

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΜΕΡΟΣ Β

ΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΝΕΡΩΝ ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΑ ΛΥΜΑΤΑ

4.1 Χημικά συστατικά λυμάτων

Τα χημικά συστατικά στα λύματα μιας πόλης αντικατοπτρίζουν, εκτός από τα χημικά συστατικά του νερού ύδρευσης, και έναν πάρα πολύ μεγάλο αριθμό από τις διάφορες χημικές ενώσεις που χρησιμοποιεί ο άνθρωπος στην καθημερινή ζωή, καθώς και από τις ουσίες που απορρίπτονται από τις λειτουργίες του ανθρώπινου οργανισμού. Ένας πρώτος διαχωρισμός των χημικών ουσιών που βρίσκονται στα λύματα είναι σε **ανόργανο υλικό** και σε **οργανικό υλικό**. Τα **ανόργανα χημικά συστατικά** περιλαμβάνουν τα θρεπτικά συστατικά, τα αμέταλλα συστατικά, τα μέταλλα και τα αέρια. Τα **οργανικά συστατικά** των αποβλήτων ταξινομούνται ως συσσωματωμένα (aggregate) και ως μεμονωμένα (individual) οργανικά συστατικά.

Πίνακας 1.6 Ανόργανα συστατικά που προσδιορίζονται στα αστικά λύματα.

Ανόργανο συστατικό	Λόγοι για τους οποίους πρέπει να προσδιορίζεται στα αστικά λύματα
Ασβέστιο, μαγνήσιο και νάτριο (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+})	Για τον έλεγχο της καταλληλότητας των λυμάτων για άρδευση εδαφών
Χλωριόντα(Cl^{-})	Για τον έλεγχο της καταλληλότητας των λυμάτων για άρδευση εδαφών
Αζωτο Αμμωνιακό (NH_3) Νιτρώδες (NO_2^{-}) Νιτρικό (NO_3^{-})	Για τον προσδιορισμό της αμμωνίας και των οξειδωμένων μορφών αζώτου σε διάφορα στάδια επεξεργασίας των αστικών λυμάτων
Υδροθείο (H_2S)	Για έλεγχο των οσμών καθώς και για τον έλεγχο του βαθμού διάβρωσης των υπονόμων
Φωσφορικά (PO_4^{3-})	Για έλεγχο της συγκέντρωσης φωσφόρου
Θειικά (SO_4^{2-})	Για έλεγχο της παρεμπόδισης της αναερόβιας επεξεργασίας της λάσπης
Αλκαλικότητα $\Sigma(\text{HCO}_3^{-} + \text{CO}_3^{2-} + \text{OH}^{-})$	Για έλεγχο της ρυθμιστικής ικανότητας των λυμάτων
Μακροστοιχεία και ιχνοστοιχεία μετάλλων	Για έλεγχο της καταλληλότητας των λυμάτων για άρδευση εδαφών και για την εκτίμηση της τοξικότητας στην βιολογική επεξεργασία και στους αποδέκτες διάθεσης λυμάτων

Το **ανόργανο υλικό** που περιέχεται στα αστικά λύματα περιλαμβάνει ανόργανο υλικό που υπήρχε στο νερό από το οποίο προέκυψαν τα λύματα, καθώς και ανόργανο υλικό που μεταφέρθηκε κατά τη διαδικασία παραγωγής των λυμάτων ή προέκυψε κατά τη μετατροπή ή αποδόμηση οργανικού υλικού των λυμάτων. Τα ανόργανα συστατικά που προσδιορίζονται στα αστικά λύματα, τόσο για τον έλεγχο της επεξεργασίας τους όσο και για την αξιολόγηση των διάφορων τρόπων διάθεσης τους, δίνονται στον **Πίνακα 1.6**. Σε ξεχωριστούς πίνακες δίνονται οι πηγές/χρήσεις των μετάλλων (**Πίνακας 1.7**) που μας ενδιαφέρουν για την επεξεργασία, επαναχρησιμοποίηση και διάθεση επεξεργασμένων εκροών και βιοστερεών (**Πίνακας 1.8**) καθώς και τα τυπικά όρια που συναντιούνται σε δευτεροβάθμιες εκροές (**Πίνακας 1.9**). Η ύπαρξη και οι συγκεντρώσεις μετάλλων σε υδατικά δείγματα προσδιορίζονται με χρήση αναλυτικών μεθόδων όπως αυτής της φασματομετρίας ατομικής απορρόφησης με φλόγα οι οποίες θα συζητηθούν ξεχωριστά σε επόμενο κεφάλαιο.

Πίνακας 1.7 Τυπικά συστατικά αποβλήτων που παράγονται από εμπορικές, βιομηχανικές και αγροτικές δραστηριότητες και έχουν χαρακτηριστεί ως ρύποι προτεραιότητας.

Στοιχείο	Σύμβολο	Χρήση	Σημασία
Αρσενικό	As	Προσθετικό κραμάτων μετάλλων, ειδικά μολύβδου και χαλκού, ηλεκτρόδια μπαταριών, περιβλήματα καλωδίων, σωλήνες θερμαντήρων. Υψηλής καθαρότητας μέταλλο (ημιαγωγός).	Καρκινογόνο και μεταλλαξιογόνο. Σε μακροχρόνια βάση μερικές φορές μπορεί να προκαλέσει κόπωση ή απώλεια ενέργειας. Δερματίτιδες.
Βάριο	Ba	Κράμα μετάλλων σε ηλεκτρονικές λυχνίες, αντιοξειδωτικό του χαλκού, λιπαντικό ανοδικών στροφών ηλεκτρονικών λυχνιών, κράμα μετάλλων στα μπουζί των αυτοκινήτων, ιατρική χρήση για ακτίνες Χ.	Εύφλεκτο σε θερμοκρασία δωματίου, αυξημένη αρτηριακή πίεση και νευρικός κλονισμός.
Κάδμιο	Cd	Επίστρωμα μετάλλων, συνθετικό κραμάτων που λιώνουν εύκολα, επιχαλκωμένα κράματα, συστήματα πυρασφάλειας, συσσωρευτές νικελίου-καδμίου, καλώδια μπαταριών, βαφές για υαλώδη επίστρωση κεραμικών αντικειμένων, μυκητοκτόνα, υλικά φωτογραφίας, λιθογραφίας, ηλεκτρόδια για λάμπες καδμίου, φωτοηλεκτρικά κύτταρα.	Εύφλεκτο σε μορφή σκόνης. Τοξικό κατά την εισπνοή σκόνης ή καπνού. Καρκινογόνο. Τα διαλυτά συστατικά του καδμίου είναι εξαιρετικά τοξικά. Σε μακροχρόνια βάση δημιουργεί βλάβες στο συκώτι, στους νεφρούς, στο πάγκρεας και στους θυρεοειδείς αδένες. Επίσης είναι πιθανή η πρόκληση υπέρτασης.
Χρώμιο	Cr	Υλικό κράματος που χρησιμοποιείται για επίστρωση πλαστικών υποστρωμάτων που χρησιμοποιούνται για την πρόληψη της διάβρωσης, συστατικό ανοξειδωτων χαλύβων, προστατευτικό επίστρωμα εξαρτημάτων αυτοκινήτου, πυρηνική έρευνα, συστατικό ανόργανων βαφών.	Οι ενώσεις του εξασθενούς χρωμίου δημιουργούν καρκινογένεση. Επίσης είναι διαβρωτικές. Σε μακροχρόνια βάση δημιουργεί δερματικές παθήσεις και βλάβες των νεφρών.
Μόλυβδος	Pb	Συσσωρευτές μπαταριών, προσθετικό της βενζίνης, επίστρωμα καλωδίων, πυρομαχικά, σωληνουργία, συστατικό εσωτερικής επένδυσης δεξαμενών, συγκολλητικό κραμάτων μετάλλων, ελάσματα, επίστρωμα κουζινέτου αυτοκινήτου.	Τοξικό κατά την εισπνοή καπνού ή ατμών. Σε μακροχρόνια βάση προκαλεί διαταραχές του κεντρικού νευρικού και γενετικές δυσμορφίες.

