

ΤΕΕ

**ΤΜΗΜΑ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ & ΔΥΤΙΚΗΣ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**

***ΟΙ ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΟΖΟΝΤΟΣ ΣΤΗΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΓΡΩΝ
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ***

Δελήμπασης Κων/νος, Χημικός Μηχ/κός, Δρόμων Σύμβουλοι Μηχανικοί

Γιώργος Νικολόπουλος, Πολιτικός Μηχανικός

Νάτσικας Γιώργος,

EURTECO

1. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΟΖΟΝΤΟΣ

1.1 Γενική αναφορά στο όζον

Η επεξεργασία νερού και λυμάτων με αέριο όζον (O_3), κερδίζει συνεχώς έδαφος τα τελευταία 20 χρόνια ειδικότερα στις βιομηχανικές εφαρμογές, αντικαθιστώντας σταδιακά και σταθερά το χλώριο. Το όζον είναι ένα ισχυρό οξειδωτικό μέσο και ασφαλέστερο στην χρήση συγκρινόμενο με άλλα οξειδωτικά μέσα.

Στην φύση το όζον - ένα άχρωμο αέριο με αποπνικτική οσμή - σχηματίζεται κατά την έκθεση του οξυγόνου είτε σε ηλεκτρικές εκκενώσεις υψηλής τάσης, είτε από την υπεριώδη ακτινοβολία. Στην στρατόσφαιρα, όπου συναντώνται οι προαναφερθείσες συνθήκες παραγωγής του, το όζον υπάρχει σε πολύ μεγάλες ποσότητες.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1 : ΚΥΡΙΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΟΖΟΝΤΟΣ

Γραμμομοριακό βάρος:	48 g/mole
Σχετική πυκνότητα (ως προς αέρα):	1,66
Ειδικό βάρος σε 0°C και 760 mm Hg:	2,143 Kg/m ³
Θερμότητα σχηματισμού:	34,5 Kcal/mole - 144,21 KJ/mole
Σημείο δρόσου:	-112 °C (βαθυγάλανο υγρό)
Σημείο πήξης:	-193 °C (σκουροκόκκινο στερεό)

Στο επίπεδο της θάλασσας, είναι πολύ δύσκολο να βρεθεί όζον και σε περίπτωση που ανιχνευθεί είναι πολύ ασταθές. Έτσι οι συνήθεις συγκεντρώσεις ανίχνευσης όζοντος είναι γύρω στα 0.1ppm και το αέριο έχει χρόνο ζωής γύρω στα 30 λεπτά, από εκεί και πέρα μετατρέπεται σε οξυγόνο. Σαν αποτέλεσμα όλων των ανωτέρω είναι το γεγονός ότι οι βιομηχανικοί χρήστες παράγουν όζον από τον αέρα ή από αποθηκευμένο οξυγόνο.

Λόγω του μικρού χρόνου ζωής το όζον χρησιμοποιείται αμέσως μετά την γέννηση του.

Η οσμή που εκλύει το όζον το καθιστά αμέσως αναγνωρίσιμο. Από υγιεινολογικής άποψης η έκθεση σε 1.000 ppm όζοντος για 30 δευτερόλεπτα μπορεί να προκαλέσει έναν ελαφρύ ερεθισμό, ενώ η ισοδύναμη έκθεση σε αέριο χλώριο συχνά αποβαίνει μοιραία.

Η μη σταθερότητα του όζοντος συντελεί στο να βρίσκει εφαρμογή στην επεξεργασία λυμάτων. Το δυναμικό οξείδωσης του όζοντος είναι 2,07 V. Αυτό επιτρέπει να διασπά τις οργανικές ενώσεις τις οποίες άλλα οξειδωτικά αδυνατούν να οξειδώσουν.

Σε θερμοκρασίες αέρα περιβάλλοντος, 30°-35°C, το όζον αποσυντίθεται σε οξυγόνο και ρίζες υδροξυλίου, κάθε ένα από τα οποία έχει ένα δυναμικό οξείδωσης υψηλότερο από αυτό του όζοντος. Αν και οι ομάδες ελεύθερων ριζών έχουν χρόνο ζωής πολύ μικρό, η δράση τους συντελεί στην ολική δράση του όζοντος.

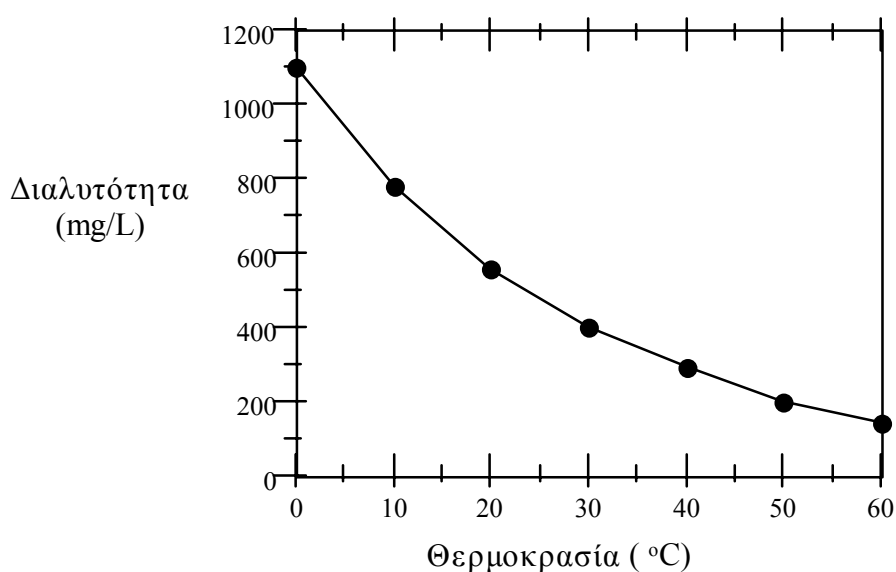
ΠΙΝΑΚΑΣ 1.2: ΙΣΧΥΣ ΤΩΝ ΚΟΙΝΩΝ ΟΞΕΙΔΩΤΙΚΩΝ ΜΕΣΩΝ

ΕΝΩΣΗ	ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΟΞΕΙΔΩΣΗΣ (Volts)	ΙΣΧΥΣ ΟΞΕΙΔΩΣΗΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ Cl
Φθόριο	3,06	2,25
Ρίζα Υδροξυλίου (OH ⁻)*	2,80	2,05
Ατομικό οξυγόνο (O.)*	2,42	1,78
Όζον	2,07	1,52
Υπεροξειδίο του Υδρογόνου	1,77	1,30
Υπεροξειδικές ρίζες	1,70	1,25
Υπερμαγγανικό	1,67	1,23
Οξειδίο του χλωρίου	1,50	1,10
Υποχλωρικό οξύ	1,49	1,10
Χλώριο	1,36	1,00
Βρώμιο	1,09	0,80
Ιώδιο	0,54	0,40
Οξυγόνο	0,40	0,29

* Αυτά τα ιόντα σχηματίζονται κατά τη διάσπαση του όζοντος

Οι χαμηλές θερμοκρασίες αποσύνθεσης-διάσπασης επιτρέπουν την επεξεργασία με όζον να γίνει σε συνθήκες περιβάλλοντος.

