ης} Μαρτίου

Μετά την επιλογή του μοντέλου απομάκρυνσης και του μοντέλου καθιζησιμότητας της ιλύος και τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών παραμέτρων MLSS setpoint, SSVI_{3.5} , non-settleable fraction, b2, onset of flocculation και nitrification rate, το μοντέλο του συστήματος επεξεργασίας ελέγχεται σε δυναμικά μεταβαλλόμενες συνθήκες λειτουργίας με την φόρτιση της 17^{ης} Μαρτίου.

Σε συνέχεια του Run2 b2=55*b1, γίνεται το τρέξιμο Run 1-17/3/1994 με δεδομένα εισερχομένων λυμάτων τις μετρήσεις των μονίμων συνθηκών από 1 έως 17/3/1994.

Στη συνέχεια, γίνεται το τρέξιμο Run2 17-03-1994 με δεδομένα εισερχομένων λυμάτων τις μετρήσεις των μεταβαλλόμενης φόρτισης της 17-3-1994. και τα αποτελέσματα συγκρίνονται με τις αντίστοιχες μετρήσεις.

Κατά την φόρτιση της 17-3-1994 τριπλασιάζεται η παροχή των εισερχομένων λυμάτων για τρεις ώρες.

Το διάγραμμα εξόδου Δ.Τ.Κ. και ο συγκριτικός πίνακας αποτελεσμάτων και μετρήσεων που καταρτίζεται παρουσιάζονται στο Παράρτημα.

Παρατηρούμε ότι στην προσομοίωση, με την αύξηση της παροχής των λυμάτων, παρουσιάζεται αύξηση των συγκεντρώσεων των SS, NH₃, BODs, BOD_t και μείωση των συγκεντρώσεων των νιτρικών. Αφού σταματήσει η αυξημένη παροχή και μετά από κάποιο χρονικό διάστημα οι συγκεντρώσεις επανέρχονται στα προηγούμενα επίπεδα.

Επισημαίνεται ότι σύμφωνα με τις μετρήσεις στον Β.Α. , η συγκέντρωση της αμμωνίας αυξάνει με την αύξηση της παροχής των λυμάτων, παρουσιάζει μέγιστο στις 3 ώρες από την έναρξη της αυξημένης παροχής (συμπίπτει με το τέλος της αυξημένης παροχής) και επανέρχεται στα προηγούμενα επίπεδα 8 ώρες από την έναρξη της αυξημένης παροχής. Αντίστοιχα η συγκέντρωση των νιτρικών μειώνεται και παρουσιάζει ελάχιστο επίσης στις 3 ώρες από την έναρξη της αυξημένης παροχής.

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης στον Β.Α. δίνουν μέγιστη συγκέντρωση αμμωνίας και ελάχιστη συγκέντρωση νιτρικών στις 3,5 ώρες από την έναρξη της αυξημένης παροχής η επαναφορά όμως της αμμωνίας στα αρχικά επίπεδα γίνεται 15 ώρες μετά.

Επίσης παρατηρούμε ότι στην προσομοίωση οι συγκεντρώσεις του διαλυμένου οξυγόνου είναι πολύ μειωμένες έναντι της προσδιορισμένης επιθυμητής συγκέντρωσης των 4 mg/l_t και ειδικά κατά τη διάρκεια της αυξημένης παροχής, ενώ ο ρυθμός παροχής του οξυγόνου είναι ίσος με το ανώτατο προσδιορισμένο όριο $\max K_{La} = 10 \text{ h}^{-1}$.

Οι παρατηρήσεις αυτές οδηγούν στην επισήμανση της αναγκαιότητας να διερευνηθεί η μεταβολή του μέγιστου ρυθμού παροχής διαλυμένου οξυγόνου.

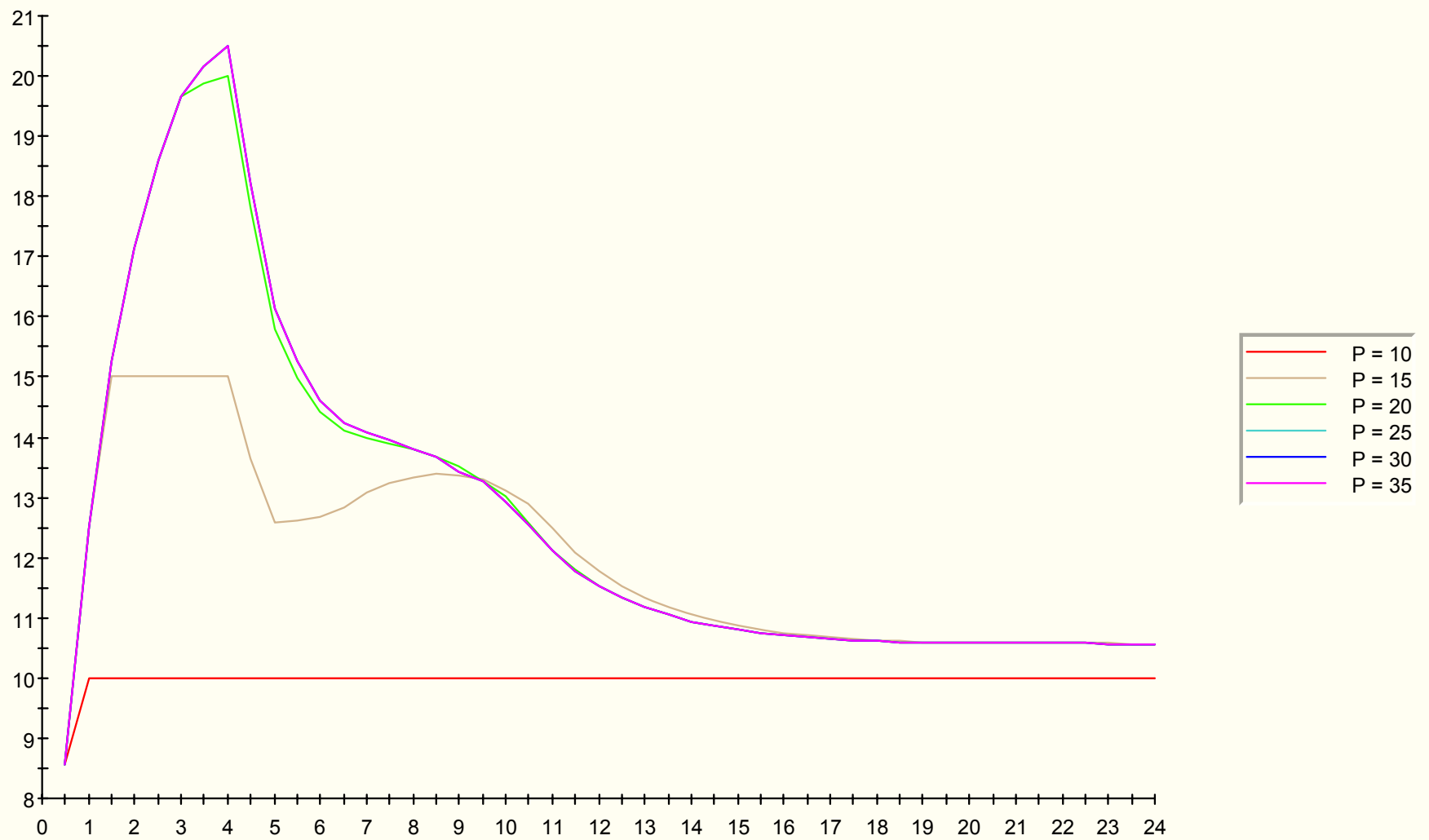
5.13 Μελέτη ευαισθησίας του συστήματος σε σχέση με τον μέγιστο ρυθμό παροχής οξυγόνου maximum K_{La} - προσδιορισμός του μέγιστου ρυθμού παροχής οξυγόνου maximum K_{La}

Χρησιμοποιώντας την δυνατότητα του Stoat για μελέτη της ευαισθησίας του μοντέλου επεξεργασίας στην μεταβολή των διαφόρων παραμέτρων, με το εργαλείο sensitivity analysis, εξετάζονται οι επιπτώσεις της μεταβολής του μέγιστου ρυθμού παροχής οξυγόνου maximum K_{La} από 10 έως 35 (τρέξιμο maxKL sensitivity). Συγκεκριμένα, εξετάζεται η μεταβολή των συγκεντρώσεων της αμμωνίας στον Β.Α., η οποία και χρησιμοποιείται για αξιολόγηση και για την επιλογή του μέγιστου ρυθμού

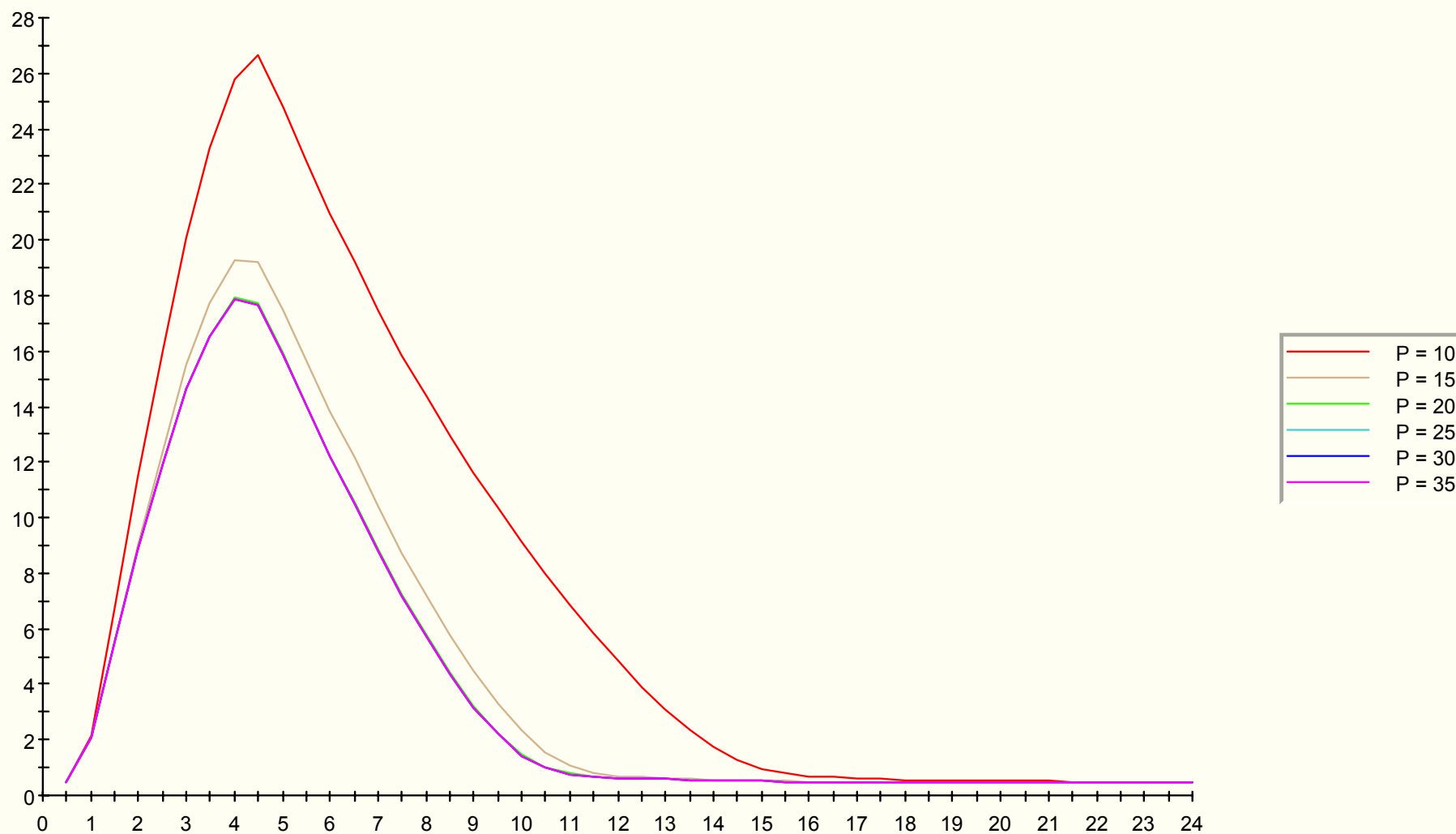
παροχής οξυγόνου maximum K_{La} , αλλά επίσης εξετάζονται για λόγους εποπτείας οι μεταβολές των συγκεντρώσεων των νιτρικών στον Β.Α. και αμμωνίας, νιτρικών, SS, BODt, και BODs στην έξοδο της Δ.Τ.Κ.

Τέλος, εξετάζεται η μεταβολή ρυθμού παροχής οξυγόνου K_{La} στον Β.Α. , ώστε να επισημανθεί ο ελάχιστος απαιτούμενος μέγιστος ρυθμός παροχής οξυγόνου maximum K_{La} για τον οποίο το διαλυμένο οξυγόνο δεν αποτελεί περιοριστικό παράγοντα στην διεξαγωγή των αντιδράσεων στο σύστημα.

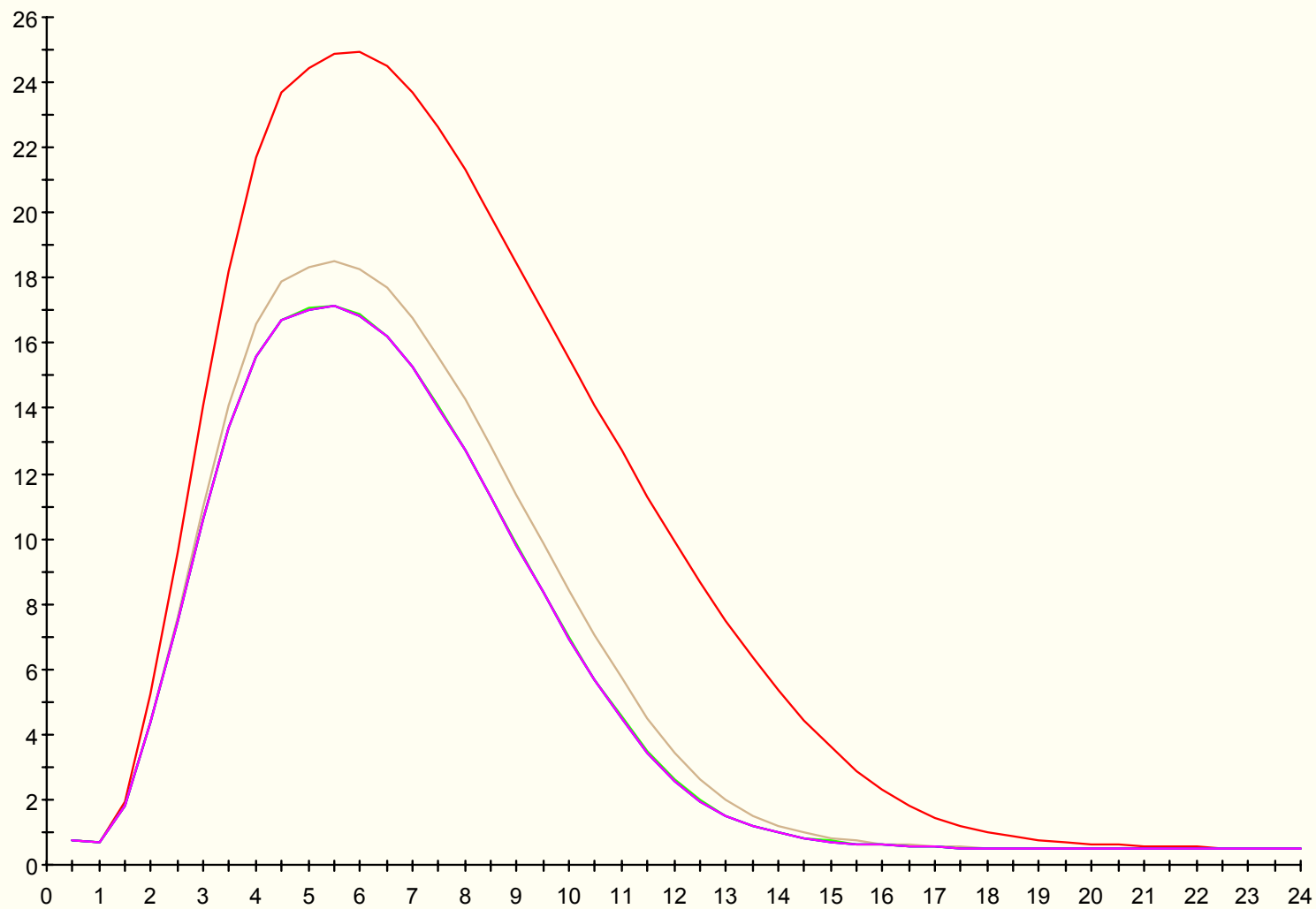
Τα σχετικά διαγράμματα και οι αντίστοιχοι συγκριτικοί πίνακες που καταρτίζονται περιλαμβάνονται στο Παράρτημα ενώ στη συνέχεια παρουσιάζονται τα διαγράμματα της μεταβολής του ρυθμού παροχής οξυγόνου K_{La} στον Β.Α., και των συγκεντρώσεων αμμωνίας, νιτρικών και BODs.



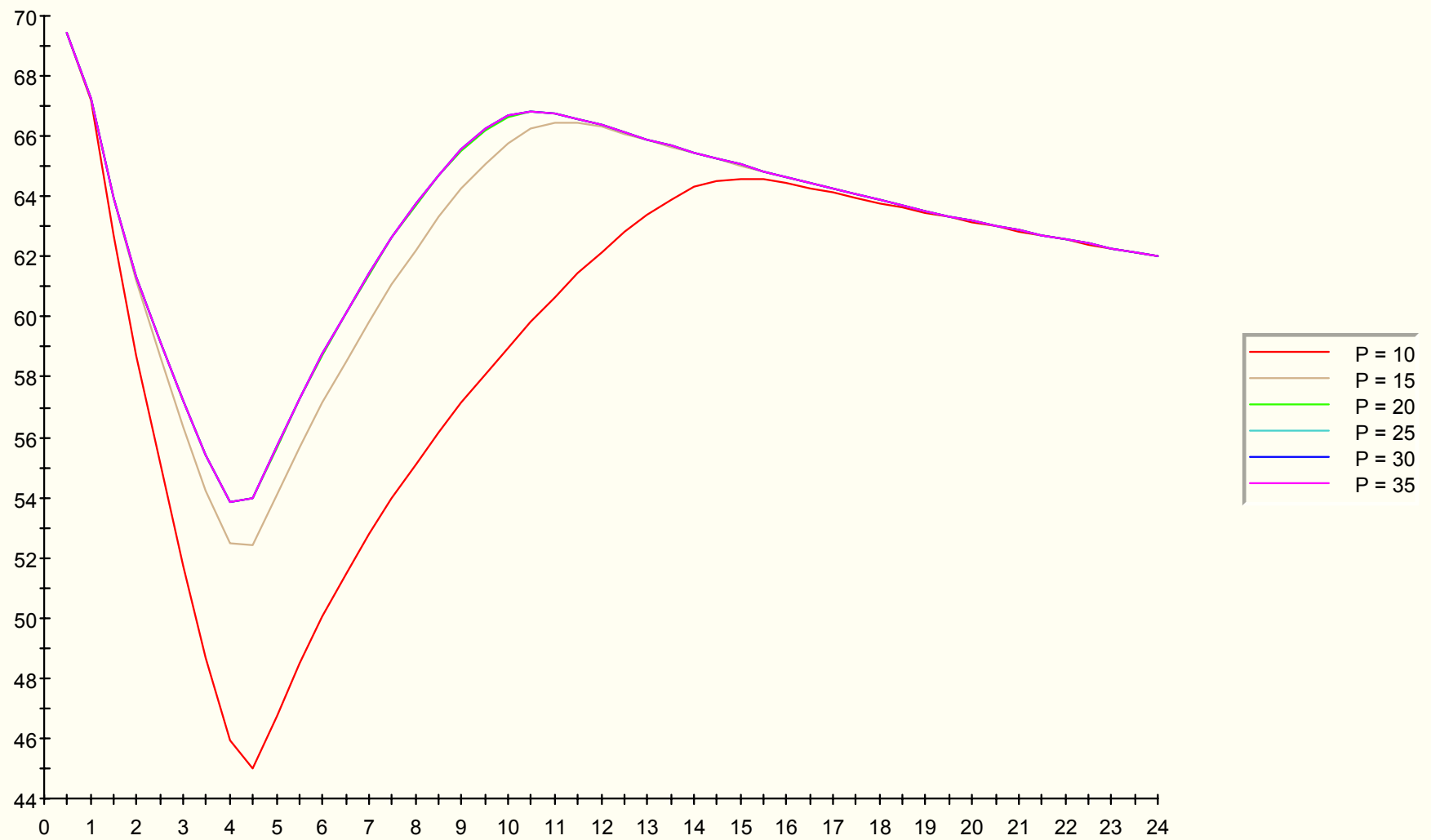
$K_L a$ στον Β.Α. για max K_L από 10 έως 35



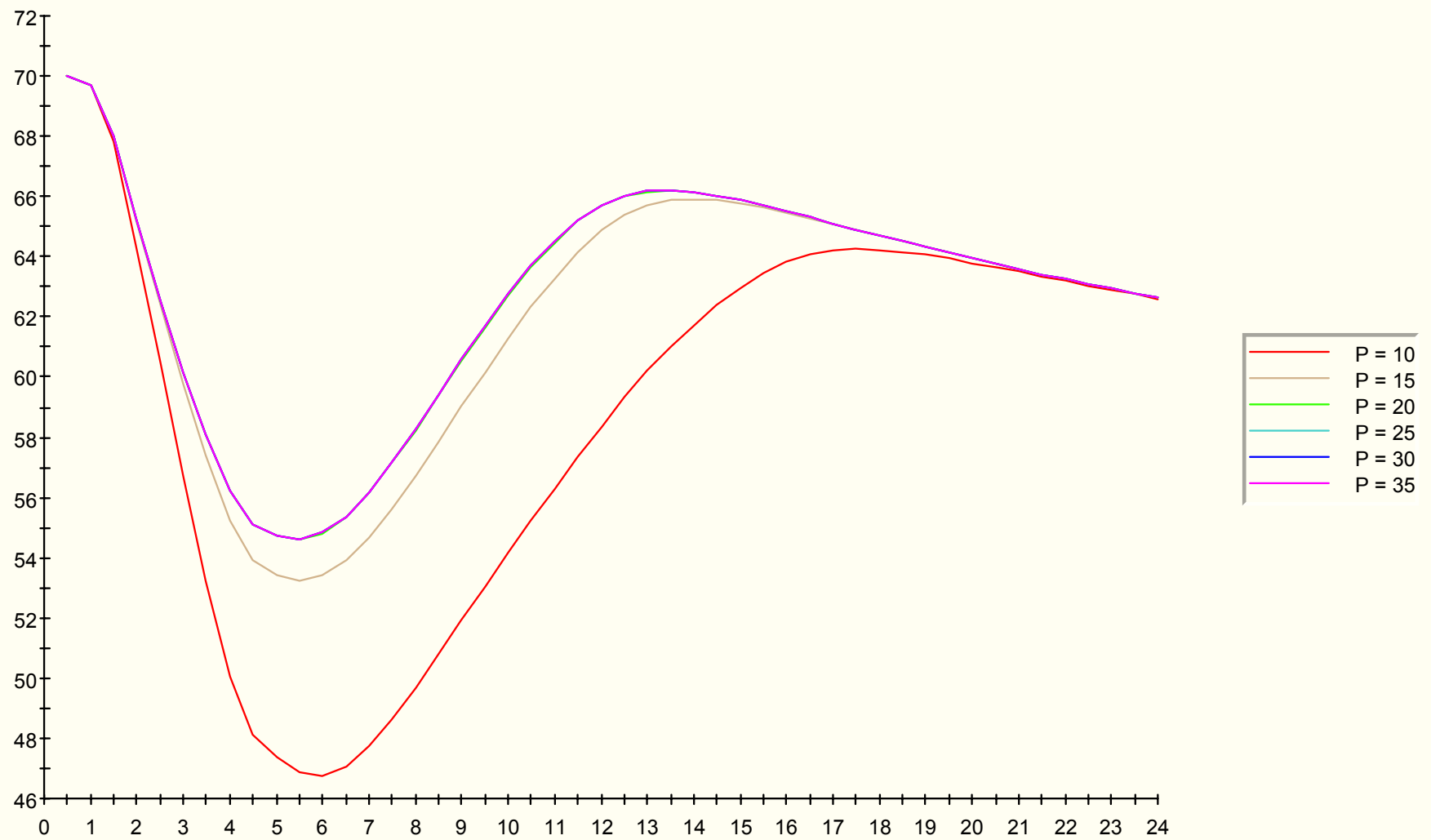
συγκεντρώσεις NH_3 στον Β.Α. για $\max K_L$ από 10 έως 35



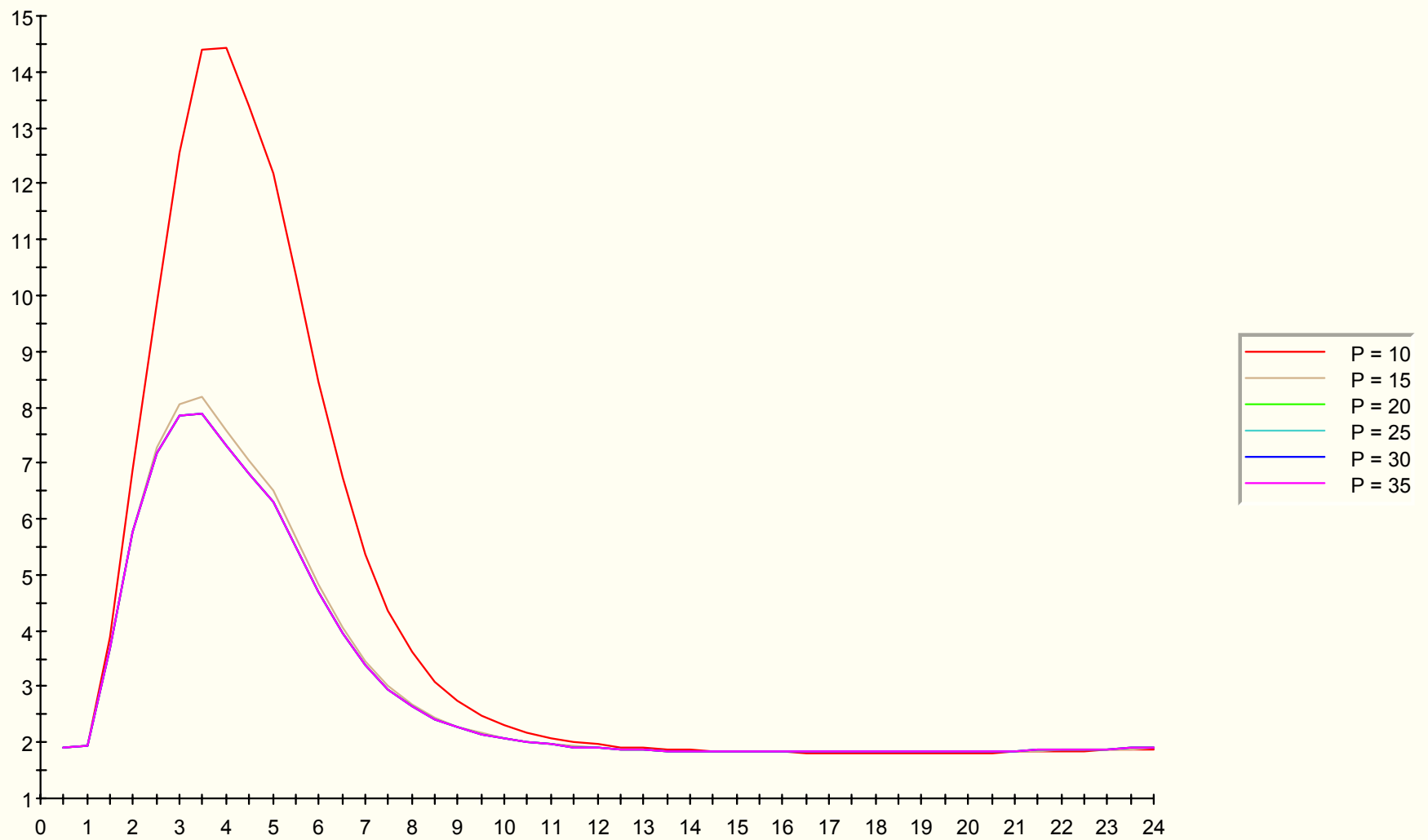
συγκεντρώσεις NH_3 στην εκροή για $\max K_L$ από 10 έως 35



συγκεντρώσεις NO₃-N στον Β.Α. για max K_L από 10 έως 35



συγκεντρώσεις $\text{NO}_3\text{-N}$ στην εκροή για $\max K_L$ από 10 έως 35



συγκεντρώσεις BODs στην εκροή για max K_L από 10 έως 35

Παρατηρούμε ότι ο ρυθμός παροχής οξυγόνου K_{La} στον Β.Α., φτάνει την μέγιστη δυνατή τιμή maximum K_{La} , από την έναρξη της αυξημένης παροχής και για όλη τη διάρκεια της 24ωρης παρακολούθησης για $\max K_{La}=10$, κατά τη διάρκεια της αυξημένης παροχής για $\max K_{La}=15$ και μια μόνο φορά για $\max K_{La}=20$.

Για για $\max K_{La}$ ίσο ή μεγαλύτερο από 25, ο ρυθμός παροχής οξυγόνου K_{La} είναι πάντα μικρότερος από τον μέγιστο ρυθμό παροχής οξυγόνου maximum K_{La} , το διαλυμένο οξυγόνο δεν αποτελεί περιοριστικό παράγοντα στην διεξαγωγή των αντιδράσεων στο σύστημα και οι συγκεντρώσεις στον Β.Α. και στην έξοδο της Δ.Τ.Κ. δεν μεταβάλλονται.

Για $\max K_{La}$ μικρότερο από 25, από την μεταβολή του $\max K_{La}$ επηρεάζονται ως προς τις τιμές, όπως αναμένεται, οι συγκεντρώσεις αμμωνίας και BODs που ελαττώνονται με την αύξηση του $\max K_{La}$, και των νιτρικών που αυξάνονται αντίστοιχα. Στις περιπτώσεις αυτές μεταβάλλεται σημαντικά και ο χρόνος επαναφοράς των συγκεντρώσεων στα προηγούμενα επίπεδα.

Όσον αφορά τις συγκεντρώσεις SS παρατηρείται μια μικρή αύξηση στις μεγάλες τιμές με την αύξηση του $\max K_{La}$, ενώ οι χρόνοι εμφάνισης του μεγίστου και της επαναφοράς στα προηγούμενα επίπεδα είναι οι ίδιοι.

Στις συγκεντρώσεις BODt παρατηρείται μια μικρή μείωση στις τιμές που είναι ίση με το αντίστοιχο αλγεβρικό άθροισμα της μείωσης του BODs και της αύξησης των SS με το ποσοστό που αντιστοιχεί σε BOD. Αντίστοιχα επηρεάζονται και οι χρόνοι εμφάνισης του μεγίστου και της επαναφοράς στα προηγούμενα επίπεδα.

Επίσης παρατηρούμε ότι οι συγκεντρώσεις της αμμωνίας εμφανίζουν στην Δ.Τ.Κ. μικρότερες τιμές μεταξύ των οποίων και μικρότερο μέγιστο σε σχέση με τον Β.Α., ενώ η εμφάνιση του μεγίστου και ακόμα περισσότερο η επαναφορά στις αρχικές συγκεντρώσεις παρουσιάζουν σχετική καθυστέρηση.

Αντίστοιχα παρατηρούμε ότι οι συγκεντρώσεις των νιτρικών εμφανίζουν στην Δ.Τ.Κ. μεγαλύτερη τιμή ελαχίστου και με σχετική καθυστέρηση σε σχέση με τον Β.Α.

Επιλέγεται μέγιστος ρυθμός παροχής οξυγόνου $\max K_{La}=25$ για τον οποίο το μέγιστο της αμμωνίας στον Β.Α. είναι 17,90 mg/lt έναντι του μετρηθέντος 19,00 mg/l, εμφανίζεται στις 3 ώρες από την έναρξη της αυξημένης παροχής όπως συμβαίνει και κατά την πειραματική διαδικασία, η δε επαναφορά στα προηγούμενα επίπεδα, γίνεται 10,5 ώρες αργότερα έναντι των 8 ωρών της πειραματικής διαδικασίας.

5.14 Συγκεντρώσεις των SS στην έξοδο των δεξαμενών τελικής καθίζησης κατά την δυναμική φόρτιση - επαναπροσδιορισμός των χαρακτηριστικών της ιλύος.

Στην έξοδο των δεξαμενών τελικής καθίζησης μετρήθηκαν μόνο συγκεντρώσεις SS. Επισημαίνεται ότι υπάρχουν μεγάλες αποκλίσεις μεταξύ των μετρήσεων στις τρεις δεξαμενές τελικής καθίζησης και ότι δεν αποτυπώνεται με σαφήνεια ο τρόπος με τον οποίο αυξάνονται οι συγκεντρώσεις. Παρ' όλα αυτά όμως, οι μετρήσεις αυτές δείχνουν ότι δεν καταγράφεται στην πραγματικότητα η έντονη αύξηση των συγκεντρώσεων που προβλέπεται από την προσομοίωση (προβλεπόμενη μέγιστη συγκέντρωση $SS=419.90\text{mg/l}$ έναντι της μετρηθείσας 51.33mg/l). Κατά συνέπεια το μοντέλο της εγκατάστασης, όπως έχει διαμορφωθεί μέχρι αυτό το σημείο, δεν θεωρείται ικανοποιητικό. Στη συνέχεια αναφέρεται ως αρχικό μοντέλο και οι προβλέψεις του ως αρχικές προβλέψεις.

Ελέγχονται οι σχετικές προβλέψεις που λαμβάνονται από το δεύτερο μοντέλο της καθιζησιμότητας της ιλύος, δηλαδή για MLSS setpoint 3000, WRc correlation, $SSVI_{3,5}=110$, $nsf=0.002$ και $b_2=50*b_1$ (τρεξίματα run 1,2,3,1-17,17-3-1994 final model2). Παρατηρούμε ότι λαμβάνονται μικρότερες τιμές αυξημένων συγκεντρώσεων SS στην έξοδο, όμως και πάλι η αύξηση των συγκεντρώσεων που προβλέπεται δεν μπορεί να θεωρηθεί ότι απεικονίζεται στις μετρήσεις (προβλεπόμενη μέγιστη συγκέντρωση $SS=233.10\text{mg/l}$).

Στη συνέχεια προκειμένου να διαπιστωθεί εάν η συμπεριφορά της ΔΤΚ κατά τη δυναμική φόρτιση αντιστοιχεί σε κάποια χαρακτηριστικά ιλύος, με το εργαλείο sensitivity analysis, εξετάζονται οι επιπτώσεις της μεταβολής του δείκτη $SSVI_{3,5}$ από 80 έως 160, με το μοντέλο ιλύος WRc correlation κατά τη δυναμική φόρτιση (Works dynamic, run1,2,3,4). Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις στερεών λαμβάνονται για $SSVI_{3,5}=80$ με προβλεπόμενη μέγιστη συγκέντρωση $SS=141\text{mg/l}$ που δεν μπορεί να θεωρηθεί ότι απεικονίζονται στις μετρήσεις.

Τέλος ελέγχεται το μοντέλο ιλύος no correlation για $SSVI_{3,5}=80$ ($V=10.38$, $b_1=0.00047$) το οποίο είχε ελεγχθεί αρχικά για $SSVI_{3,5}=100$ και είχε δώσει πολύ χαμηλές τιμές SS στην μόνιμη φόρτιση. Για $SSVI_{3,5}=80$ και την τυπική τιμή του χαρακτηριστικού δείκτη καθίζησης στη ζώνη χαμηλών συγκεντρώσεων $b_2=50*b_1$, λαμβάνονται ακόμη χαμηλότερες συγκεντρώσεις SS. Επιχειρείται να διερευνηθεί η μεταβολή του δείκτη b_2 μέσα στα επιτρεπτά όρια, δηλαδή από $10*b_1$ έως $100*b_1$. Με το εργαλείο sensitivity analysis, εξετάζονται οι επιπτώσεις της μεταβολής του δείκτη b_2 , με το μοντέλο ιλύος no correlation και για $SSVI_{3,5}=80$, κατά τη μόνιμη και τη δυναμική φόρτιση.