Υδράργυρος	Hg	Αμαλγάματα, ηλεκτρικοί καταλύτες, παραγωγή χλωρίου και καυστικής σόδας, λάμπες υδραργύρου, επίστρωμα καθρεφτών, τοξοειδείς λαμπτήρες, λέβητες.	Ιδιαίτερα τοξικό κατά την απορρόφηση από το δέρμα ή κατά την εισπνοή καπνού ή ατμών. Σε μακροχρόνια βάση προκαλεί διαταραχές του κεντρικού νευρικού συστήματος και γενετικές δυσμορφίες.
Σελήνιο	Se	Ηλεκτρονικά, ξηρογραφικές πλάκες, τηλεοπτικές κάμερες, φωτοκύτταρα, μαγνητικοί πυρήνες υπολογιστών, ηλιακές μπαταρίες, κεραμικά, ατσάλι και χαλκός, επιταχυντές ελαστικών, καταλύτες, ιχνοστοιχείο σε ζωοτροφές.	Σε μακροχρόνια βάση δημιουργεί κόκκινα σημάδια στα δάχτυλα, τα δόντια και τα μαλλιά. Γενική αδυναμία. Ερεθισμός της μύτης και του στόματος.
Άργυρος	Ag	Παρασκευή του νιτρικού αργύρου, του βρωμιούχου αργύρου και των φωτοχημικών. Εσωτερική επένδυση βαρελιών μούστου και άλλων εξαρτημάτων δοχείων που χρησιμοποιούνται για χημικές αντιδράσεις, αποστάξεις κ.λ.π. Καθρέφτες, ηλεκτρικοί αγωγοί, ηλεκτρονικές συσκευές, αποστειρωτικά διαλύματα, επεξεργασία του νερού, κόλλες χειρουργείου, καταλύτες, ειδικές μπαταρίες, ηλιακά κύτταρα, ανακλαστήρες ηλιακών πύργων, κράματα που λιώνουν σε χαμηλές θερμοκρασίες, μαχαιροπίρουνα, κοσμήματα, οδοντιατρικά εργαλεία, ηλεκτρικές συνδέσεις, ανθεκτικά μέταλλα, μαγνητικά ελάσματα, οδοντιατρικά αμαλγάματα. Ο κολλοειδής άργυρος χρησιμοποιείται στη φωτογραφία και στην ιατρική συχνά συνδυασμένος με πρωτεΐνες.	Τοξικό μέταλλο. Σε μακροχρόνια βάση προκαλεί μόνιμο αποχρωματισμό του δέρματος, των ματιών και των βλεννωδών μεμβρανών.

Πίνακας 1.8 Σημαντικά μέταλλα για τη διαχείριση των υγρών αποβλήτων^α.

Dxi

Μέταλλο	Σύμβολο	Θρεπτικά απαραίτητα για την ανάπτυξη		Όριο συγκέντρωσης ανασταλτικής επίδρασης σε ετερότροφους οργανισμούς, mg/L	Χρησιμοποιείται για την εύρεση του SAR	Χρησιμοποιείται για τη διαπίστωση του εάν τα βιοσπερα είναι κατάλληλα για αγροτική χρήση
		Μακροστοιχεία	Ιχνοστοιχεία			
Αρσενικό	As			0,05		✓
Κάδμιο	Cd			1,0		✓
Ασβέστιο	Ca	✓			✓	
Χρώμιο	Cr		✓	10 ^β , 1 ^γ		
Κοβάλτιο	Co		✓			
Χαλκός	Cu		✓	1,0		✓
Σίδηρος	Fe	✓				
Μόλυβδος	Pb		✓	0,1		✓
Μαγνήσιο	Mg	✓	✓		✓	
Μαγγάνιο	Mn		✓			
Υδράργυρος	Hg			0,1		✓
Μολυβδένιο	Mo		✓			✓
Νικέλιο	Ni		✓	1,0		✓
Κάλιο	K	✓				
Σελήνιο	Se		✓			✓
Νάτριο	Na	✓			✓	
Βολφράμιο	W		✓			
Βανάδιο	V		✓			
Ψευδάργυρος	Zn		✓	1,0		✓

^αΠΗΓΗ: Metcalf and Eddy^βΟλικό χρώμιο^γΕξασθενές χρώμιο

Πίνακας 1.9 Τυπικά όρια εκροών τοξικών συστατικών που απαντώνται σε δευτεροβάθμιες εκροές.