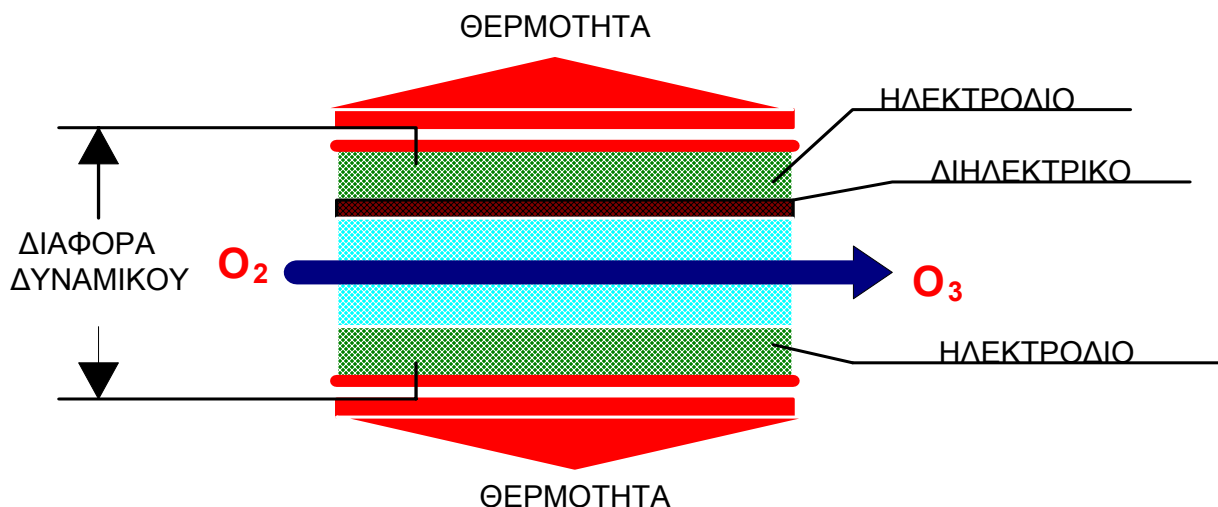
Είναι γεγονός ότι η διαλυτότητα του αερίου στο νερό αυξάνεται με πτώση της θερμοκρασίας. Πρέπει εδώ να σημειωθεί ότι το παρακάτω διάγραμμα δίνει τη μία μόνο διάσταση της πραγματικής χρήσης του όζοντος για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων και νερού, καθώς εξίσου, αν όχι περισσότερο, σημαντικοί παράγοντες είναι η μέθοδος ανάμειξης του όζοντος με την υγρή φάση (διαχυτές φυσσαλίδας, μηχανικοί αναμίκτης κ.λ.π.) και ο χρόνος επαφής του όζοντος με την υγρή φάση. Ο σωστός συνδυασμός των τριών παραπάνω παραμέτρων μπορεί να οδηγήσει στη βέλτιστη δράση του όζοντος, σημαντικά μεγαλύτερη από εκείνη που θα αναμενόταν εάν αυτή εκτιμούταν μόνο βάσει του νόμου του Henry.



Διάγραμμα 1.1: Η διαλυτότητα του όζοντος στο νερό ως συνάρτηση της θερμοκρασίας

1.2 Παραγωγή όζοντος

Το όζον παράγεται από ατμοσφαιρικό αέρα που έχει υποστεί κατάλληλη επεξεργασία, ή από καθαρό οξυγόνο. Το αέριο όζον παράγεται με ηλεκτρική εκκένωση ανάμεσα σε δύο ηλεκτρόδια τάσης 10 έως 20 κιλοβόλτ (σχήμα 1.1).



Σχήμα 1.1 : Παραγωγή όζοντος

Η αντίδραση παραγωγής όζοντος λαμβάνει χώρα σε κατάλληλο αντιδραστήρα που καλείται οζονιστήρας. Ο οζονιστήρας αποτελείται από ένα οριζόντιο ή κατακόρυφο κυλινδρικό δοχείο εντός του οποίου υπάρχει ένας ορισμένος αριθμός ανοξείδωτων σωλήνων προσαρμοσμένων σε μία συμπαγή κατασκευή και κολλημένων στα δύο σταθερά άκρα του δοχείου.

Από την εξωτερική πλευρά των ανοξείδωτων σωλήνων και εντός του δοχείου ρέει το υγρό ψύξης (νερό) με σκοπό την αποκομιδή της αναπτυσσόμενης θερμότητας κατά την παραγωγή του όζοντος. Αυτή η μέθοδος κατασκευής αποκλείει οποιαδήποτε επαφή του υγρού ψύξης με τα ηλεκτρόδια υψηλής τάσης.

Οι μεταλλικοί σωλήνες παίζουν τον ρόλο θηκών εντός των οποίων εισέρχονται οι ειδικά βαθμονομημένοι γυάλινοι σωλήνες, των οποίων η εσωτερική μεταλλική επιφάνεια αποτελεί τα ηλεκτρόδια υψηλής τάσης.

Στο διάκενο μεγάλης ακριβείας το οποίο σχηματίζεται μεταξύ της εσωτερικής μεταλλικής επιφάνειας των σωλήνων και της εξωτερικής γυάλινης επιφάνειας, παράγεται η ακριβής ποσότητα του όζοντος. Σε κάθε μεταλλική θήκη εισέρχεται ένας γυάλινος σωλήνας.

Το υψηλό δυναμικό που εφαρμόζεται ανάμεσα στο μέταλλο και στην μεταλλική επιφάνεια των γυάλινων σωλήνων (ηλεκτρόδια υψηλής τάσης), παράγει μία αθόρυβη ηλεκτρική εκκένωση κατά μήκος των σωληνώσεων. Κάτω από αυτές τις συνθήκες παράγεται το αέριο όζον το οποίο εξέρχεται από το δοχείο στην ζητούμενη συγκέντρωση.

Συμπερασματικά το όζον παράγεται «επιτόπου», με μοναδικές απαιτήσεις ηλεκτρική ενέργεια και νερό ψύξης.

2. ΑΠΟΧΡΩΜΑΤΙΣΜΟΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΑΗΤΩΝ ΜΕ ΟΖΟΝ

2.1 Το χρώμα στα υγρά απόβλητα

Το νερό παρουσιάζεται χρωματισμένο όταν η ορατή ακτινοβολία απορροφάται από διαλυμένη ύλη, ή όταν το φως διαθλάται σε στερεά εν αιωρήσει. Αυτές οι δύο «πηγές» χρώματος είναι η βάση για τη διάκριση ανάμεσα σε φαινόμενο και αληθινό χρώμα. Το φαινόμενο χρώμα οφείλεται τόσο στην απορρόφηση, όσο και στη διάθλαση φωτός. Το αληθινό χρώμα εξαρτάται αποκλειστικά από το είδος και την ποσότητα των διαλυμένων στο νερό ουσιών. Υπεύθυνα για τη διάθλαση του φωτός είναι σωματίδια με μέγεθος 400-800 nm, δηλαδή εντός των τιμών μήκους κύματος της ορατής ακτινοβολίας. Είναι δυνατό με φίλτρηση (μεμβράνη 0,45μm) να εξαλειφθεί το φαινόμενο της διάθλασης. Πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι η διαφορά ανάμεσα σε φαινόμενο και αληθινό χρώμα σχετίζεται άμεσα με τη θολερότητα του νερού.