Διαπιστώνεται ότι για δείκτη $b_2 = 20 \cdot b_1 = 0,0094$ επιτυγχάνεται μια ακόμα καλύτερη προσομοίωση του B.A. και μια αρκετά καλή, με δεδομένες τις ιδιαιτερότητες της λειτουργίας της, προσομοίωση της δεξαμενής τελικής καθίζησης.

Στη δυναμική φόρτιση, το μέγιστο της αμμωνίας στον B.A. είναι 17,10 mg/lit έναντι του μετρηθέντος 19,00 mg/lit, εμφανίζεται στις 3 ώρες από την έναρξη της αυξημένης παροχής όπως συμβαίνει και κατά την πειραματική διαδικασία, η δε επαναφορά στα προηγούμενα επίπεδα, γίνεται 9 ώρες αργότερα έναντι των 8 ωρών της πειραματικής διαδικασίας. Οι προβλέψεις των συγκεντρώσεων MLSS εναρμονίζονται με τις μετρήσεις, ενώ οι αυξημένες τιμές των SS βρίσκονται στην περιοχή των μετρήσεων.

Στη μόνιμη φόρτιση, οι συγκεντρώσεις των SS βρίσκονται κοντά στις συγκεντρώσεις που αντιστοιχούν στην κανονική λειτουργία με μέση τιμή 14,2 mg/lit, ενώ οι μέσες τιμές των υπολοίπων χαρακτηριστικών της εκροής ταυτίζονται με αυτές του αρχικού μοντέλου.

5.15 Ανακεφαλαίωση των βημάτων της προσομοίωσης – Τελικό μοντέλο της εγκατάστασης που προσομοιώνεται

Τα βήματα που έγιναν για την προσαρμογή της προσομοίωσης στα πειραματικά αποτελέσματα συνοψίζονται επιγραμματικά στη συνέχεια.

1. Γίνεται επεξεργασία των πειραματικών μετρήσεων και καταρτίζονται τα αντίστοιχα μοντέλα των εισροών, καθώς και οι πίνακες των στοιχείων που θα χρησιμοποιηθούν για να συγκριθούν με τις προβλέψεις του προγράμματος.
2. Επιλέγονται τα κατάλληλα μοντέλα βιολογικού αντιδραστήρα και δεξαμενής καθίζησης, προσδιορίζονται τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά και οι βασικές παράμετροι λειτουργίας τους
3. Χρησιμοποιώντας τα πειραματικά αποτελέσματα της μόνιμης φόρτισης
 - Προσδιορίζεται το μοντέλο και η παροχή απομάκρυνσης της περίσσειας ιλύος
 - Γίνεται μελέτη ευαισθησίας του συστήματος σε σχέση με την επιλεγμένη συγκέντρωση MLSS στον B.A. και προσδιορίζεται το MLSS setpoint.
 - Επιλέγεται το μοντέλο καθιζησιμότητας της ιλύος μετά από διερεύνηση των διαθέσιμων από το Stoat σχετικών μοντέλων.
 - Επιλέγονται οι τιμές των χαρακτηριστικών της ιλύος μετά από διερεύνηση της μελέτης ευαισθησίας του συστήματος σε σχέση με
 - ο τον δείκτη Stirred Sludge Volume Index της ιλύος για συγκέντρωση MLSS 3500 mg/lit ($SSVI_{3,5}$)
 - ο το ποσοστό μη καθιζανόντων στερεών (nsf)

- ο την χαρακτηριστική παράμετρο καθίζησης στην ζώνη χαμηλών συγκεντρώσεων στερεών (b_2)
 - ο του ορίου πάχυνσης (onset of flocculation)
 - Γίνεται μελέτη ευαισθησίας του συστήματος σε σχέση με τον ρυθμό νιτροποίησης και προσδιορίζεται ο ρυθμός νιτροποίησης
2. Χρησιμοποιώντας τα πειραματικά αποτελέσματα της μόνιμης φόρτισης ελέγχεται το μοντέλο και
- Επαναπροσδιορίζεται ο μέγιστος ρυθμός παροχής οξυγόνου $\text{maximum } K_{La}$ μετά από διερεύνηση της μελέτης ευαισθησίας του συστήματος σε σχέση με την μεταβολή του
 - Επαναπροσδιορίζονται το μοντέλο και τα χαρακτηριστικά της ιλύος

Το τελικό μοντέλο της προσομοίωσης διαμορφώνουν οι παρακάτω επιλογές.

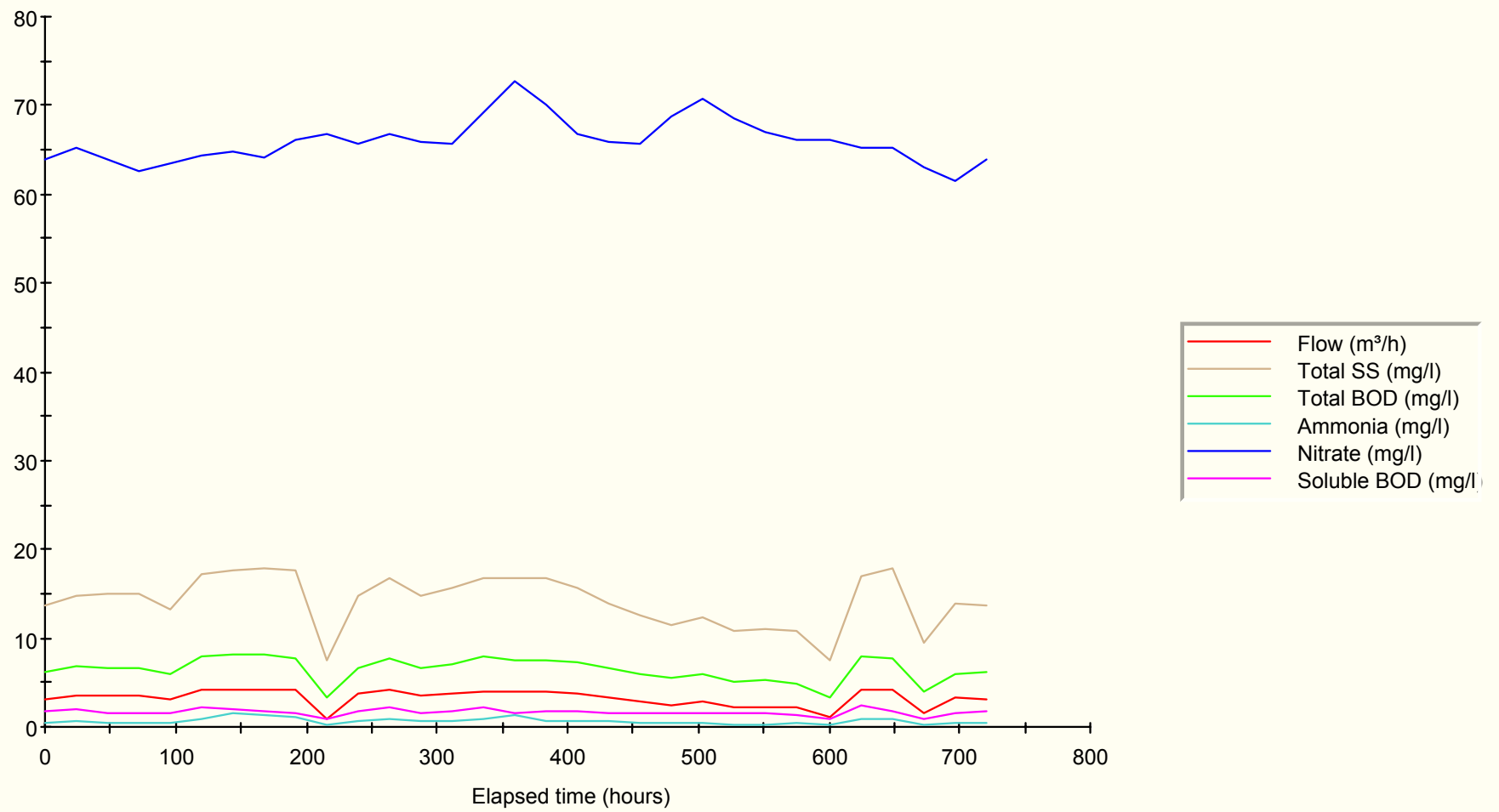
Η απομάκρυνση της περίσσειας της ιλύος γίνεται από την Δ.Τ.Κ. με μέση παροχή $0,30\text{m}^3/\text{h}$ (σταθερή παροχή $0,50\text{m}^3/\text{h}$ σε μεταβαλλόμενο χρόνο και $\text{MLSS setpoint}=3000\text{mg/l}$), ενώ ταυτόχρονα απομακρύνεται από τον Β.Α. ανάμικτο υγρό με σταθερή παροχή $0,20\text{m}^3/\text{h}$.

Η καθιζησιμότητας της ιλύος αντιστοιχεί σε ιλύ με δείκτη $\text{SSV}_{13,5} = 80$, αντίστοιχα $V=10,38$ και $b_1 = 0,00047$ που είναι συνιστώμενες εμπειρικές τιμές, $\text{non-settleable fraction} = 0,001$, $b_2=0.20*b_1$ και $\text{onset of flocculation} = 350\text{mg/l}$.

Επιλέγεται ρυθμός νιτροποίησης $\text{nitrification rate}=\text{average}$.

Επιλέγεται μέγιστος ρυθμός παροχής οξυγόνου $\text{max } K_{La}=25$.

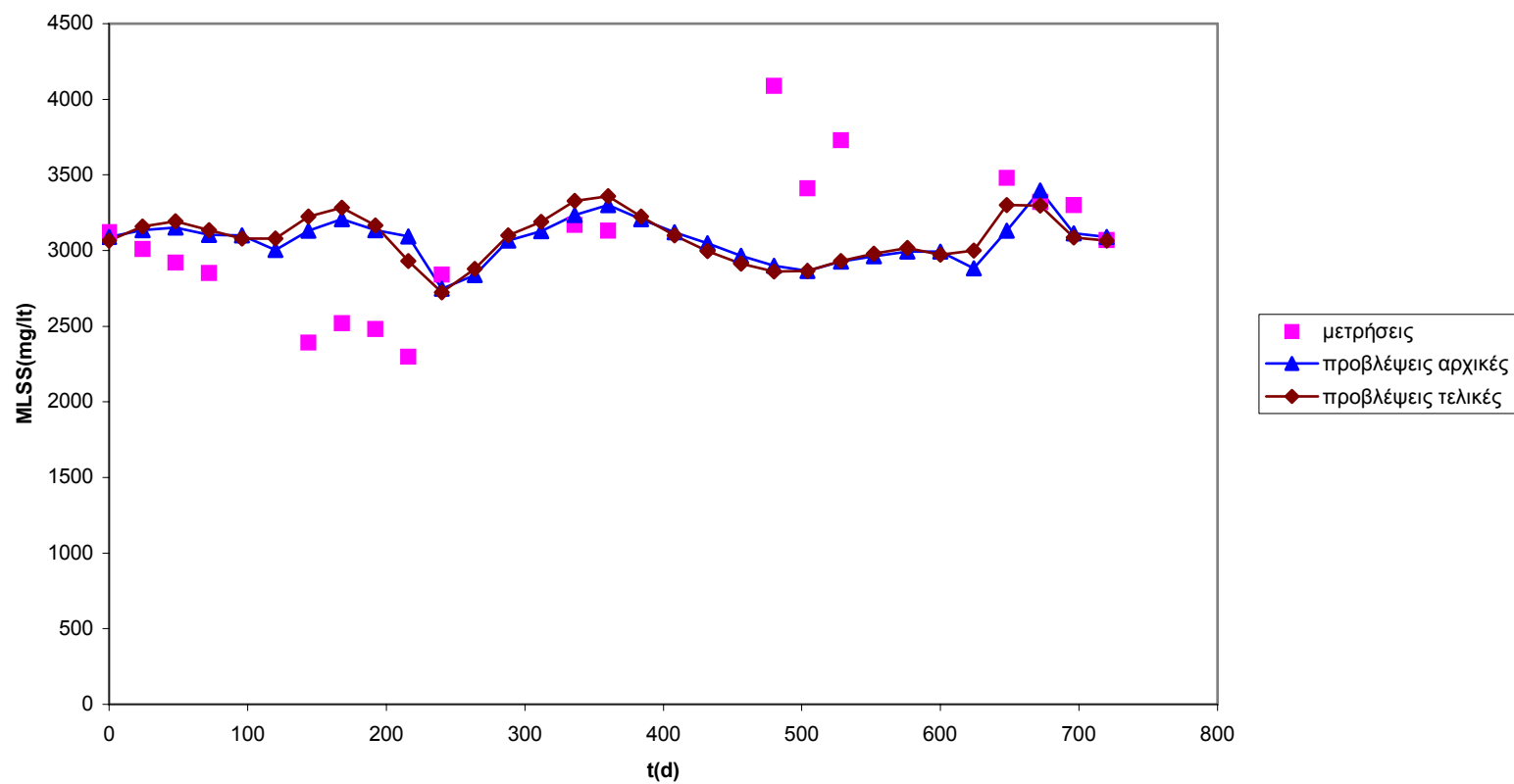
Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που δίνει το μοντέλο στις μόνιμες συνθήκες του Μαρτίου και στην δυναμική φόρτιση της 17-3-1994, σε σύγκριση με τις αντίστοιχες μετρήσεις καθώς και με τις προβλέψεις του αρχικού μοντέλου που απορρίφθηκε



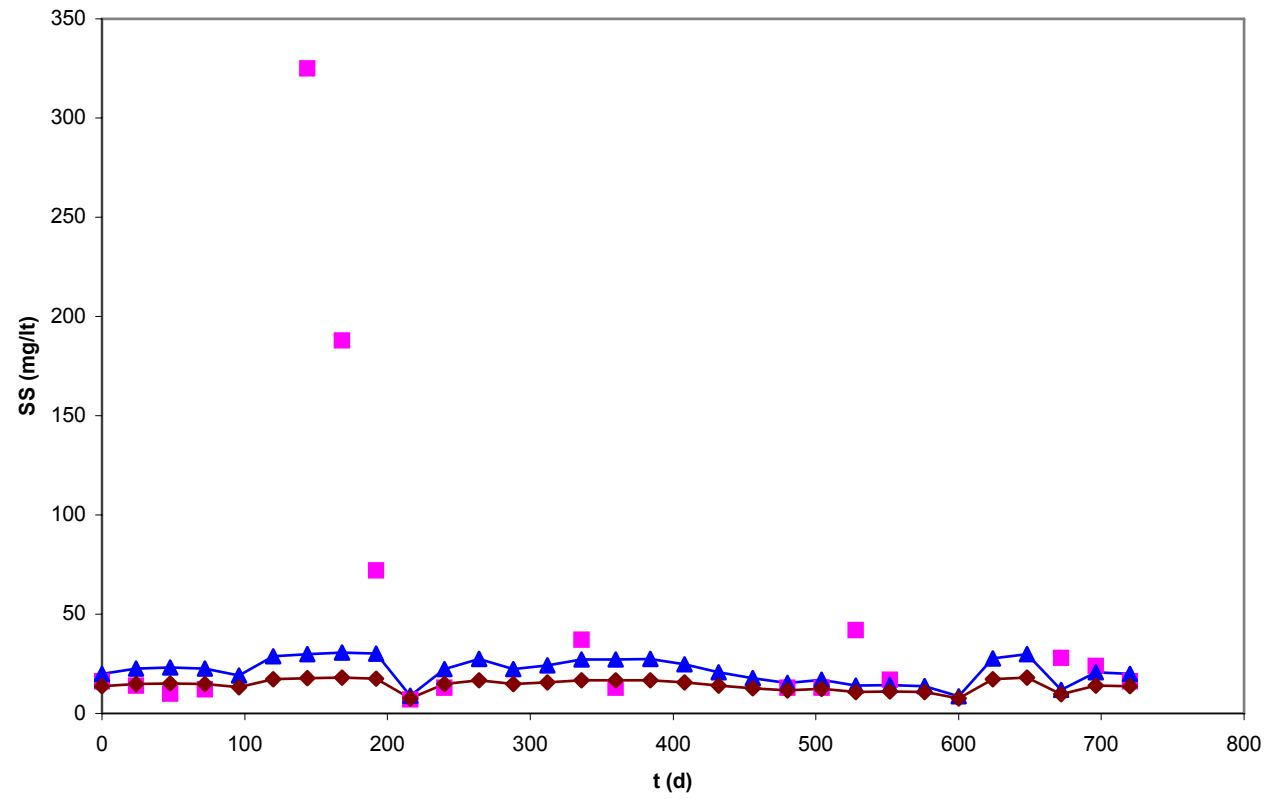
έξοδος δεξαμενών τελικής καθίζησης από Stoa – μόνιμες συνθήκες Μαρτίου 1994
τελικό μοντέλο

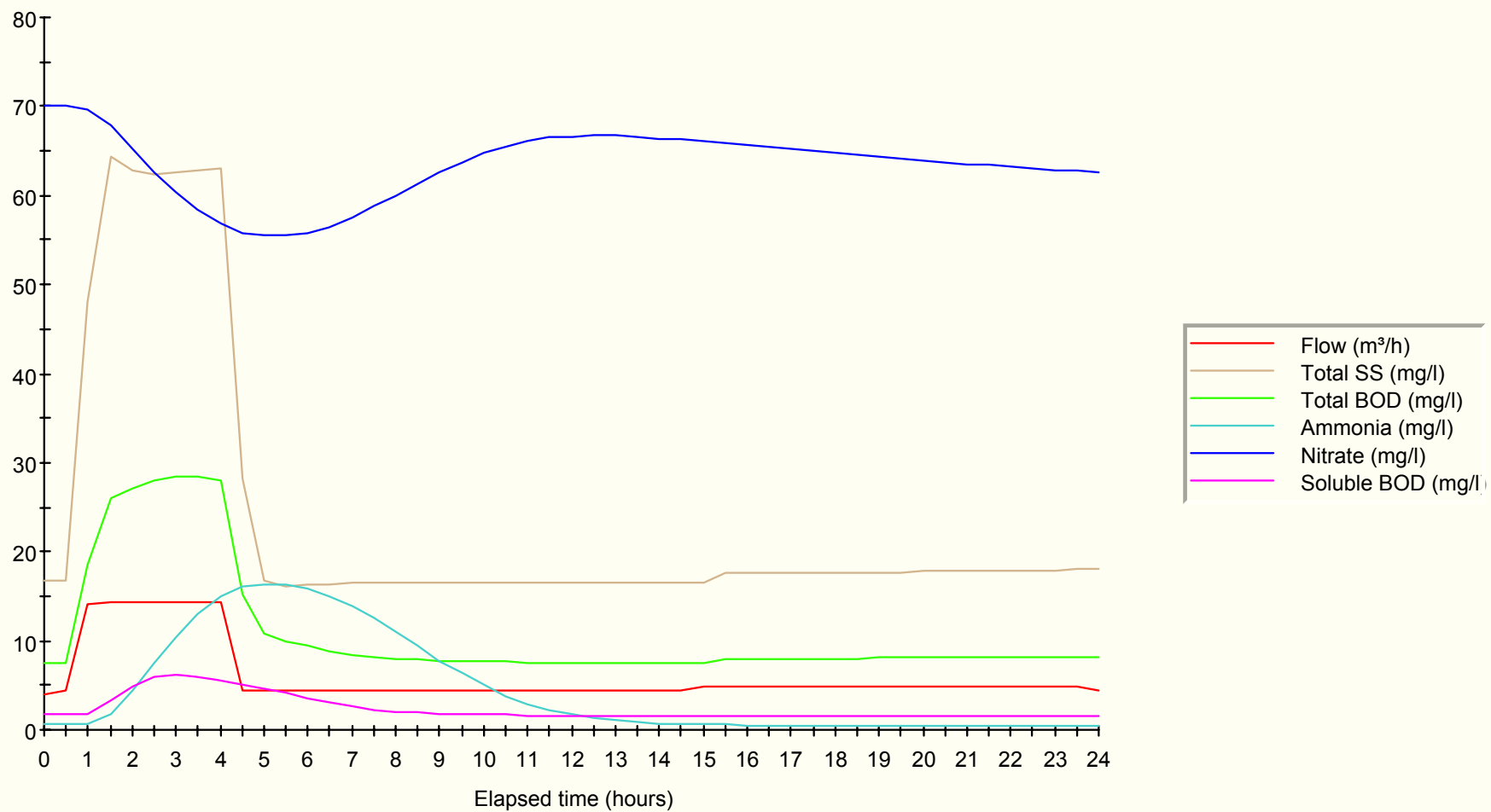
Συνθήκες μόνιμης φόρτισης – Μάρτιος 1994						
	SS	BODt	BODs	NH3	NO3	MLSS
αρχικές προβλέψεις	21.60	9.00	1.80	0.70	66.00	3066.30
τελικές προβλέψεις	14.20	6.40	1.70	0.70	66.00	3080.60
μετρήσεις	21.69		4.00	1.00	42.00	3063.00

MLSS στον Β.Α.-μόνιμη φόρτιση



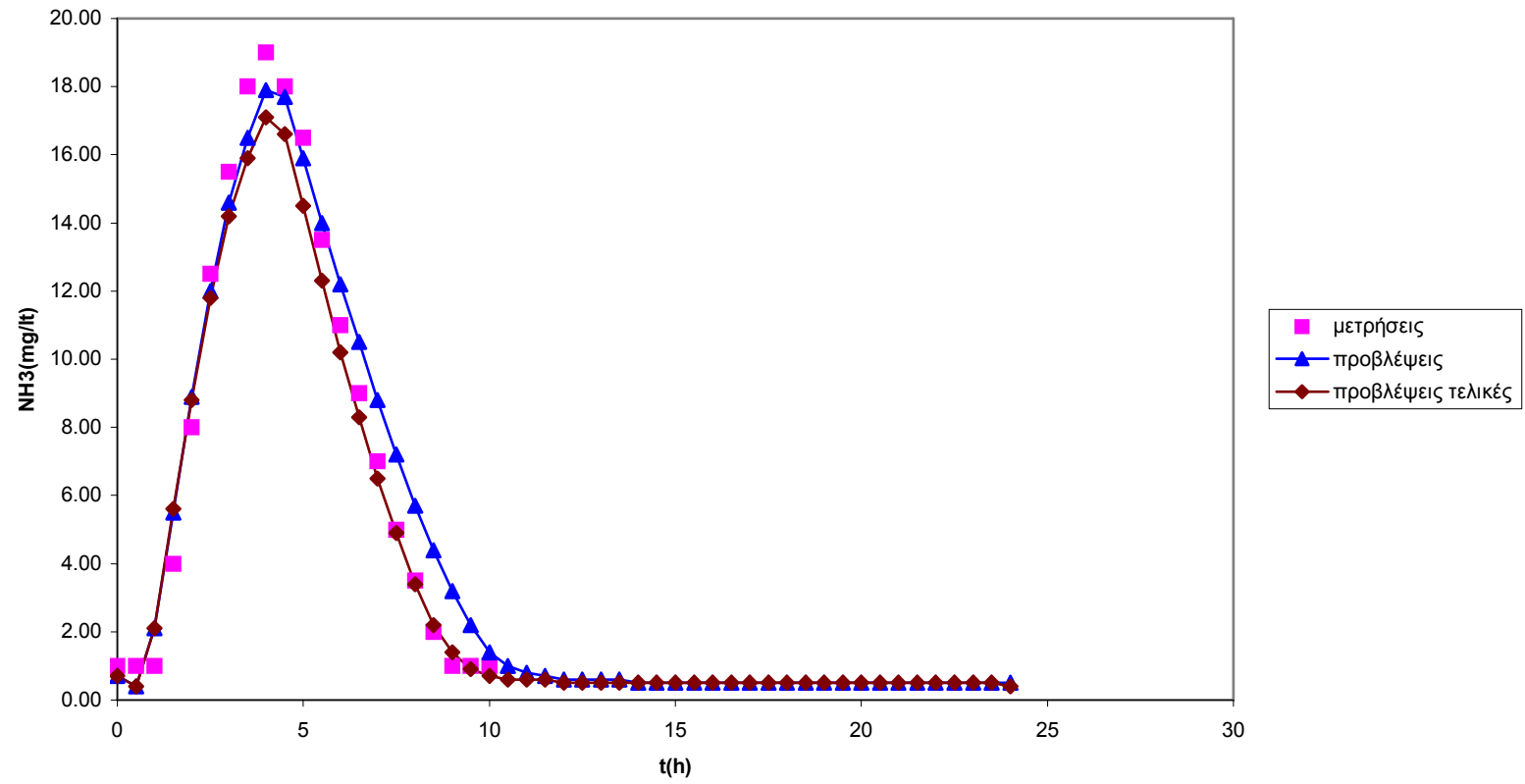
SS στην έξοδο-μόνιμη φόρτιση



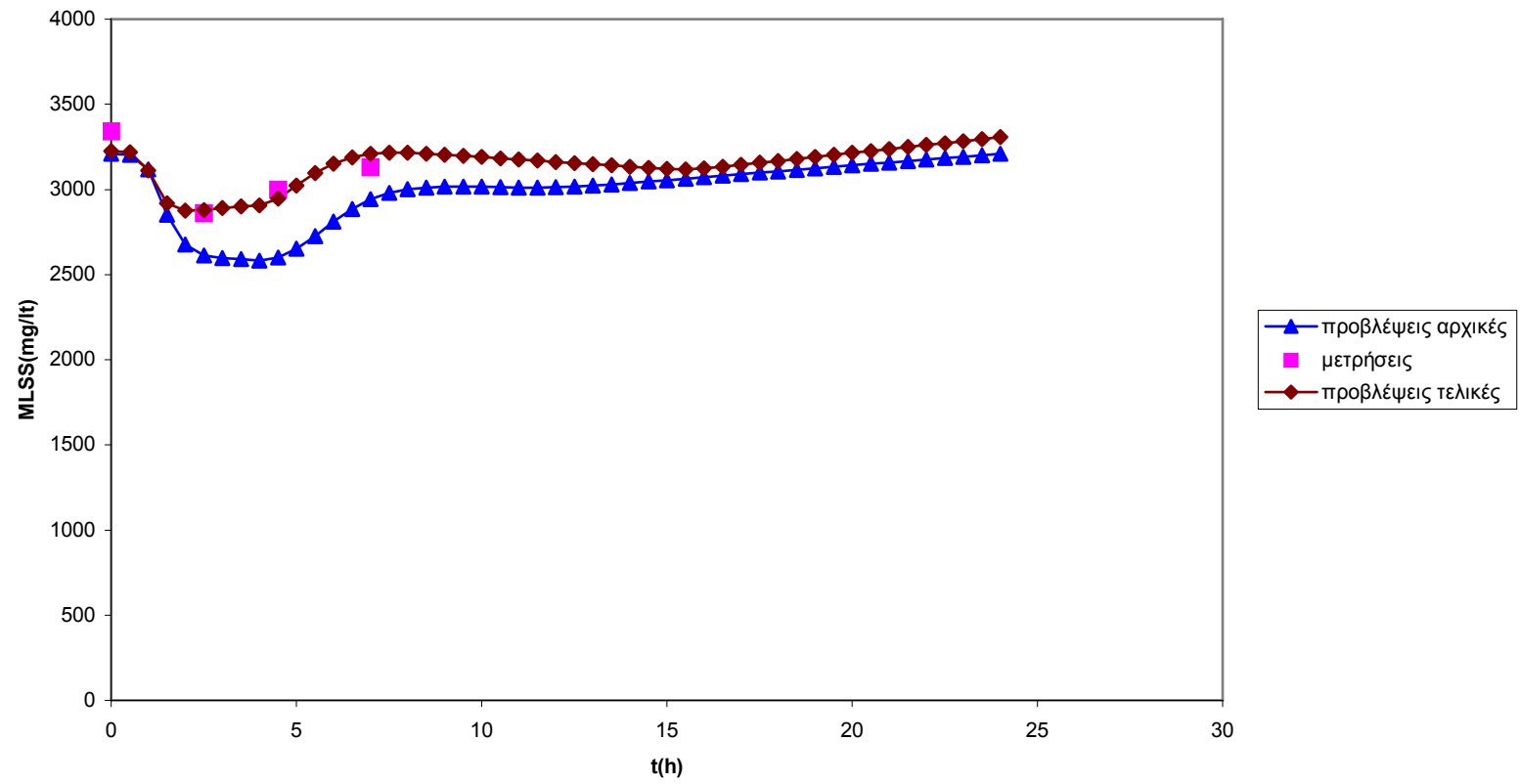


έξοδος δεξαμενών τελικής καθίζησης από Stoa – δυναμική φόρτιση 17-3-1994
τελικό μοντέλο

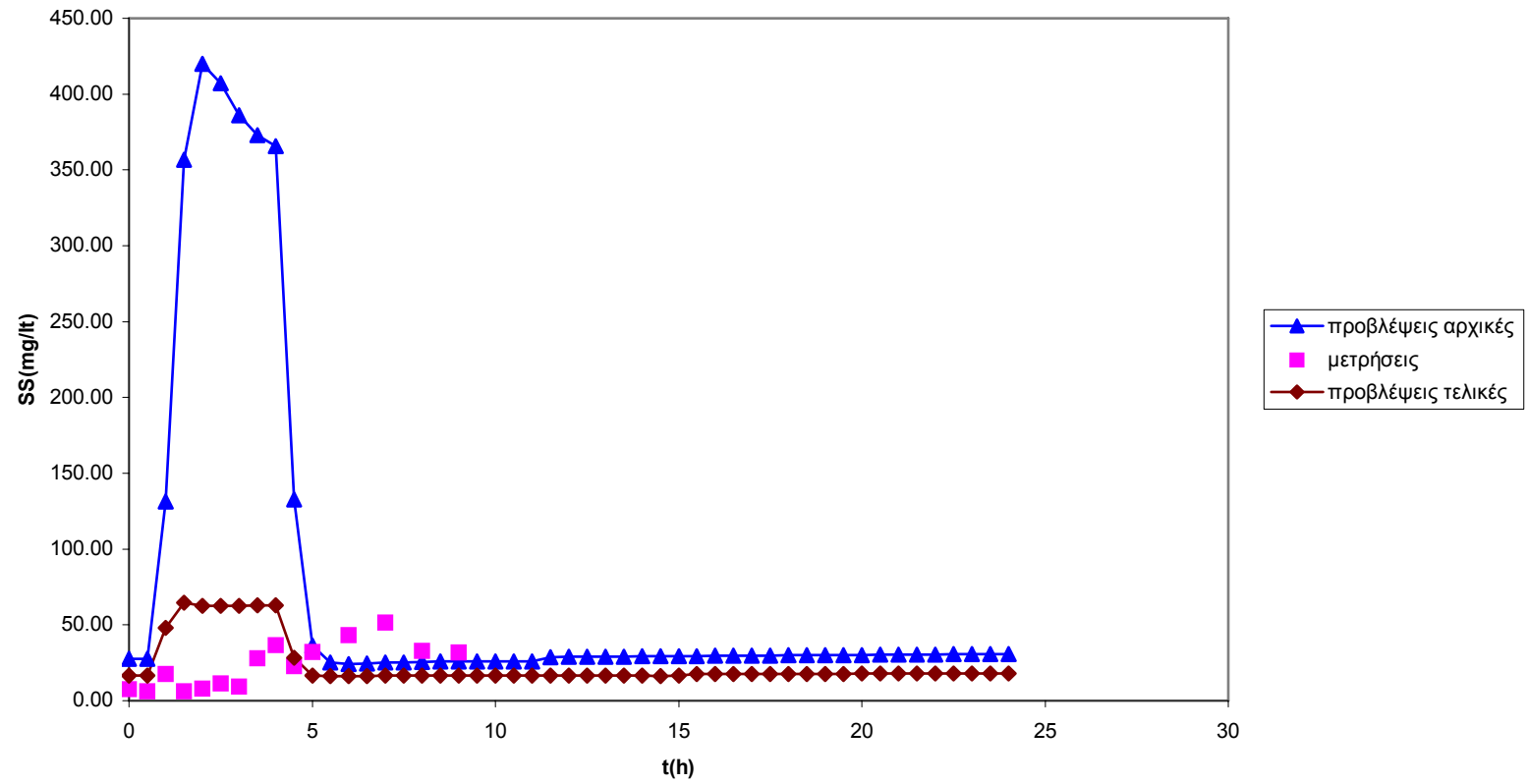
ΝΗ₃ στον Β.Α.-δυναμική φόρτιση



MLSS στον Β.Α.-δυναμική φόρτιση



SS στην έξοδο-δυναμική φόρτιση



5.16 Σχολιασμός αποτελεσμάτων

1. Θεωρείται ότι η λειτουργία του βιολογικού αντιδραστήρα περιγράφεται πολύ καλά από την προσομοίωση.

Στις συνθήκες μόνιμης φόρτισης, η σχεδόν πλήρης απομάκρυνση του οργανικού φορτίου, η σχεδόν πλήρης νιτροποίηση και οι μετρηθείσες συγκεντρώσεις MLSS αποδίδονται από τις προβλέψεις του μοντέλου.

Κατά την δυναμική φόρτιση, το μοντέλο του B.A. επαληθεύεται ικανοποιητικά. Οι τιμές των συγκεντρώσεων αλλά και οι χρόνοι εμφάνισης τους στο προφίλ της αμμωνίας εναρμονίζονται με τα πραγματικά στοιχεία.

Όσον αφορά στις προβλέψεις για υψηλότερες από τις μετρηθείσες συγκεντρώσεις νιτρικών, αυτές οφείλονται στη μη ελεγχόμενη απονιτροποίηση που ελάμβανε μέρος στη δεξαμενή τελικής καθίζησης, όπως διαπιστώθηκε κατά την πειραματική διαδικασία.

2. Η λειτουργία της δεξαμενής τελικής καθίζησης, μετά από αρκετή προσπάθεια, προσομοιώνεται με σχετική επιτυχία. Το γεγονός αυτό δεν αποδοδίδεται σε ανεπάρκεια των διαθέσιμων από το STOAT μοντέλων, αλλά μάλλον οφείλεται στα περιορισμένα ή μη πρόσφορα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν και στις ιδιαιτερότητες της συγκεκριμένης διεργασίας. Πιο συγκεκριμένα, η προσπάθεια προσομοίωσης έγινε με τα προβλήματα που συνοψίζονται στη συνέχεια.

Τα αναφερόμενα ως πραγματικά στοιχεία δεν αποτελούν αποτελέσματα σχεδιασμένων για την προσομοίωση μετρήσεων, αλλά μετρήσεων που αποσκοπούσαν να υποστηρίξουν μια συγκεκριμένη πειραματική διαδικασία που δεν απέβλεπε στη μοντελοποίηση της εγκατάστασης. Κατά την πειραματική διαδικασία αυτή, όπως αναφέρεται, η απομάκρυνση και επανακυκλοφορία της ιλύος δεν ήταν πάντα αποτελεσματικές και ευχερείς με συνέπεια να μην εφαρμόζονται σταθερές διαδικασίες απομάκρυνσης της ιλύος που να περιγράφονται με σαφήνεια και να μπορούν να μοντελοποιηθούν με βεβαιότητα.

Κατά την μόνιμη φόρτιση, στον πυθμένα των δεξαμενών τελικής καθίζησης, ελάμβανε χώρα μη ελεγχόμενη απονιτροποίηση που δεν μπορεί να μοντελοποιηθεί.

Τα χαρακτηριστικά της ιλύος αλλοιωνόταν λόγω των φαινομένων του αφρισμού στην δεξαμενή αερισμού και της μη ελεγχόμενης απονιτροποίησης στον πυθμένα των δεξαμενών τελικής καθίζησης.

Οι μετρήσεις SS δεν απεικονίζουν την ομαλή και κανονική λειτουργία των δεξαμενών τελικής καθίζησης και περιλαμβάνουν υψηλές τιμές που οφείλονται σε διαφυγή στερεών στην εκροή και διόγκωση ή αποκροκίδωση της ιλύος.