Συστατικό	Μονάδες	Μέση τιμή ^α	
		Ημερήσια	Μηνιαία
Αρσενικό	μg/L	20	
Κάδμιο	μg/L	1,1	
Χρώμιο	μg/L	11	
Χαλκός	μg/L	4,9	
Μόλυβδος ^β	μg/L	5,6	
Υδράργυρος	μg/L	2,1	0,012
Νικέλιο ^β	μg/L	7,1	
Σελήνιο ^β	μg/L	5,0	
Άργυρος	μg/L	2,3	
Ψευδάργυρος ^β	μg/L	58	
Dieldrin ^γ	μg/L	0,0019	0,00014
Lindane	μg/L	0,16	0,063
Τριβουτυλο-κασσίτερος	μg/L	0,01	0,005
ΡΑΗ ^{δ,ε}	μg/L	0,049	

^α Όρια που αναφέρονται στη μέση συγκέντρωση όλων των δειγμάτων που συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια της μέσης περιόδου (ημερήσια-24h περίοδος, μηνιαίος-ημερολογιακός μήνας).

^β Το όριο της εκροής λαμβάνεται ως η μέση τιμή 4 ημερών. Εάν θα πρέπει να γίνει μετατροπή ως προς τη μέση τιμή 4 ημερών, τότε οι συγκεντρώσεις τεσσάρων ημερήσιων συγκεντρώσεων δειγμάτων μετατρέπονται σε μέση τιμή του 4.

^γ Η εναρμόνιση θα βασιστεί στο επίπεδο προσδιορισμού στην πράξη (Practical Quantification Level, PQL), 0,07 μg/L.

^δ ΡΑΗ, Polycyclic Aromatic Hydrocarbons = πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες.

^ε Η εναρμόνιση θα βασιστεί στο επίπεδο προσδιορισμού στην πράξη (PQL) για κάθε ΡΑΗ, 4 μg/L.

Οι κυριότερες ομάδες **οργανικού υλικού** στα αστικά λύματα είναι οι πρωτεΐνες (40 έως 60%), οι υδατάνθρακες (25-50%) και τα έλαια και λίπη (περίπου 10%). Μια άλλη σημαντική οργανική ένωση των αστικών λυμάτων είναι η ουρία, η οποία αποτελεί το κυριότερο συστατικό των ούρων.

Οι **πρωτεΐνες** είναι οργανικές ενώσεις που περιέχουν σημαντικά ποσοστά αζώτου και αποτελούν τις βασικές δομικές μονάδες της ζωής ύλης. Οι πρωτεΐνες είναι μακρομόρια από αμινοξέα και η αλυσίδα τους περιέχει ένα μεγάλο αριθμό από μοριακές ομάδες (40 έως μερικές χιλιάδες), που συνδέονται μεταξύ τους με δεσμό πεπτιδικού τύπου. Πολυμερή των αμινοξέων με μικρό αριθμό

μοριακών ομάδων (μικρότερο από 40) ονομάζονται πολυπεπτίδια. Μερικές πρωτεΐνες από αυτές που απαντώνται στο δέρμα, στο μαλλί, στο μετάξι και στα πούπουλα είναι ινώδεις. Σημειώνεται ότι οι ινώδεις πρωτεΐνες είναι αδιάλυτες στο νερό και κατά συνέπεια στα λύματα απαντώνται υπό μορφή αιωρούμενου ή κολλοειδούς οργανικού υλικού.

Οι **υδατάνθρακες** αποτελούνται από άνθρακα, υδρογόνο και οξυγόνο. Τα άτομα υδρογόνου απαντώνται με την ίδια αναλογία όπως και στο μόριο του νερού. Οι πιο απλοί υδατάνθρακες είναι οι μονοσακχαρίτες (απλά σάκχαρα) που αποτελούνται από έξι άτομα άνθρακα. Η γλυκόζη είναι ο πιο κοινός μονοσακχαρίτης που εμπλέκεται στις βιοχημικές διεργασίες των φυτικών και ζωικών κυττάρων. Οι πολυσακχαρίτες είναι βιοπολυμερή με μεγάλη μοριακή μάζα. Το άμυλο και το γλυκογόνο (ζωικό άμυλο) είναι δύο αντιπροσωπευτικοί πολυσακχαρίτες. Η κυτταρίνη είναι επίσης ένας πολυσακχαρίτης, που παράγεται κατά την ανάπτυξη των φυτών και σχηματίζει το δομικό υλικό των φυτικών κυτταρικών τοιχωμάτων. Το ξύλο αποτελείται κατά 60% περίπου από κυτταρίνη, ενώ το ποσοστό κυτταρίνης στις ίνες του βαμβακιού φτάνει το 90%. Η κυτταρίνη βρίσκεται στα αστικά λύματα σε σχετικά μεγάλες συγκεντρώσεις και αποδομείται αρκετά δύσκολα. Μερικοί υδατάνθρακες είναι διαλυτοί στο νερό (απλά σάκχαρα), ενώ άλλοι είναι αδιάλυτοι (άμυλο). Οι διαλυτοί υδατάνθρακες που υπάρχουν στα λύματα αποικοδομούνται αρκετά εύκολα ενώ το άμυλο αποδομείται με μεγάλη δυσκολία.

Τα έλαια και λίπη (oil and grease) περιλαμβάνουν τα λίπη, τα έλαια και άλλα σχετικά συστατικά που απαντώνται στα υγρά απόβλητα. Ο όρος **λίπη, έλαια και γράσα (fats, oil and grease)** είναι παλαιότερος και αντικαταστήθηκε από αυτόν του oil and grease. Τα έλαια και λίπη είναι παρόμοια στη χημική τους σύσταση και αποτελούν εστέρες αλκοολών ή γλυκερίνης με λιπαρά οξέα. Τα γλυκερίδια που είναι υγρά σε θερμοκρασία περιβάλλοντος ονομάζονται έλαια ενώ εκείνα που είναι στερεά ονομάζονται λίπη. Σημειώνεται ότι στα αστικά λύματα απαντώνται επίσης ορυκτά έλαια και γράσα, τα οποία εισέρχονται στο δίκτυο αποχέτευσης κυρίως από συνεργεία επισκευής αυτοκινήτων. Τα λίπη και τα έλαια εμφανίζουν μικρή διαλυτότητα στο νερό, με αποτέλεσμα ο ρυθμός βιολογικής αποδόμησης να είναι χαμηλός. Ιδιαίτερα όσον αφορά τα ορυκτέλαια, θα πρέπει να καταβάλλεται κάθε προσπάθεια για τη μείωση των απορρίψεων στο σύστημα αποχέτευσης, διότι δημιουργούνται σοβαρά προβλήματα στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων.