Ως μονάδα μέτρησης του χρώματος ορίζονται οι μονάδες Pt-Co (U.S.A.), ή mgPt-Co/l (Ευρώπη). Αυτές οι μονάδες θεωρούνται ισοδύναμες.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1: ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΣΤΟ ΠΟΣΙΜΟ ΝΕΡΟ

Γαλλία	Ευρωπαϊκή Ένωση	Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας
ΜΑΣ*:	Προτεινόμενη τιμή:	ΜΑΣ:
15 mgPt-Co/l	1 mgPt-Co/l	10 mgPt-Co/l
		15 mgPt-Co/l

* Μέγιστη Αποδεκτή Συγκέντρωση

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2: ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ ΤΙΜΕΣ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΘΕΣΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΑΗΤΩΝ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΟΥΣ ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Αποδέκτης	Αποδεκτή τιμή απορρόφησης χρωματικών μονάδων κλίμακας Κοβαλτίου-Λευκοχρύσου (Pt-Co)
Θερμαϊκός κόλπος, χείμαρροι Θέρμης, Ανθεμούντα, Καμάρα Χορτιάτη, Δενδροπόταμου, Βαθύλακου, αποστραγγιστικές τάφροι Σίνδου, Χαλάστρας *	75
Λίμνες Αγίου Βασιλείου και Βόλβης - Ενωτική τάφρος και Γαλλικός ποταμός *	50
Αξιός ποταμός *	50
Λουδίας ποταμός **	50
Αλιάκμονας ποταμός ***	επιθυμητή τιμή 50, ανώτατη επιτρεπόμενη τιμή 100

*Απόφαση Νομάρχης Θεσσαλονίκης Αρ. ΔΥ/22374/91/94 (ΦΕΚ 82Β/10-2-94)

** Κοινή απόφαση Νομαρχών Ημαθίας, Θεσσαλονίκης και Πέλλας Αρ. Οικ. 5340/85 (ΦΕΚ 142Β/18-3-85)

*** Κοινή απόφαση Νομαρχών Γρεβενών, Ημαθίας, Θεσσαλονίκης, Καστοριάς, Κοζάνης και Πιερίας Αρ. Οικ. 552/84 (ΦΕΚ 115Β/2-3-84)

Ενώσεις υπεύθυνες για το χρώμα: Το αληθινό χρώμα δημιουργείται από την παρουσία ενώσεων που απορροφούν ορατή ακτινοβολία σε μήκη κύματος 400-800 nm, ή από ενώσεις που φθορίζουν στο φάσμα των 200-400 nm. Πρόκειται για ενώσεις πολυαρωματικής δομής, αντικατεστημένης αρωματικής δομής, πολυένια, συμπυκνωμένα ετεροκυκλικά μόρια ή σύμπλοκα ιόντα. Να σημειωθεί ότι οι π δεσμοί απορροφούν στο γειτονικό φάσμα UV (< 200nm) και απαιτείται η ύπαρξη συζυγών δεσμών (πολυένια) για να υπάρξει απορρόφηση στο ορατό φάσμα.

Οι περισσότερες ενώσεις που ευθύνονται για το σχηματισμό χρώματος περιέχουν ένα ή περισσότερους αρωματικούς δακτυλίους και ξεκινούν να απορροφούν χρώμα από τα 250 nm. Πολλοί ερευνητές έχουν κατορθώσει να εντοπίσουν συσχετίσεις ανάμεσα στο χρώμα που μετρείται σε ένα σπεκτροφωτόμετρο στο εύρος των 400-500 nm και την απορρόφηση UV στα 254 nm.

Οι συνθετικοί φορείς χρώματος προέρχονται κυρίως από βιομηχανικές εγκαταστάσεις όπως βαφεία, βιομηχανίες-βιοτεχνίες παραγωγής ενδυμάτων εφόσον έχουν πλυντήρια, βιομηχανίες παρασκευής και μεταποίησης τροφίμων και ποτών, σφαγεία, επιμεταλλωτήρια κ.α.

2.2 Αποχρωματισμός υγρών αποβλήτων με όζον

Οι χρωμοφόροι παράγοντες είναι γενικά οργανικές πολυκυκλικές ενώσεις με εναλλασσόμενους μονούς και διπλούς δεσμούς. Η επεξεργασία με όζον διαχωρίζει τους διπλούς δεσμούς ανοίγοντας τα μόρια και προσδίδει διαύγεια στο νερό.

Το απόβλητο επεξεργάζεται με όζον μετά την έξοδό του από την εγκατάσταση βιολογικής επεξεργασίας και η συνήθης δοσολογία ποικίλει από 50-150 mg/l, ανάλογα με την προέλευση του αποβλήτου, τη θερμοκρασία του και το βαθμό της προηγούμενης επεξεργασίας.

Η διάταξη για τον αποχρωματισμό υγρών αποβλήτων με όζον περιλαμβάνει:

- Σύστημα προετοιμασίας αέρα (για παραγωγή από ατμοσφαιρικό αέρα)
- Αντιδραστήρας παραγωγής όζοντος (οζονιστήρας)
- Σύστημα επαφής όζοντος - αποβλήτων
- Σύστημα καταστροφής υπολειμματικού όζοντος

Σύστημα προετοιμασίας αέρα και παραγωγής όζοντος: Όπως έχει ήδη αναφερθεί το όζον είναι δυνατό να παραχθεί από ατμοσφαιρικό αέρα ή οξυγόνο. Το σύστημα προετοιμασίας αέρα εξασφαλίζει την αδιάλειπτη τροφοδοσία του οζονιστήρα με αέρα πλήρως απαλλαγμένο από σκόνη, λάδι και υγρασία.

Η επιλογή του αερίου τροφοδοσίας γίνεται με καθαρά οικονομικά κριτήρια, αν και η εμπειρία δείχνει ότι ο ατμοσφαιρικός αέρα είναι προτιμότερος, ιδιαίτερα για ιδιωτικές επιχειρήσεις, καθώς εξασφαλίζει πλήρη ανεξαρτησία στη λειτουργία του συστήματος. Η παραγωγή του όζοντος γίνεται εντός των αντιδραστήρων σύμφωνα με την αρχή λειτουργίας που περιγράφηκε στην παράγραφο 1.2.

Σύστημα επαφής όζοντος - αποβλήτων: Το σύστημα επαφής του όζοντος εξυπηρετεί στο να φέρει το παραγόμενο όζον σε επαφή με την μάζα του υγρού που πρόκειται να υποστεί επεξεργασία.

Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται τριθάλαμες δεξαμενές, ύψους 4,5-5 m με ενδιάμεσα χωρίσματα που αναγκάζουν το απόβλητο σε κατακόρυφη δαιδαλώδη διαδρομή. Για την εισαγωγή του όζοντος χρησιμοποιούνται διαχυτές κατασκευασμένοι από ειδικό πορώδες υλικό υψηλής αντοχής στο όζον. Οι διαχυτές αυτοί έχουν την ικανότητα να σχηματίζουν πολυάριθμες και πολύ λεπτές φυσαλίδες όζοντος, μέγεθος φυσαλίδας 220 μm. Με την κατάλληλη γεωμετρική τοποθέτησή τους στον πυθμένα της δεξαμενής επαφής, επιτυγχάνεται η καλύτερη κατανομή αλλά και αύξηση της επιφάνειας επαφής υγρού - αερίου στο μέγιστο δυνατόν

Ο διαχυτής χρησιμοποιείται ευρέως λόγω του υψηλού ρυθμού μεταφοράς (70%) και της μηδαμινής κατανάλωσης ενέργειας. Σε μία δεξαμενή 3 θαλάμων διαχύτες εγκατεστημένοι σε βάθος 5 m επιτυγχάνουν βαθμό μεταφοράς άνω του 75%. Τα λύματα για αποχρωματισμό πρέπει να έχουν υδραυλικό χρόνο παραμονής εντός της δεξαμενής μεγαλύτερο από 45 min.