Δεν έχουν γίνει εύκολες μετρήσεις, απαραίτητες για την καλή προσαρμογή των μοντέλων χαρακτηριστικών της ιλύος του STOAT, όπως για παράδειγμα του δείκτη $SSVI_{3.5}$.

3. Όπως αποδείχθηκε, ενώ οι μετρήσεις SS στις μόνιμες συνθήκες χαμηλής φόρτισης προσανατολίζουν σε ιλύ μέτριας καθιζησιμότητας, η ιλύς στο σύστημα επεξεργασίας είναι καλής καθιζησιμότητας και στις υψηλές παροχές δεν παρατηρούνται υπερβολικές μεταφορές στερεών. Η καλή καθιζησιμότητα αποδίδεται στην προσομοίωση με χαμηλή τιμή του δείκτη $SSVI_{3.5}$ (υψηλή ταχύτητα καθίζησης στη ζώνη εμποδιζόμενης καθίζησης), ενώ η συμπεριφορά της στις χαμηλές φορτίσεις αποδίδεται με τη σχετικά χαμηλή τιμή της χαρακτηριστικής παραμέτρου καθίζησης στη ζώνη χαμηλών συγκεντρώσεων b_2 .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΤΟ ΠΑΚΕΤΟ STOAT ΩΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΕΡΓΑΛΕΙΟ

Το πακέτο λογισμικού Stoaat μπορεί να προσομοιώσει εγκαταστάσεις επεξεργασίας αποβλήτων σε μόνιμη και δυναμική κατάσταση με γραφική απεικόνιση των μονάδων και των ρευμάτων και περιλαμβάνει μοντέλα που αντιστοιχούν σε όλες τις ευρεία χρησιμοποιούμενες τεχνολογίες επεξεργασίας.

Όπως και άλλα πακέτα, αναπτύχθηκε ως εργαλείο επίλυσης προβλημάτων που σχετίζονται με τον σχεδιασμό και την λειτουργία των εγκαταστάσεων επεξεργασίας. Όμως, εκτός από τη χρησιμότητα του αυτή, έχει μια ευρύτερη λειτουργία που το καθιστά πολύτιμο και ως εκπαιδευτικό εργαλείο. Με την ποσοτική σύνδεση των διαφόρων φυσικών, χημικών και βιολογικών πληροφοριών που αφορούν τις διεργασίες, δίνει τη δυνατότητα να απεικονισθεί δυναμικά η συνολική εικόνα πολύπλοκων μεθόδων επεξεργασίας όπως είναι η ενεργός ιλύς και κάνει δυνατή την επιστημονική εμβάθυνση σχετικά με τους νόμους που τις διέπουν.

Οι μεγάλες διακυμάνσεις που παρουσιάζονται στη σύνθεση, τις συγκεντρώσεις και την παροχή των προς επεξεργασία λυμάτων, η πολύπλοκη δραστηριότητα των μικροοργανισμών και η μεταβολή των συνθηκών της λειτουργίας στις εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού, κάνουν αρκετά δύσκολη την κατανόηση των φαινομένων που λαμβάνουν χώρα και την πρόβλεψη της δυναμικής αλληλεπίδρασης τους.

Με το πακέτο Stoaat υλοποιείται η θεωρία, προσφέρεται εποπτεία των επιπτώσεων των μεταβολών παροχής, ρυπαντικών φορτίων και συνθηκών λειτουργίας στην ποιότητα της εκροής και στον μικροβιακό πληθυσμό. Καταγράφονται αναλυτικά οι διάφορες συγκεντρώσεις και οι μεταβολές τους στις μονάδες και τα ρεύματα και γενικά παρέχονται όλες οι απαραίτητες πληροφορίες για τις την πλήρη κατανόηση της διεργασίας και του τρόπου με τον οποίο η εγκατάσταση λειτουργεί ως σύνολο.

Το εργαλείο του Stoaat sensitivity analysis επιτρέπει τη μελέτη ευαισθησίας του συστήματος που εξετάζεται στη μεταβολή των παραμέτρων του προγράμματος. Με αυτό τον τρόπο είναι δυνατόν να εκτιμηθεί ποιες παράμετροι είναι αναγκαίο να προσδιορισθούν με ιδιαίτερη προσοχή, καθώς και το εύρος των διαφορών που είναι δυνατόν να έχουμε στα διάφορα μεγέθη, μεταβάλλοντας τις παραμέτρους της λειτουργίας.

Η σύγκριση των προβλέψεων του Stoaat με τα αντίστοιχα πειραματικά αποτελέσματα ή τις μετρήσεις σε πραγματικές εγκαταστάσεις, όπως διαπιστώθηκε

και στην παρούσα εργασία, αναδεικνύει όλες τις πτυχές των διεργασιών και βοηθά στην καλύτερη κατανόηση των φαινομένων που λαμβάνουν χώρα.

Τέλος στον τομέα της έρευνας, προγράμματα όπως το Stoaτ δίνουν τη δυνατότητα να δοκιμασθούν σχετικά εύκολα και οικονομικά νέες ιδέες πριν αυτές εφαρμοσθούν στην πραγματικότητα. Οι τροποποιήσεις των παραμέτρων, οι αλλαγές στις αρχικές ή στις οριακές συνθήκες και οι παραλλαγές σε ολόκληρο το σενάριο μπορούν να γίνουν με πολύ μικρότερο κόστος και σε συντομότερο χρόνο από ότι θα απαιτούσε μια πειραματική διαδικασία. Με αυτό τον τρόπο διευρύνονται σημαντικά οι δυνατότητες για συστηματική μελέτη και έρευνα σχετικά με τις διάφορες διεργασίες και τον τρόπο λειτουργίας μιας εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Τα κυριότερα συμπεράσματα που προέκυψαν από την μελέτη των αποτελεσμάτων κατά την προσομοίωση των πειραματικών δεδομένων στην πιλοτική εγκατάσταση του Κ.ΕΡ.ΕΦ.Υ.Τ. με το πακέτο λογισμικού Stoa είναι

1. Θεωρείται ότι η λειτουργία του βιολογικού αντιδραστήρα περιγράφεται πολύ καλά από την προσομοίωση.

Στις συνθήκες μόνιμης φόρτισης, η σχεδόν πλήρης απομάκρυνση του οργανικού φορτίου, η σχεδόν πλήρης νιτροποίηση και οι μετρηθείσες συγκεντρώσεις MLSS αποδίδονται από τις προβλέψεις του μοντέλου.

Κατά την δυναμική φόρτιση, το μοντέλο του Β.Α. επαληθεύεται ικανοποιητικά. Οι τιμές των συγκεντρώσεων αλλά και οι χρόνοι εμφάνισης τους στο προφίλ της αμμωνίας και οι προβλέψεις των συγκεντρώσεων MLSS εναρμονίζονται με τα πραγματικά στοιχεία.

Όσον αφορά στις προβλέψεις για υψηλότερες από τις μετρηθείσες συγκεντρώσεις νιτρικών, αυτές οφείλονται στη μη ελεγχόμενη απονιτροποίηση που ελάμβανε μέρος στην δεξαμενή τελικής καθίζησης, όπως διαπιστώθηκε κατά την πειραματική διαδικασία.

2. Η λειτουργία της δεξαμενής τελικής καθίζησης, μετά από αρκετή προσπάθεια, προσομοιώνεται με σχετική επιτυχία. Το γεγονός αυτό δεν αποδοδίδεται σε ανεπάρκεια των διαθέσιμων από το STOA μοντέλων, αλλά μάλλον οφείλεται στα περιορισμένα ή μη πρόσφορα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν και στις ιδιαιτερότητες της συγκεκριμένης διεργασίας.

Στη μόνιμη φόρτιση, οι συγκεντρώσεις των SS βρίσκονται κοντά στις συγκεντρώσεις που αντιστοιχούν στην κανονική λειτουργία με μέση τιμή 14,2 mg/lit και στην δυναμική φόρτιση οι αυξημένες τιμές των SS βρίσκονται στην περιοχή των μετρήσεων.

3. Κατά τη μελέτη ευαισθησίας του συστήματος στη μεταβολή του MLSS setpoint διαπιστώνεται ότι η αύξηση της συγκέντρωσης MLSS στο ανάμικτο υγρό στον Β.Α. (κατά συνέπεια και η αύξηση του ποσοστού επανακυκλοφορίας της ιλύος) συνεπάγεται κυρίως μείωση των συγκεντρώσεων της αμμωνίας και αύξηση των συγκεντρώσεων SS στην εκροή.

4. Κατά την μελέτη ευαισθησίας του συστήματος στη μεταβολή των χαρακτηριστικών παραμέτρων της ιλύος στις χαμηλές παροχές, διαπιστώνεται ότι:

Η αύξηση του $SSV_{I_{3.5}}$, που αντιστοιχεί σε ελάττωση της τιμής της μέγιστης δυνατής ταχύτητας καθίζησης στη ζώνη εμποδιζόμενης καθίζησης, συνεπάγεται την σημαντική αύξηση των συγκεντρώσεων SS στην εκροή και αύξηση επίσης του BOD_t που οφείλεται κυρίως στην αύξηση των SS κατά το ποσοστό που αντιστοιχεί σε BOD. Οι συγκεντρώσεις MLSS ελαττώνονται ελάχιστα στις συνθήκες της προσομοίωσης με αντίστοιχη μικρή αύξηση του BOD_s . Οι συγκεντρώσεις της διαλυτής αμμωνίας δεν μεταβάλλονται επειδή δεν συνδέονται άμεσα με τη μεταφορά στερεών στην έξοδο της δεξαμενής τελικής καθίζησης, ενώ υποδηλώνεται ότι η ηλικία της ιλύος παραμένει αρκετά μεγάλη, ώστε να συντηρείται σημαντικός πληθυσμός νιτροποιητικών βακτηριδίων.

Η αύξηση του ποσοστού μη καθιζανόντων στερεών συνεπάγεται την αύξηση των συγκεντρώσεων SS στην εκροή και αύξηση επίσης του BOD_t αντίστοιχη με την αύξηση των SS κατά το ποσοστό που αντιστοιχεί σε BOD. Οι συγκεντρώσεις MLSS και των διαλυτών BOD_s και NH_3 δεν επηρεάζονται αξιόλογα στις συνθήκες της προσομοίωσης

Η μείωση της χαρακτηριστικής παραμέτρου καθίζησης στην ζώνη χαμηλών συγκεντρώσεων b_2 , συνεπάγεται την σημαντική αύξηση των συγκεντρώσεων SS στην εκροή και αύξηση επίσης του BOD_t αντίστοιχη με την αύξηση των SS κατά το ποσοστό που αντιστοιχεί σε BOD. Οι συγκεντρώσεις MLSS και των διαλυτών BOD_s και NH_3 δεν επηρεάζονται αξιόλογα στις συνθήκες της προσομοίωσης.

Η μεταβολή του ορίου πάχυνσης onset of flocculation, μέσα στα λογικά πλαίσια δεν επηρεάζει τις προβλέψεις του μοντέλου.

5. Κατά την μελέτη ευαισθησίας του συστήματος στη μεταβολή του ρυθμού νιτροποίησης διαπιστώνεται ότι στις συνθήκες της προσομοίωσης παρουσιάζεται σημαντική ποσοστιαία μεταβολή των συγκεντρώσεων της αμμωνίας που λόγω όμως των μικρών συγκεντρώσεων δεν μπορεί να αξιολογηθεί.

6. Κατά τη δυναμική φόρτιση, όπου τριπλασιάζεται η παροχή των εισερχομένων λυμάτων, καταγράφεται από το μοντέλο αυξημένη ζήτηση οξυγόνου στον B.A. η οποία διαπιστώθηκε και από την πειραματική διαδικασία. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην αυξημένη δραστηριότητα των νιτροποιητών αλλά και των ετεροτροφικών μικροοργανισμών. Συμπεραίνουμε ότι το σύστημα έχει δυνατότητα να επεξεργαστεί ρυπαντικά φορτία μεγαλύτερα από αυτά των μονίμων συνθηκών και ότι σε περιπτώσεις υψηλής φόρτισης το οξυγόνο είναι δυνατόν να αποτελέσει περιοριστικό παράγοντα στην διαδικασία της νιτροποίησης και της απομάκρυνσης

του οργανικού φορτίου. Μικρότεροι ρυθμοί παροχής οξυγόνου είναι δυνατόν να δώσουν μεγαλύτερα peak NH_3 και BOD_s , καθώς και μεγαλύτερους χρόνους επαναφοράς.

7. Λύματα που αντιστοιχούν σε ιλύ μεγάλης καθιζησιμότητας είναι δυνατόν να δώσουν σχετικά υψηλές τιμές SS σε χαμηλές παροχές λόγω των φαινομένων του αφρισμού στην δεξαμενή αερισμού και της μη ελεγχόμενης απονιτροποίησης στον πυθμένα των δεξαμενών τελικής καθίζησης.

8. Το μοντέλο της δεξαμενής τελικής καθίζησης πρέπει να βαθμονομείται σε υψηλές παροχές. Η ποιότητα της εκροής σε χαμηλές παροχές δεν είναι αρκετά ευαίσθητη στα χαρακτηριστικά της ιλύος και μπορεί να οδηγήσει σε λάθος εκτίμηση παραμέτρων.

9. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό για μια επιτυχή προσομοίωση της λειτουργίας μιας εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων με τη βοήθεια του STOAT και γενικά των δυναμικών πακέτων λογισμικού να γίνονται σχεδιασμένες μετρήσεις των πραγματικών στοιχείων καθώς και των παραμέτρων που χρησιμοποιούνται από το πρόγραμμα και μπορούν να μετρηθούν. Με δεδομένη την πληρότητα και αξιοπιστία των πραγματικών στοιχείων, στην περίπτωση που το μοντέλο δεν επαληθεύεται ικανοποιητικά, η προσπάθεια για καλύτερη προσομοίωση πρέπει να προσανατολίζεται στον εκ νέου προσδιορισμό παραμέτρων που είτε εκτιμήθηκαν λανθασμένα είτε μεταβάλλονται με την μεταβολή των συνθηκών λειτουργίας. Βέβαια υπάρχουν περιπτώσεις όπου προκειμένου να αποδοθεί μια διαπιστωμένη ιδιαιτερότητα των διεργασιών επιβάλλεται η αναζήτηση κατάλληλων υπολογιστικών εργαλείων όπως τα «black box» ή υβριδικά μοντέλα.

10. Οι πιο πάνω διαπιστώσεις που έγιναν κατά την εργασία της την προσομοίωσης των πειραματικών δεδομένων στην πιλοτική εγκατάσταση του Κ.ΕΡ.ΕΦ.Υ.Τ. με το πακέτο λογισμικού StoaT, φωτίζουν τις πτυχές των διεργασιών, βοηθούν στην καλύτερη κατανόηση των φαινομένων που λαμβάνουν χώρα και αναδεικνύουν τη χρησιμότητα του προγράμματος ως εκπαιδευτικού εργαλείου.

11. Κατά το στάδιο της λειτουργίας μιας εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων, με τη βοήθεια του STOAT ή άλλων δυναμικών πακέτων λογισμικού, μπορούν να προσομοιωθούν και να μελετηθούν πολλές παραλλαγές του επιλεγμένου σεναρίου και να προσεγγισθούν διάφορες στρατηγικές ελέγχου και διαχείρισης της λειτουργίας της εγκατάστασης.

Σε συνέχεια των παραπάνω προτείνεται:

1. Να χρησιμοποιηθεί το πακέτο λογισμικού Stoa για την προσομοίωση είτε πειραμάτων στο εργαστήριο, είτε της λειτουργίας μονάδων σε βιολογικούς της περιοχής με σχεδιασμένες μετρήσεις των πραγματικών στοιχείων καθώς και των παραμέτρων που χρησιμοποιούνται από το πρόγραμμα και μπορούν να μετρηθούν, ώστε να επαληθευτεί και να διερευνηθεί παραπέρα η ικανότητά του να προσομοιώνει διεργασίες επεξεργασίας αλλά και να αξιοποιηθεί η εκπαιδευτική του δυνατότητα.

2. Να χρησιμοποιηθεί το πακέτο λογισμικού Stoa για την προσομοίωση της λειτουργίας στην Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων Χανίων ώστε να διερευνηθεί η λειτουργία μιας πραγματικής εγκατάστασης της περιοχής.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1.Cote, M., Grandjean, B.P.A., Lessard, P. and Thibault, J. (1995) Dynamic Modelling of the activated sludge process: improving prediction using neural networks. Wat. Res. 29, 995-1004
- 2.Grady C. P. L. and Lim H. C. Biological wastewater treatment : Theory and Applications, Marcel Dekker, inc., 1980
- 3.Lessard P. and Beck M.B. (1991) Dynamic modeling of wastewater treatment processes: its current status. Envir. Sci. Technol. 25, 30-39
- 4.Metcalf & Eddy, "Wastewater Engineering-Treatment, Disposal, Reuse", 3rd edition, McGraw Hill International Editions, 1991
- 5.Stoat Instalation and User Guide,WRc plc,United Kingdom
6. Stoat Unit Process Descriptions, WRc plc,United Kingdom
- 7.Stoat Process Model Descriptions, WRc plc,United Kingdom
- 8.Wen, C., and Vassiliadis, C.A. (1998) Applying hybrid intelligence techniques in wastewater treatment. Engineering Applications of Artificial Intelligence 11, 685-705
9. Whalberg, E. J., and Keinath, T. M.,(1988) Development of settling flux curves using SVI, journal of WPCF, Vol. 60, No12, pp 2095-2100.
10. Χ. Κοτσιφάκη, "Μοντελοποίηση της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων Χανίων με τη βοήθεια του λογισμικού προσομοίωσης βιολογικών διεργασιών SuperPro Designer", Χανιά, Σεπτέμβριος 2000.
11. Γ. Χατζηκωνσταντίνου, "Νιτροποίηση – Απονιτροποίηση σε σύστημα ενεργού ιλύος", Αθήνα, 2000.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

	Σελ.
1. Μετρήσεις στην πιλοτική εγκατάσταση της ΚΕΡΕΦΥΤ	1
2. Πίνακες δεδομένων που χρησιμοποιούνται στην προσομοίωση και διαγράμματα εισερχομένων λυμάτων	5
3. Μελέτη της ευαισθησίας του μοντέλου επεξεργασίας για MLSS setpoint από 2800 έως 3200.-Διαγράμματα, Συγκριτικοί Πίνακες	14
4. μελετη της ευαισθησίας του μοντέλου επεξεργασίας για SSVI _{3,5} από 100 έως 160 (No από 3.08 έως 5.42) και non-settleable fraction 0.001 και 0.002.-Διαγράμματα, Συγκριτικοί Πίνακες	24
5. Μελέτη της ευαισθησίας του μοντέλου επεξεργασίας για discrete parameter $b_2 = 10 \cdot b_1$ έως $100 \cdot b_1$ (0.004276 έως 0.04276) .-Διαγράμματα, Συγκριτικοί Πίνακες	32
6. Μελέτη της ευαισθησίας του μοντέλου επεξεργασίας για onset of flocculation από 200 έως 300 - Διαγράμματα	38
7. Προβλέψεις αρχικού μοντέλου με τα δεδομένα της δυναμικής φόρτισης της 17-3-1994.-Διαγράμματα, Συγκριτικοί Πίνακες	41
8. Μελέτη της ευαισθησίας του μοντέλου επεξεργασίας για μέγιστο ρυθμό παροχής οξυγόνου maximum K_{La} από 10 έως 35 - Διαγράμματα, Συγκριτικοί Πίνακες	44
9. Προβλέψεις τελικού μοντέλου στις μόνιμες συνθήκες του Μαρτίου και στην δυναμική φόρτιση της 17-3-1994 - Διαγράμματα, Συγκριτικοί Πίνακες	61
10. Κατάλογος με τα τρεξίματα της προσομοίωσης-τυπικά αποτελέσματα του προγράμματος Stoa	71

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΚΕΡΕΦΥΤ

**στις συνθήκες μόνιμης φόρτισης τον Μάρτιο 1994
και στις συνθήκες της δυναμικής φόρτισης που έγινε την 17^η Μαρτίου 1994.**

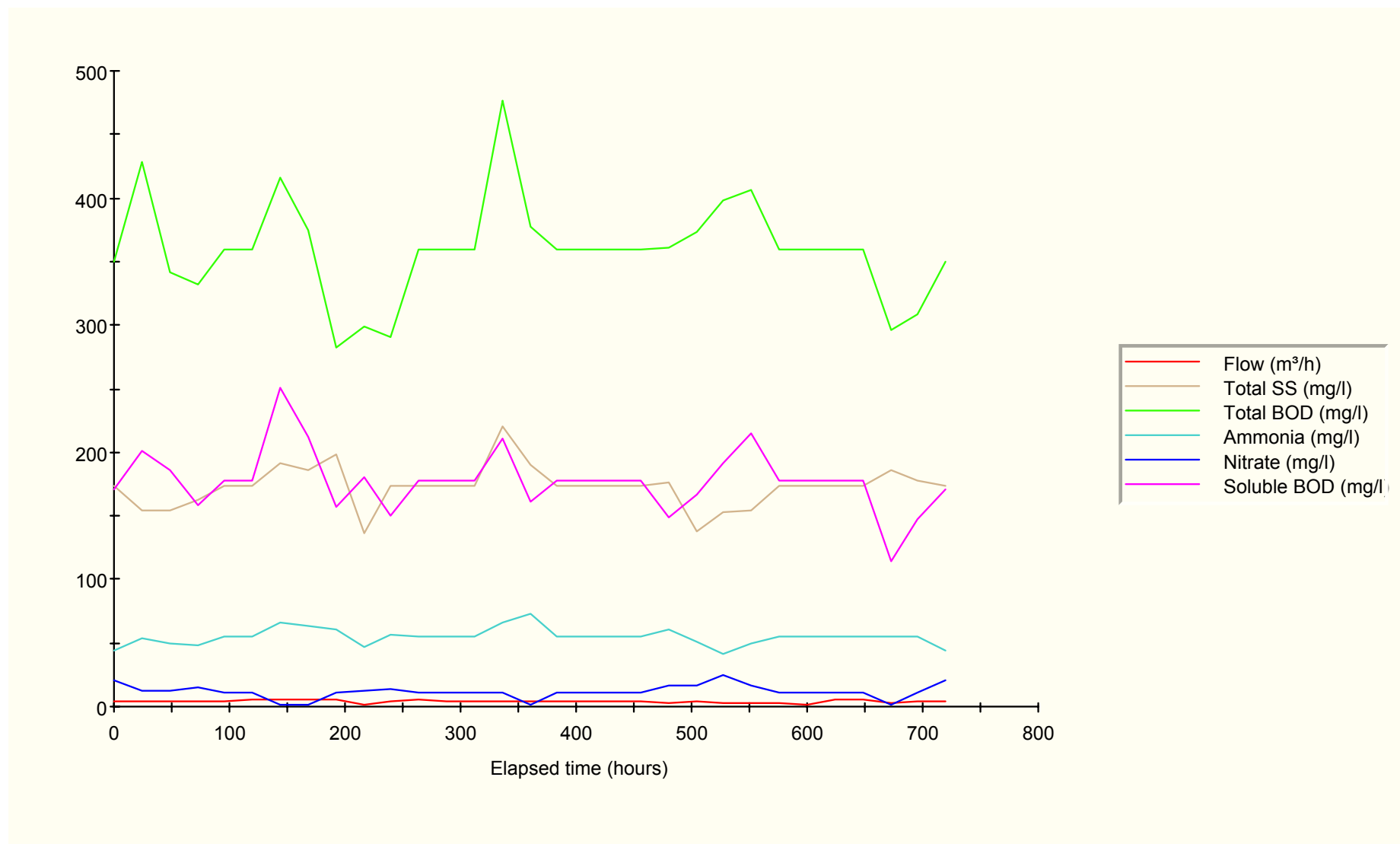
**ΠΙΝΑΚΕΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ
ΚΑΙ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΕΙΣΕΡΧΟΜΕΝΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ**

**στις συνθήκες μόνιμης φόρτισης τον Μάρτιο 1994
και στις συνθήκες της δυναμικής φόρτισης που έγινε την 17^η Μαρτίου 1994.**

χαρακτηριστικά εισερχομένων λυμάτων-μόνιμες συνθήκες-Μετρήσεις Μαρτίου														
ημερομηνία	Qολ(m3/d)	Q(m3/h)	T	CODt	CODs	BODt	BODs	BODp	SS	VSS	NVSS	NH3-N	TKN	NOx
01/03/1994	295	4.10	18.00	668.00	334.00	361	167	194	190	162	28	54	67	13
02/03/1994	299	4.15	19.00	631.00	297.00	428	201	227	154	146	8	54	66	12
03/03/1994	302	4.19	19.00	631.00	297.00	342	186	156	154	130	24	50	62	12
04/03/1994	302	4.19	18.00	631.00	334.00	332	159	173	162	140	22	48	63	15
05/03/1994	265	3.68	18.00	656.00	341.00	360	177	182	173	152	21	55	66	11
06/03/1994	358	4.97	17.00	656.00	341.00	360	177	182	173	152	21	55	66	11
07/03/1994	358	4.97	17.00	770.00	501.00	416	251	165	192	170	22	66	67	1
08/03/1994	359	4.99	18.00	693.00	424.00	374	212	162	186	154	32	63	60	1
09/03/1994	359	4.99	19.00	621.00	310.00	283	157	126	198	164	34	60	71	11
10/03/1994	120	1.67	17.00	466.00	310.00	299	180	119	136	118	18	47	60	13
11/03/1994	321	4.46	18.00	737.00	349.00	290	150	140	174	158	16	57	71	14
12/03/1994	359	4.99	18.00	656.00	341.00	360	177	182	173	152	21	55	66	11
13/03/1994	300	4.17	18.00	656.00	341.00	360	177	182	173	152	21	55	66	11
14/03/1994	313	4.35	18.00	656.00	341.00	360	177	182	173	152	21	55	66	11
15/03/1994	332	4.61	19.00	883.00	422.00	477	211	266	220	188	32	66	77	11
16/03/1994	328	4.56	19.00	730.00	348.00	377	161	216	190	184	6	73	66	1
17/03/1994	336	4.67	20.00	656.00	341.00	360	177	182	173	152	21	55	66	11
18/03/1994	319	4.43	18.00	656.00	341.00	360	177	182	173	152	21	55	66	11
19/03/1994	286	3.97	18.00	656.00	341.00	360	177	182	173	152	21	55	66	11
20/03/1994	258	3.58	18.00	656.00	341.00	360	177	182	173	152	21	55	66	11
21/03/1994	231	3.21	18.00	668.00	297.00	361	149	212	176	170	6	61	77	16
22/03/1994	253	3.51	18.00	691.00	334.00	373	167	206	138	138	0	51	68	17
23/03/1994	212	2.94	18.00	557.00	353.00	398	191	207	153	127	26	41	66	25
24/03/1994	214	2.97	19.00	687.00	334.00	406	215	191	154	138	16	49	66	17
25/03/1994	206	2.86	18.00	656.00	341.00	360	177	182	173	152	21	55	66	11
26/03/1994	124	1.72	18.00	656.00	341.00	360	177	182	173	152	21	55	66	11
27/03/1994	359	4.99	18.00	656.00	341.00	360	177	182	173	152	21	55	66	11
28/03/1994	358	4.97	18.00	656.00	341.00	360	177	182	173	152	21	55	66	11
29/03/1994	163	2.26	17.00	549.00	230.00	296	115	181	186	147	39	55	48	1
30/03/1994	282	3.92	16.00	637.00	336.00	309	148	161	178	150	28	55	66	11
31/03/1994	274	3.81	18.00	620.00	319.00	350	171	179	173	152	21	44	65	21
μέση τιμή	285	3.96	18.00	656.00	341.00	360	177	182	173	152	21	55	66	11

δεδομένα Μαρτίου inf.

time	Flow	Temperature	BODs	BODp	VSS	NVSS	Ammonia	Nitrates
0	4.1	18	167	194	162	28	54	13
24	4.15	19	201	227	146	8	54	12
48	4.19	19	186	156	130	24	50	12
72	4.19	18	159	173	140	22	48	15
96	3.68	18	177	182	152	21	55	11
120	4.97	17	177	182	152	21	55	11
144	4.97	17	251	165	170	22	66	1
168	4.99	18	212	162	154	32	63	1
192	4.99	19	157	126	164	34	60	11
216	1.67	17	180	119	118	18	47	13
240	4.46	18	150	140	158	16	57	14
264	4.99	18	177	182	152	21	55	11
288	4.17	18	177	182	152	21	55	11
312	4.35	18	177	182	152	21	55	11
336	4.61	19	211	266	188	32	66	11
360	4.56	19	161	216	184	6	73	1
384	4.67	20	177	182	152	21	55	11
408	4.43	18	177	182	152	21	55	11
432	3.97	18	177	182	152	21	55	11
456	3.58	18	177	182	152	21	55	11
480	3.21	18	149	212	170	6	61	16
504	3.51	18	167	206	138	0	51	17
528	2.94	18	191	207	127	26	41	25
552	2.97	19	215	191	138	16	49	17
576	2.86	18	177	182	152	21	55	11
600	1.72	18	177	182	152	21	55	11
624	4.99	18	177	182	152	21	55	11
648	4.97	18	177	182	152	21	55	11
672	2.26	17	115	181	147	39	55	1
696	3.92	16	148	161	150	28	55	11
720	3.81	18	171	179	152	21	44	21

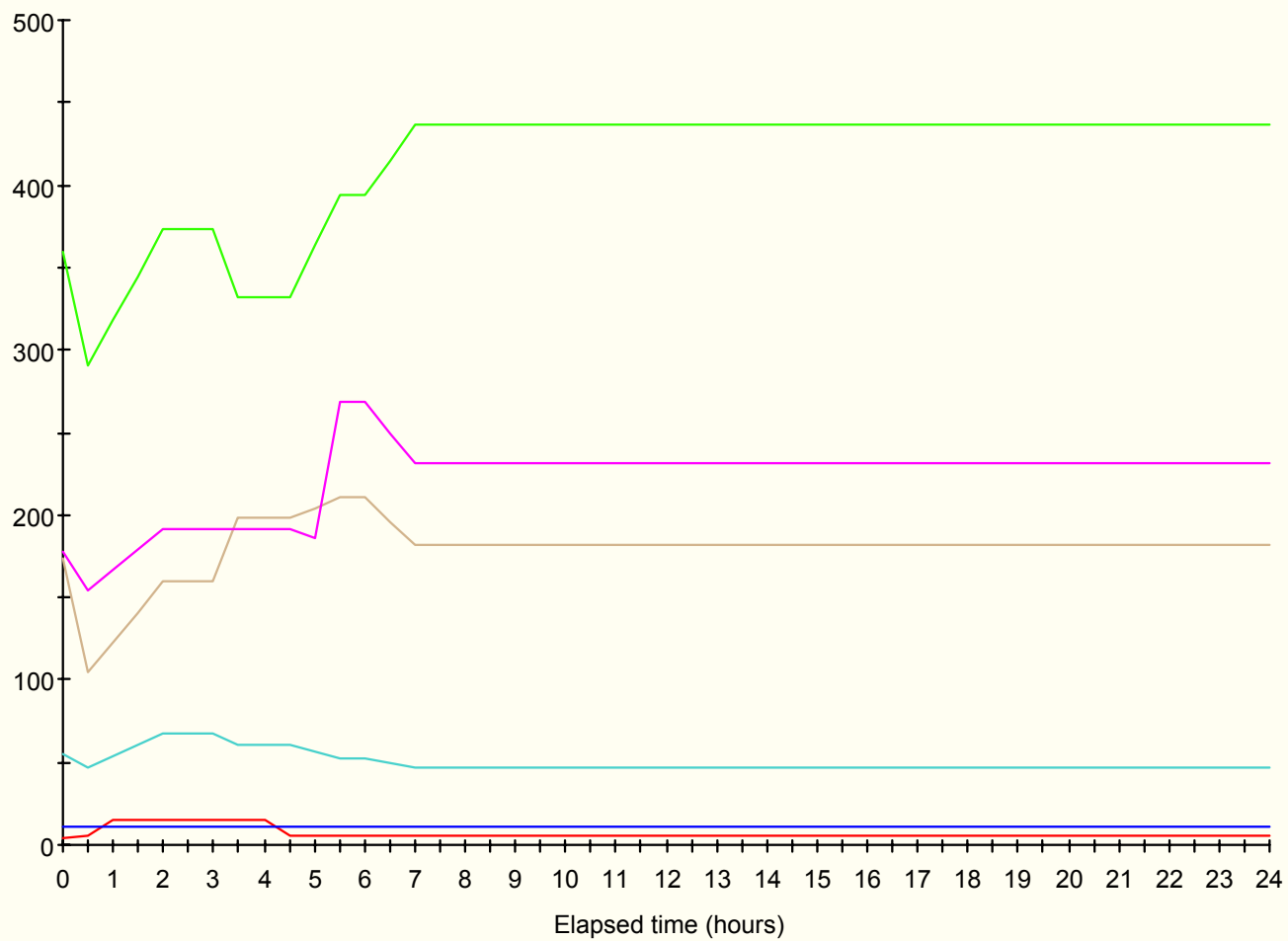


εισερχόμενα λύματα – μετρήσεις Μαρτίου 1994

χαρακτηριστικά Β.Α. και Δ.Τ.Κ.-μόνιμες συνθήκες-Μετρήσεις Μαρτίου						
	Β.Α		έξοδος Δ.Τ.Κ			
ημερομηνία	F/M BOD	MLSS (mg/l)	BODs(mg/l)	SS(mg/l)	NH3-N(mg/l)	Nox-N(mg/l)
01/03/1994		3120		16	1	51
02/03/1994		3010	6	14	1	54
03/03/1994	0.20	2920	4	10	1	45
04/03/1994	0.20	2850	4	12	1	48
05/03/1994						
06/03/1994						
07/03/1994		2390		(325)	1	29
08/03/1994		2520		(188)	1	34
09/03/1994	0.23	2480	5	72	1	29
10/03/1994	0.09	2300		7	1	26
11/03/1994	0.18	2840	3	13	1	29
12/03/1994						
13/03/1994						
14/03/1994						
15/03/1994		3170		37	1	45
16/03/1994	0.22	3130	4	13	1	46
17/03/1994						
18/03/1994						
19/03/1994						
20/03/1994						
21/03/1994		4090		13	1	50
22/03/1994		3410		13	1	56
23/03/1994	0.13	3730	5	42	1	49
24/03/1994			4	17	1	49
25/03/1994						
26/03/1994						
27/03/1994						
28/03/1994		3480				
29/03/1994		3320		28	1	40
30/03/1994	0.15	3300	2	24	1	43
31/03/1994	0.17	3070	4	16	1	41
μέση τιμή	0.19	3063	4	(48)21.69	1	42

εισερχόμενα λύματα-δυναμική φόρτιση-μετρήσεις 17-3														
ώρα	χρόνος	Qεισ(m3/d)	Qεισ(m3/h)	T	CODt	CODs	BODt	BODs	BODp	SS	VSS	NVSS	NH3-N	NOx-N
9.00	0.00	120	5	20	538	307	291	154	137	104	88	16	47	11
9.30	0.50	120	5	20	538	307	291	154	137	104	88	16	47	11
10.00	1.00	360	15	20	589	333	318	166	152	123	104	18	54	11
10.30	1.50	360	15	20	640	358	346	179	166	141	120	21	61	11
11.00	2.00	360	15	20	691	384	373	192	181	160	136	24	68	11
11.30	2.50	360	15	20	691	384	373	192	181	160	136	24	68	11
12.00	3.00	360	15	20	691	384	373	192	181	160	136	24	68	11
12.30	3.50	360	15	20	614	384	332	192	140	198	168	30	60	11
13.00	4.00	360	15	20	614	384	332	192	140	198	168	30	60	11
13.30	4.50	120	5	20	614	384	332	192	140	198	168	30	60	11
14.00	5.00	120	5	20	672	371	363	186	177	204	173	31	56	11
14.30	5.50	120	5	20	730	538	394	269	125	210	179	32	52	11
15.00	6.00	120	5	20	730	538	394	269	125	210	179	32	52	11
15.30	6.50	120	5	20	768	500	415	250	165	196	167	29	50	11
16.00	7.00	120	5	20	806	461	435	231	205	182	155	27	47	11
16.30	7.50	120	5	20	806	461	435	231	205	182	155	27	47	11
17.00	8.00	120	5	20	806	461	435	231	205	182	155	27	47	11
17.30	8.50	120	5	20	806	461	435	231	205	182	155	27	47	11
18.00	9.00	120	5	20	806	461	435	231	205	182	155	27	47	11
18.30	9.50	120	5	20	806	461	435	231	205	182	155	27	47	11
19.00	10.00	120	5	20	806	461	435	231	205	182	155	27	47	11