Το οργανικό φορτίο των λυμάτων, δηλαδή η οργανική ύλη, αποτελεί το συνηθέστερο και τον πιο σημαντικό ρύπο του νερού. Υψηλή συγκέντρωση οργανικής ύλης στο νερό προκαλεί αποξυγόνωση του νερού, πράγμα που μπορεί να μειώσει ή ακόμη και να εξαφανίσει τους υδρόβιους οργανισμούς. Οι οργανικές ουσίες αποτελούν τη βασική τροφή των αερόβιων ετεροτροφικών – χημικοσυνθετικών μικροοργανισμών, οι οποίοι καταναλώνουν το διαλυμένο

οξυγόνο για την επιβίωσή τους. Υψηλές όμως συγκεντρώσεις οργανικής ύλης συνεπάγονται μεγαλύτερη μάζα μικροοργανισμών και συνεπώς ταχύτερη κατανάλωση του διαλυμένου οξυγόνου. Αν η ταχύτητα αυτή είναι μεγαλύτερη από την ταχύτητα οξυγόνωσης, προκύπτει μείωση της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό.

Είναι σημαντικό να γνωρίζουμε επίσης την ύπαρξη των

- **Επιφανειοδραστικών ενώσεων** (απορρυπαντικά), που είναι μόρια που αποτελούνται από μια υδρόφιλη και μια υδρόφοβη ομάδα.
- **Μεμονωμένων οργανικών συστατικών**, που αφορούν τους ρύπους προτεραιότητας (βάσει Environmental Protection Agency; EPA) και άλλων οργανικών ενώσεων που εμφανίζουν ενδιαφέρον.

Η ύπαρξη και οι συγκεντρώσεις αυτών των οργανικών συστατικών σε υδατικά δείγματα προσδιορίζονται με χρήση αναλυτικών μεθόδων όπως αυτής της αέριας και της υγρής χρωματογραφίας, οι οποίες θα συζητηθούν ξεχωριστά σε επόμενα κεφάλαια.

Στους παρακάτω πίνακες (Πίνακες 1.10 και 1.11) παρουσιάζονται οι σημαντικότερες από αυτές τις ομάδες ενώσεων.

Πίνακας 1.10 Τυπικές ομάδες οργανικών συστατικών που έχουν αναγνωριστεί ως μεμονωμένα συστατικά.

Ουσίες	Πηγή	Ενδιαφέρον
Πτητικά οργανικά συστατικά	Βρίσκονται στο έδαφος και σε επιφανειακά νερά.	Δυνατότητα καρκινογένεσης και τερατογένεσης σε ανθρώπους.
1,2-διβρωμοαιθάνιο (EDB) και 1,2-διβρωμο-3-χλωροπροπάνιο (DBCP)	Βρίσκονται στα υπόγεια νερά, ειδικά σε μέρη όπου αυτά τα συστατικά έχουν χρησιμοποιηθεί ως απολυμαντικά με καπνό.	Επιβλαβή για την ανθρώπινη υγεία.
Τριαλομεθάνια	Βρίσκονται στο χλωριωμένο πόσιμο νερό.	Υποπροϊόν της απολύμανσης. Δυνατότητα καρκινογένεσης.
Χλωριωμένα οργανικά διαλυτικά	Βρίσκονται στα ύδατα που έχουν ρυπανθεί από τη βιομηχανική δραστηριότητα.	Δυνατότητα καρκινογένεσης.
Αλοξικά οξέα (HAA)	Σχηματίζονται κατά τη χλωρίωση των φυσικών οργανικών υλικών (χουμικά και φουλβικά οξέα).	Υποπροϊόν της απολύμανσης. Δυνατότητα καρκινογένεσης.

Τριχλωροφαινόλη	Σχηματίζεται κατά τη χλωρίωση των φυσικών οργανικών υλικών (χουμικά και φουλβικά οξέα).	Υποπροϊόν της απολύμανσης. Το διχλωροξικό οξύ και το τριχλωροξικό οξύ προκαλούν καρκίνο σε ζώα.
Αλδεΐδες	Σχηματίζονται κατά την εφαρμογή όζοντος σε νερό που περιέχει οργανικό υλικό.	Υποπροϊόν απολύμανσης.
Απεσταγμένο βασικό/ουδέτερο/όξινο υλικό	Πολλά ημιπτητικά συστατικά που περιλαμβάνουν πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες, φθαλικά, φαινολικά, οργανοχλωριωμένα φυτοφάρμακα και πολυχλωριωμένα διφαινύλια.	Πολλά από τα συστατικά αυτά είναι τοξικά ή προκαλούν καρκίνο.
Φαινόλες	Γενικά ανιχνεύσιμες σε βιομηχανικές εκροές.	Δίνουν μια ιδιάζουσα γεύση στο νερό σε μικρές συγκεντρώσεις. Σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις πολλές φαινόλες είναι επιβλαβείς στην ανθρώπινη υγεία.
Πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCB)	Βρίσκονται σε ύδατα που έχουν ρυπανθεί από έλαια μετασχηματιστών.	Αυτά τα συστατικά είναι τοξικά, βιοσυσσωρεύονται, ενώ είναι επίσης εξαιρετικά σταθερά στο νερό.
Πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (PAH)	Υποπροϊόντα της διαδικασίας καύσης πετρελαίου.	Πολλά συστατικά αυτής της ομάδας προκαλούν καρκίνο ακόμη και σε σχετικά χαμηλές συγκεντρώσεις.
Καρβονικά φυτοφάρμακα	Βρίσκονται σε ύδατα που έχουν ρυπανθεί από φυτοφάρμακα.	
Οργανοχλωριωμένα φυτοφάρμακα	Βρίσκονται σε ύδατα που έχουν ρυπανθεί από φυτοφάρμακα.	Πολλά συστατικά αυτής της ομάδας βιοσυσσωρεύονται και είναι σταθερά στο νερό. Είναι επίσης τοξικά και εμφανίζουν δυνατότητα καρκινογένεσης.
Όξινα συστατικά ζιζανιοκτόνων	Χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των ζιζανίων και συναντώνται σε υδάτινα οικοσυστήματα.	

Ζιζανιοκτόνα παράγωγα της γλυκίνης

Ευρύ φάσμα μη ανιχνεύσιμων επικίνδυνων ζιζανιοκτόνων.

Πιθανή η ρύπανση των υδάτων εξαιτίας της μεταφοράς τους μέσω των απορροών και των ψεκασμών.