Σύστημα καταστροφής υπολειμματικού όζοντος: Καθώς το όζον είναι διαβρωτικό για τα υλικά και βλαβερό στον άνθρωπο σε υψηλές συγκεντρώσεις, δεν πρέπει να επιτρέπεται η διαφυγή του χωρίς επεξεργασία τόσο από τον οζονιστήρα, όσο από την δεξαμενή επαφής.

Όλα τα υπολειμματικά αέρια στην δεξαμενή επαφής πρέπει να υποβληθούν στην διαδικασία καταστροφής του όζοντος πριν να διοχετευθούν στην ατμόσφαιρα. Οι κανονισμοί των Η.Π.Α. απαιτούν συγκεντρώσεις όζοντος κάτω του 0,1 ppm πριν την απαγωγή αυτών των αερίων.

Οι μονάδες καταστροφής του όζοντος μπορεί να είναι καταλυτικές, θερμικές, Θέρμο-καταλυτικές ή ενεργού άνθρακα. Οι καταλυτικές μονάδες χρησιμοποιούν είτε διοξείδιο του μαγγανίου ή αλουμίνα επενδυμένη με παλλάδιο και καταστρέφουν το όζον σε θερμοκρασίες γύρω στους 50°C. Οι θερμικές

μονάδες καταστροφής δρουν σε θερμοκρασίες κοντά στους 120°C.

3. ΠΙΛΟΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΕ ΒΑΦΕΙΑ ΚΑΙ ΑΛΛΕΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

3.1 Το πρόβλημα στην υφαντουργία

Η βιομηχανία υφαντουργίας παράγει μία ποσότητα αποβλήτων η οποία μεταβάλλεται συναρτήσει του τύπου παραγωγής και του μεγέθους των εγκαταστάσεων.

Γενικά αυτή η ποσότητα κυμαίνεται από 10 έως 300 m³/h ενώ το ρυπαντικό φορτίο οφείλεται κυρίως στις οργανικές ουσίες, και σε μερικές περιπτώσεις, στην αμμωνία, ενώ παρατηρούνται και χαμηλές συγκεντρώσεις διάφορων αλάτων.

Η υιοθέτηση συμβατικών μεθόδων επεξεργασίας και καθαρισμού όπως ομογενοποίηση, φυσικοχημική επεξεργασία, βιολογική οξείδωση με νιτροποίηση-απονιτροποίηση, φίλτρανση κλπ. επιτυγχάνουν υψηλά ποσοστά καθαρισμού στην έξοδο με μία καλή αναλογία κόστους-αποτελέσματος. Προς το παρόν δεν υπάρχουν ικανές εναλλακτικές λύσεις με εξαίρεση την προσπάθεια που καταβάλλεται για την βελτιστοποίηση των επιπέδων απόδοσης. Παρά τα μέχρι σήμερα αποτελέσματα η χρήση αυτών των τεχνολογιών δεν έχει καταφέρει να επιβάλλει ουσιαστικούς περιορισμούς στις τιμές δύο παραμέτρων: φορείς επιφανειακών φορτίων και χρώμα.

Τα συστήματα που αντιμετωπίζουν τις δύο παραπάνω παραμέτρους θα πρέπει:

- να είναι άκρως αποτελεσματικά και να εγγυώνται αξιόπιστα αποτελέσματα,
- να είναι ανεξάρτητα κατά το δυνατό από το pH,
- δεν πρέπει να δημιουργείται δευτερογενής μόλυνση και υποπροϊόντα τοξικά,
- να βελτιώνουν τα έμμεσα χαρακτηριστικά του νερού,
- να αυτοκαταστρέφονται μετά την επεξεργασία,
- δεν πρέπει να παράγουν νέες ποσότητες λάσπης,
- τα έξοδα συντήρησης πρέπει να είναι χαμηλά.
- τα κόστη διαχείρισης πρέπει να είναι χαμηλά.,
- να είναι προσβάσιμα από άποψη κόστους,
- να ελέγχονται εύκολα και να επιδέχονται αυτοματισμούς,
- να είναι απλά από κατασκευαστικής πλευράς

Σε αυτά τα πλαίσια η διεργασία οξείδωσης με όζον συνιστά μία λύση η οποία δεν εξυπηρετεί μόνο την πλήρη καταστροφή των ρυπαντικών ουσιών που απέμειναν, αλλά επίσης επιτυγχάνει μία υψηλότερη ποιότητα νερού, γεγονός που καθιστά αυτομάτως δυνατή την ανακύκλωση του νερού για βιομηχανικούς σκοπούς.

Η χρησιμοποίηση του όζοντος αποτελεί τεχνολογία η οποία σήμερα έχει γίνει αποδεκτή κάτω από το όνομα "ΚΑΘΑΡΕΣ (CLEAN) ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ". Αποτελεί πρωτόπορο, καθαρή, ασφαλή και απλή τεχνικά λύση η οποία επιτυγχάνει μία υψηλή αναλογία αποτελεσμάτων - κόστους.

3.2 Γενικά στοιχεία - υφιστάμενη κατάσταση

Οι επισκέψεις - πιλοτικές εφαρμογές έγιναν στο χρονικό διάστημα Σεπτέμβριος 1996 - Ιούνιος 1997 σε 14 βιομηχανικές μονάδες της Κεντρικής Μακεδονίας, με σκοπό την επίδειξη των αποτελεσμάτων της χρήσης όζοντος για τον αποχρωματισμό υγρών αποβλήτων με ιδιαίτερα βεβαρημένο χρωματικό φορτίο και τη ρεαλιστική διαστασιολόγηση των προσφερόμενων μονάδων.

Από τις 14 επιχειρήσεις, οι 12 ήταν βαφεία (υφασμάτων και νημάτων), ενώ 2 ανήκουν στο χώρο των τροφίμων και ποτών.

Οι μονάδες αυτές είτε είχαν πλήρες σύστημα βιολογικής και χημικής επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων, είτε μερική επεξεργασία για διάθεση σε κεντρικό βιολογικό καθαρισμό ΒΠΠΕ. Για την απομάκρυνση του χρώματος χρησιμοποιούνταν χημικά αποχρωματιστικά, που λειτουργούν ως κροκιδωτικά σε συνδυασμό με τα απαραίτητα για τη λειτουργία της βιολογικής βαθμίδας.

Το κύριο πρόβλημα όλων σχεδόν των επιχειρήσεων, ήταν ότι για να επιτευχθούν οι επιθυμητές τιμές χρώματος στην έξοδο, αναγκάζονταν να ξοδεύουν σημαντικά χρηματικά ποσά, ενώ παράλληλα αυξάνονταν σημαντικά οι ποσότητες χημικής λάσπης την οποία έπρεπε να διαχειρισθούν. Στόχος των πιλοτικών εφαρμογών ήταν να επιτευχθούν τα ίδια και καλύτερα αποτελέσματα με συμφερότερους οικονομικούς όρους.