17-3-1994r.inf								
time	Flow	Temperature	BODs	BODp	VSS	NVSS	NH3	Nox
0	5	20	154	137	88	16	47	11
0.5	5	20	154	137	88	16	47	11
1	15	20	166	152	104	18	54	11
1.5	15	20	179	166	120	21	61	11
2	15	20	192	181	136	24	68	11
2.5	15	20	192	181	136	24	68	11
3	15	20	192	181	136	24	68	11
3.5	15	20	192	140	168	30	60	11
4	15	20	192	140	168	30	60	11
4.5	5	20	192	140	168	30	60	11
5	5	20	186	177	173	31	56	11
5.5	5	20	269	125	179	32	52	11
6	5	20	269	125	179	32	52	11
6.5	5	20	250	165	167	29	50	11
7	5	20	231	205	155	27	47	11
7.5	5	20	231	205	155	27	47	11
8	5	20	231	205	155	27	47	11
8.5	5	20	231	205	155	27	47	11
9	5	20	231	205	155	27	47	11
9.5	5	20	231	205	155	27	47	11
10	5	20	231	205	155	27	47	11
10.5	5	20	231	205	155	27	47	11
11	5	20	231	205	155	27	47	11
11.5	5	20	231	205	155	27	47	11
12	5	20	231	205	155	27	47	11
12.5	5	20	231	205	155	27	47	11
13	5	20	231	205	155	27	47	11
13.5	5	20	231	205	155	27	47	11
14	5	20	231	205	155	27	47	11
14.5	5	20	231	205	155	27	47	11
15	5	20	231	205	155	27	47	11
15.5	5	20	231	205	155	27	47	11
16	5	20	231	205	155	27	47	11
16.5	5	20	231	205	155	27	47	11
17	5	20	231	205	155	27	47	11
17.5	5	20	231	205	155	27	47	11
18	5	20	231	205	155	27	47	11
18.5	5	20	231	205	155	27	47	11
19	5	20	231	205	155	27	47	11
19.5	5	20	231	205	155	27	47	11
20	5	20	231	205	155	27	47	11
20.5	5	20	231	205	155	27	47	11
21	5	20	231	205	155	27	47	11
21.5	5	20	231	205	155	27	47	11
22	5	20	231	205	155	27	47	11
22.5	5	20	231	205	155	27	47	11
23	5	20	231	205	155	27	47	11
23.5	5	20	231	205	155	27	47	11
24	5	20	231	205	155	27	47	11

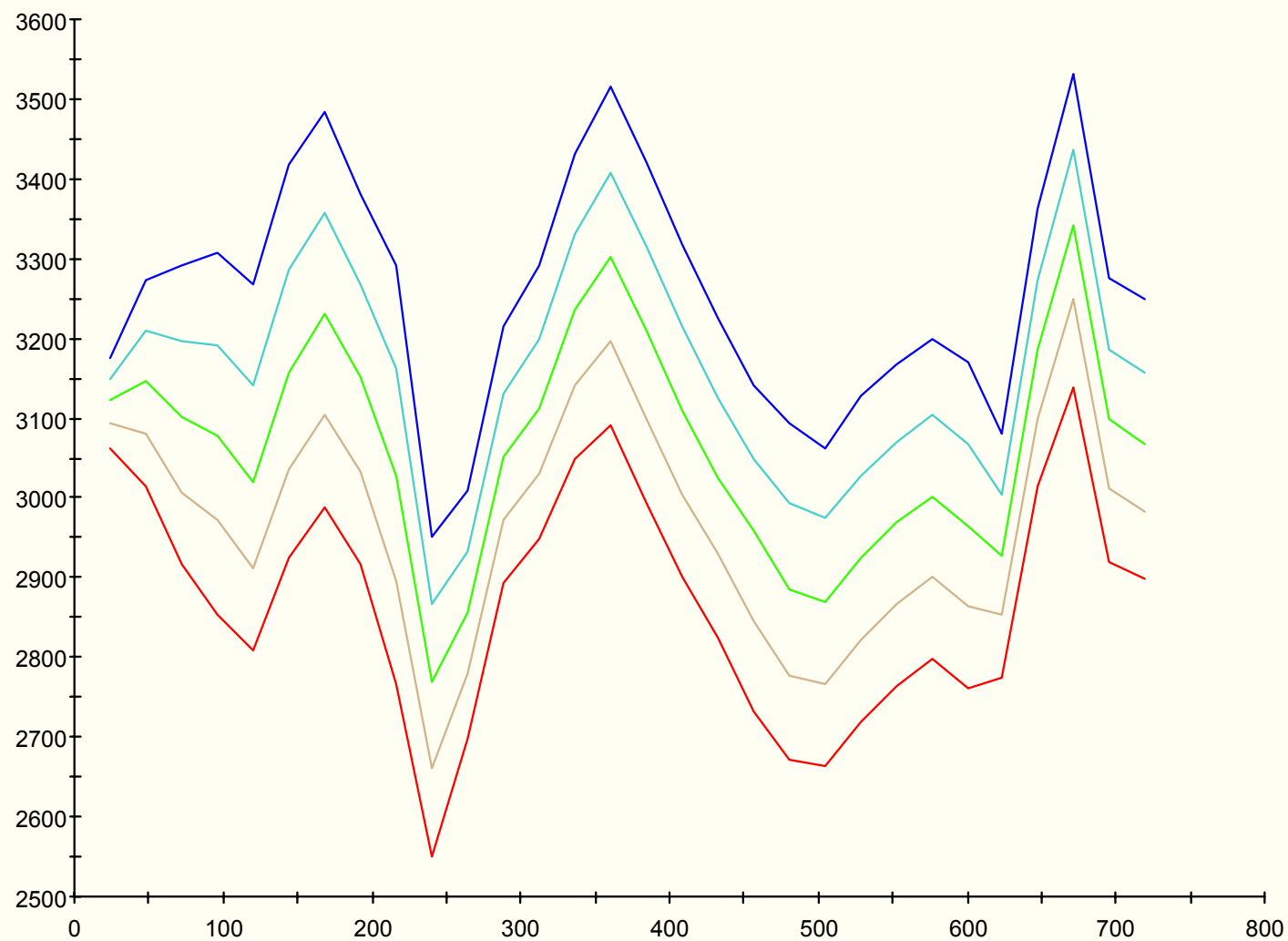


εισερχόμενα λύματα 17-3-1994

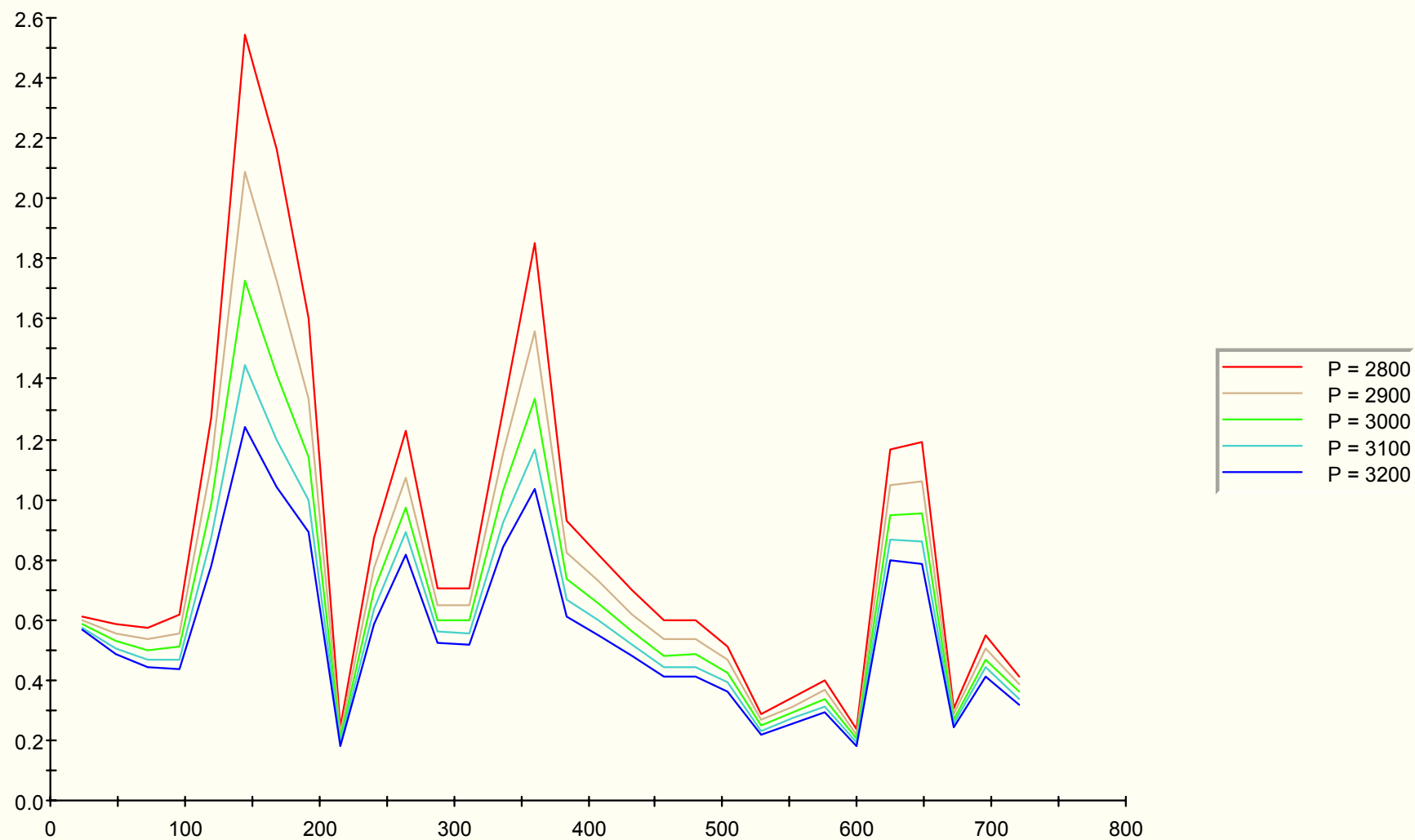
χαρακτηριστικά Β.Α. και Δ.Τ.Κ.-δυναμική φόρτιση-μετρήσεις 17-3								
	Β.Α.				έξοδος Δ.Τ.Κ.			
ώρα	χρόνος	NH4-N	NOx-N	MLSS	SS1	SS2	SS3	μέσο SS
9.00	0.00	1.00	36.50		11	1	11	7.67
9.30	0.50	1.00	36.50	3340	7	9	3	6.33
10.00	1.00	1.00	37.50		18	19	16	17.67
10.30	1.50	4.00	33.50		7	0	12	6.33
11.00	2.00	8.00	33.50		12	10	2	8.00
11.30	2.50	12.50	32.00		12	16	6	11.33
12.00	3.00	15.50	30.00	2860	6	8	14	9.33
12.30	3.50	18.00	29.00		22	30	32	28.00
13.00	4.00	19.00	28.00		56	24	30	36.67
13.30	4.50	18.00	29.50		14	26	28	22.67
14.00	5.00	16.50	29.50	3000	22	22	52	32.00
14.30	5.50	13.50	32.50					
15.00	6.00	11.00	33.50		44	40	46	43.33
15.30	6.50	9.00	35.00					
16.00	7.00	7.00	36.50		32	54	68	51.33
16.30	7.50	5.00	37.50	3130				
17.00	8.00	3.50	39.00		4	60	34	32.67
17.30	8.50	2.00	39.50					
18.00	9.00	1.00	43.00		25	22	48	31.67
18.30	9.50	1.00	42.50					
19.00	10.00	1.00	43.00					

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ
ΓΙΑ MLSS SETPOINT ΑΠΟ 2800 ΕΩΣ 3200.**

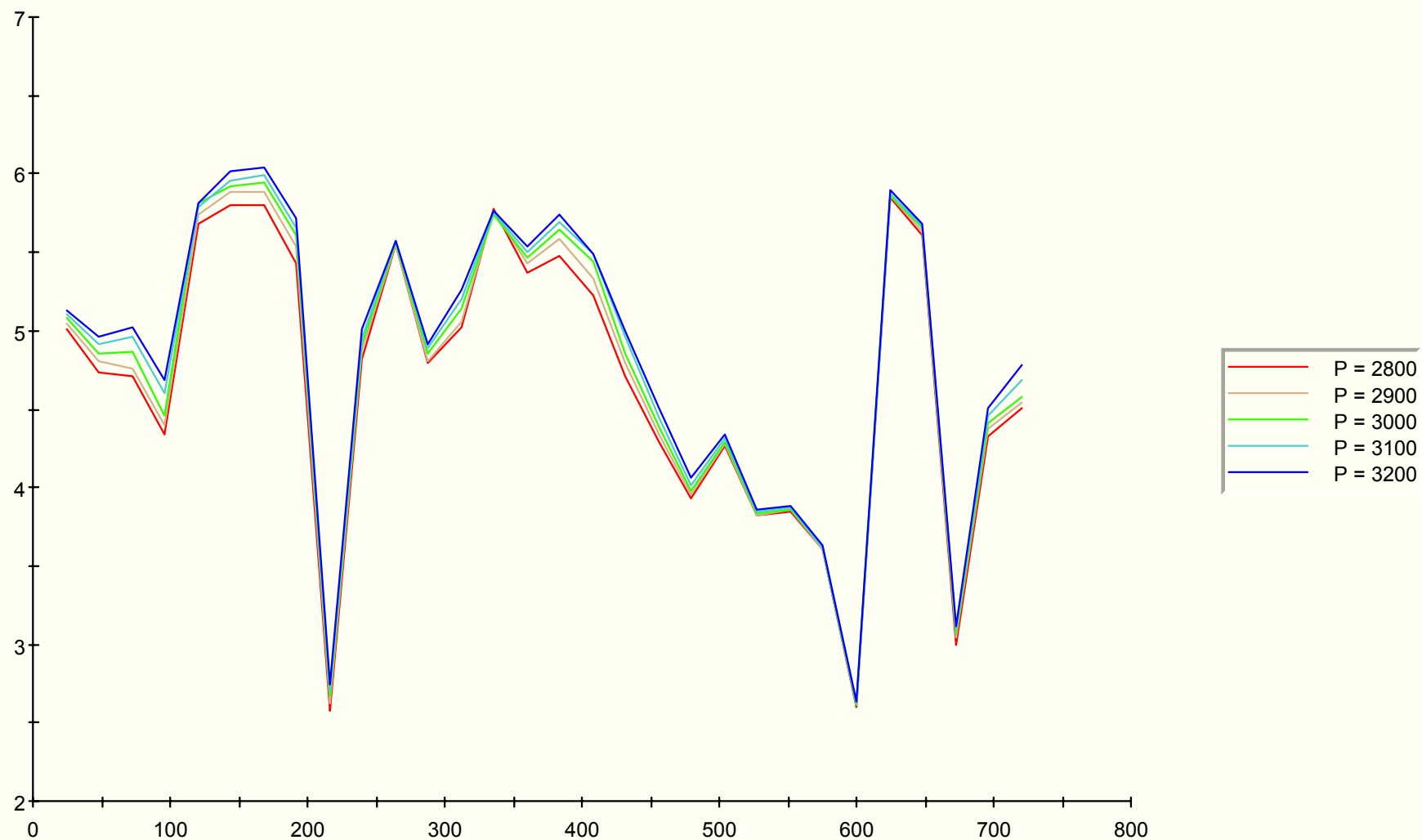
**Διαγράμματα
Συγκριτικοί Πίνακες**



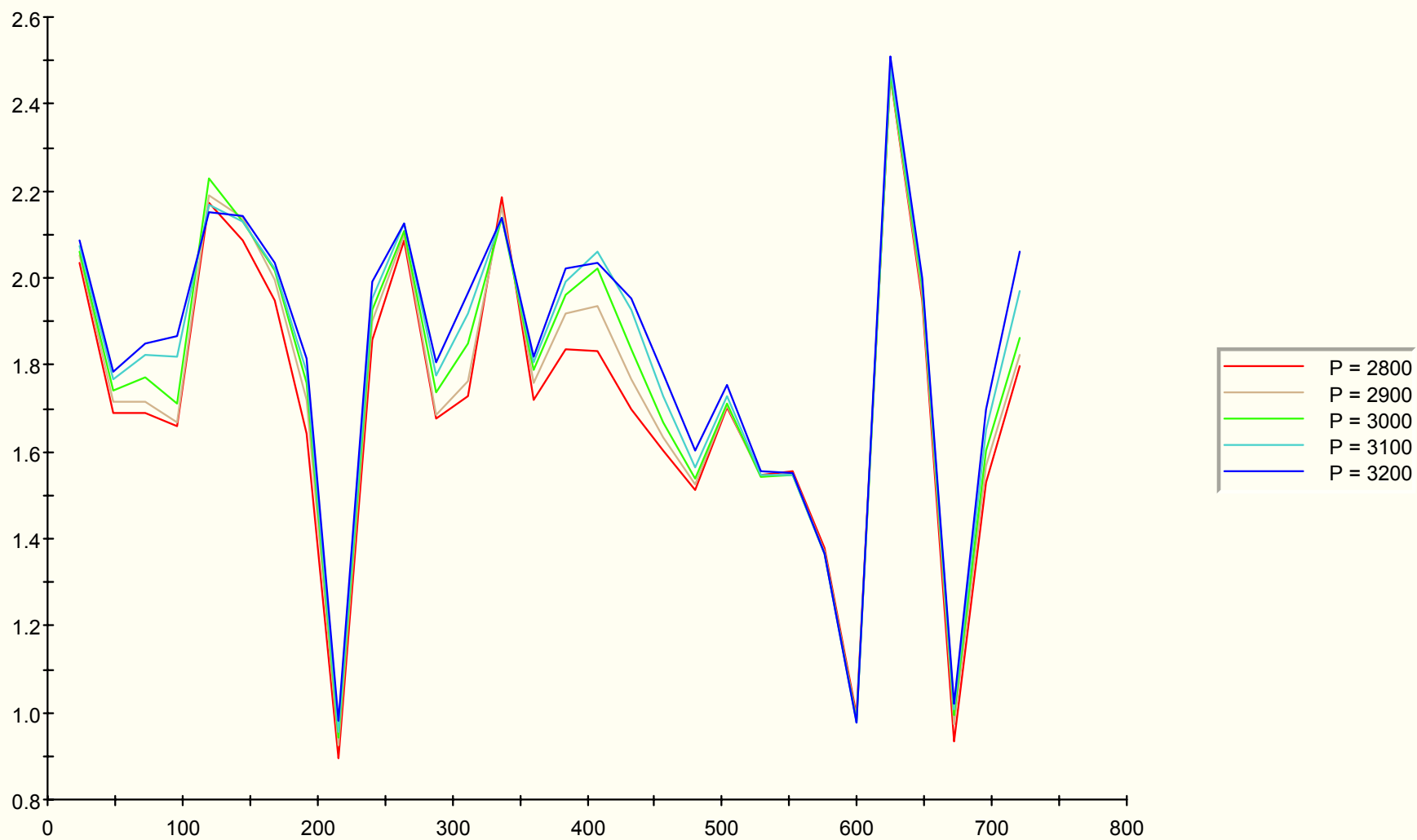
συγκέντρώσεις MLSS στον Β.Α. για MLSS setpoint από 2800 έως 3200 mg/lt



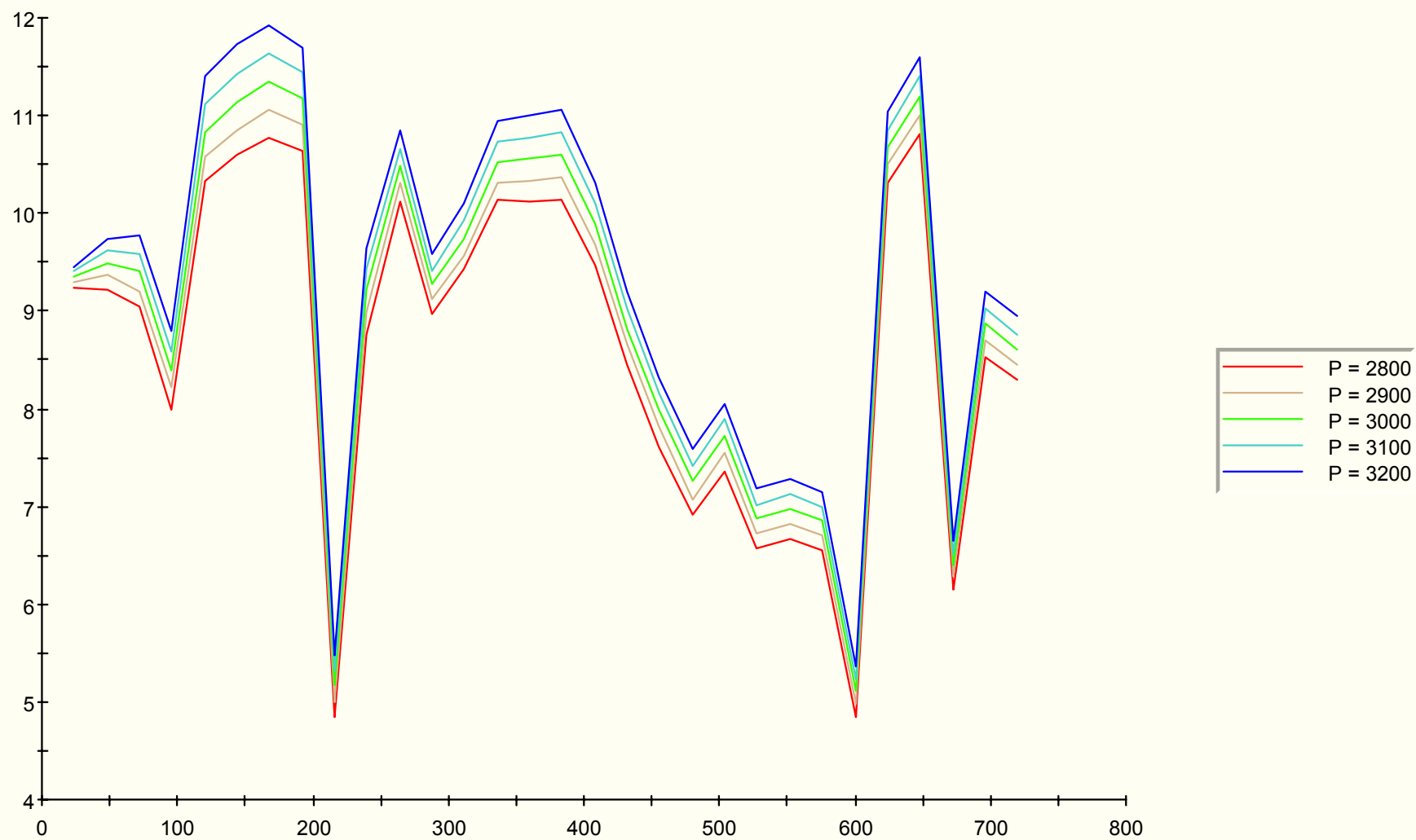
συγκεντρώσεις NH_3 στην εκροή για MLSS setpoint από 2800 έως 3200 mg/l



συγκεντρώσεις BODt στην εκροή για MLSS setpoint από 2800 έως 3200 mg/l



συγκεντρώσεις BODs στην εκροή για MLSS setpoint από 2800 έως 3200 mg/l



συγκεντρώσεις SS στην εκροή για MLSS setpoint από 2800 έως 3200 mg/lt

MLSS στον Β.Α. για MLSS setpoint από 2800 έως 3200							
ημερομηνία	time (h)	μετρήσεις	2800.00	2900.00	3000.00	3100.00	3200.00
01/03/1994	0	3120.00	3066.40	3066.40	3066.40	3066.40	3066.40
02/03/1994	24	3010.00	3063.10	3092.90	3121.50	3149.20	3175.30
03/03/1994	48	2920.00	3013.50	3079.80	3145.70	3210.10	3272.70
04/03/1994	72	2850.00	2917.00	3006.40	3100.80	3195.70	3290.80
05/03/1994	96		2853.10	2973.30	3078.60	3191.10	3306.90
06/03/1994	120		2807.90	2911.50	3020.50	3141.30	3268.20
07/03/1994	144	2390.00	2924.10	3035.40	3157.70	3287.10	3418.40
08/03/1994	168	2520.00	2987.20	3104.80	3230.60	3358.10	3483.60
09/03/1994	192	2480.00	2918.10	3032.60	3151.60	3268.20	3380.50
10/03/1994	216	2300.00	2765.60	2896.60	3028.70	3162.50	3291.70
11/03/1994	240	2840.00	2550.90	2661.10	2770.10	2865.70	2950.20
12/03/1994	264		2698.30	2779.90	2856.90	2931.70	3009.80
13/03/1994	288		2894.30	2973.00	3052.00	3131.50	3215.40
14/03/1994	312		2949.50	3030.00	3113.20	3199.50	3290.50
15/03/1994	336	3170.00	3049.90	3140.70	3235.60	3332.10	3432.10
16/03/1994	360	3130.00	3092.10	3195.70	3301.70	3408.00	3515.20
17/03/1994	384		2993.40	3100.10	3208.30	3315.50	3421.90
18/03/1994	408		2902.00	3004.90	3110.00	3214.50	3318.70
19/03/1994	432		2825.10	2928.80	3024.10	3124.00	3225.00
20/03/1994	456		2733.20	2844.40	2957.80	3048.30	3141.70
21/03/1994	480	4090.00	2670.80	2777.50	2884.90	2993.20	3094.20
22/03/1994	504	3410.00	2664.20	2767.30	2870.10	2973.70	3060.80
23/03/1994	528	3730.00	2718.30	2821.70	2924.30	3026.70	3128.90
24/03/1994	552		2764.00	2866.60	2968.40	3069.40	3166.40
25/03/1994	576		2798.20	2900.80	3002.20	3103.30	3198.00
26/03/1994	600		2760.70	2863.40	2965.00	3066.80	3169.20
27/03/1994	624		2774.60	2852.60	2928.40	3004.60	3081.50
28/03/1994	648	3480.00	3013.20	3098.70	3185.10	3272.70	3361.50
29/03/1994	672	3320.00	3138.20	3249.60	3342.40	3436.40	3531.80
30/03/1994	696	3300.00	2920.30	3011.70	3098.50	3186.00	3275.90
31/03/1994	720	3070.00	2897.60	2982.80	3066.40	3156.40	3249.50
M.O.		3062.78	2874.99	2969.39	3063.47	3157.73	3251.38

NH3 στην εκροή για MLSS setpoint από 2800 έως 3200							
ημερομηνία	time (h)	μετρήσεις	2800.00	2900.00	3000.00	3100.00	3200.00
01/03/1994	0	1	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
02/03/1994	24	1	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
03/03/1994	48	1	0.60	0.60	0.50	0.50	0.50
04/03/1994	72	1	0.60	0.50	0.50	0.50	0.40
05/03/1994	96		0.60	0.60	0.50	0.50	0.40
06/03/1994	120		1.30	1.10	1.00	0.90	0.80
07/03/1994	144	1	2.50	2.10	1.70	1.40	1.20
08/03/1994	168	1	2.20	1.70	1.40	1.20	1.00
09/03/1994	192	1	1.60	1.30	1.10	1.00	0.90
10/03/1994	216	1	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
11/03/1994	240	1	0.90	0.80	0.70	0.60	0.60
12/03/1994	264		1.20	1.10	1.00	0.90	0.80
13/03/1994	288		0.70	0.60	0.60	0.60	0.50
14/03/1994	312		0.70	0.60	0.60	0.60	0.50
15/03/1994	336	1	1.30	1.20	1.00	0.90	0.80
16/03/1994	360	1	1.90	1.60	1.30	1.20	1.00
17/03/1994	384		0.90	0.80	0.70	0.70	0.60
18/03/1994	408		0.80	0.70	0.70	0.60	0.60
19/03/1994	432		0.70	0.60	0.60	0.50	0.50
20/03/1994	456		0.60	0.50	0.50	0.40	0.40
21/03/1994	480	1	0.60	0.50	0.50	0.40	0.40
22/03/1994	504	1	0.50	0.50	0.40	0.40	0.40
23/03/1994	528	1	0.30	0.30	0.20	0.20	0.20
24/03/1994	552	1	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
25/03/1994	576		0.40	0.40	0.30	0.30	0.30
26/03/1994	600		0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
27/03/1994	624		1.20	1.00	0.90	0.90	0.80
28/03/1994	648		1.20	1.10	1.00	0.90	0.80
29/03/1994	672	1	0.30	0.30	0.30	0.30	0.20
30/03/1994	696	1	0.50	0.50	0.50	0.40	0.40
31/03/1994	720	1	0.40	0.40	0.40	0.30	0.30
M.O.		1.00	0.85	0.75	0.66	0.61	0.55

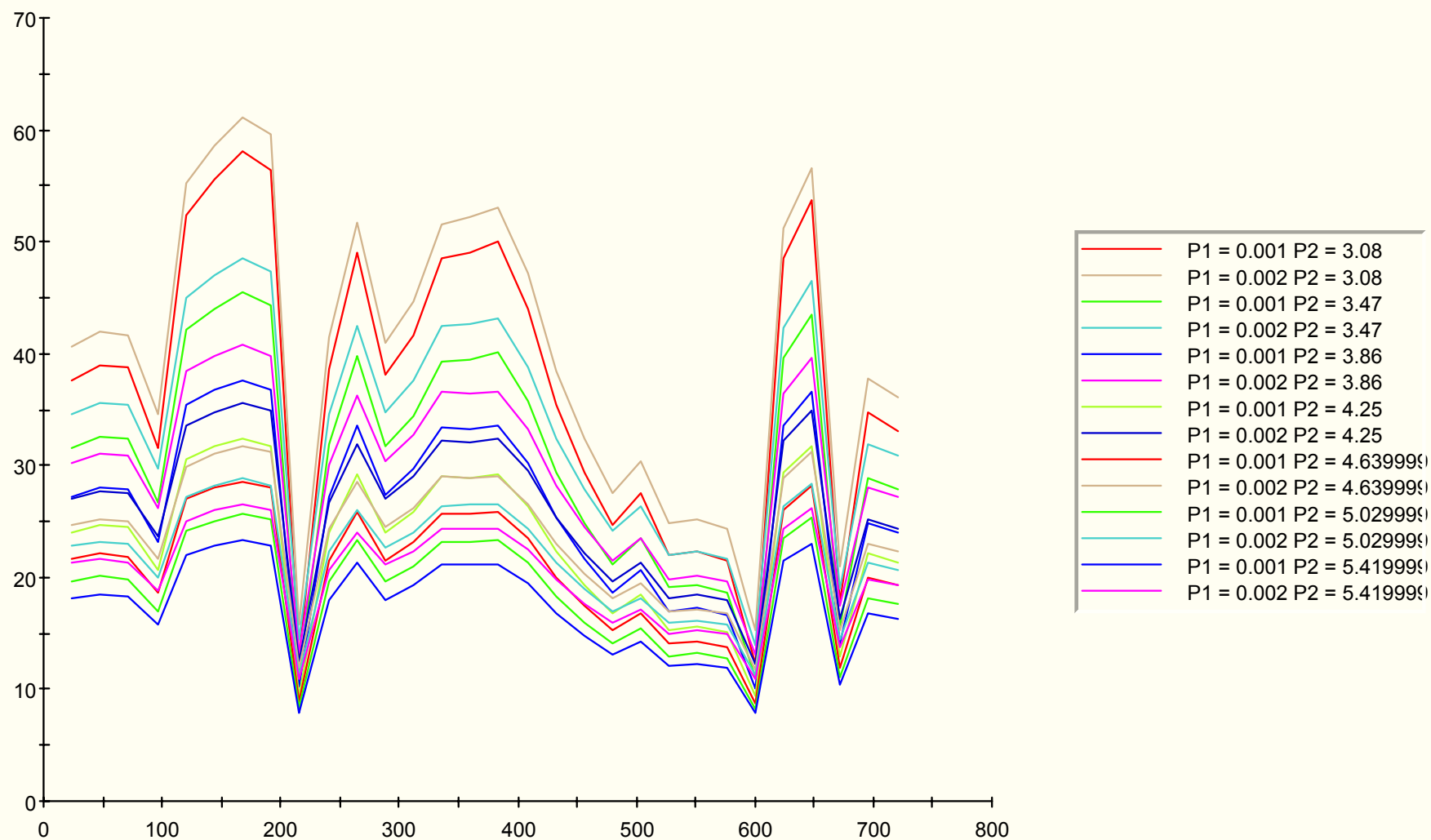
BODs στην εκροή για MLSS setpoint από 2800 έως 3200							
ημερομηνία	time (h)	μετρήσεις	2800.00	2900.00	3000.00	3100.00	3200.00
01/03/1994	0		1.90	1.90	1.90	1.90	1.90
02/03/1994	24	6.00	2.00	2.00	2.10	2.10	2.10
03/03/1994	48	4.00	1.70	1.70	1.70	1.80	1.80
04/03/1994	72	4.00	1.70	1.70	1.80	1.80	1.80
05/03/1994	96		1.70	1.70	1.70	1.80	1.90
06/03/1994	120		2.20	2.20	2.20	2.20	2.20
07/03/1994	144		2.10	2.10	2.10	2.10	2.10
08/03/1994	168		2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
09/03/1994	192	5.00	1.60	1.70	1.80	1.80	1.80
10/03/1994	216		0.90	0.90	0.90	1.00	1.00
11/03/1994	240	3.00	1.90	1.90	1.90	2.00	2.00
12/03/1994	264		2.10	2.10	2.10	2.10	2.10
13/03/1994	288		1.70	1.70	1.70	1.80	1.80
14/03/1994	312		1.70	1.80	1.80	1.90	2.00
15/03/1994	336		2.20	2.20	2.10	2.10	2.10
16/03/1994	360	4.00	1.70	1.80	1.80	1.80	1.80
17/03/1994	384		1.80	1.90	2.00	2.00	2.00
18/03/1994	408		1.80	1.90	2.00	2.10	2.00
19/03/1994	432		1.70	1.80	1.80	1.90	2.00
20/03/1994	456		1.60	1.60	1.70	1.70	1.80
21/03/1994	480		1.50	1.50	1.50	1.60	1.60
22/03/1994	504		1.70	1.70	1.70	1.70	1.80
23/03/1994	528	5.00	1.50	1.50	1.50	1.50	1.60
24/03/1994	552	4.00	1.60	1.60	1.50	1.50	1.60
25/03/1994	576		1.40	1.40	1.40	1.40	1.40
26/03/1994	600		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
27/03/1994	624		2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
28/03/1994	648		1.90	2.00	2.00	2.00	2.00
29/03/1994	672		0.90	1.00	1.00	1.00	1.00
30/03/1994	696	2.00	1.50	1.60	1.60	1.60	1.70
31/03/1994	720	4.00	1.80	1.80	1.90	2.00	2.10
M.O		4.10	1.72	1.75	1.76	1.80	1.82