Τ. ζινκ ΠΗ, SOS

Πίνακας 1.11 Επικίνδυνα οργανικά συστατικά που βρίσκονται σε επιφανειακά ύδατα

Αντιβιοτικά που χρησιμοποιούνται στην ιατρική και την κτηνιατρική		
Carbadox	Norfloxacin	Sulfamethazine
Chlortetracycline	Oxytetracycline	Sulfamethiazole
Ciprofloxacin	Roxarsone	Sulfamethoxazole
Doxycycline	Roxithromycin	Sulfathiazole
Enrofloxacin	Sarafloxacin	Tetracycline
Erythromycin	Spectinomycin	Trimethoprim
Erythromycin-H ₂ O	Sulfachlorpyridazine	Tylosin
Ivermectin	Sulfadimethoxine	Virginiamycin
Lincomycin	Sulfamerazine	

Φαρμακευτικές ενώσεις και άλλοι μεταβολίτες	
Acetaminophen (αντιπυρετικό)	Gemfibrozil (αφομοιωτικό λίπους)
Amoxicillin (αντιβιοτικό)	Ibuprofen (αντιφλεγμονώδες)
Caffeine (διεγερτικό)	Metformin (αντιδιαβητικό)
Cimetidine (αντιοξικό)	Paraxanthine (μεταβολίτης της καφεΐνης)
Cotinine (μεταβολίτης της νικοτίνης)	Paroxetin (μεταβολίτης paroxil)
Dehydronifedipine (ηρεμιστικό)	Ranitidine (αντιοξικό)
Digoxigenin(μεταβολίτης digoxin)	Salbutamol (αντιασθματικό)
Diltiazam (αντιυπερτασικό)	Sulfamethoxazole (αντιβιοτικό)
Enalaprilat (αντιυπερτασικό)	Trimethoprim (αντιβιοτικό)
Fluoxetine (αντικαταθλιπτικό)	

Υποπροϊόντα βιομηχανικών και οικιακών υγρών αποβλήτων	
Ακετοφαινόνη (αποσμητικό)	Χοληστερόλη (δείκτης κοπρανώδους υλικού)
Ανθρακένιο (PAH)	Cis-chlordane (φυτοφάρμακο)
Βενζο(α)πυρένιο (PAH)	Carbaryl (φυτοφάρμακο)
2,6 δι-τετρα-παρα-βενζοκινόννη (αντιοξειδωτικό)	Κωδεΐνη (αναλγητικό)
5-μεθυλο1 Η βενζοτριαζόλη (αντιοξειδωτικό)	3β-κοπροστανόλη (δείκτης κοπρανώδους υλικού σαρκοφάγου ζώου)
BisphenolA (χρησιμοποιείται στα πολυμερή)	Κοτινίνη (μεταβολίτης της νικοτίνης)
Δι (2-αιθυλεξυλ) φθαλικός εστέρας (πλαστικό)	Παρακρεσόλη (συντηρητικό ξύλου)
2,6-δι-τετρα-βουτυλοφαινόλη (αντιοξειδωτικό)	Diazinon (φυτοφάρμακο)
Βουτυρική υδροξυανισόλη (BHA)	1,4 διχλωροβενζόλιο (εντομοκτόνο καπνιστικό)
Βουτυρικό υδροξυτολουόλιο (BHT, αντιοξειδωτικό)	Dieldrin (φυτοφάρμακο)

4.2 Τρόποι έκφρασης της συγκέντρωσης του οργανικού υλικού

505

Ο ποιοτικός και ποσοτικός προσδιορισμός κάθε οργανικής ένωσης ξεχωριστά είναι δύσκολος και ιδιαίτερα δαπανηρός, λόγω της ύπαρξης μεγάλου αριθμού οργανικών συστατικών. Για το λόγο αυτό, χρησιμοποιείται ο προσδιορισμός τριών παραμέτρων, οι οποίες μπορούν να παρέχουν σημαντικές πληροφορίες για το είδος και το επίπεδο του οργανικού φορτίου στα ύδατα και τα απόβλητα. Συγκεκριμένα η οργανική ύλη ή οργανικό φορτίο των λυμάτων μετριέται και αποδίδεται σε όρους:

1. Βιοχημικά Απαιτούμενου Οξυγόνου (Biochemical Oxygen Demand, **BOD**),
2. Χημικά Απαιτούμενου Οξυγόνου (Chemical Oxygen Demand, **COD**) και
3. Ολικού και Διαλυμένου Οργανικού Άνθρακα (Total Organic Carbon, **TOC**, Dissolved Organic Carbon, **DOC**).

505

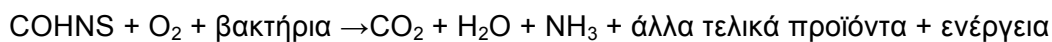
4.2.1 Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (BOD)

=505

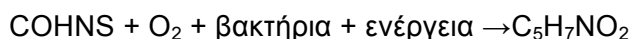
Εάν υπάρχει επαρκής διαθέσιμη ποσότητα οξυγόνου, η αερόβια βιολογική διάσπαση ενός οργανικού απόβλητου θα συνεχίσει έως ότου όλα τα απόβλητα καταναλωθούν. Σε γενικές γραμμές τρεις αντιδράσεις μπορούν να λάβουν χώρα: (i) ένα μέρος των οργανικών ενώσεων οξειδώνεται (οξειδωση) σε κάποια τελικά προϊόντα, (ii) ενώ απελευθερώνεται ενέργεια για τη διατήρηση των κυττάρων και τη δημιουργία καινούργιου κυτταρικού ιστού (σύνθεση) και (iii) όταν το οργανικό υλικό έχει τελειώσει τότε το νέο κύτταρο αρχίζει να καταναλώνει τον ιστό του προκειμένου να αποκτήσει την κατάλληλη ενέργεια για να διατηρηθεί (ενδογενής αναπνοή). Χρησιμοποιώντας τον τύπο COHNS, που υποδηλώνει τα στοιχεία άνθρακα, οξυγόνο, άζωτο και θείο, για τον ορισμό του οργανικού υλικού και τον τύπο $C_5H_7NO_2$ για τον ορισμό του ιστού του

κυττάρου, τότε οι τρεις διαδικασίες ορίζονται από τις ακόλουθες τρεις γενικευμένες χημικές αντιδράσεις.