Περιγραφή πιλοτικής διάταξης: Για την παραγωγή όζοντος χρησιμοποιήθηκε αντιδραστήρας παραγωγής όζοντος τύπου TP 4 της Ozono Elettronica Internazionale, μέγιστης ικανότητας παραγωγής όζοντος 36 g/h. Αέριο παραγωγής ήταν βιομηχανικό οξυγόνο για την απλούστευση της μεταφερόμενης διάταξης, διοχετευόμενο στον οζονιστήρα υπό πίεση 0,8 bar. Για την ψύξη χρησιμοποιήθηκε νερό δικτύου, 300 l/h σε 1 bar. Επίσης για τη λειτουργία των πνευματικών στοιχείων του οζονιστήρα χρησιμοποιήθηκε συμπιεσμένος αέρας 5 bar.

Η τροφοδοσία του μετασχηματιστή ήταν από 380 V, ενώ η διάταξη έφερε τα απαραίτητα ασφαλιστικά για αυτόματη διακοπή σε περιπτώσεις πτώσης πίεσης αερίων τροφοδοσίας και βοηθητικών, νερού ψύξης, ή εξωτερικών δυσλειτουργιών.

Η επαφή όζοντος αποβλήτων γινόταν εντός 2 στηλών από PVC, διαμέτρου 400 cm, ύψους 5 m και ύψους υγρού 4,7 m. Οι στήλες έφεραν ανθρωποθυρίδες για την παρακολούθηση της κατάστασης στο εσωτερικό. Τα ρεύματα αποβλήτου και μείγματος όζοντος-οξυγόνου έρεαν κατά ομορροή.

Η τροφοδοσία γινόταν με τη χρήση υποβρύχια αντλίας παροχής 10 m³/h σε μανομετρικό 15 m. Η παροχή των αποβλήτων ρυθμιζόταν με ροόμετρο.

Μεθοδολογία μετρήσεων: Το απόβλητο τροφοδοσία προερχόταν από την έξοδο της υφιστάμενης εγκατάστασης επεξεργασίας αποβλήτων όπου ήταν δυνατό να διακοπεί η χρήση των χημικών αποχρωματιστικών για κάποιο χρονικό διάστημα πριν τις μετρήσεις. Σε αρκετές περιπτώσεις η τροφοδοσία προερχόταν από τη δεξαμενή ομογενοποίησης (δηλαδή πριν από αερισμό και καθίζηση), ενώ σε μια περίπτωση από το φρεάτιο υποδοχής των αποβλήτων.

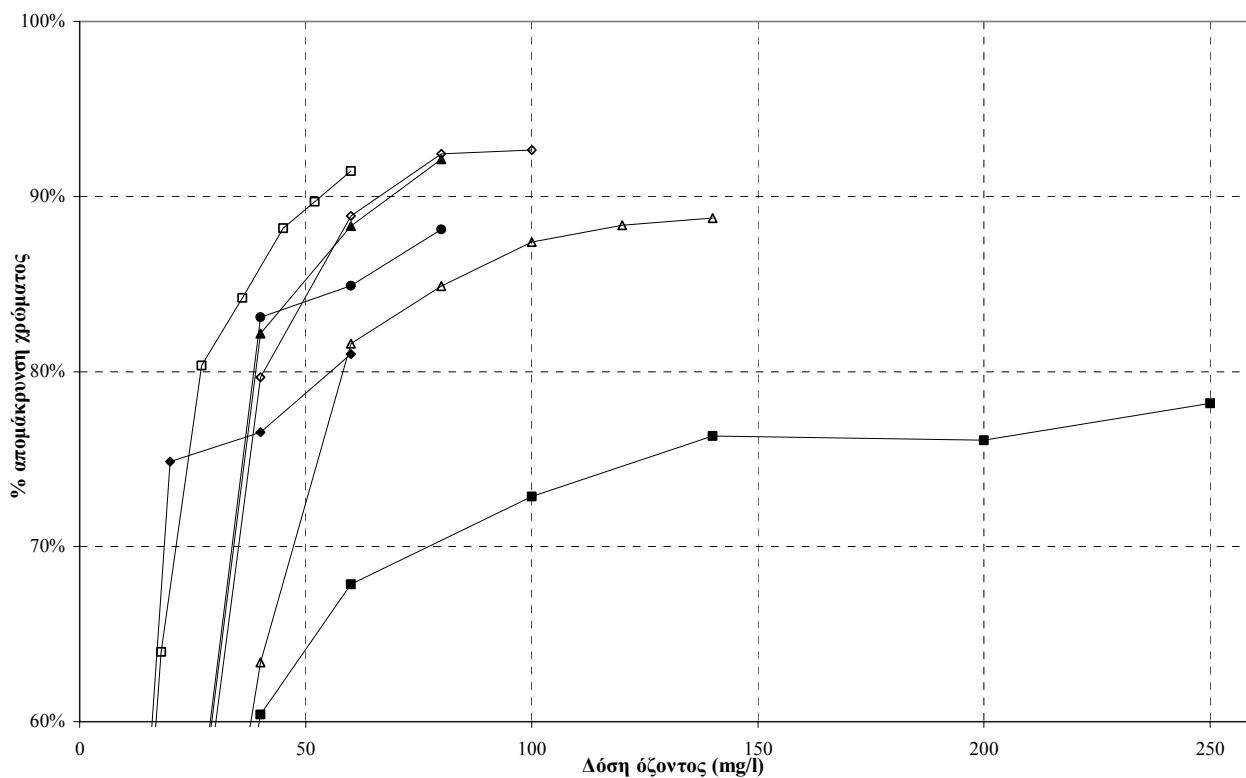
Το όζον, ως ισχυρό οξειδωτικό, επιδρά στις περισσότερες από τις παραμέτρους των υγρών αποβλήτων. Γι αυτό το λόγο επιδιώχθηκε η χρησιμοποίηση ως τροφοδοσίας του ρεύματος εξόδου από την εγκατάσταση επεξεργασίας αποβλήτων ώστε οι άλλες παράμετροι (εκτός του χρώματος) να είναι σε χαμηλές τιμές και άρα το όζον να μην καταναλωθεί στην ελάττωση BOD₅, COD. Επίσης η δράση του όζοντος διευκολύνεται από την απουσία μεγάλων συγκεντρώσεων αιωρουμένων στερεών, αν και σε κάποιες περιπτώσεις τα αποτελέσματα ήταν εντυπωσιακά ακόμα και σε ανεπεξέργαστα απόβλητα.

Επίσης σημαντικός ρυθμιστικός παράγοντας είναι η θερμοκρασία των αποβλήτων καθώς η διαλυτότητά του στο νερό ελαττώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας, έχοντας ως οριακό σημείο για τη δράση του τους 30-35 °C .