SS στην εκροή για MLSS setpoint από 2800 έως 3200							
ημερομηνία	time (h)	μετρήσεις	2800.00	2900.00	3000.00	3100.00	3200.00
01/03/1994	0.00	16.00	8.60	8.60	8.60	8.60	8.60
02/03/1994	24.00	14.00	9.20	9.30	9.40	9.40	9.50
03/03/1994	48.00	10.00	9.20	9.40	9.50	9.60	9.70
04/03/1994	72.00	12.00	9.00	9.20	9.40	9.60	9.80
05/03/1994	96.00		8.00	8.20	8.40	8.60	8.80
06/03/1994	120.00		10.30	10.60	10.80	11.10	11.40
07/03/1994	144.00		10.60	10.80	11.10	11.40	11.70
08/03/1994	168.00		10.80	11.10	11.30	11.60	11.90
09/03/1994	192.00	72.00	10.60	10.90	11.20	11.40	11.70
10/03/1994	216.00	7.00	4.80	5.00	5.20	5.30	5.50
11/03/1994	240.00	13.00	8.80	9.00	9.20	9.40	9.60
12/03/1994	264.00		10.10	10.30	10.50	10.70	10.80
13/03/1994	288.00		9.00	9.10	9.30	9.40	9.60
14/03/1994	312.00		9.40	9.60	9.70	9.90	10.10
15/03/1994	336.00	37.00	10.10	10.30	10.50	10.70	10.90
16/03/1994	360.00	13.00	10.10	10.30	10.60	10.80	11.00
17/03/1994	384.00		10.10	10.40	10.60	10.80	11.10
18/03/1994	408.00		9.50	9.70	9.90	10.10	10.30
19/03/1994	432.00		8.50	8.70	8.80	9.00	9.20
20/03/1994	456.00		7.60	7.80	8.00	8.20	8.30
21/03/1994	480.00	13.00	6.90	7.10	7.30	7.40	7.60
22/03/1994	504.00	13.00	7.40	7.50	7.70	7.90	8.00
23/03/1994	528.00	42.00	6.60	6.70	6.90	7.00	7.20
24/03/1994	552.00	17.00	6.70	6.80	7.00	7.10	7.30
25/03/1994	576.00		6.60	6.70	6.90	7.00	7.20
26/03/1994	600.00		4.80	5.00	5.10	5.20	5.40
27/03/1994	624.00		10.30	10.50	10.70	10.80	11.00
28/03/1994	648.00		10.80	11.00	11.20	11.40	11.60
29/03/1994	672.00	28.00	6.20	6.30	6.40	6.50	6.70
30/03/1994	696.00	24.00	8.50	8.70	8.90	9.00	9.20
31/03/1994	720.00	16.00	8.30	8.50	8.60	8.80	8.90
M.O.		21.69	8.63	8.81	8.99	9.15	9.34

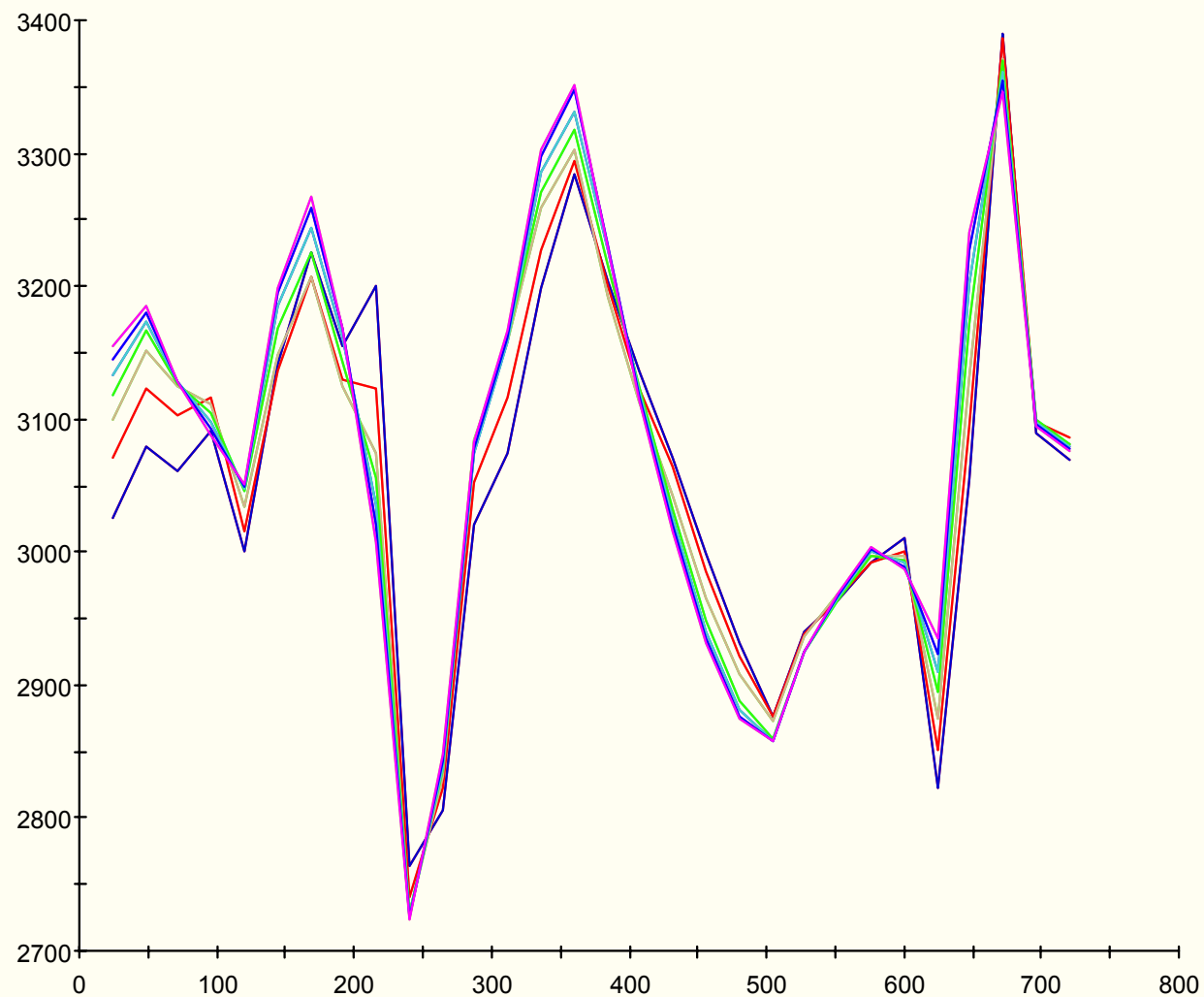
ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

**για $SSV_{l_{3,5}}$ από 100 έως 160 (V_o από 3.08 έως 5.42)
και non-settleable fraction 0.001 και 0.002**

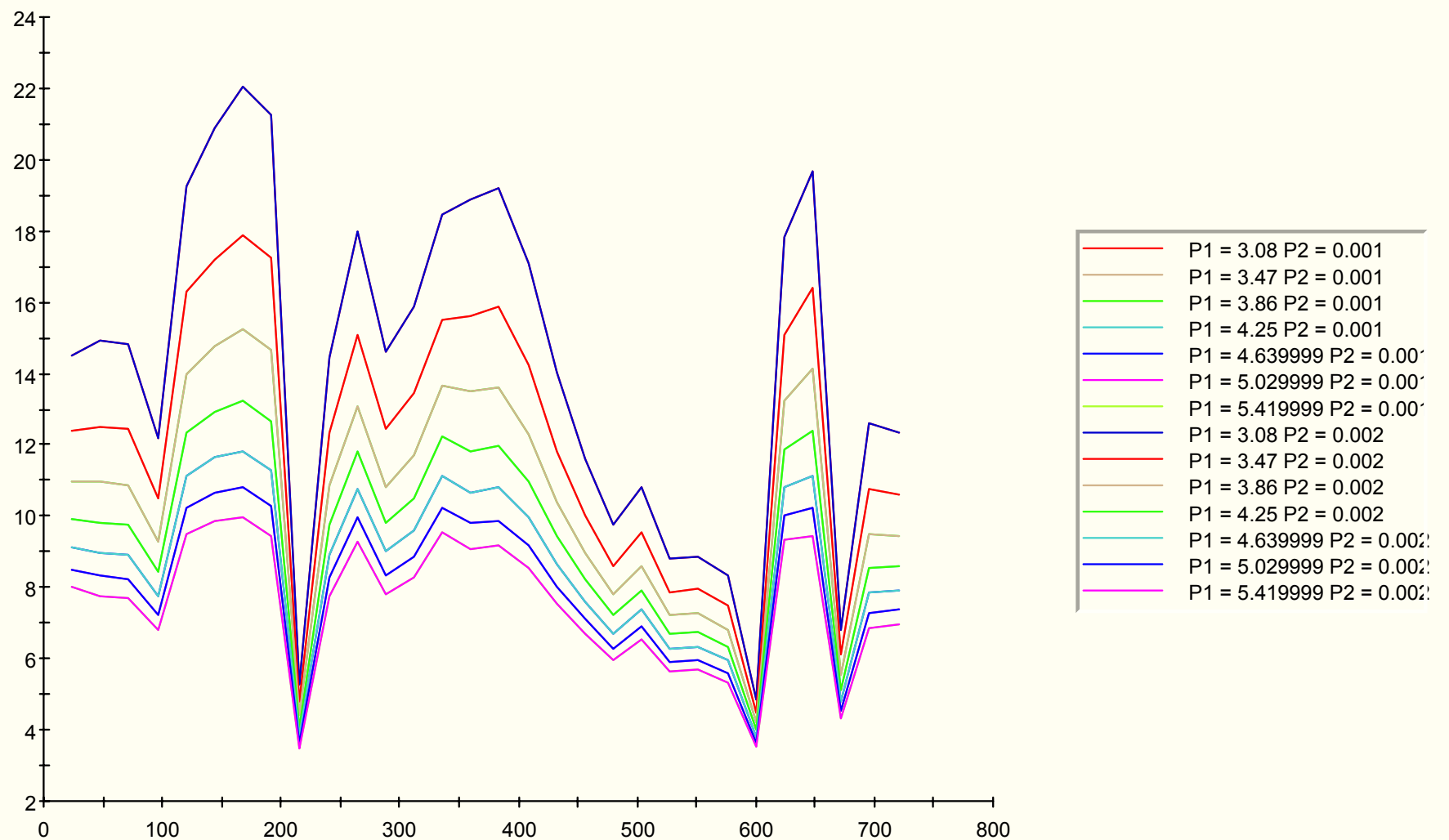
**Διαγράμματα
Συγκριτικοί Πίνακες**



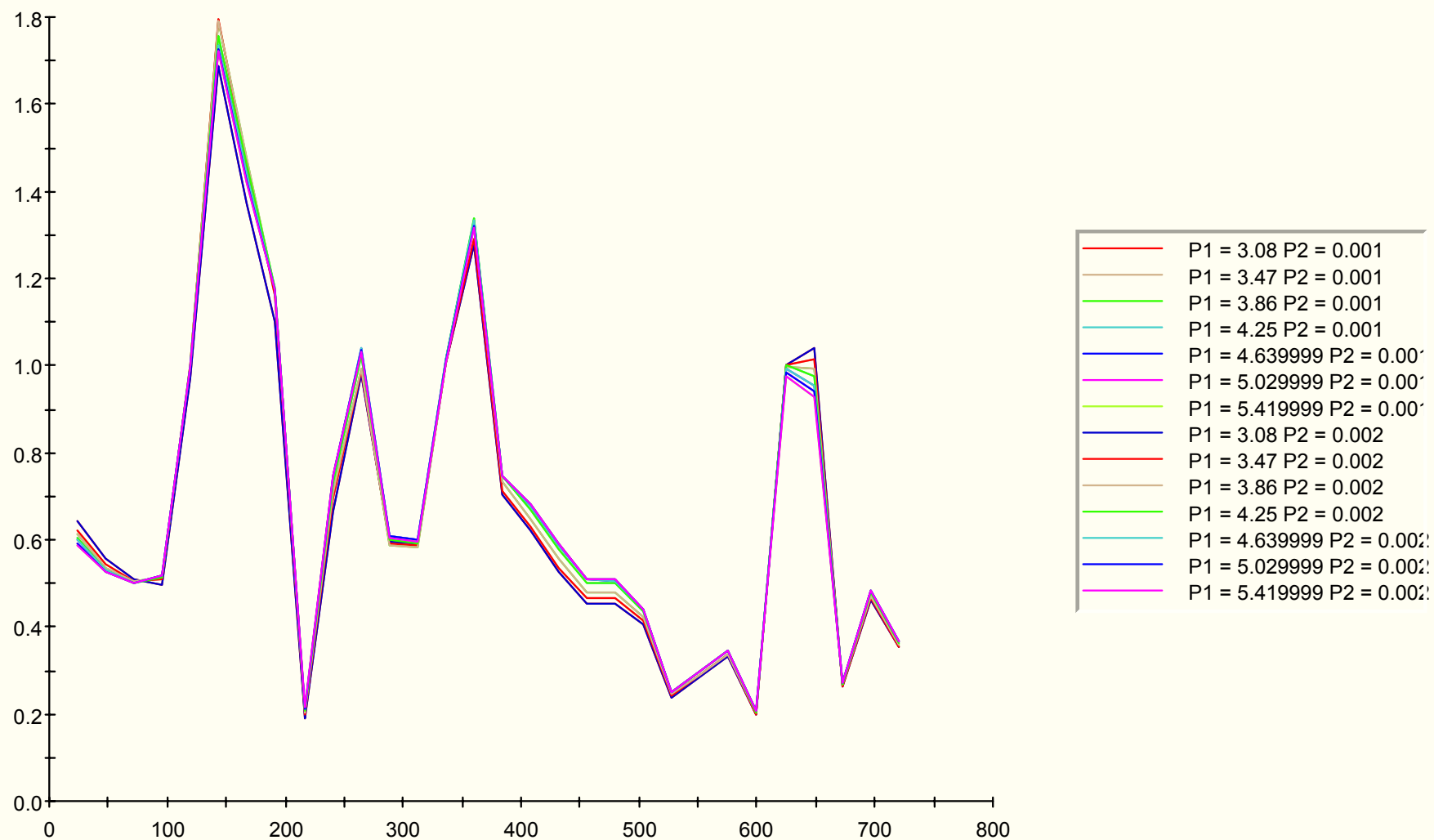
συγκεντρώσεις SS στην εκροή. για Vo από 3.08 έως 5.42 και non-settleable fraction 0.001 και 0.002



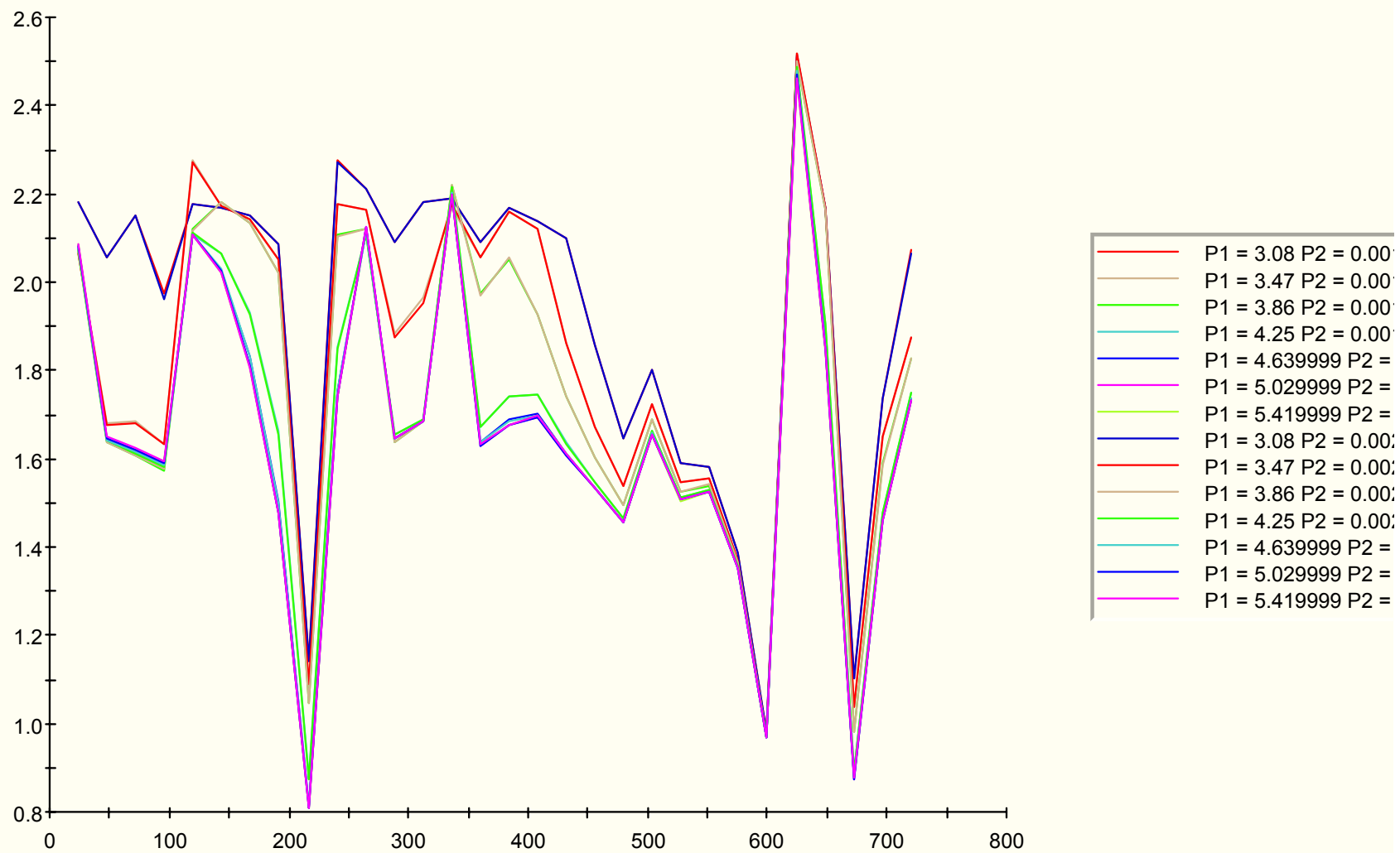
συγκεντρώσεις MLSS στον Β.Α. για V_0 από 3.08 έως 5.42 και non-settleable fraction 0.001 και 0.002



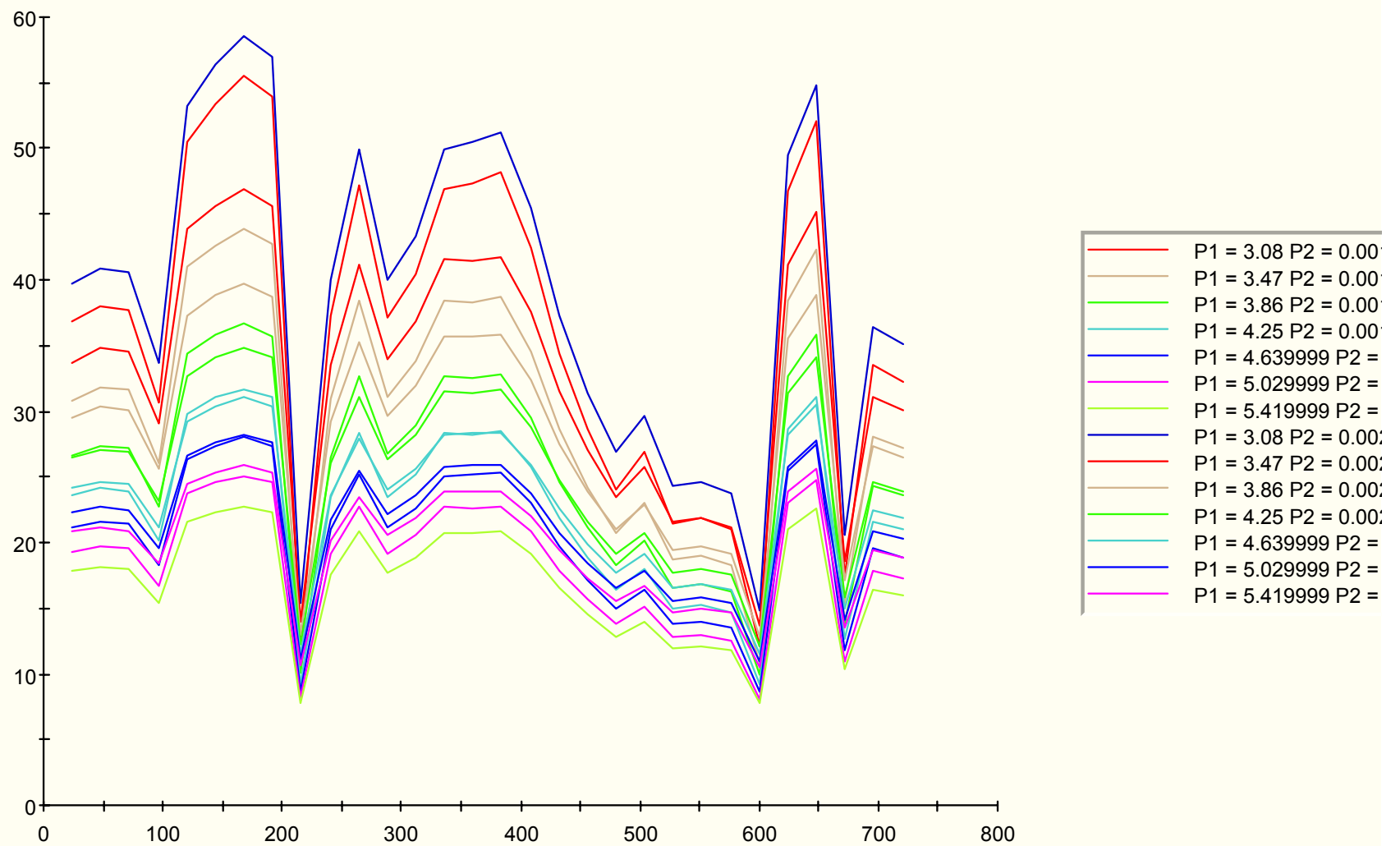
συγκεντρώσεις BODt στην εκροή. για V_0 από 3.08 έως 5.42 και non-settleable fraction 0.001 και 0.002



συγκεντρώσεις NH3 στην εκροή. για V_o από 3.08 έως 5.42 και non-settleable fraction 0.001 και 0.002



συγκεντρώσεις BODs στην εκροή. για V_0 από 3.08 έως 5.42 και non-settleable fraction 0.001 και 0.002



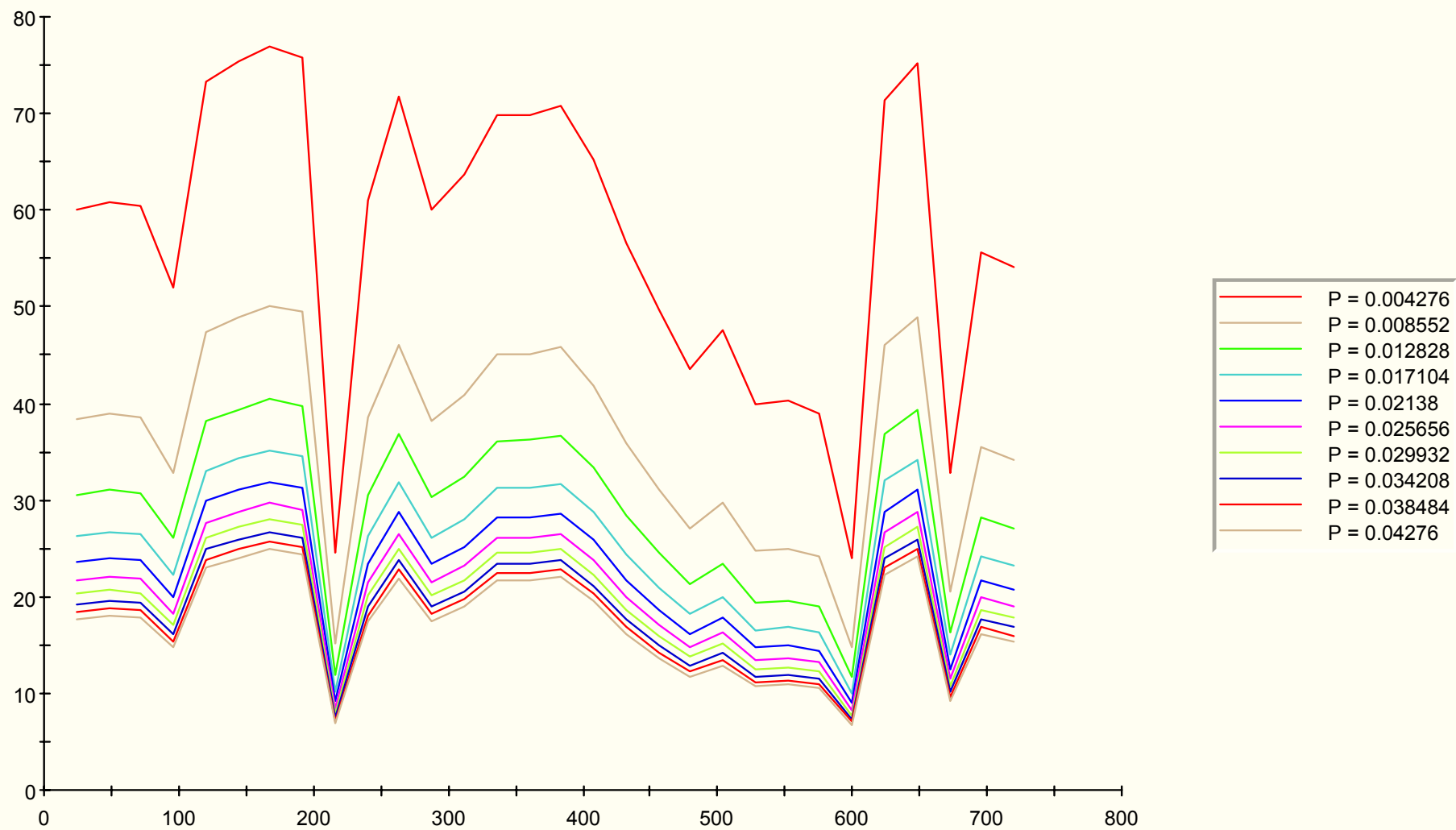
συγκεντρώσεις SS στην εκροή. για V_0 από 3.08 έως 5.42 και non-settleable fraction 0.001 και 0.002
 για MLSS setpoint 2900

Μεταβολή του SSVI3.5 και του non settleable fraction για MLSSsetpoint=3000 και MLSSsetpoint=2900, WRc correlation							
MLSS setpoint	SSVI3.5	non settleable fraction	SS	BODt	BODs	NH3	MLSS
3000	100.00	0.001	17.30	7.50	1.70	0.70	3077.30
3000	100.00	0.002	20.20	8.50	1.70	0.70	3077.30
3000	110.00	0.001	18.80	8.00	1.70	0.70	3076.20
3000	110.00	0.002	21.70	9.00	1.70	0.70	3075.40
3000	120.00	0.001	20.60	8.60	1.70	0.70	3073.60
3000	120.00	0.002	23.60	9.60	1.70	0.70	3072.90
3000	130.00	0.001	23.00	9.40	1.70	0.70	3070.40
3000	130.00	0.002	25.90	10.40	1.70	0.70	3069.70
3000	140.00	0.001	26.10	10.50	1.80	0.70	3066.40
3000	140.00	0.002	29.00	11.40	1.80	0.70	3065.60
3000	150.00	0.001	30.40	11.90	1.80	0.70	3062.50
3000	150.00	0.002	33.30	12.90	1.80	0.70	3061.70
3000	160.00	0.001	36.80	14.00	1.90	0.70	3056.40
3000	160.00	0.002	39.70	15.00	1.90	0.70	3055.70
2900	100.00	0.001	17.00	7.50	1.70	0.80	2976.90
2900	100.00	0.002	19.80	8.40	1.70	0.80	2976.20
2900	110.00	0.001	18.40	8.00	1.70	0.80	2976.10
2900	110.00	0.002	21.20	8.90	1.70	0.80	2975.40
2900	120.00	0.001	20.20	8.60	1.70	0.80	2975.00
2900	120.00	0.002	23.00	9.50	1.70	0.80	2974.30
2900	130.00	0.001	22.50	9.40	1.70	0.80	2972.40
2900	130.00	0.002	25.30	10.30	1.70	0.80	2971.70
2900	140.00	0.001	25.40	10.40	1.70	0.70	2968.10
2900	140.00	0.002	28.30	11.30	1.70	0.70	2967.40
2900	150.00	0.001	29.60	11.80	1.80	0.70	2964.30
2900	150.00	0.002	32.40	12.70	1.80	0.70	2963.60
2900	160.00	0.001	35.60	13.80	1.90	0.70	2959.50
2900	160.00	0.002	38.40	14.80	1.90	0.70	2958.80
μετρήσεις			21.69		4.00	1.00	3063.00

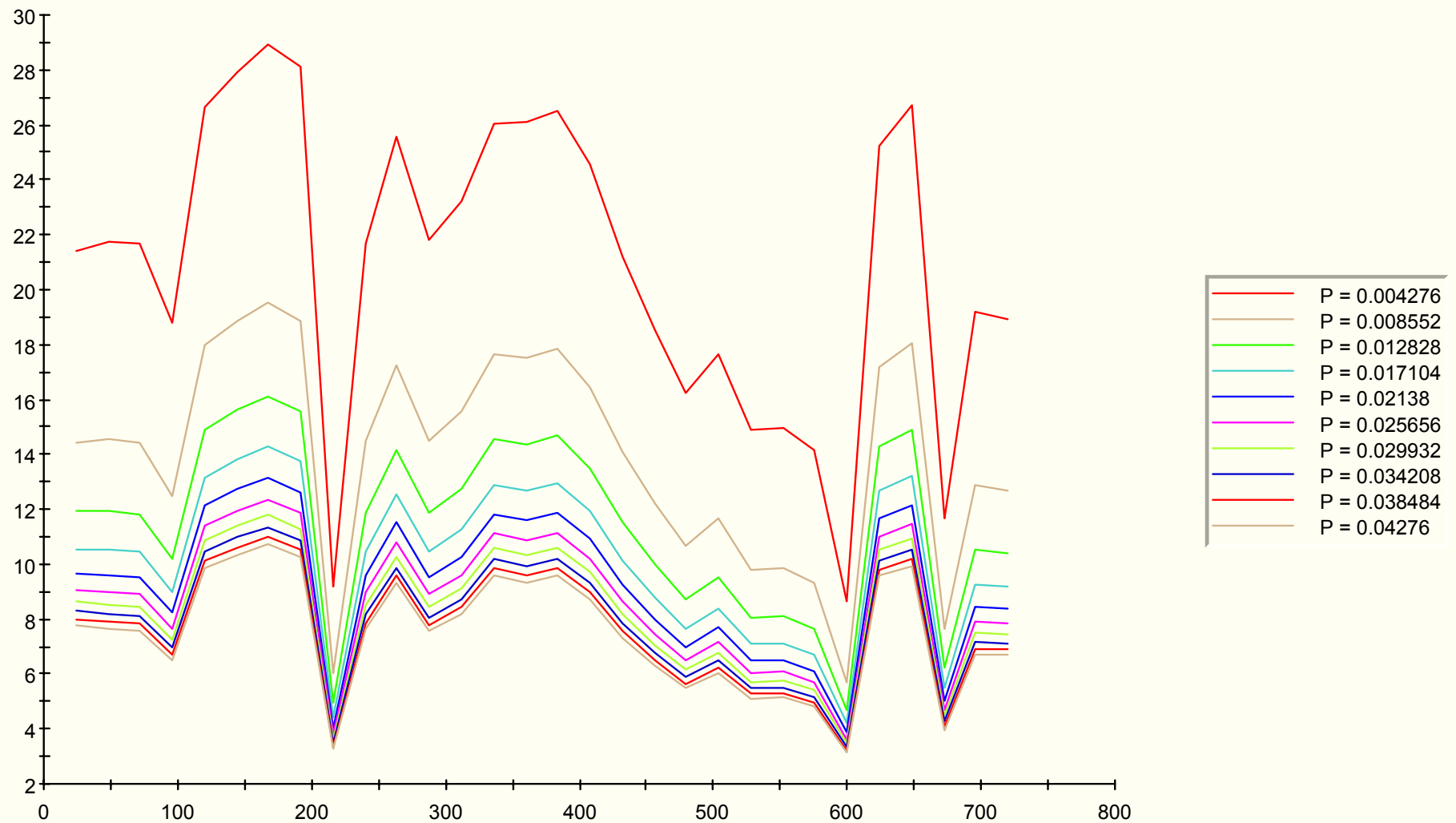
ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

για discrete parameter $b_2 = 10 \cdot b_1$ έως $100 \cdot b_1$ (0.004276 έως 0.04276)

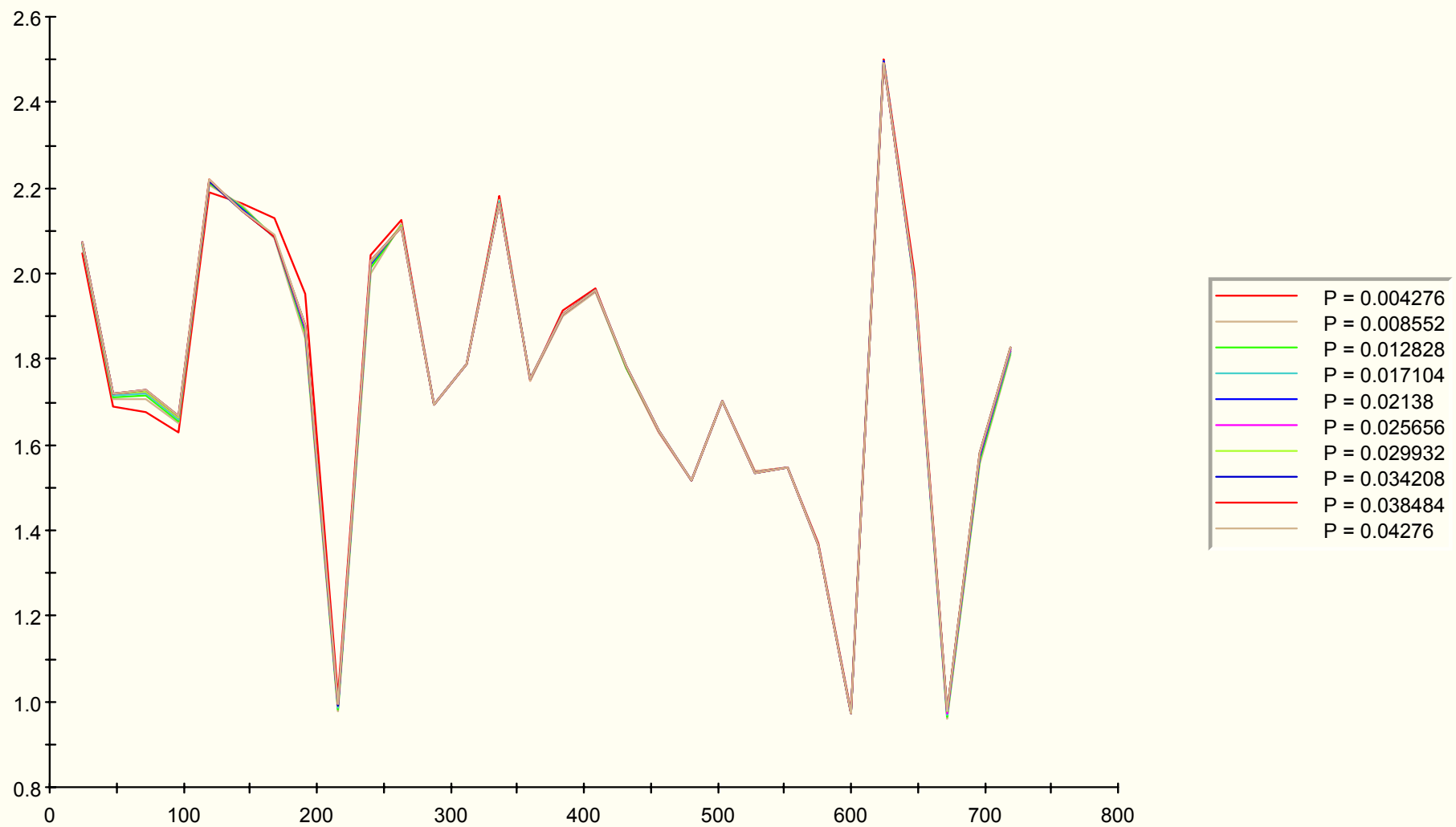
Διαγράμματα
Συγκριτικοί Πίνακες



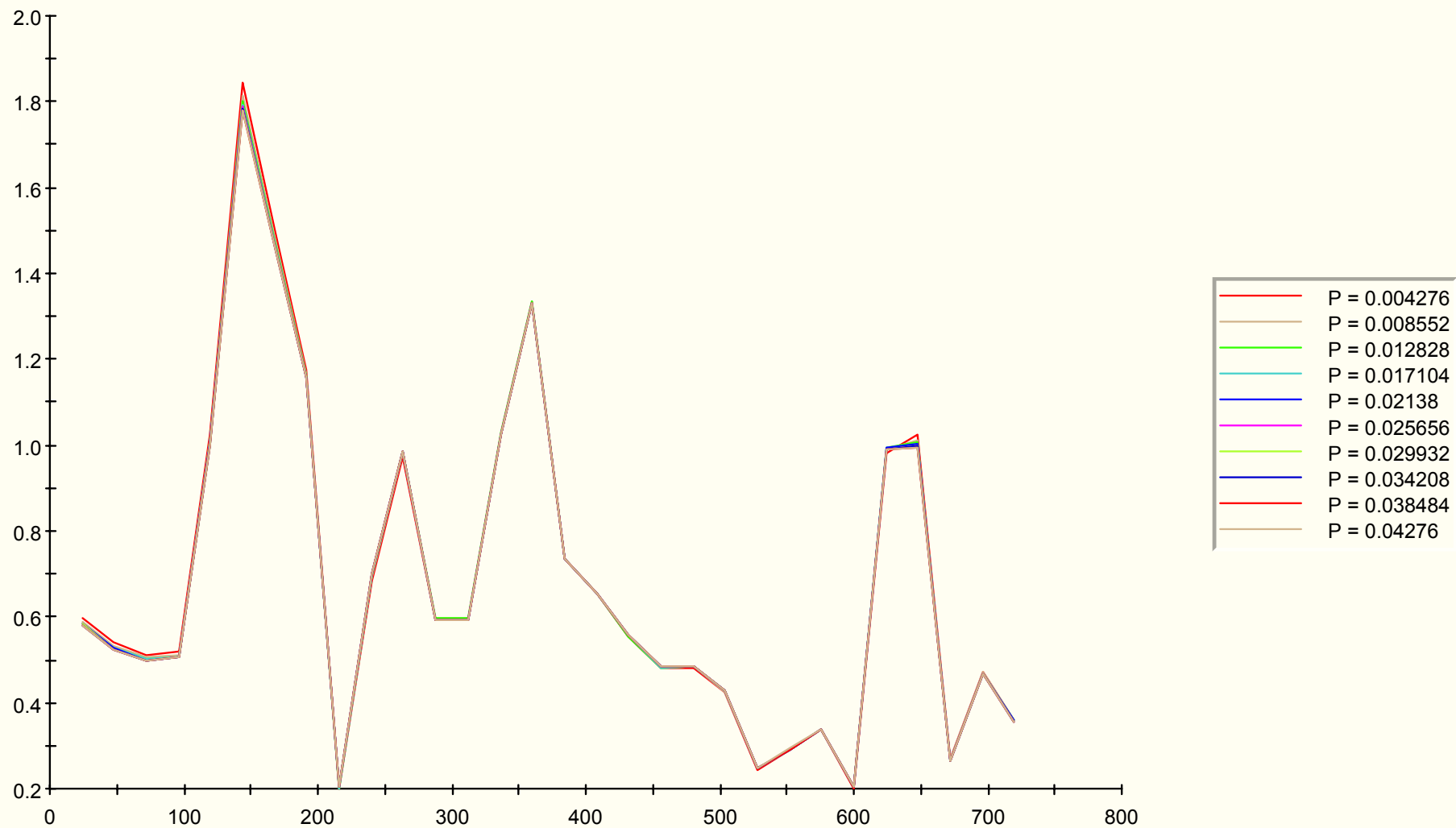
συγκεντρώσεις SS στην εκροή για b_2 από 0.004276 έως 0.04276