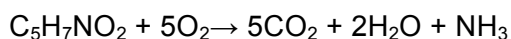
(i) Οξείδωση



(ii) Σύνθεση

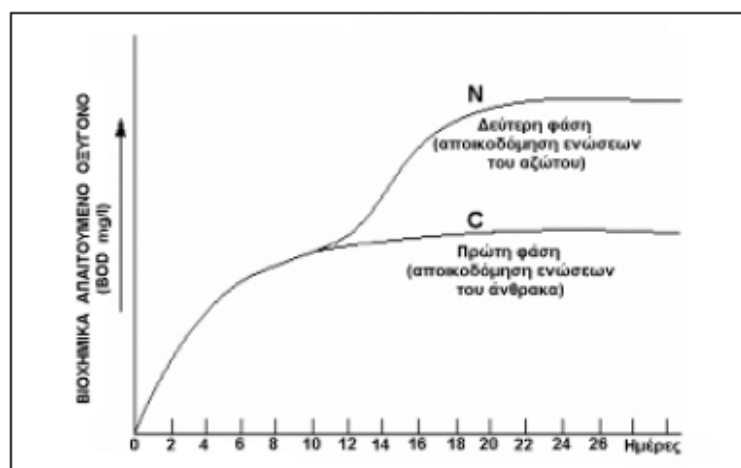


(iii) Ενδογενής αναπνοή



Το Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (BOD) είναι η ποσότητα του διαλυμένου οξυγόνου που απαιτείται από τους μικροοργανισμούς για την πλήρη βιοχημική οξείδωση των περιεχόμενων οργανικών ουσιών στα υγρά απόβλητα. Η ταχύτητα της βιολογικής αυτής οξείδωσης εξαρτάται από το είδος της οργανικής ύλης που περιέχεται στο προς εξέταση δείγμα. Υπάρχουν οργανικές ουσίες που οξειδώνονται ή αποικοδομούνται βιολογικά σχετικά εύκολα, αλλά υπάρχουν και αυτές που δεν οξειδώνονται βιολογικά.

Η βιολογική αποικοδόμηση των ανθρακούχων και αζωτούχων οργανικών ρυπαντικών ουσιών των αστικών λυμάτων γίνεται σε δύο στάδια και περιγράφεται από το διάγραμμα του **Σχήματος 1.10**.



Σχήμα 1.10. Τα στάδια της βιολογικής αποικοδόμησης των οργανικών ενώσεων (BOD).

Στο πρώτο στάδιο αποικοδομούνται κυρίως οι ενώσεις του άνθρακα (υδατάνθρακες, λίπη), προηγείται δηλαδή η οξείδωση των ευκολότερα βιοδιασπάσιμων ουσιών, ενώ στο δεύτερο οι ενώσεις του αζώτου (πρωτεΐνες, αμινοξέα). Το πρώτο στάδιο, για θερμοκρασία 20 °C, αρχίζει αμέσως και ολοκληρώνεται μέσα σε 20 περίπου ημέρες. Το δεύτερο στάδιο, για θερμοκρασία 20 °C, αρχίζει μετά την πάροδο 10 - 15 ημερών και διαρκεί πολύ περισσότερο χρόνο. Σημειώνεται

ότι σε άλλες θερμοκρασίες προκύπτουν διαφορετικά αποτελέσματα επειδή οι ρυθμοί βιοχημικής αντίδρασης εξαρτώνται από τη θερμοκρασία. Η θερμοκρασία των 20 °C χρησιμοποιείται ως μια μέση τιμή και έχει επικρατήσει στην εργαστηριακή πρακτική επειδή μπορεί εύκολα να διατηρηθεί σε επωαστή.

Όπως προκύπτει και από το διάγραμμα, η ολοκλήρωση της μέτρησης απαιτεί πολύ χρόνο. Για θερμοκρασία 20 °C απαιτούνται περίπου 20 ημέρες για να καταναλωθεί το 95-99 % του ολικού BOD. Για να γίνει πιο πρακτική η μέτρηση η κατανάλωση του οξυγόνου καθορίζεται με βάση τον προσδιορισμό του Βιοχημικά Απαιτούμενου Οξυγόνου σε πέντε (5) ημέρες (BOD₅). Το βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο 5 ημερών ονομάζεται σε αρκετές περιπτώσεις και Ανθρακογενές Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο 5 ημερών και είναι συνώνυμο με το Βιοχημικά Απαιτούμενου Οξυγόνου για τις ενώσεις του άνθρακα (**Carbocaneous Biochemical Oxygen Demand of 5 d, CBOD₅**). Οφείλεται να σημειωθεί εδώ ότι κατά τη διάρκεια υδρόλυσης των πρωτεϊνών παράγεται μη οργανικό υλικό, όπως η αμμωνία, και ορισμένα βακτήρια έχουν την ικανότητα να οξειδώνουν την αμμωνία σε νιτρώδη και νιτρικά. Η απαίτηση σε οξυγόνο για αυτού του είδους την οξείδωση ονομάζεται Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο για τις ενώσεις του αζώτου (**Nitrogenous Biochemical Oxygen Demand, NBOD**). Επειδή ο ρυθμός παραγωγής των αζωτοποιητικών βακτηρίων είναι χαμηλός, χρειάζονται 6-10 μέρες για να φτάσουν σε ικανοποιητικό πληθυσμό έτσι ώστε να έχουμε μετρήσιμη κατανάλωση οξυγόνου. Ωστόσο, εάν ένας ικανοποιητικός αριθμός βακτηρίων υπάρχει ήδη στο δείγμα, τότε μπορεί να δημιουργηθεί σημαντική παρεμβολή στη μέτρηση του **CBOD₅**.

Για τη μέτρηση του BOD₅ το δείγμα τοποθετείται σε μια γυάλινη σκουρόχρωμη φιάλη και αναδεύεται ισχυρά ώστε το περιεχόμενό της να εμπλουτιστεί με οξυγόνο. Στη συνέχεια σφραγίζεται και διατηρείται υπό ανάδευση στο σκοτάδι και σταθερή θερμοκρασία 20 °C για πέντε ημέρες. Σε περίπτωση που ελέγχονται νερά με χαμηλές συγκεντρώσεις μικροοργανισμών τότε χρησιμοποιείται εμβολιασμός με μικροοργανισμούς (όπως εμπορίου ή από πρωτοβάθμιες εκροές). Μετά τη πάροδο πέντε ημερών μετρίεται μανομετρικά η διαφορά πίεσης που υπάρχει στη φιάλη, λόγω της κατανάλωσης οξυγόνου από τους μικροοργανισμούς, προκειμένου αυτοί να επιβιώσουν και να αποικοδομήσουν το οργανικό φορτίο του δείγματος, και από τη μέτρηση αυτή υπολογίζεται η κατανάλωση οξυγόνου. Το αποτέλεσμα της κατανάλωσης οξυγόνου είναι το BOD₅ και εκφράζεται σε mg O₂/L λυμάτων. Ο προσδιορισμός του BOD μπορεί να γίνει και με τη μέτρηση του διαλυμένου οξυγόνου (ΔΟ; Dissolved Oxygen=DO) στις φιάλες BOD, είτε με χρήση **οξυγονόμετρου** είτε με την **ιωδιομετρική μέθοδο**.