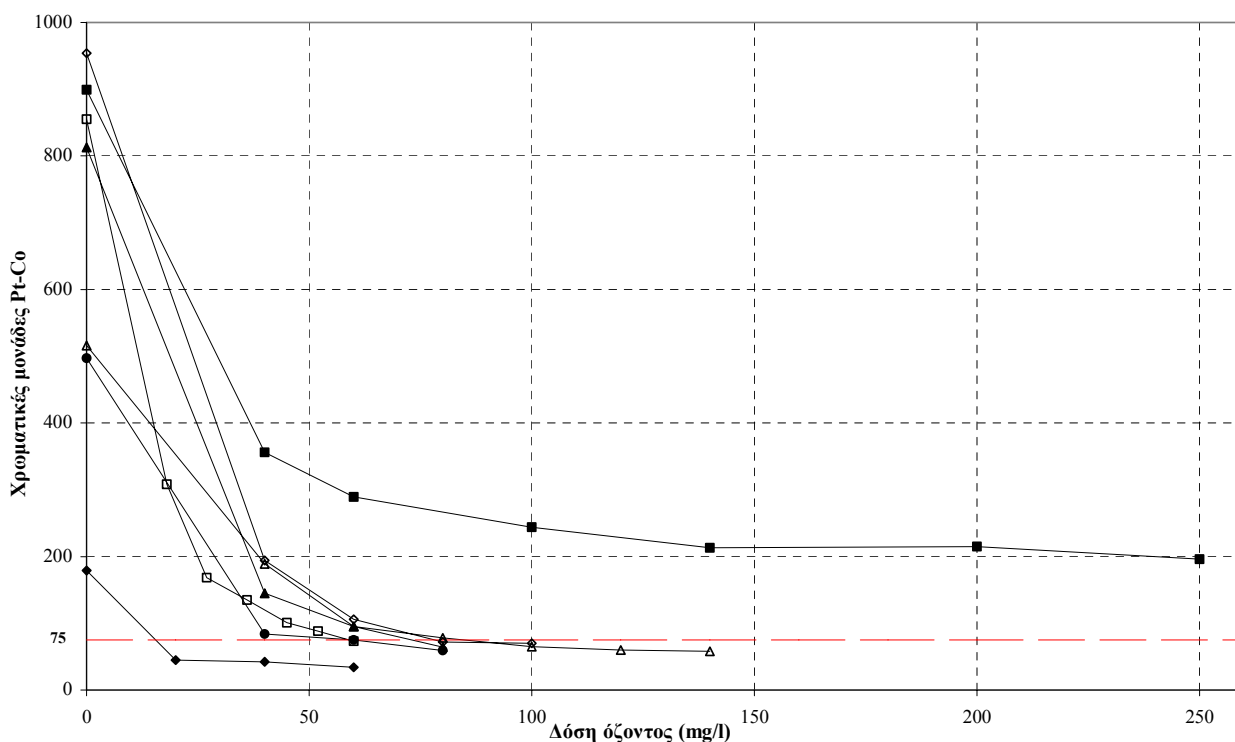
Οι αναλύσεις των δειγμάτων έγιναν με τη χρήση του DR 2000 της Hach.

3.3 Παρουσίαση αποτελεσμάτων

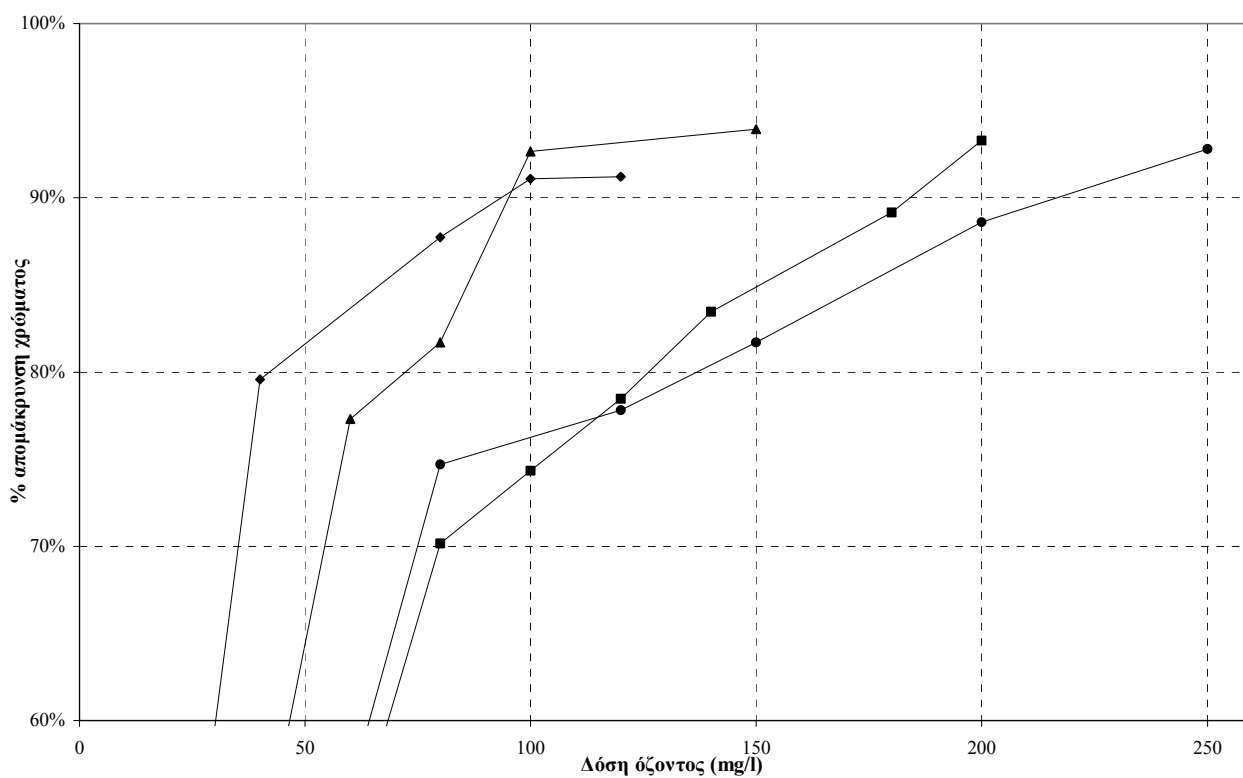
Ακολουθούν σε μορφή διαγραμμάτων τα αποτελέσματα των μετρήσεων. Έχουν χωρισθεί σε δύο κατηγορίες. Η πρώτη αφορά τις μετρήσεις που ελήφθησαν με τροφοδοσία από το φρεάτιο εξόδου, έχοντας σταματήσει την προσθήκη χημικών αποχρωματιστικών. Η δεύτερη αφορά μετρήσεις με τροφοδοσία από δεξαμενή ομογενοποίησης, πριν τον αερισμό και το σημείο προσθήκης χημικών αποχρωματιστικών. Μία από τις μετρήσεις της δεύτερης κατηγορίας έγινε με απόβλητο απευθείας από το φρεάτιο εισόδου στην εγκατάσταση επεξεργασίας των αποβλήτων, το οποίο είχε παραμείνει εντός δοχείου για περίπου 1 ημέρα ώστε να ψυχθεί. Στην περίπτωση αυτή το σύστημα επαφής όζοντος-αποβλήτου λειτούργησε ασυνεχώς.