συγκεντρώσεις BODt στην εκροή για b2 από 0.004276 έως 0.04276



συγκεντρώσεις BODs στην εκροή για b_2 από 0.004276 έως 0.04276



συγκεντρώσεις NH3 στην εκροή για b_2 από 0.004276 έως 0.04276

MLSSsetpoint=3000,WRC correlation, SSVI3.5=130,nsf=0.001

b2=10-100*b1	b2	SS	BODt	BODs	NH3	MLSS
10*b1	0.004276	56.20	20.50	1.80	0.70	3057.10
20*b1	0.008552	36.10	13.80	1.80	0.70	3062.80
30*b1	0.012828	28.90	11.40	1.80	0.70	3064.60
40*b1	0.017104	25.00	10.10	1.80	0.70	3065.60
50*b1	0.02138	22.60	9.30	1.80	0.70	3066.20
60*b1	0.025656	20.80	8.70	1.80	0.70	3066.60
70*b1	0.029932	19.60	8.30	1.80	0.70	3066.90
80*b1	0.034208	18.60	8.00	1.80	0.70	3067.10
90*b1	0.038484	17.80	7.70	1.80	0.70	3067.30
100*b1	0.04276	17.20	7.5	1.80	0.70	3067.4

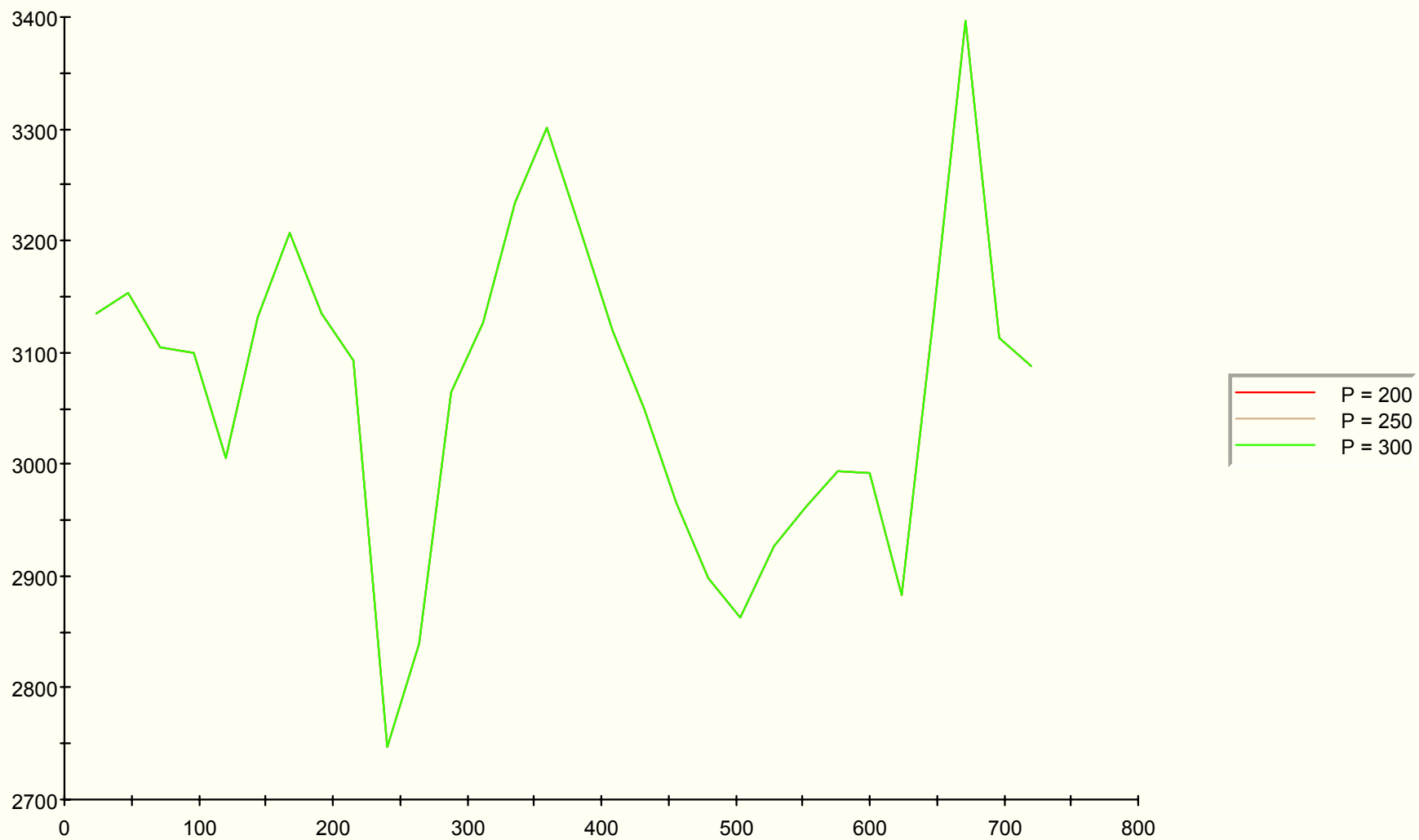
μετρήσεις	21.69		4.00	1.00	3063.00
------------------	--------------	--	-------------	-------------	----------------

ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ
για onset of flocculation από 200 έως 300

Διαγράμματα



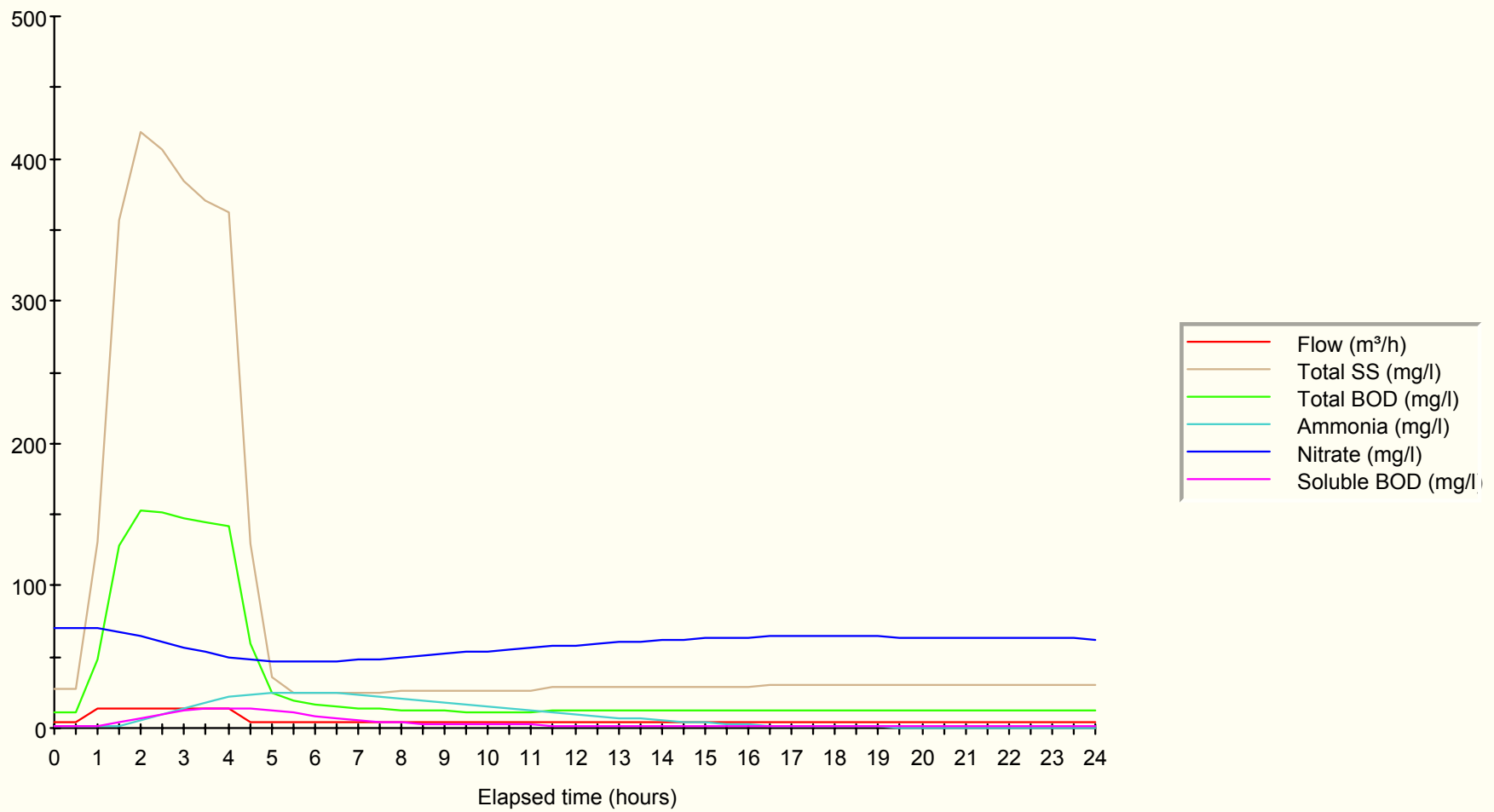
συγκεντρώσεις SS στην εκροή για onset of flocculation από 200 έως 300



συγκεντρώσεις MLSS στον Β.Α. για onset of flocculation από 200 έως 300

**ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ
ΜΕ ΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΗΣ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΤΗΣ 17-3-1994**

**Διαγράμματα
Συγκριτικοί Πίνακες**

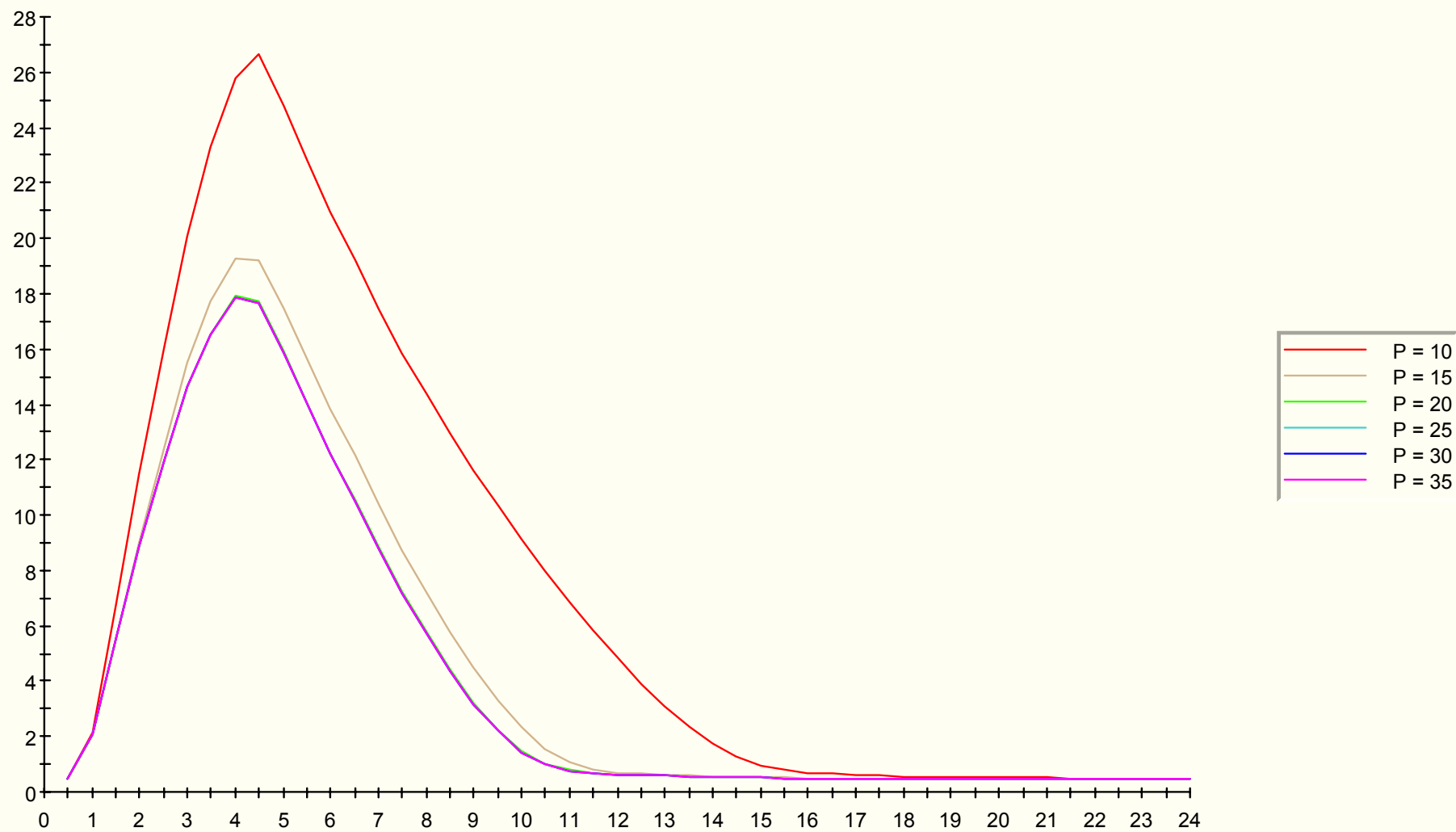


έξοδος Δ.Τ.Κ. 17-3-1994 (αρχικό μοντέλο)

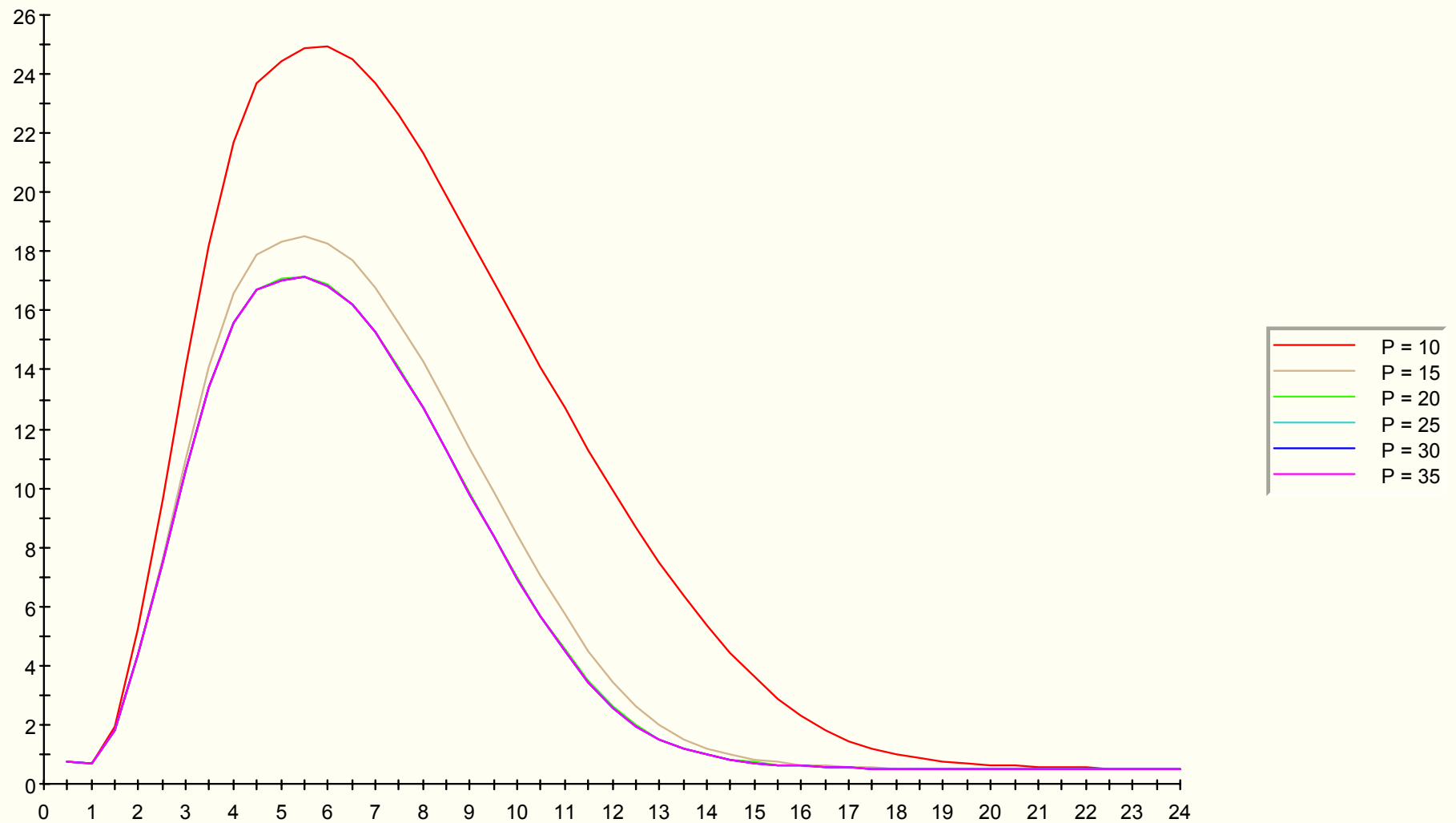
Προβλέψεις αρχικού μοντέλου με τα δεδομένα της 17-3-1994						
time (h)	μετρήσεις στον Β.Α.		Run17-03-1994			
	NH3 (mg/l)	NO3 (mg/l)	NH3 (mg/l)	NO3 (mg/l)	DO (mg/l)	KL _a (/h)
0.0	1.0	36.5	0.7	69.6	4.0	8.6
0.5	1.0	36.5	0.4	69.4	4.1	8.6
1.0	1.0	37.5	2.2	67.2	1.1	10.0
1.5	4.0	33.5	6.7	62.7	0.4	10.0
2.0	8.0	33.5	11.5	58.7	0.3	10.0
2.5	12.5	32.0	16.0	55.1	0.2	10.0
3.0	15.5	30.0	20.1	51.8	0.2	10.0
3.5	18.0	29.0	23.3	48.7	0.2	10.0
4.0	19.0	28.0	25.8	45.9	0.3	10.0
4.5	18.0	29.5	26.7	45.0	1.5	10.0
5.0	16.5	29.5	24.8	46.7	3.2	10.0
5.5	13.5	32.5	22.8	48.5	3.0	10.0
6.0	11.0	33.5	21.0	50.0	2.9	10.0
6.5	9.0	35.0	19.2	51.5	2.7	10.0
7.0	7.0	36.5	17.5	52.8	2.6	10.0
7.5	5.0	37.5	15.9	54.0	2.5	10.0
8.0	3.5	39.0	14.4	55.1	2.5	10.0
8.5	2.0	39.5	12.9	56.1	2.6	10.0
9.0	1.0	43.0	11.6	57.1	2.5	10.0
9.5	1.0	42.5	10.3	58.1	2.5	10.0
10.0	1.0	43.0	9.1	59.0	2.6	10.0
10.5			8.0	59.8	2.5	10.0
11.0			6.9	60.7	2.6	10.0
11.5			5.8	61.4	2.6	10.0
12.0			4.8	62.2	2.7	10.0
12.5			3.9	62.8	2.7	10.0
13.0			3.1	63.4	2.8	10.0
13.5			2.3	63.9	2.8	10.0
14.0			1.7	64.3	3.0	10.0
14.5			1.2	64.5	3.1	10.0
15.0			1.0	64.6	3.3	10.0
15.5			0.8	64.6	3.4	10.0
16.0			0.7	64.4	3.5	10.0
16.5			0.7	64.3	3.5	10.0
17.0			0.6	64.1	3.6	10.0
17.5			0.6	64.0	3.6	10.0
18.0			0.6	63.8	3.6	10.0
18.5			0.5	63.6	3.6	10.0
19.0			0.5	63.5	3.7	10.0
19.5			0.5	63.3	3.7	10.0
20.0			0.5	63.1	3.7	10.0
20.5			0.5	63.0	3.7	10.0
21.0			0.5	62.8	3.7	10.0
21.5			0.5	62.7	3.7	10.0
22.0			0.5	62.6	3.7	10.0
22.5			0.5	62.4	3.7	10.0
23.0			0.5	62.3	3.7	10.0
23.5			0.5	62.1	3.7	10.0
24.0			0.5	62.0	3.7	10.0

ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ
για μέγιστο ρυθμό παροχής οξυγόνου maximum K_{La} από 10 έως 35

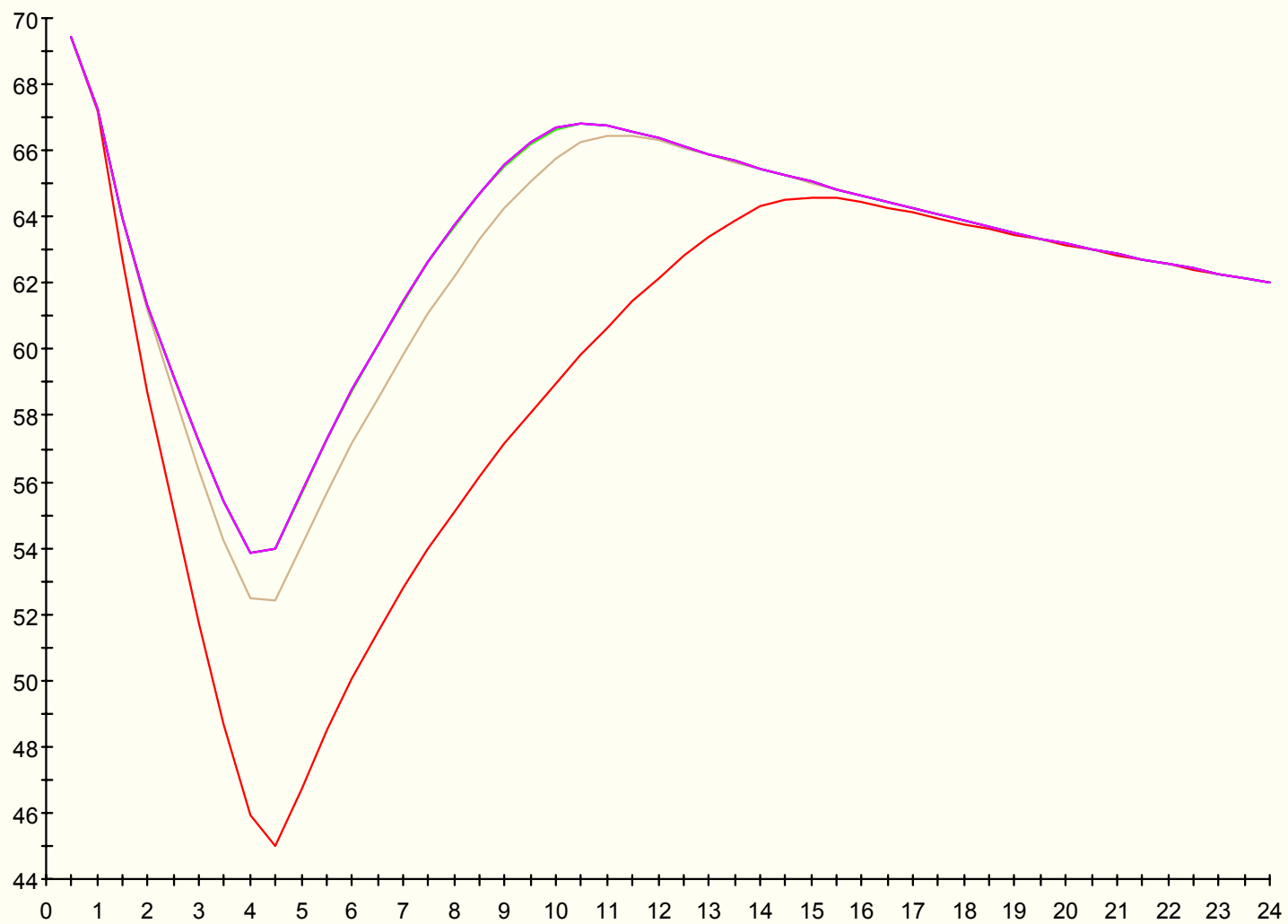
Διαγράμματα
Συγκριτικοί Πίνακες



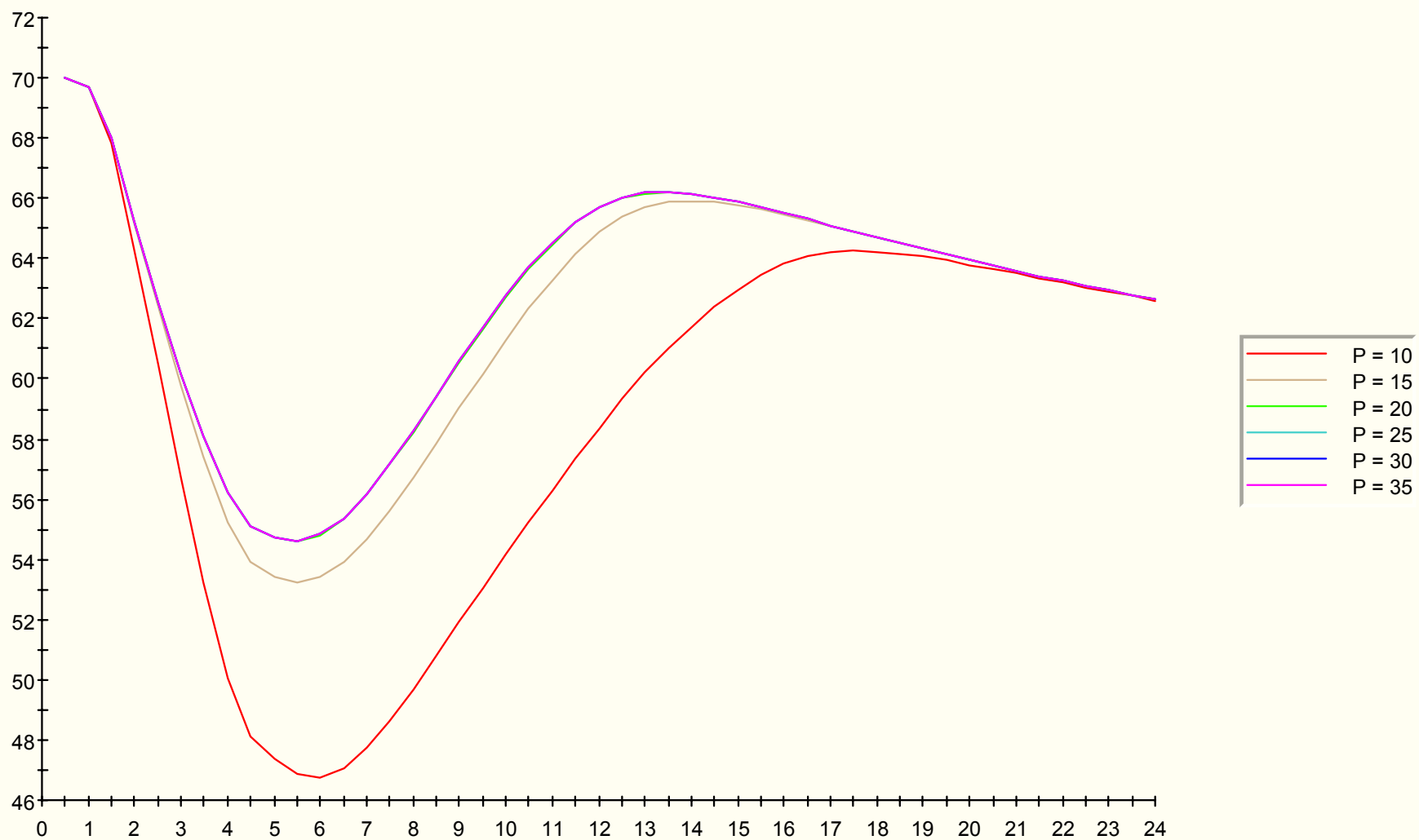
συγκεντρώσεις NH_3 στον Β.Α. για $\max K_L$ από 10 έως 35



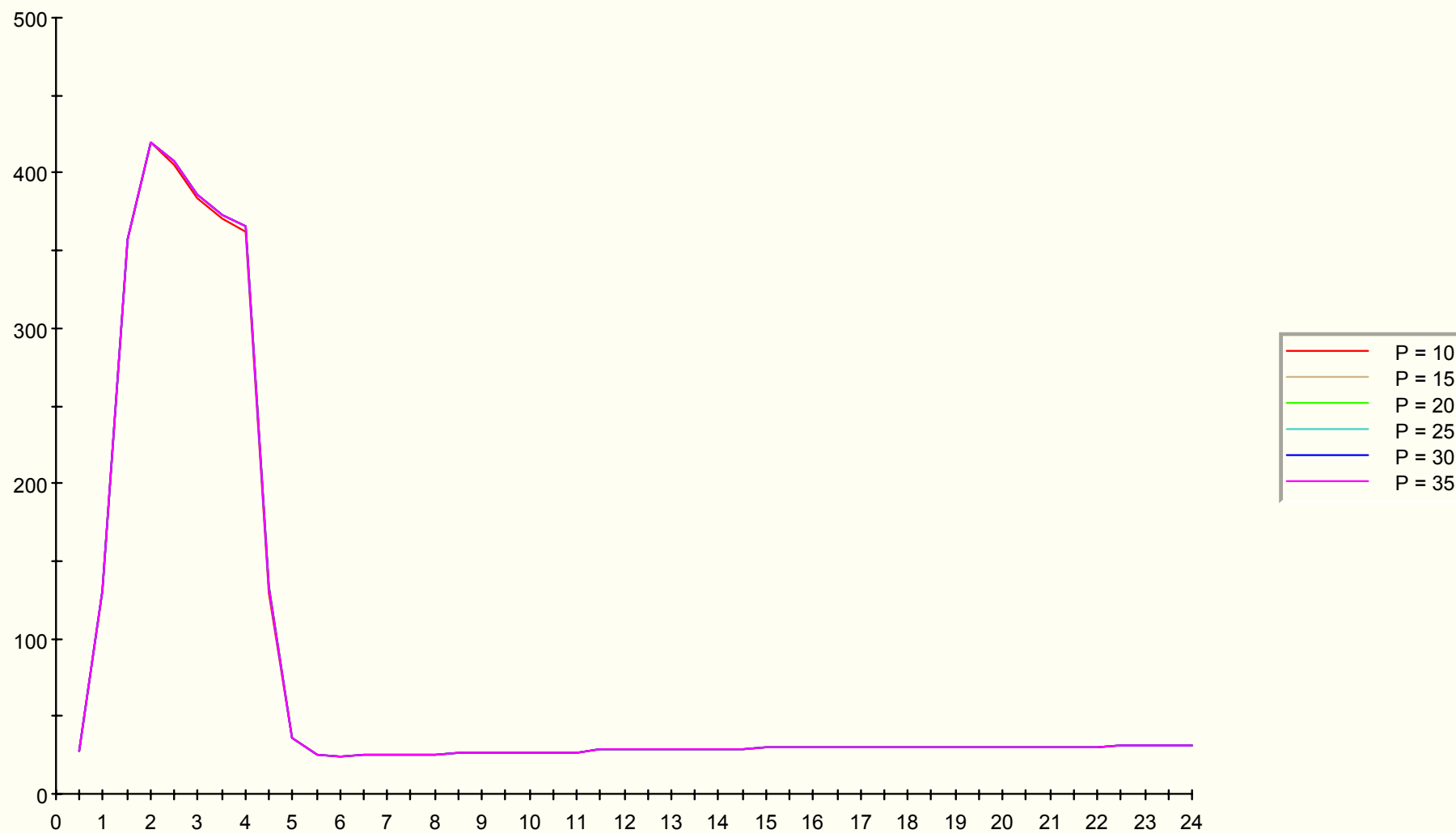
συγκεντρώσεις NH_3 στην εκροή για $\max K_L$ από 10 έως 35