Το BOD₅ των φρέσκων ανεπεξέργαστων αστικών λυμάτων είναι περίπου **360 mg/LO₂**. Αυτό αποτελεί μια μορφή έκφρασης του οργανικού φορτίου, το οποίο όμως μπορεί να εκφραστεί και

ως **ρύπανση** που προκύπτει από τον πληθυσμό και είναι **60 gr/κατ/ ημ** Τα αποτελέσματα των μετρήσεων του BOD χρησιμοποιούνται για την εύρεση της ποσότητας οξυγόνου που απαιτείται για τη βιοχημική οξείδωση των οργανικών ουσιών, για τη μέτρηση της αποδοτικότητας των διεργασιών επεξεργασίας υγρών αποβλήτων και τον έλεγχο της συμμόρφωσης με τα όρια των εκροών, τα οποία τίθενται από τη νομοθεσία.

Πίνακας 1.12 Χαρακτηριστικές τιμές BOD₅ (mg O₂/L)

Νερό ποταμών	<1
Νερό ποταμών με σχετική ρύπανση	2-20
Νερό ποταμών με ιδιαίτερη ρύπανση	>10
Επεξεργασμένα λύματα	<25 (νομοθετικό όριο)
Ακατέργαστα αστικά λύματα	350
Βιομηχανία γάλακτος	500-4200
Βιομηχανία επεξεργασίας ξύλου	780
Βιομηχανία ζάχαρης	1800
Βαφεία	300-600
Σφαγεία	167000

! " # \$ % & ' () * + , - . : ; < = > ? @ A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z [\] ^ _ ` { | } ~ ¡ ¢ £ ¤ ¥ ¦ § ¨ © ª « ¬ ® ¯ ° ± ² ³ ´ µ ¶ · ¸ ¹ º » ¼ ½ ¾ ¿ À Á Â Ã Ä Å Æ Ç È É Ê Ë Ì Í Î Ï Ñ Ò Ó Ô Õ Ö × Ø Ù Ú Û Ü Ý Þ ß à á â ã

Οι περιορισμοί στην ανάλυση του BOD είναι οι ακόλουθοι:

1. Είναι αναγκαία η προεπεξεργασία του δείγματος σε περίπτωση που υπάρχουν τοξικές ενώσεις, ενώ οι επιδράσεις των αζωτοποιητικών βακτηρίων πρέπει να περιοριστούν.
2. Μετρώνται μόνο τα βιοαποδομήσιμα οργανικά υλικά
3. Η ανάλυση δεν έχει στοιχειομετρική ισχύ μετά την κατανάλωση του διαλυτού οργανικού υλικού και μπορεί να απαιτείται μεγαλύτερη περίοδος για την ανάκτηση των αποτελεσμάτων.
4. Ενδέχεται να απαιτείται υψηλή συγκέντρωση ενεργών βακτηρίων που θα χρησιμοποιηθούν ως εμβόλιο.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι ο μεγαλύτερος περιορισμός έγκειται στο γεγονός ότι η περίοδος των 5 ημερών μπορεί και να μην αντιστοιχεί στο σημείο όπου το διαλυτό οργανικό υλικό έχει καταναλωθεί.

4.2.2 Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (COD)

Με τον όρο COD (Chemical Oxygen Demand) εννοούμε την ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται για τη χημική οξείδωση της οργανικής ύλης σε CO₂ και H₂O. Η οξείδωση αφορά το σύνολο των οργανικών ενώσεων που περιέχονται σε ένα δείγμα και μπορούν να οξειδωθούν με

ένα ισχυρό οξειδωτικό μέσο. Ως τέτοιο οξειδωτικό χρησιμοποιείται το διχρωμικό κάλιο ($K_2Cr_2O_7$) σε όξινο περιβάλλον.



όπου
$$d = \frac{2n}{3} + \frac{a}{6} - \frac{b}{3} - \frac{c}{2}$$

Αν και θα περίμενε κανείς οι τιμές των CBOD και COD να είναι ίσες, αυτό συμβαίνει σπάνια.

Κάποιοι από του λόγους είναι: (α) πολλές οργανικές ενώσεις οξειδώνονται χημικά αλλά η βιοχημική τους οξείδωση είναι δύσκολη, (β) κάποιες ανόργανες ενώσεις οξειδώνονται από το διχρωμικό κάλιο και αυξάνουν έτσι το εμφανιζόμενο οργανικό υλικό και (γ) κάποιες ενώσεις είναι τοξικές για τους μικροοργανισμούς που χρησιμοποιούνται στην ανάλυση BOD.

Η μέτρηση του COD χρησιμοποιείται πολλές φορές αντί της μέτρησης του BOD ή συμπληρωματικά. Η ταχύτητα της μέτρησης είναι το μεγάλο πλεονέκτημά της, αφού ολοκληρώνεται σε 2-3 ώρες, σε αντίθεση με τη μέτρηση του BOD₅, η οποία διαρκεί 5 ημέρες. Το μειονέκτημα όμως είναι ότι με το COD μετράται όχι μόνο η βιοδιασπάσιμη αλλά και η μη βιοδιασπάσιμη οργανική ύλη. Συνεπώς, η μέτρηση του COD είναι μας δίνει λιγότερες πληροφορίες από τη μέτρηση του BOD₅ όταν πρόκειται για προσδιορισμό του οργανικού φορτίου που υπάρχει στα τυπικά αστικά λύματα. Το COD των φρέσκων ανεπεξεργαστων αστικών λυμάτων είναι περίπου **500 mg/L O₂** ή **110 gr ανά κάτοικο ανά ημέρα (gr/κατ/ημ)**. Κατά κανόνα το COD είναι μεγαλύτερο από το BOD₅ και για τα αστικά λύματα ο λόγος COD / BOD₅ είναι 1,2 - 1,5.