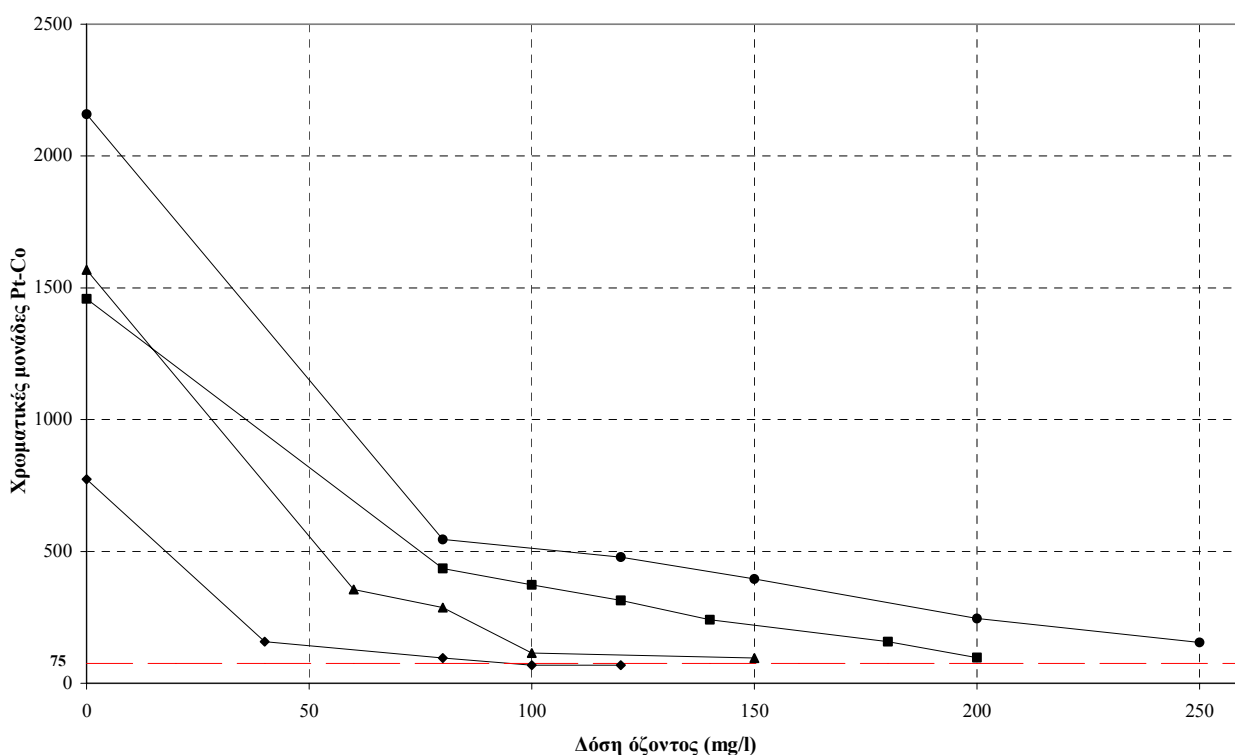
Διάγραμμα 3.1: % απομάκρυνση χρώματος συναρτήσει της δόσης O_3 , με τροφοδοσία από φρεάτιο εξόδου



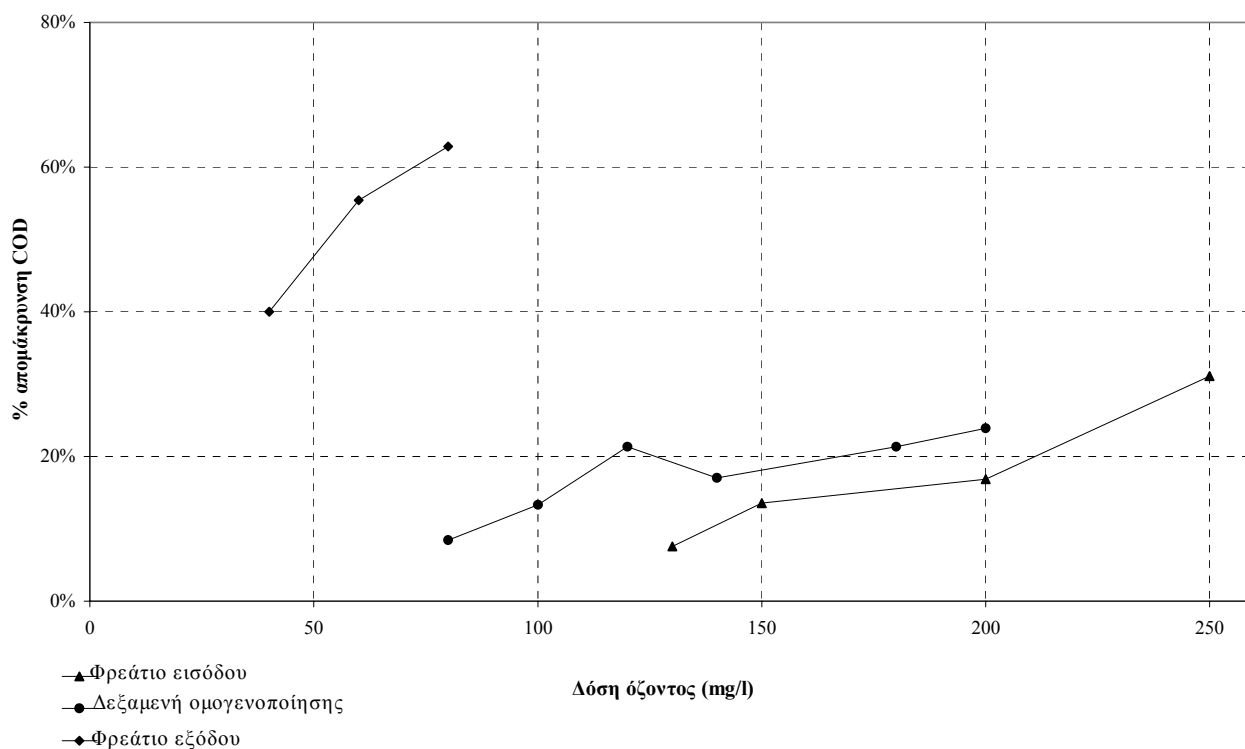
Διάγραμμα 3.2: Χρωματικές μονάδες Pt-Co στη έξοδο της δεξαμενής επαφής όζοντος-αποβλήτων, συναρτήσει της δόσης O_3 , με τροφοδοσία από φρεάτιο εξόδου



Διάγραμμα 3.3: % απομάκρυνση χρώματος συναρτήσει της δόσης O_3 , με τροφοδοσία από δεξαμενή ομογενοποίησης



Διάγραμμα 3.4: Χρωματικές μονάδες Pt-Co στη έξοδο της δεξαμενής επαφής όζοντος-αποβλήτων, συναρτήσει της δόσης O_3 , με τροφοδοσία από δεξαμενή ομογενοποίησης



Διάγραμμα 3.5: % απομάκρυνση COD συναρτήσει της δόσης O_3 , με τροφοδοσία από δεξαμενή ομογενοποίησης

3.4 Σχολιασμός αποτελεσμάτων

Είναι προφανές ότι η ποιότητα της απορροής της διάταξης επεξεργασίας με όζον, σε ότι αφορά το χρώμα, εξαρτάται άμεσα από :

1. την τιμή του χρώματος στην είσοδο
2. τη δόση όζοντος
3. το είδος των αποβλήτων (στο διάγραμμα 2.2 φαίνεται ότι ένα είδος αποβλήτου, αν και δέχθηκε ιδιαίτερα υψηλή ποσότητα όζοντος δεν έγινε δυνατό να καθαρισθεί πέραν των 200 μονάδων)
4. τη θερμοκρασία (τα αποτελέσματα με παροχή από δεξαμενή εξισορρόπησης όπου η θερμοκρασία είναι ακόμα αρκετά υψηλή είναι σαφώς χειρότερα από εκείνα που προέρχονται από το φρεάτιο εξόδου)
5. την τιμή των άλλων παραμέτρων στις οποίες δρα το όζον και άρα το αν έχει προηγηθεί επεξεργασία για τη μείωση BOD_5 , COD και SS

Τα καλύτερα αποτελέσματα επιτυγχάνονται σε απόβλητο το οποίο έχει υποστεί κάποια επεξεργασία η οποία έχει μειώσει σημαντικά τις άλλες ρυπαντικές παραμέτρους.