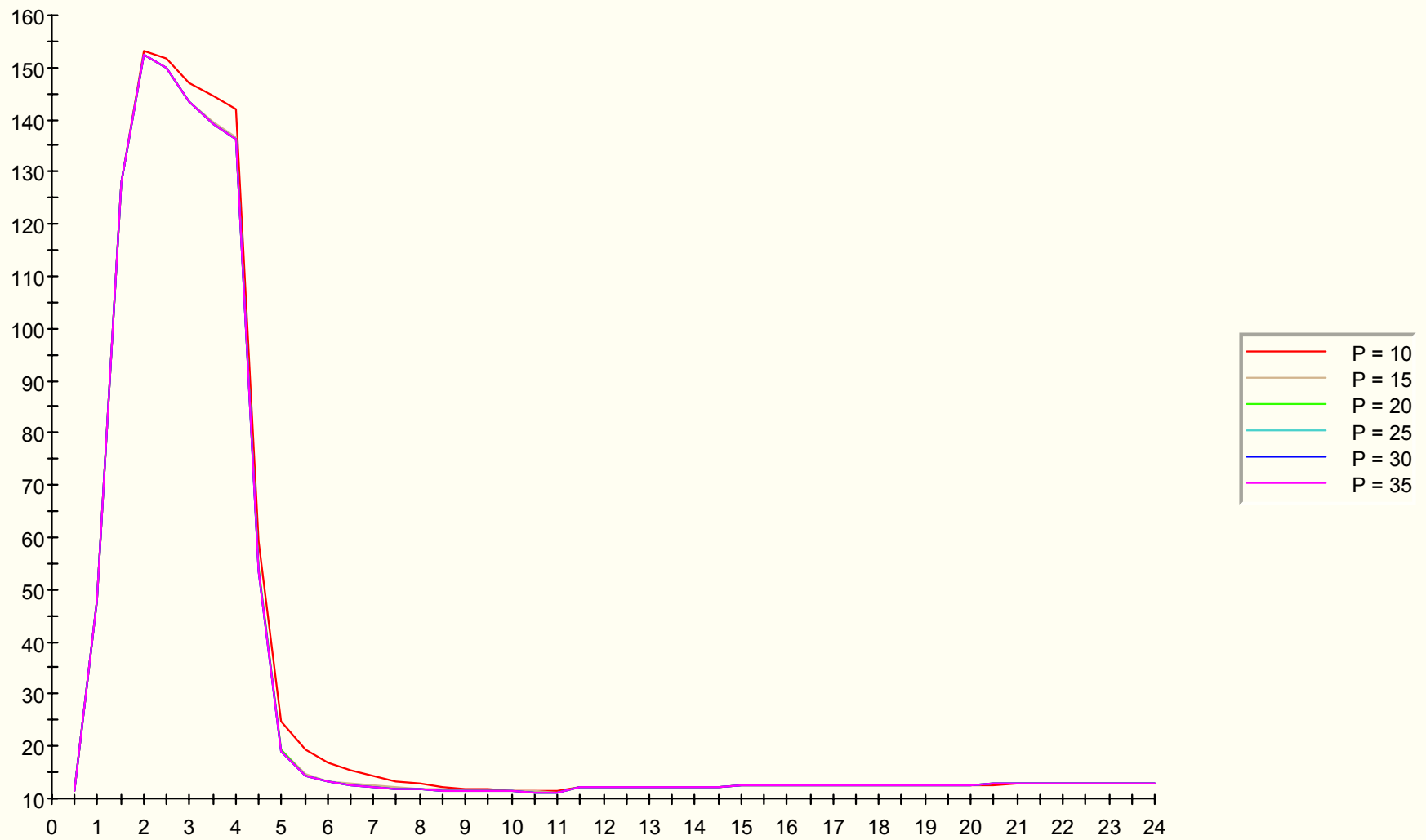
συγκεντρώσεις $\text{NO}_3\text{-N}$ στον Β.Α. για max K_L από 10 έως 35



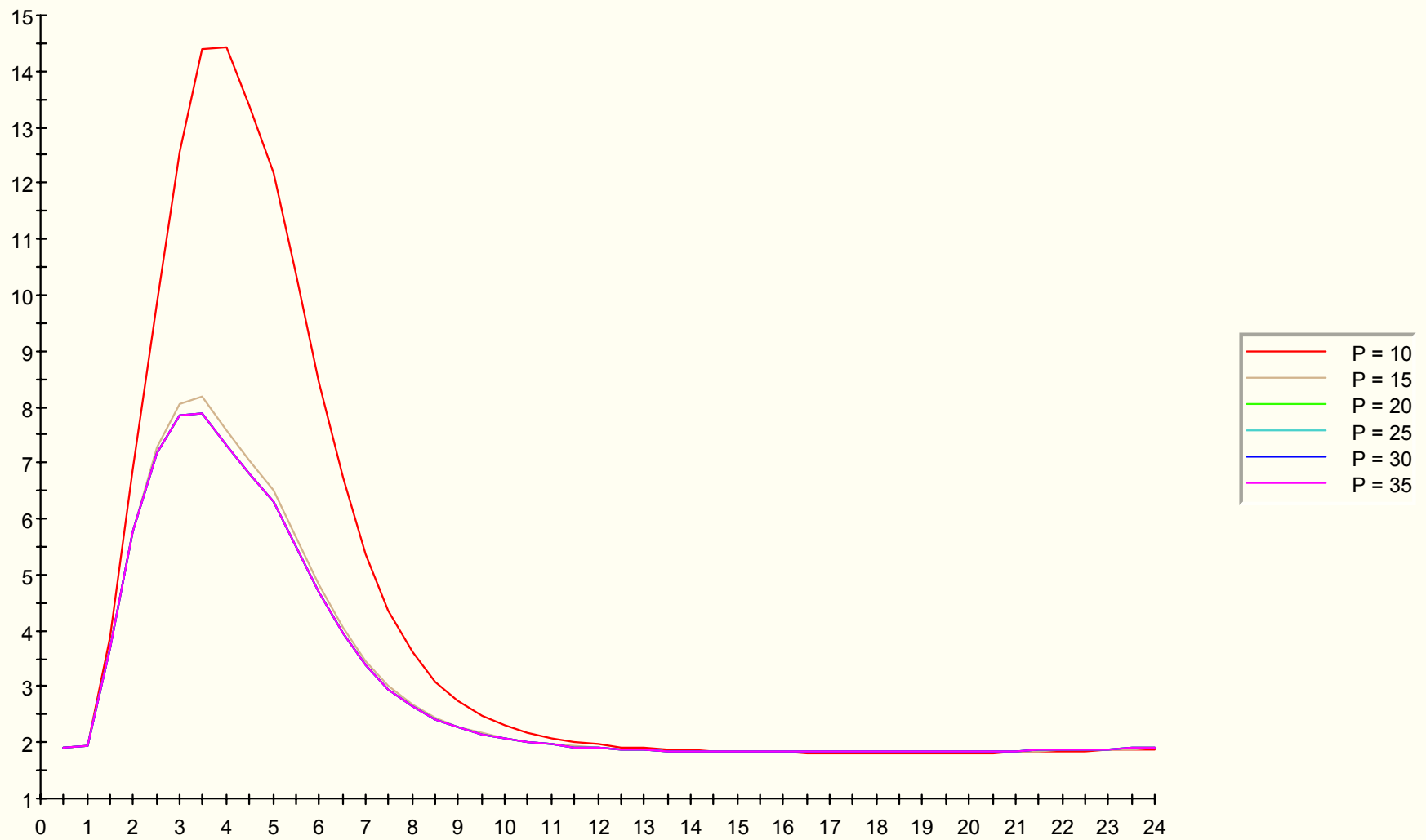
συγκεντρώσεις NO₃-N στην εκροή για max K_L από 10 έως 35



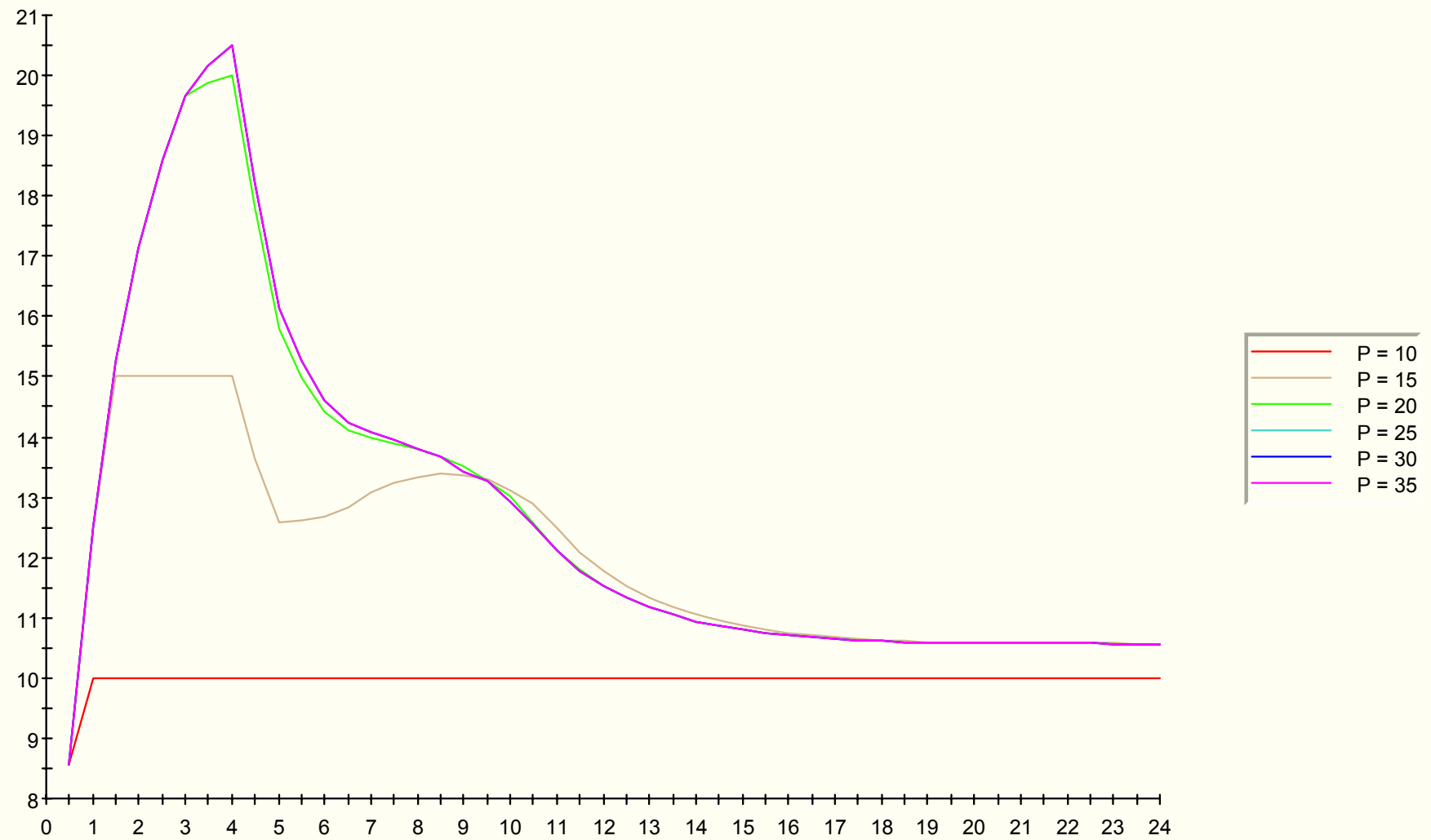
συγκεντρώσεις SS στην εκροή για $\max K_L$ από 10 έως 35



συγκεντρώσεις BODt στην εκροή για max K_L από 10 έως 35



συγκεντρώσεις BODs στην εκροή για $\max K_L$ από 10 έως 35



$K_L a$ στον Β.Α. για $\max K_L$ από 10 έως 35

NH3 (mg/l) στον Β.Α. για max KL από 10 έως 35							
time (h)	10.00	15.00	20.00	25.00	30.00	35.00	μετρήσεις
0	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	1.00
0.5	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	1.00
1	2.20	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	1.00
1.5	6.70	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	4.00
2	11.50	9.00	8.90	8.90	8.90	8.90	8.00
2.5	16.00	12.50	12.00	12.00	12.00	12.00	12.50
3	20.10	15.50	14.60	14.60	14.60	14.60	15.50
3.5	23.30	17.70	16.50	16.50	16.50	16.50	18.00
4	25.80	19.30	17.90	17.90	17.90	17.90	19.00
4.5	26.70	19.20	17.70	17.70	17.70	17.70	18.00
5	24.80	17.40	15.90	15.90	15.90	15.90	16.50
5.5	22.80	15.60	14.00	14.00	14.00	14.00	13.50
6	21.00	13.80	12.30	12.20	12.20	12.20	11.00
6.5	19.20	12.10	10.50	10.50	10.50	10.50	9.00
7	17.50	10.40	8.80	8.80	8.80	8.80	7.00
7.5	15.90	8.80	7.20	7.20	7.20	7.20	5.00
8	14.40	7.20	5.70	5.70	5.70	5.70	3.50
8.5	12.90	5.80	4.40	4.40	4.40	4.40	2.00
9	11.60	4.50	3.20	3.20	3.20	3.20	1.00
9.5	10.30	3.30	2.20	2.20	2.20	2.20	1.00
10	9.10	2.30	1.50	1.40	1.40	1.40	1.00
10.5	8.00	1.60	1.00	1.00	1.00	1.00	
11	6.90	1.10	0.80	0.80	0.80	0.80	
11.5	5.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	
12	4.80	0.70	0.60	0.60	0.60	0.60	
12.5	3.90	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	
13	3.10	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	
13.5	2.30	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	
14	1.70	0.60	0.50	0.50	0.50	0.50	
14.5	1.20	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	
15	1.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	
15.5	0.80	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	
16	0.70	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	
16.5	0.70	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	
17	0.60	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	
17.5	0.60	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	
18	0.60	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	
18.5	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	
19	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	
19.5	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	
20	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	
20.5	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	
21	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	
21.5	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	
22	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	
22.5	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	
23	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	
23.5	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	
24	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	

NH3 (mg/l) στην εκροή για max KL από 10 έως 35						
time (h)	10.00	15.00	20.00	25.00	30.00	35.00
0	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
0.5	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
1	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
1.5	1.9	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
2	5.3	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4
2.5	9.6	7.6	7.5	7.5	7.5	7.5
3	14.1	11.0	10.6	10.6	10.6	10.6
3.5	18.2	14.1	13.4	13.4	13.4	13.4
4	21.7	16.6	15.6	15.6	15.6	15.6
4.5	23.7	17.9	16.7	16.7	16.7	16.7
5	24.4	18.3	17.1	17.0	17.0	17.0
5.5	24.9	18.5	17.2	17.1	17.1	17.1
6	24.9	18.3	16.9	16.9	16.9	16.9
6.5	24.5	17.7	16.2	16.2	16.2	16.2
7	23.7	16.8	15.3	15.2	15.2	15.2
7.5	22.6	15.6	14.1	14.1	14.1	14.1
8	21.3	14.3	12.7	12.7	12.7	12.7
8.5	19.9	12.8	11.3	11.3	11.3	11.3
9	18.4	11.4	9.8	9.8	9.8	9.8
9.5	17.0	9.9	8.4	8.3	8.3	8.3
10	15.5	8.4	7.0	6.9	6.9	6.9
10.5	14.1	7.0	5.7	5.7	5.7	5.7
11	12.7	5.8	4.5	4.5	4.5	4.5
11.5	11.3	4.5	3.5	3.4	3.4	3.4
12	9.9	3.4	2.6	2.6	2.6	2.6
12.5	8.7	2.6	2.0	2.0	2.0	2.0
13	7.5	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5
13.5	6.4	1.5	1.2	1.2	1.2	1.2
14	5.4	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0
14.5	4.4	1.0	0.8	0.8	0.8	0.8
15	3.6	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7
15.5	2.9	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6
16	2.3	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6
16.5	1.8	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
17	1.4	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5
17.5	1.2	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
18	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
18.5	0.8	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
19	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
19.5	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
20	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
20.5	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
21	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
21.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
22	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
22.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
23	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
23.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
24	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5

NO3 (mg/l) στον Β.Α. για max KL από 10 έως 35							
time (h)	10.00	15.00	20.00	25.00	30.00	35.00	μετρήσεις
0	69.6	69.6	69.6	69.6	69.6	69.6	36.50
0.5	69.4	69.4	69.4	69.4	69.4	69.4	36.50
1	67.2	67.3	67.3	67.3	67.3	67.3	37.50
1.5	62.7	63.9	63.9	63.9	63.9	63.9	33.50
2	58.7	61.2	61.4	61.4	61.4	61.4	33.50
2.5	55.1	58.7	59.1	59.1	59.1	59.1	32.00
3	51.8	56.3	57.2	57.2	57.2	57.2	30.00
3.5	48.7	54.3	55.4	55.4	55.4	55.4	29.00
4	45.9	52.5	53.8	53.9	53.9	53.9	28.00
4.5	45	52.4	53.9	54	54	54	29.50
5	46.7	54.1	55.7	55.7	55.7	55.7	29.50
5.5	48.5	55.7	57.3	57.3	57.3	57.3	32.50
6	50	57.1	58.7	58.8	58.8	58.8	33.50
6.5	51.5	58.5	60.1	60.2	60.2	60.2	35.00
7	52.8	59.9	61.4	61.5	61.5	61.5	36.50
7.5	54	61.1	62.6	62.7	62.7	62.7	37.50
8	55.1	62.2	63.7	63.8	63.8	63.8	39.00
8.5	56.1	63.3	64.7	64.7	64.7	64.7	39.50
9	57.1	64.3	65.5	65.6	65.6	65.6	43.00
9.5	58.1	65.1	66.2	66.2	66.2	66.2	42.50
10	59	65.8	66.6	66.7	66.7	66.7	43.00
10.5	59.8	66.3	66.8	66.8	66.8	66.8	
11	60.7	66.5	66.8	66.8	66.8	66.8	
11.5	61.4	66.5	66.6	66.6	66.6	66.6	
12	62.2	66.3	66.4	66.4	66.4	66.4	
12.5	62.8	66.1	66.1	66.1	66.1	66.1	
13	63.4	65.9	65.9	65.9	65.9	65.9	
13.5	63.9	65.7	65.7	65.7	65.7	65.7	
14	64.3	65.4	65.5	65.5	65.5	65.5	
14.5	64.5	65.2	65.3	65.3	65.3	65.3	
15	64.6	65	65	65	65	65	
15.5	64.6	64.8	64.8	64.8	64.8	64.8	
16	64.4	64.6	64.6	64.6	64.6	64.6	
16.5	64.3	64.4	64.4	64.4	64.4	64.4	
17	64.1	64.2	64.2	64.2	64.2	64.2	
17.5	64	64.1	64.1	64.1	64.1	64.1	
18	63.8	63.9	63.9	63.9	63.9	63.9	
18.5	63.6	63.7	63.7	63.7	63.7	63.7	
19	63.5	63.5	63.5	63.5	63.5	63.5	
19.5	63.3	63.4	63.4	63.4	63.4	63.4	
20	63.1	63.2	63.2	63.2	63.2	63.2	
20.5	63	63	63	63	63	63	
21	62.8	62.9	62.9	62.9	62.9	62.9	
21.5	62.7	62.7	62.7	62.7	62.7	62.7	
22	62.6	62.6	62.6	62.6	62.6	62.6	
22.5	62.4	62.4	62.4	62.4	62.4	62.4	
23	62.3	62.3	62.3	62.3	62.3	62.3	
23.5	62.1	62.2	62.2	62.2	62.2	62.2	
24	62	62	62	62	62	62	

NO3 (mg/l) στην εκροή για max KL από 10 έως 35						
time (h)	10.00	15.00	20.00	25.00	30.00	35.00
0	70.10	70.10	70.10	70.10	70.10	70.10
0.5	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00
1	69.70	69.70	69.70	69.70	69.70	69.70
1.5	67.80	68.00	68.00	68.00	68.00	68.00
2	64.30	65.20	65.20	65.20	65.20	65.20
2.5	60.40	62.40	62.50	62.50	62.50	62.50
3	56.70	59.80	60.20	60.20	60.20	60.20
3.5	53.20	57.40	58.10	58.10	58.10	58.10
4	50.10	55.20	56.20	56.20	56.20	56.20
4.5	48.10	53.90	55.10	55.10	55.10	55.10
5	47.40	53.40	54.70	54.70	54.70	54.70
5.5	46.80	53.30	54.60	54.60	54.60	54.60
6	46.70	53.40	54.80	54.80	54.80	54.80
6.5	47.10	53.90	55.30	55.40	55.40	55.40
7	47.70	54.70	56.20	56.20	56.20	56.20
7.5	48.60	55.60	57.10	57.20	57.20	57.20
8	49.70	56.70	58.20	58.30	58.30	58.30
8.5	50.80	57.80	59.40	59.40	59.40	59.40
9	51.90	59.00	60.50	60.60	60.60	60.60
9.5	53.10	60.20	61.60	61.70	61.70	61.70
10	54.20	61.30	62.70	62.70	62.70	62.70
10.5	55.20	62.30	63.70	63.70	63.70	63.70
11	56.30	63.30	64.50	64.50	64.50	64.50
11.5	57.40	64.20	65.20	65.20	65.20	65.20
12	58.40	64.90	65.70	65.70	65.70	65.70
12.5	59.30	65.40	66.00	66.00	66.00	66.00
13	60.20	65.70	66.20	66.20	66.20	66.20
13.5	61.00	65.90	66.20	66.20	66.20	66.20
14	61.70	65.90	66.10	66.10	66.10	66.10
14.5	62.40	65.90	66.00	66.00	66.00	66.00
15	63.00	65.80	65.90	65.90	65.90	65.90
15.5	63.50	65.60	65.70	65.70	65.70	65.70
16	63.80	65.40	65.50	65.50	65.50	65.50
16.5	64.10	65.30	65.30	65.30	65.30	65.30
17	64.20	65.10	65.10	65.10	65.10	65.10
17.5	64.20	64.90	64.90	64.90	64.90	64.90
18	64.20	64.70	64.70	64.70	64.70	64.70
18.5	64.20	64.50	64.50	64.50	64.50	64.50
19	64.10	64.30	64.30	64.30	64.30	64.30
19.5	63.90	64.10	64.10	64.10	64.10	64.10
20	63.80	63.90	63.90	63.90	63.90	63.90
20.5	63.70	63.80	63.80	63.80	63.80	63.80
21	63.50	63.60	63.60	63.60	63.60	63.60
21.5	63.30	63.40	63.40	63.40	63.40	63.40
22	63.20	63.30	63.30	63.30	63.30	63.30
22.5	63.00	63.10	63.10	63.10	63.10	63.10
23	62.90	62.90	62.90	62.90	62.90	62.90
23.5	62.70	62.80	62.80	62.80	62.80	62.80
24	62.60	62.60	62.60	62.60	62.60	62.60

Total SS (mg/l) για max KL από 10 έως 35							
time (h)	10.00	15.00	20.00	25.00	30.00	35.00	μετρήσεις
0	27.50	27.50	27.50	27.50	27.50	27.50	7.67
0.5	27.50	27.50	27.50	27.50	27.50	27.50	6.33
1	131.20	131.20	131.20	131.20	131.20	131.20	17.67
1.5	356.70	356.80	356.80	356.80	356.80	356.80	6.33
2	419.30	419.90	419.90	419.90	419.90	419.90	8.00
2.5	405.90	407.20	407.30	407.30	407.30	407.30	11.33
3	383.70	385.80	386.00	386.00	386.00	386.00	9.33
3.5	369.90	372.70	372.80	372.80	372.80	372.80	28.00
4	362.50	365.40	365.50	365.50	365.50	365.50	36.67
4.5	129.60	132.70	133.80	132.70	132.70	132.70	22.67
5	36.00	36.40	36.40	36.30	36.30	36.30	32.00
5.5	25.20	25.30	25.30	25.30	25.30	25.30	43.33
6	24.20	24.20	24.20	24.20	24.20	24.20	
6.5	24.60	24.60	24.60	24.60	24.60	24.60	
7	25.10	25.20	25.20	25.20	25.20	25.20	51.33
7.5	25.40	25.40	25.40	25.40	25.40	25.40	32.67
8	25.60	25.60	25.60	25.60	25.60	25.60	
8.5	25.90	25.90	25.90	25.90	25.90	25.90	
9	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	31.67
9.5	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	
10	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	
10.5	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	
11	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	
11.5	28.80	28.70	28.80	28.70	28.70	28.70	
12	29.10	29.10	29.10	29.10	29.10	29.10	
12.5	29.10	29.10	29.10	29.10	29.10	29.10	
13	29.10	29.20	29.20	29.20	29.20	29.20	
13.5	29.20	29.20	29.20	29.20	29.20	29.20	
14	29.30	29.30	29.30	29.30	29.30	29.30	
14.5	29.30	29.30	29.30	29.30	29.30	29.30	
15	29.40	29.40	29.40	29.40	29.40	29.40	
15.5	29.50	29.50	29.50	29.50	29.50	29.50	
16	29.60	29.60	29.60	29.60	29.60	29.60	
16.5	29.70	29.70	29.70	29.70	29.70	29.70	
17	29.70	29.80	29.80	29.80	29.80	29.80	
17.5	29.80	29.80	29.80	29.80	29.80	29.80	
18	29.90	29.90	29.90	29.90	29.90	29.90	
18.5	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	
19	30.00	30.10	30.10	30.10	30.10	30.10	
19.5	30.10	30.10	30.10	30.10	30.10	30.10	
20	30.20	30.20	30.20	30.20	30.20	30.20	
20.5	30.30	30.30	30.30	30.30	30.30	30.30	
21	30.40	30.40	30.40	30.40	30.40	30.40	
21.5	30.40	30.40	30.40	30.40	30.40	30.40	
22	30.50	30.50	30.50	30.50	30.50	30.50	
22.5	30.60	30.60	30.60	30.60	30.60	30.60	
23	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	
23.5	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	
24	30.80	30.80	30.80	30.80	30.80	30.80	

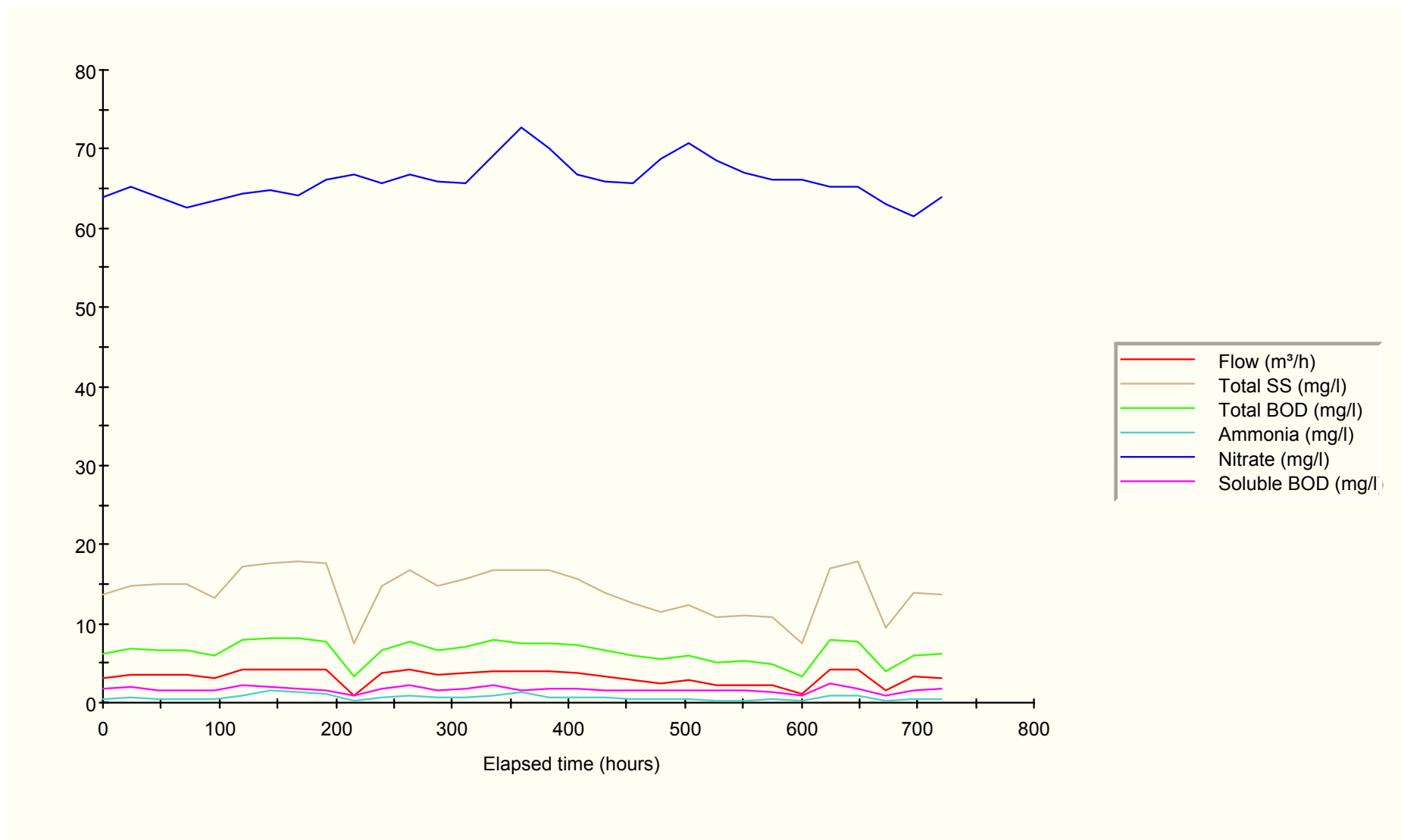
Total BOD (mg/l) για max KL από 10 έως 35						
time (h)	10.00	15.00	20.00	25.00	30.00	35.00
0	11.50	11.50	11.50	11.50	11.50	11.50
0.5	11.50	11.50	11.50	11.50	11.50	11.50
1	47.60	47.60	47.60	47.60	47.60	47.60
1.5	128.20	128.00	128.00	128.00	128.00	128.00
2	153.20	152.30	152.30	152.30	152.30	152.30
2.5	151.90	149.80	149.80	149.80	149.80	149.80
3	147.10	143.50	143.30	143.30	143.30	143.30
3.5	144.50	139.40	139.10	139.10	139.10	139.10
4	142.20	136.50	136.30	136.30	136.30	136.30
4.5	59.10	53.90	54.10	53.70	53.70	53.70
5	24.90	19.40	19.20	19.20	19.20	19.20
5.5	19.30	14.60	14.50	14.50	14.50	14.50
6	17.00	13.40	13.30	13.30	13.30	13.30
6.5	15.50	12.80	12.70	12.70	12.70	12.70
7	14.30	12.40	12.30	12.30	12.30	12.30
7.5	13.30	12.00	11.90	11.90	11.90	11.90
8	12.70	11.80	11.70	11.70	11.70	11.70
8.5	12.30	11.60	11.60	11.60	11.60	11.60
9	11.90	11.50	11.50	11.50	11.50	11.50
9.5	11.70	11.40	11.40	11.40	11.40	11.40
10	11.50	11.30	11.30	11.30	11.30	11.30
10.5	11.40	11.30	11.30	11.30	11.30	11.30
11	11.30	11.20	11.20	11.20	11.20	11.20
11.5	12.30	12.20	12.20	12.20	12.20	12.20
12	12.30	12.30	12.30	12.30	12.30	12.30
12.5	12.30	12.30	12.30	12.30	12.30	12.30
13	12.30	12.30	12.30	12.30	12.30	12.30
13.5	12.30	12.30	12.30	12.30	12.30	12.30
14	12.30	12.30	12.30	12.30	12.30	12.30
14.5	12.30	12.30	12.30	12.30	12.30	12.30
15	12.30	12.30	12.40	12.30	12.30	12.30
15.5	12.40	12.40	12.40	12.40	12.40	12.40
16	12.40	12.40	12.40	12.40	12.40	12.40
16.5	12.40	12.50	12.50	12.50	12.50	12.50
17	12.50	12.50	12.50	12.50	12.50	12.50
17.5	12.50	12.50	12.50	12.50	12.50	12.50
18	12.50	12.50	12.50	12.50	12.50	12.50
18.5	12.60	12.60	12.60	12.60	12.60	12.60
19	12.60	12.60	12.60	12.60	12.60	12.60
19.5	12.60	12.60	12.60	12.60	12.60	12.60
20	12.70	12.70	12.70	12.70	12.70	12.70
20.5	12.70	12.70	12.70	12.70	12.70	12.70
21	12.70	12.70	12.80	12.70	12.70	12.70
21.5	12.80	12.80	12.80	12.80	12.80	12.80
22	12.80	12.80	12.80	12.80	12.80	12.80
22.5	12.80	12.90	12.90	12.90	12.90	12.90
23	12.90	12.90	12.90	12.90	12.90	12.90
23.5	12.90	12.90	12.90	12.90	12.90	12.90
24	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00

Soluble BOD (mg/l) για max KL από 10 έως 35						
time (h)	10.00	15.00	20.00	25.00	30.00	35.00
0	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90
0.5	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90
1	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90
1.5	3.90	3.70	3.70	3.70	3.70	3.70
2	6.90	5.80	5.80	5.80	5.80	5.80
2.5	9.90	7.30	7.20	7.20	7.20	7.20
3	12.50	8.10	7.80	7.80	7.80	7.80
3.5	14.40	8.20	7.90	7.90	7.90	7.90
4	14.40	7.60	7.30	7.30	7.30	7.30
4.5	13.40	7.10	6.80	6.80	6.80	6.80
5	12.20	6.50	6.30	6.30	6.30	6.30
5.5	10.40	5.70	5.50	5.50	5.50	5.50
6	8.40	4.80	4.70	4.70	4.70	4.70
6.5	6.70	4.10	4.00	4.00	4.00	4.00
7	5.40	3.50	3.40	3.40	3.40	3.40
7.5	4.40	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
8	3.60	2.70	2.60	2.60	2.60	2.60
8.5	3.10	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40
9	2.70	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30
9.5	2.50	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20
10	2.30	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10
10.5	2.20	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
11	2.10	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
11.5	2.00	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90
12	2.00	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90
12.5	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90
13	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90
13.5	1.90	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80
14	1.90	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80
14.5	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80
15	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80
15.5	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80
16	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80
16.5	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80
17	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80
17.5	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80
18	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80
18.5	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80
19	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80
19.5	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80
20	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80
20.5	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80
21	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80
21.5	1.80	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90
22	1.80	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90
22.5	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90
23	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90
23.5	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90
24	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90

Κλα(/h) για max KL από 10 έως 35						
time (h)	10.00	15.00	20.00	25.00	30.00	35.00
0	8.60	8.60	8.60	8.60	8.60	8.60
0.5	8.60	8.60	8.60	8.60	8.60	8.60
1	10.00	12.50	12.50	12.50	12.50	12.50
1.5	10.00	15.00	15.30	15.30	15.30	15.30
2	10.00	15.00	17.10	17.10	17.10	17.10
2.5	10.00	15.00	18.60	18.60	18.60	18.60
3	10.00	15.00	19.70	19.70	19.70	19.70
3.5	10.00	15.00	19.90	20.20	20.20	20.20
4	10.00	15.00	20.00	20.50	20.50	20.50
4.5	10.00	13.60	17.80	18.20	18.20	18.20
5	10.00	12.60	15.80	16.10	16.10	16.10
5.5	10.00	12.60	15.00	15.30	15.30	15.30
6	10.00	12.70	14.40	14.60	14.60	14.60
6.5	10.00	12.80	14.10	14.20	14.20	14.20
7	10.00	13.10	14.00	14.10	14.10	14.10
7.5	10.00	13.20	13.90	14.00	14.00	14.00
8	10.00	13.30	13.80	13.80	13.80	13.80
8.5	10.00	13.40	13.70	13.70	13.70	13.70
9	10.00	13.40	13.50	13.40	13.40	13.40
9.5	10.00	13.30	13.30	13.30	13.30	13.30
10	10.00	13.10	13.00	12.90	12.90	12.90
10.5	10.00	12.90	12.60	12.50	12.50	12.50
11	10.00	12.50	12.10	12.10	12.10	12.10
11.5	10.00	12.10	11.80	11.80	11.80	11.80
12	10.00	11.80	11.50	11.50	11.50	11.50
12.5	10.00	11.50	11.30	11.30	11.30	11.30
13	10.00	11.30	11.20	11.20	11.20	11.20
13.5	10.00	11.20	11.00	11.00	11.00	11.00
14	10.00	11.10	10.90	10.90	10.90	10.90
14.5	10.00	10.90	10.90	10.90	10.90	10.90
15	10.00	10.90	10.80	10.80	10.80	10.80
15.5	10.00	10.80	10.70	10.70	10.70	10.70
16	10.00	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70
16.5	10.00	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70
17	10.00	10.70	10.60	10.60	10.60	10.60
17.5	10.00	10.60	10.60	10.60	10.60	10.60
18	10.00	10.60	10.60	10.60	10.60	10.60
18.5	10.00	10.60	10.60	10.60	10.60	10.60
19	10.00	10.60	10.60	10.60	10.60	10.60
19.5	10.00	10.60	10.60	10.60	10.60	10.60
20	10.00	10.60	10.60	10.60	10.60	10.60
20.5	10.00	10.60	10.60	10.60	10.60	10.60
21	10.00	10.60	10.60	10.60	10.60	10.60
21.5	10.00	10.60	10.60	10.60	10.60	10.60
22	10.00	10.60	10.60	10.60	10.60	10.60
22.5	10.00	10.60	10.60	10.60	10.60	10.60
23	10.00	10.60	10.60	10.60	10.60	10.60
23.5	10.00	10.60	10.60	10.60	10.60	10.60
24	10.00	10.60	10.60	10.60	10.60	10.60

**ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ ΤΕΛΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ
ΣΤΙΣ ΜΟΝΙΜΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΤΟΥ ΜΑΡΤΙΟΥ 1994
ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗ ΤΗΣ 17-3-1994**

**Διαγράμματα
Συγκριτικοί Πίνακες**

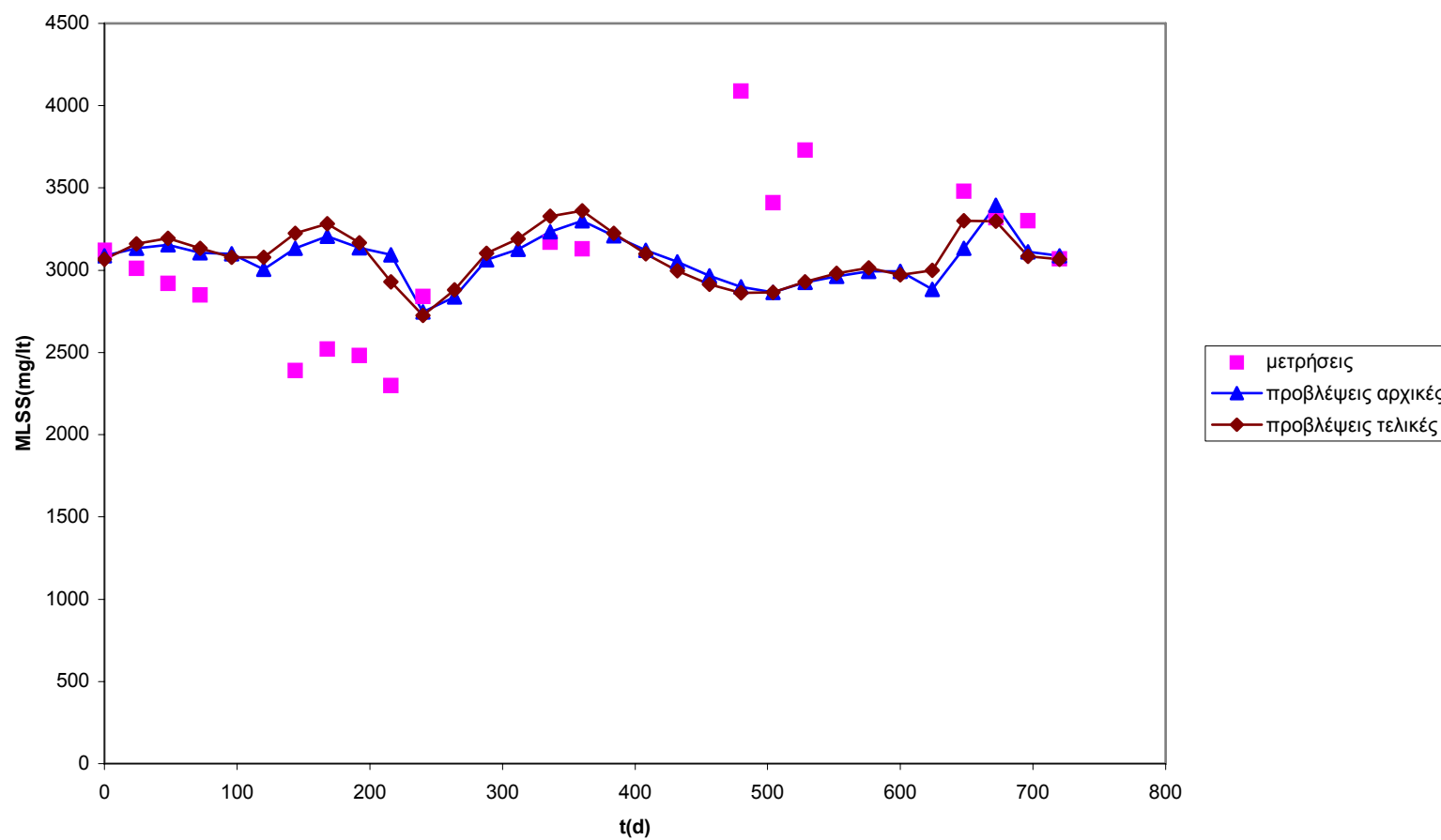


έξοδος δεξαμενών τελικής καθίζησης από Stoa – μόνιμες συνθήκες Μαρτίου 1994
τελικό μοντέλο

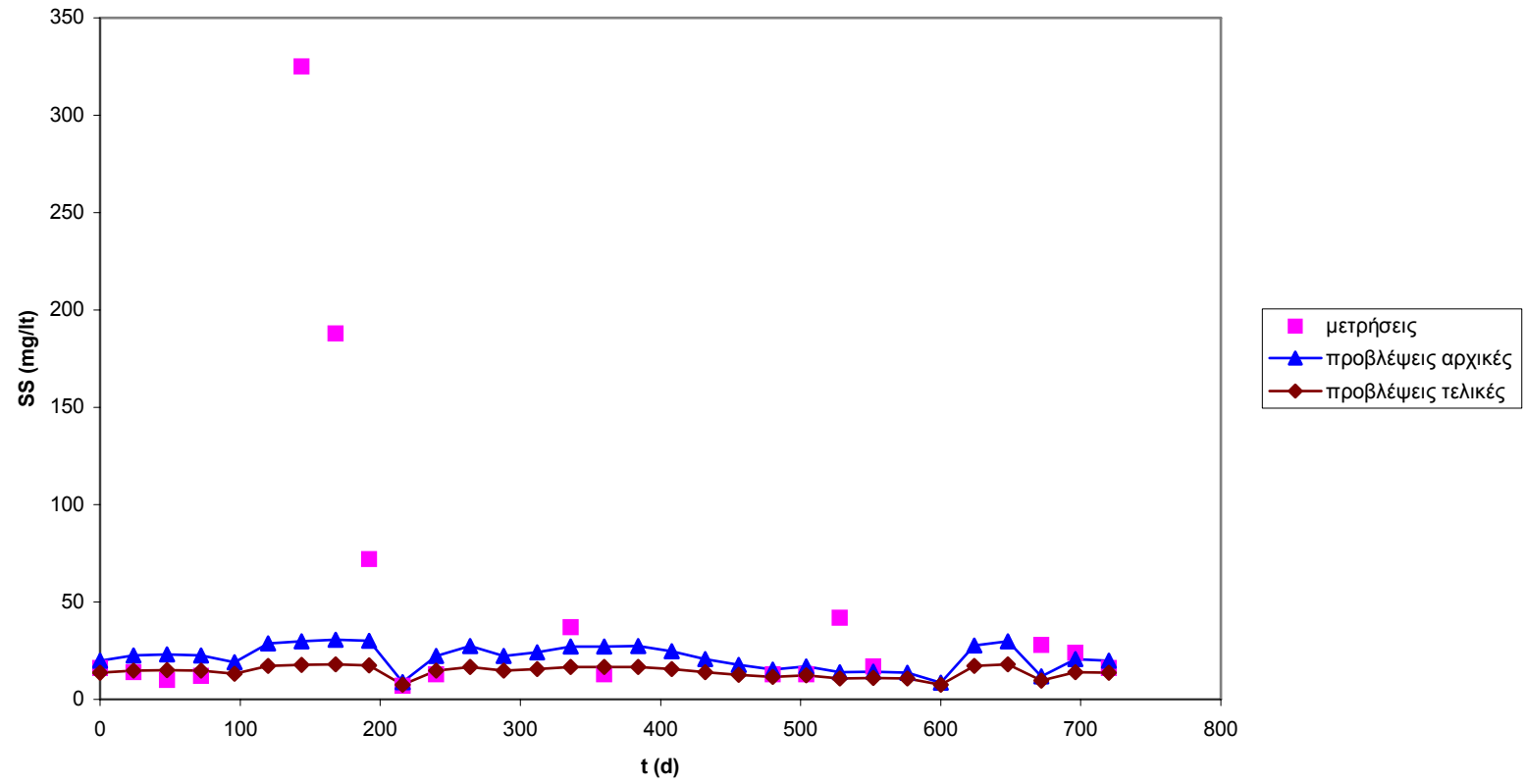
μόνιμη φόρτιση									
	SS(mg/l)			NH3(mg/l)			MLSS(mg/l)		
t	μετρήσεις	προβλέψεις αρχικές	προβλέψεις τελικές	μετρήσεις	προβλέψεις αρχικές	προβλέψεις τελικές	μετρήσεις	προβλέψεις αρχικές	προβλέψεις τελικές
0	16	19.8	13.6	1	0.4	0.4	3120	3088.7	3066.1
24	14	22.5	14.9	1	0.6	0.6	3010	3134.3	3160.2
48	10	23	15.1	1	0.5	0.5	2920	3152.9	3192.6
72	12	22.7	14.9	1	0.5	0.5	2850	3105.3	3133.2
96		19	13.2		0.5	0.5		3099.7	3079.2
120		28.7	17.3		1	1		3005.1	3078
144	325	29.8	17.7	1	1.7	1.6	2390	3132.2	3224
168	188	30.7	17.9	1	1.4	1.4	2520	3206.8	3282.1
192	72	30.1	17.6	1	1.2	1.2	2480	3134.5	3167.1
216	7	8.8	7.5	1	0.2	0.2	2300	3092.8	2929.7
240	13	22.4	14.7	1	0.7	0.7	2840	2746.4	2723.8
264		27.5	16.8		1	1		2839	2879.6
288		22.4	14.8		0.6	0.6		3064.1	3101.8
312		24.1	15.6		0.6	0.6		3126.9	3189.4
336	37	27.1	16.7	1	1	1	3170	3234.6	3327.2
360	13	27.1	16.7	1	1.3	1.3	3130	3301.1	3360
384		27.5	16.7		0.7	0.7		3208.3	3224.7
408		24.7	15.6		0.7	0.7		3120.2	3099.1
432		20.8	13.9		0.6	0.6		3049.9	2994.9
456		17.8	12.6		0.5	0.5		2964.9	2912.3
480	13	15.4	11.5	1	0.5	0.5	4090	2898.5	2861.2
504	13	17	12.3	1	0.4	0.4	3410	2863.6	2866.4
528	42	14.1	10.8	1	0.2	0.3	3730	2926.8	2929.3
552	17	14.3	11	1	0.3	0.3		2961.5	2980.2
576		13.8	10.7		0.3	0.3		2994.2	3015.6
600		8.6	7.5		0.2	0.2		2992.4	2973.1
624		27.7	17.1		1	0.9		2881.9	3000.2
648		29.8	17.9		1	0.9	3480	3131.8	3300.9
672	28	11.9	9.6	1	0.3	0.3	3320	3396.2	3296.4
696	24	20.7	13.9	1	0.5	0.5	3300	3112.4	3085.5
720	16	19.8	13.6	1	0.4	0.4	3070	3088.6	3066.1

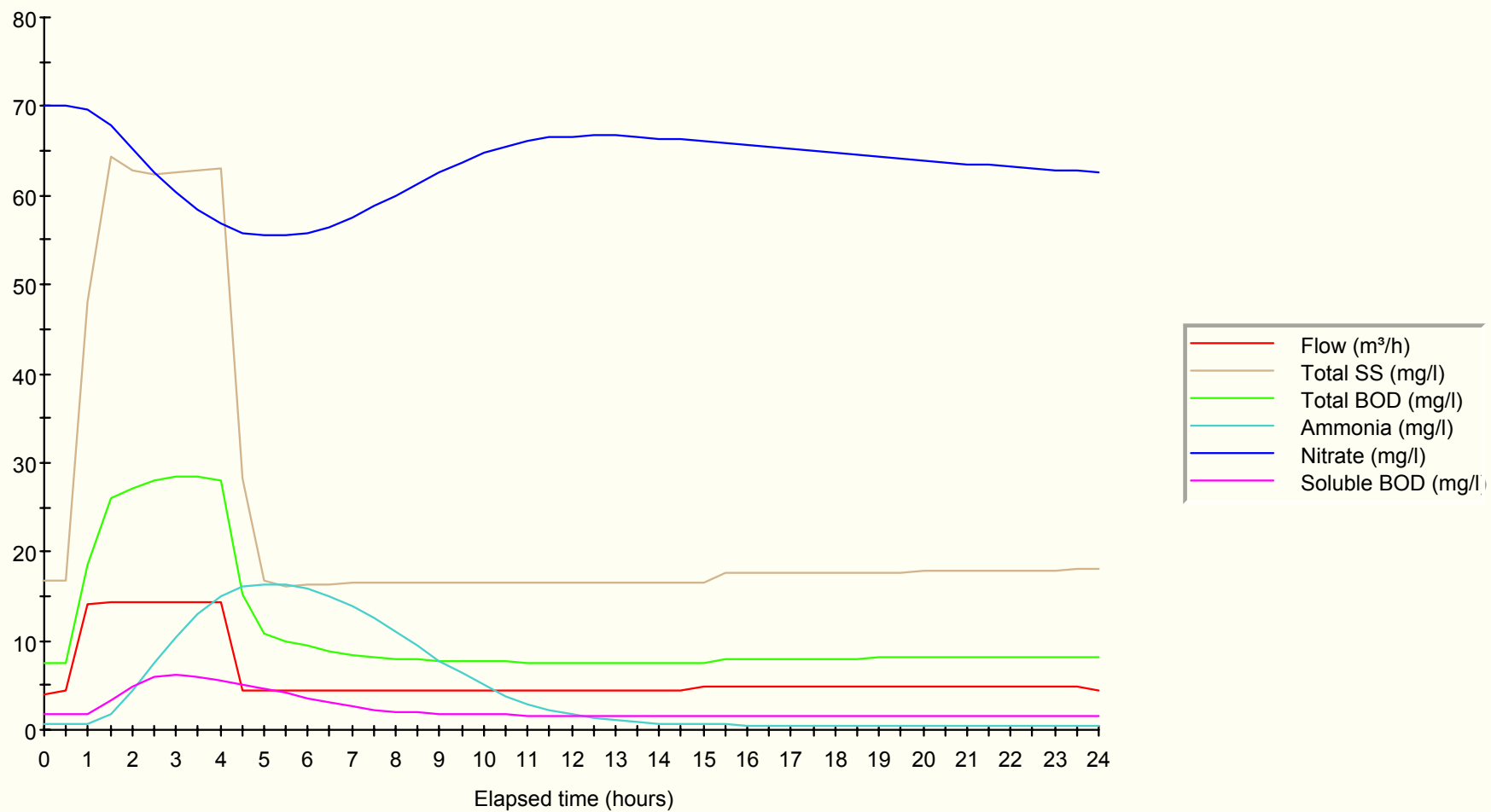
Συνθήκες μόνιμης φόρτισης – Μάρτιος 1994						
	SS	BODt	BODs	NH3	NO3	MLSS
αρχικές προβλέψεις	21.60	9.00	1.80	0.70	66.00	3066.30
τελικές προβλέψεις	14.20	6.40	1.70	0.70	66.00	3080.60
μετρήσεις	21.69		4.00	1.00	42.00	3063.00

MLSS στον Β.Α.-μόνιμη φόρτιση



SS στην έξοδο-μόνιμη φόρτιση

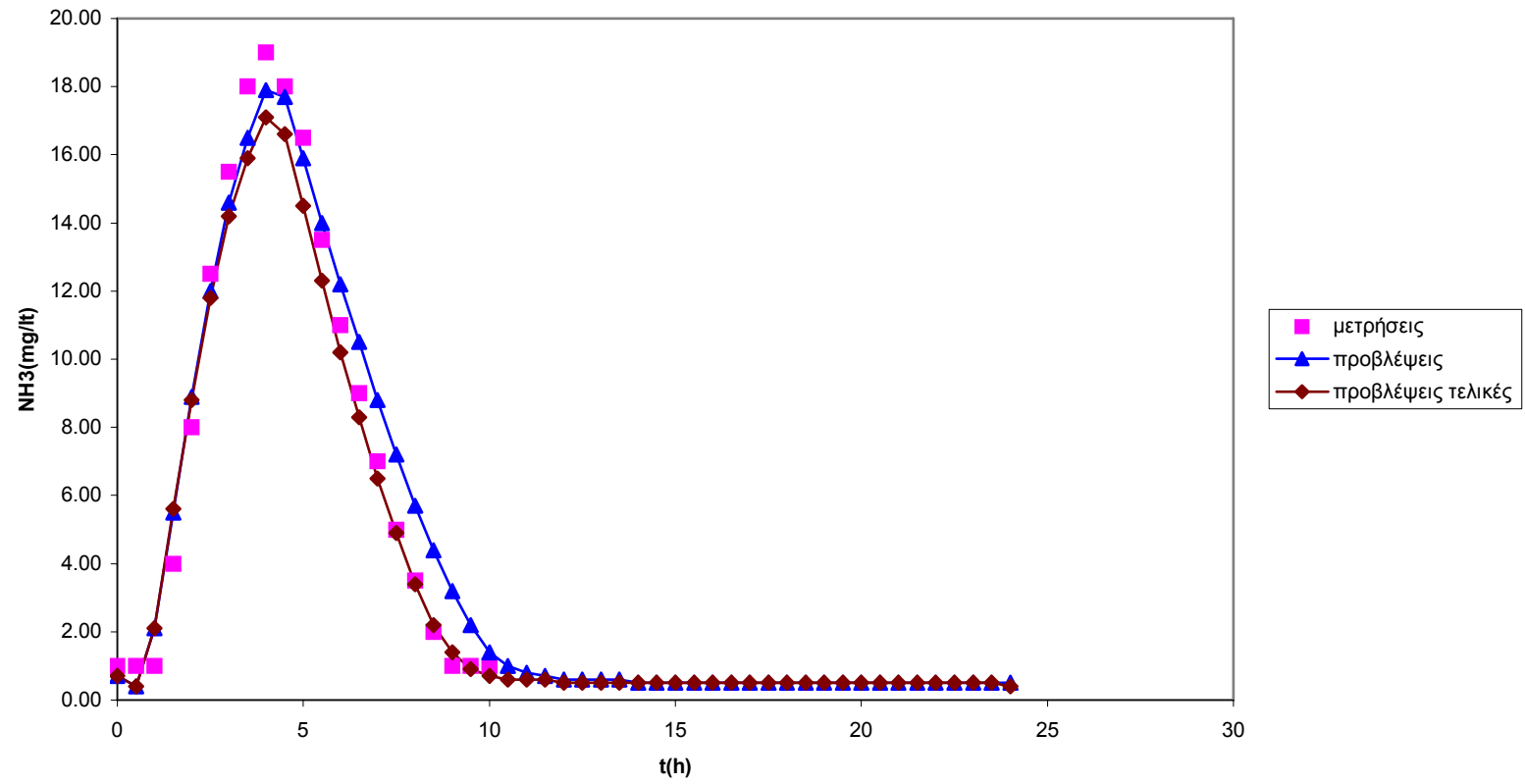




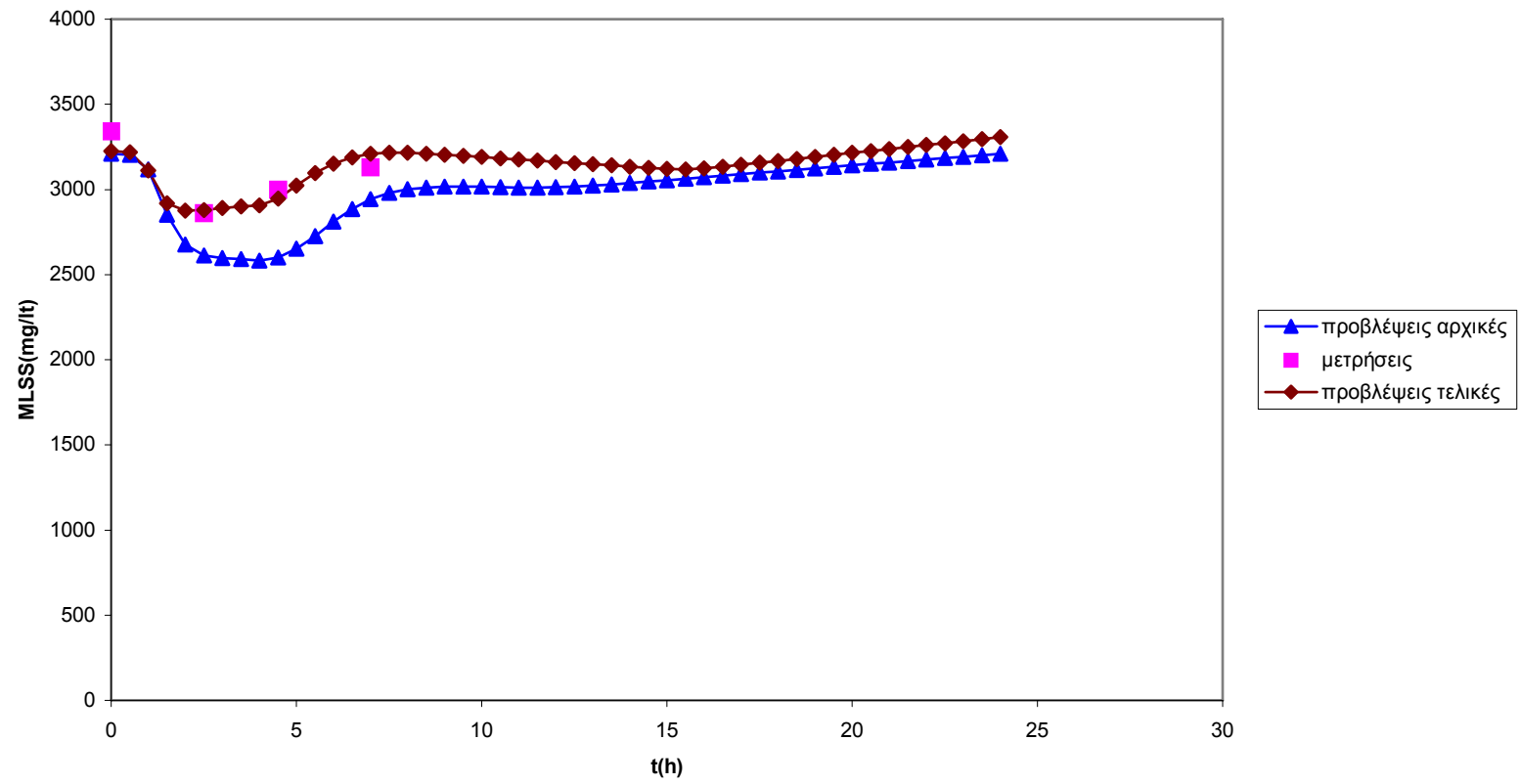
έξοδος δεξαμενών τελικής καθίζησης από Stoa – δυναμική φόρτιση 17-3-1994
τελικό μοντέλο

δυναμική φόρτιση									
	SS(mg/l)			NH3(mg/l)			MLSS(mg/l)		
t	μετρήσεις	προβλέψεις αρχικές	προβλέψεις τελικές	μετρήσεις	προβλέψεις αρχικές	προβλέψεις τελικές	μετρήσεις	προβλέψεις αρχικές	προβλέψεις τελικές
0	7.67	27.50	16.7	1.00	0.70	0.70	3340	3208.3	3224.5
0.5	6.33	27.50	16.6	1.00	0.40	0.40		3204.6	3219.4
1	17.67	131.20	48	1.00	2.10	2.10		3116.8	3111.5
1.5	6.33	356.80	64.5	4.00	5.50	5.60		2850.1	2919
2	8.00	419.90	62.7	8.00	8.90	8.80		2675.4	2874.5
2.5	11.33	407.30	62.4	12.50	12.00	11.80	2860	2612	2879.8
3	9.33	386.00	62.6	15.50	14.60	14.20		2595.9	2891
3.5	28.00	372.80	62.8	18.00	16.50	15.90		2590.2	2900.5
4	36.67	365.50	63	19.00	17.90	17.10		2581.9	2907.8
4.5	22.67	132.70	28.3	18.00	17.70	16.60	3000	2601.7	2947.8
5	32.00	36.30	16.7	16.50	15.90	14.50		2651.5	3022.4
5.5		25.30	16.2	13.50	14.00	12.30		2726.9	3097
6	43.33	24.20	16.3	11.00	12.20	10.20		2810.2	3150.9
6.5		24.60	16.4	9.00	10.50	8.30		2886.6	3187.7
7	51.33	25.20	16.5	7.00	8.80	6.50	3130	2944.3	3210.6
7.5		25.40	16.5	5.00	7.20	4.90		2980.8	3217.3
8	32.67	25.60	16.5	3.50	5.70	3.40		3001.4	3215.8
8.5		25.90	16.5	2.00	4.40	2.20		3012.2	3210.9
9	31.67	26.00	16.6	1.00	3.20	1.40		3017	3204.6
9.5		26.00	16.6	1.00	2.20	0.90		3018	3197.7
10		26.00	16.6	1.00	1.40	0.7		3016.6	3190.6
10.5		26.00	16.6		1.00	0.6		3013.9	3183.4
11		26.00	16.6		0.80	0.6		3010.3	3176.2
11.5		28.70	16.5		0.70	0.6		3009.5	3169.1
12		29.10	16.5		0.60	0.5		3012.4	3161.9
12.5		29.10	16.5		0.60	0.5		3017.1	3154.9
13		29.20	16.5		0.60	0.5		3023	3147.9
13.5		29.20	16.5		0.60	0.5		3030.1	3140.9
14		29.30	16.5		0.50	0.5		3038	3134
14.5		29.30	16.4		0.50	0.5		3046.2	3127.1
15		29.40	16.5		0.50	0.5		3054.7	3120.3

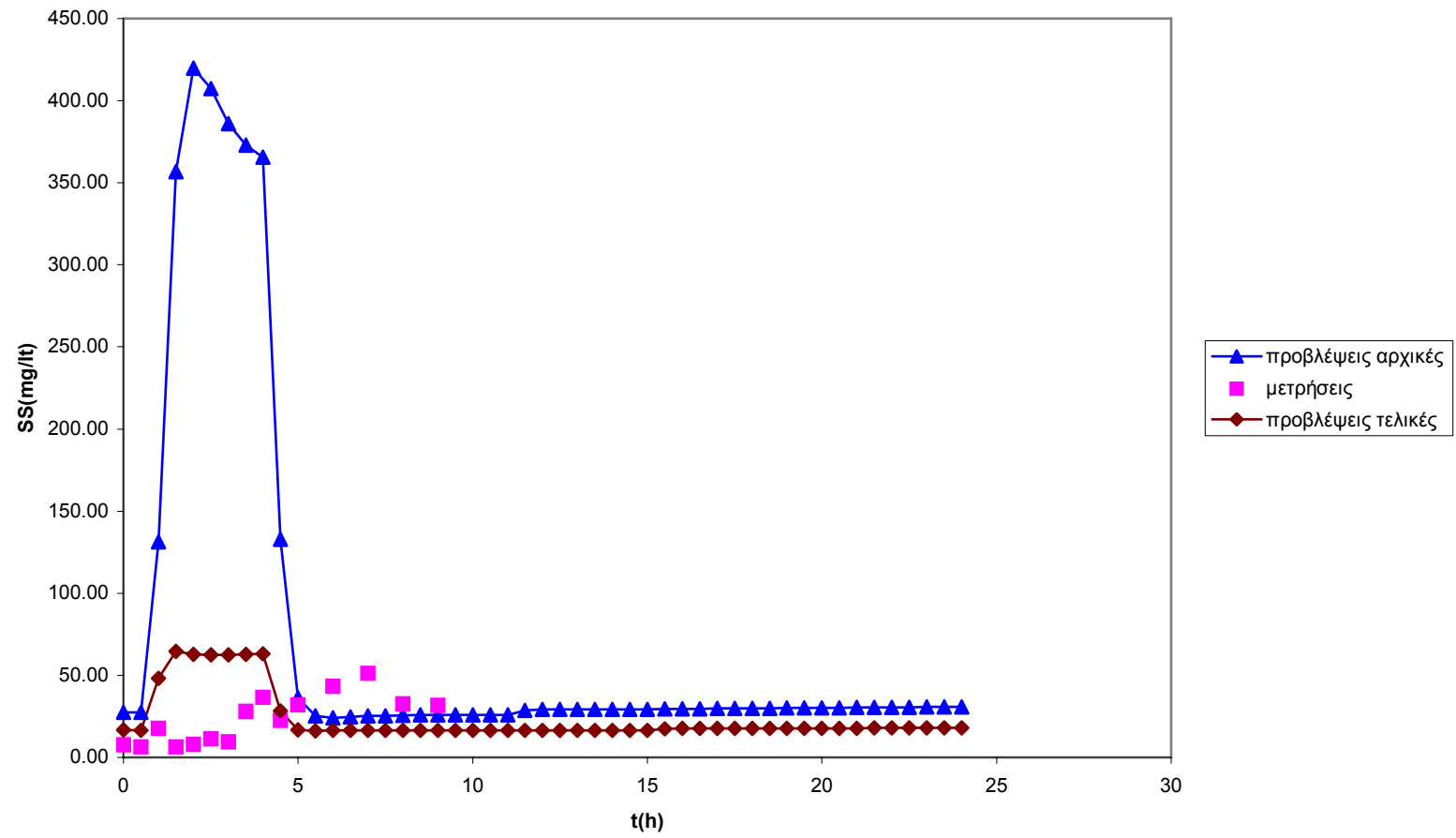
ΝΗ₃ στον Β.Α.-δυναμική φόρτιση



MLSS στον Β.Α.-δυναμική φόρτιση



SS στην έξοδο-δυναμική φόρτιση



**ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΜΕ ΤΑ ΤΡΕΞΙΜΑΤΑ ΤΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ-ΤΥΠΙΚΑ
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ STOAT**

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΜΕ ΤΑ ΤΡΕΞΙΜΑΤΑ ΤΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

WORKS	RUNS			
	A/A	όνομα	ημερομηνία	σχόλιο
kerefy1	1	W-run1	30-1-1994/1-3-1994	<u>μοντέλο</u> <u>απομάκρυνσης ιλύος</u> από Δ.Τ.Κ.
	2	W-run2	1-3-1994/31-3-1994	
kerefy2	3	W-run1	30-1-1994/1-3-1994	από Β.Α.
	4	W-run2	1-3-1994/31-3-1994	
kerefy4	5	MLSS1	31-12-1993/30-1-1994	από Δ.Τ.Κ. και Β.Α.
	6	MLSS2	30-1-1994/1-3-1994	
	7	MLSS3	1-3-1994/31-3-1994	
kerefy4	8 9 έως 13	MLSS-sensitivity	1-3-1994/31-3-1994 5 τρεξιματα	<u>επιλογή MLSS setpoint</u> sensitivity analysis
sludge	14	Run1	31-12-1993/30-1-1994	<u>επιλογή μοντέλου ιλύος</u> - WRc WRc WRc ext.aeration ext.aeration ext.aeration BRN BRN BRN no, 150 no, 150 no, 150
	15	Run2	30-1-1994/1-3-1994	
	16	Run3	1-3-1994/31-3-1994	
	17	Run4	31-12-1993/30-1-1994	
	18	Run5	30-1-1994/1-3-1994	
	19	Run6	1-3-1994/31-3-1994	
	20	Run7	31-12-1993/30-1-1994	
	21	Run8	30-1-1994/1-3-1994	
	22	Run9	1-3-1994/31-3-1994	
	23	no 150A	31-12-1993/30-1-1994	
	24	no 150B	30-1-1994/1-3-1994	
	25	no 150C	1-3-1994/31-3-1994	
sludge	26 έως 35	sludge sensitivity	1-3-1994/31-3-1994 10 τρεξιματα	<u>επιλογή SSVI και nsf</u> sensitivity analysis
	36	Run2900-1	31-12-1993/30-1-1994	
	37	Run2900-2	30-1-1994/1-3-1994	
	38	Run2900-3	1-3-1994/31-3-1994	
	39 έως 48	Run2900-sensitivity	1-3-1994/31-3-1994 10 τρεξιματα	
	49	Run110.2A	31-12-1993/30-1-1994	
	50	Run110.2B	30-1-1994/1-3-1994	

	51 52 53 54 55 56 57 58 59 60	Run110.2C Run130.1A Run130.1B Run130.1C Run110.S.2A Run110.S.2B Run110.S.2C Run130.S.1A Run130.S.1B Run130.S.1C	1-3-1994/31-3-1994 31-12-1993/30-1-1994 30-1-1994/1-3-1994 1-3-1994/31-3-1994 31-12-1993/30-1-1994 30-1-1994/1-3-1994 1-3-1994/31-3-1994 31-12-1993/30-1-1994 30-1-1994/1-3-1994 1-3-1994/31-3-1994	
sludge	61 έως 70 71 72 73	b2 sensitivity Run1 b2=55*b1 Run2 b2=55*b1 Run3 b2=55*b1	1-3-1994/31-3-1994 10 τρεξίματα 31-12-1993/30-1-1994 30-1-1994/1-3-1994 1-3-1994/31-3-1994	<u>επιλογή b2</u> sensitivity analysis
sludge	73 έως 75	onset of flocculation sensitivity	1-3-1994/31-3-1994 3 τρεξίματα	<u>επιλογή onset of flocculation</u> sensitivity analysis
sludge	76 77 78 79 80 81	nitrification1 low nitrification2 low nitrification3 low nitrification1 high nitrification2 high nitrification3 high	31-12-1993/30-1-1994 30-1-1994/1-3-1994 1-3-1994/31-3-1994 31-12-1993/30-1-1994 30-1-1994/1-3-1994 1-3-1994/31-3-1994	<u>επιλογή nitrification rate</u>
sludge	82 83	Run 1-17/3/1994 Run2 17-03-1994	1-3-1994/17-3-1994 17-3-1994/18-3-1994	<u>δυναμική φόρτιση</u> επαλήθευση
sludge	84 έως 89	Run maxKL sensitivity	17-3-1994/18-3-1994 6 τρεξίματα	<u>επιλογή maxKL</u> sensitivity analysis

sludge	90	run1 final model2	31-12-1993/30-1-1994	επαναπροσδιορισμός μοντέλου και χαρακτηριστικών ιλύος
	91	run2 final model2	30-1-1994/1-3-1994	
	92	run3 final model2	1-3-1994/31-3-1994	
	93	run1-17final model2	1-3-1994/17-3-1994	
	94	17-3-1994final model2	17-3-1994/18-3-1994	έλεγχος 2ου μοντέλου
dynamic	95	run1	31-12-1993/30-1-1994	επαναπροσδιορισμός μοντέλου και χαρακτηριστικών ιλύος
	96	run2	30-1-1994/1-3-1994	WRc correlation
	97	run3	1-3-1994/17-3-1994	αναζήτηση
	98 έως 106	run4	17-3-1994/18-3-1994	sensitivity analysis
			9 τρεξίματα	SSVI από 80 έως 160
works maxv	107	run1	31-12-1993/30-1-1994	επαναπροσδιορισμός μοντέλου και χαρακτηριστικών ιλύος
	108	run2	30-1-1994/1-3-1994	no correlation
	109	run3	1-3-1994/17-3-1994	SSVI=80
	110 έως 119	run4	17-3-1994/18-3-1994	αναζήτηση
			10 τρεξίματα	sensitivity analysis b2 από 10 έως 100*b1

ΤΥΠΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΣΤΟΑΤ

ΤΕΛΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ

ΜΟΝΙΜΗ ΦΟΡΤΙΣΗ : Works maxv – Run 2

ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗ : Works maxv – Sens: P=0.0094