Η παραπάνω παρατήρηση αφορά βέβαια την πρακτική χρησιμότητα της τεχνολογίας, καθώς φαίνεται ότι η αύξηση της δοσολογίας του όζοντος μπορεί να δώσει εξίσου καλά αποτελέσματα και σε ανεπεξέργαστο απόβλητο, φτάνει να έχει ψυχθεί επαρκώς. Τούτο όμως οδηγεί στην ανάγκη παραγωγής πολύ μεγάλων ποσοτήτων όζοντος και άρα σε πάρα πολύ υψηλές πάγιες επενδύσεις.

Ο αποχρωματισμός αποβλήτου στη έξοδο της εγκατάστασης επεξεργασίας φαίνεται να απαιτεί δοσολογία που κυμαίνεται από 50 έως 100 mg/l στις περισσότερες περιπτώσεις, η οποία επιτυγχάνει μείωση του χρώματος κατά 85-92%. Η δοσολογία αυτή επιτυγχάνει ταυτόχρονα και μια μείωση του COD κατά 40% περίπου, ενώ παρατηρήθηκαν μικρές αυξήσεις του BOD_5 της τάξης του 3-7%.

Από οικονομική άποψη η χρήση του όζοντος παρουσιάζεται σαφώς πιο συμφέρουσα, καθώς η επένδυση για την εγκατάσταση ενός συστήματος όζοντος, συνυπολογίζοντας το κόστος λειτουργίας, μπορεί να αποσβεσθεί σε περίπου 3-4 χρόνια, σε σχέση με το κόστος της προσθήκης χημικών, αλλά και της διαχείρισης της λάσπης που προκύπτει.

4. ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ

Τόσο οι βιομηχανίες τροφίμων και ποτών, όσο και τα βαφεία τα οποία υπήρξαν το κύριο αντικείμενο της πιλοτικής εφαρμογής, είναι εγκαταστάσεις με ιδιαίτερα υψηλές ανάγκες σε νερό διεργασιών το μεγαλύτερο μέρος του οποίου καταλήγει στην εγκατάσταση επεξεργασίας των αποβλήτων.

Το γεγονός αυτό μπορεί να αναλυθεί σε δύο διαστάσεις:

- Η πρώτη αφορά την επιβάρυνση του κόστους παραγωγής, στην περίπτωση που πρόκειται για νερό δικτύου, το οποίο η επιχείρηση αγοράζει από τον αρμόδιο τοπικό οργανισμό (ΟΥΘ ή ΔΕΥΑ).
- Η δεύτερη αφορά την εξάντληση των υπεδάφινων υδατικών πόρων μέσω υδροβόρων ιδιωτικών γεωτρήσεων.

Γενικά η διάθεση των υδάτινων πόρων θα πρέπει να είναι συνδεδεμένη με τον έλεγχο δύο βασικών παραμέτρων:

- την κατανάλωση των πόρων με μεγαλύτερο ρυθμό από ότι αυτοί επανασυντάσσονται
- τη φθορά των πόρων και της ικανότητάς τους να αναγεννώνται

Παράλληλα η υπερεκμετάλλευση των υδάτινων πόρων μπορεί να οδηγήσει σε μια σειρά ιδιαίτερων φαινομένων στην ποιότητα και υφή των υπόγειων υδροφορέων. Χαρακτηριστικές είναι οι περιπτώσεις του παράκτιου πεδίου του Νομού Ροδόπης και του Αργολικού πεδίου, όπου η πτώση της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα κάτω από τη στάθμη της θάλασσας είχε ως αποτέλεσμα τη διείσδυση της θάλασσας και την εμφάνιση φαινομένων υφαλμύρισης. Ακόμα σε υδροφόρους υπό πίεση όπου το νερό αποτελεί ταυτόχρονα και το στήριγμα του σκελετού του υδροφορέα, η πτώση του επιπέδου των νερών οδηγεί σε συμπίεση των κενών των πόρων του υδροφορέα με αποτέλεσμα την καθίζηση της επιφάνειας του εδάφους, όπως στο Καλοχώρι.

Άρα για μια επιχείρηση η διαχείριση των αναγκών της σε νερό αποτελεί τόσο παράγοντα μείωσης του κόστους παραγωγής, όσο και εργαλείο για την κοινωνική της πολιτική και τις σχέσεις της με τις γειτονικές κοινωνίες.

Στην περίπτωση ενός βαφείου, ιδιαίτερα εάν αυτό χρησιμοποιεί νερό δικτύου, τα οικονομικά οφέλη από ένα σύστημα ανακύκλωσης νερού θα ήταν σημαντικάτα.

Ήδη, στα πλαίσια των πιλοτικών εφαρμογών, έγινε μια προσπάθεια εκτίμησης των ποιοτικών αποτελεσμάτων χρησιμοποίησης επανακυκλωμένου νερού στην παραγωγική διαδικασία. Η χρησιμοποίηση νερού από την έξοδο της εγκατάστασης επεξεργασίας υγρών αποβλήτων και μετά από επεξεργασία με όζον, στην βαφή υφασμάτων έδωσε αποτελέσματα που, ποιοτικά, εκτιμήθηκαν ως άριστα, και υπεραποδεκτά για τις προδιαγραφές της συγκεκριμένης επιχείρησης.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Associazione Termotecnica Italiana, Convegno «Esperienze di gestione e riuso delle acque urbane e

- industriali come nuova fonte di risorse», Cenobio dei Dogi 1995
- Διαμαντής Ι., Πλιάκας Φ. «Επιπτώσεις από την υπερεκμετάλλευση των υπογείων νερών-Αντιμετώπιση-Τεχνητός εμπλουτισμός»Πρακτικά διεθνούς συνεδρίου Διαχείρισης Υδατικών Πόρων, Λάρισα 1996
 - ΔΙ.ΠΕ.ΧΩ. Κ. Μακεδονίας «Περιβάλλον-Νομοθεσία», Θεσσαλονίκη 1995
 - Μαρκαντωνάτος Γ. «Επεξεργασία και διάθεση υγρών αποβλήτων», Αθήνα 1990
 - Ozono Elettronica Internazionale, «Informational package», Milano 1997
 - Scoville P. «Ozone goes for the quick kill», INTERNATIONAL GROUND WATER TECHNOLOGY, October 1995
 - Στάμου Α. «Βιολογικός καθαρισμός αστικών αποβλήτων», Αθήνα 1995