Νομοθετικά όρια για επεξεργασμένα λύματα

BOD₅ 25 mg/LO₂

COD 125 mg/L O₂

TSS 35 mg/L

506

Παρατηρήσεις για τον προσδιορισμό του COD

- Κατά τον προσδιορισμό του COD γίνεται προσθήκη θειϊκού υδραργύρου (HgSO₄), με στόχο τη συμπλοκοποίηση των χλωριόντων, πριν από την προσθήκη του διχρωμικού καλίου, ώστε να αποφευχθεί η οξείδωση του προς χλώριο και η αντίστοιχη κατανάλωση οξειδωτικού.
- Τα αλειφατικά οξέα με ευθύγραμμη αλυσίδα οξειδώνονται μόνο μερικώς από το διχρωμικό κάλιο και η προσθήκη θειϊκού αργύρου (Ag₂SO₄) διευκολύνει την οξείδωση τους.
- Κάτω από τις συνθήκες που γίνεται ο προσδιορισμός του COD, το οργανικό άζωτο θεωρείται ότι μετατρέπεται σε αμμωνία (δεν είναι δυνατή η οξείδωση προς νιτρικά).

4.2.3 Ολικός Οργανικός Άνθρακας (Total Organic Carbon, TOC) και Διαλυμένος Οργανικός Άνθρακας (Dissolved Organic Carbon, DOC)

Ο ολικός οργανικός άνθρακας είναι ένα μέτρο κατάλληλο για μετρήσεις μικρών συγκεντρώσεων οργανικής ύλης, που ενδιαφέρουν ιδιαίτερα την παραγωγή πόσιμου νερού. Με τις σύγχρονες αναλυτικές συσκευές ο προσδιορισμός του ολικού οργανικού άνθρακα είναι πολύ απλή διαδικασία. Ένας αυτόματος αναλυτής TOC απαιτεί ελάχιστη ποσότητα υγρού δείγματος, το οποίο εισάγεται σε ειδική στήλη με καταλύτη, όπου καίγεται σε υψηλή θερμοκρασία προς διοξείδιο του άνθρακα (CO_2). Τα αποτελέσματα εκφράζονται σε mg/L TOC .

Όπως είναι γνωστό, ο **άνθρακας** που αποτελεί το πιο βασικό χημικό στοιχείο σύνθεσης των οργανικών ουσιών, υπάρχει στα υγρά απόβλητα κυρίως με τη μορφή των οργανικών ενώσεων (Total Organic Carbon, TOC), αλλά και με τη μορφή ανόργανων χημικών ενώσεων (Total Inorganic Carbon, TIC). Ο οργανικός άνθρακας (TOC), που μας ενδιαφέρει κυρίως, βρίσκεται στα απόβλητα διαλυμένος (Dissolved Organic Carbon, DOC), σε σωματιδιακή μορφή (Particulate Organic Carbon, POC), ή σε μορφή πτητικών ενώσεων (Volatile Organic Carbon, VOC). Όσον αφορά το DOC, επιτυχής διαχωρισμός μεταξύ διαλυμένου και σωματιδιακού απαιτεί διήθηση του δείγματος με χρήση φίλτρων με μέγεθος πόρων $0.45 \mu\text{m}$.

4.2.4 Σχολιασμός για τις παραμέτρους COD, BOD₅ και TOC

Ο **TOC** μας δίνει τη συγκέντρωση οργανικού άνθρακα σε όλες τις ενώσεις (εύκολα αποδομούμενες, δύσκολα αποδομούμενες και μη αποδομούμενες) που περιέχονται στο δείγμα. Έτσι είναι μια πολύ καλή παράμετρος για τη έκφραση της συγκέντρωσης του οργανικού υλικού του δείγματος.

Το **COD** αντιστοιχεί στο οξυγόνο διχρωμικού καλίου που καταναλώνεται κάτω από καθορισμένες πειραματικές συνθήκες. Κάτω από τις συνθήκες όμως αυτές δεν οξειδώνονται όλες οι οργανικές ενώσεις (όπως π.χ. οι αρωματικοί υδρογονάνθρακες και η πυριδίνη) ή ακόμα οι τιμές που λαμβάνουμε ενέχεται να περιέχουν και την οξείδωση ανόργανων ενώσεων. Έτσι το **COD** ενδέχεται σε μερικές περιπτώσεις να μη δίνει ικανοποιητική εικόνα για το οργανικό υλικό του δείγματος.

Το **BOD** αντιστοιχεί στο διαλυμένο οξυγόνο που καταναλώνεται από τους μικροοργανισμούς για την οξείδωση του οργανικού υλικού του δείγματος κάτω επίσης από καθορισμένες πειραματικές συνθήκες. Οι μετρήσεις του **BOD** δεν παρουσιάζουν καλή επαναληψιμότητα και η παράμετρος δίνει μόνο μια εικόνα για το εύκολα αποικοδομήσιμο οργανικό υλικό. Στη βιβλιογραφία πάντως γίνεται μεγάλη χρήση αυτής της παραμέτρου και ιδιαίτερα σε ότι αφορά θέματα σχεδιασμού και λειτουργίας εγκαταστάσεων επεξεργασίας αστικών λυμάτων.

Πίνακας 1.13 Χαρακτηριστικές τιμές μη επεξεργασμένων αστικών λυμάτων

Παράμετρος	Συγκέντρωση (mg/L)		
	Χαμηλή	Μεσαία	Υψηλή
BOD ₅ (20 °C)	110	220	400
COD	250	500	1000
TOC	80	160	290

4.2.5 Συσχετίσεις μεταξύ BOD, COD και TOC

Σε πολλές περιπτώσεις, η μεμονωμένη μέτρηση των παραμέτρων BOD και COD δεν παρέχει όλες τις απαιτούμενες πληροφορίες σχετικά με το είδος του οργανικού ρυπαντικού φορτίου των υδάτων και των αποβλήτων. Για το λόγο αυτό, προσδιορίζεται επιπλέον η τιμή του λόγου BOD/COD, έτσι ώστε να εξαχθούν συμπληρωματικά στοιχεία, τα οποία θα βοηθήσουν στην επιλογή της κατάλληλης μεθόδου επεξεργασίας. Πιο συγκεκριμένα, η μέγιστη τιμή του λόγου BOD/COD είναι ίση με 1 και αφορά στις περιπτώσεις που το σύνολο του οργανικού φορτίου είναι βιοαποικοδομήσιμο. Εάν ο λόγος BOD/COD για ανεπεξέργαστα υγρά απόβλητα είναι ίσος με 0,5 ή μεγαλύτερος, τότε τα απόβλητα θεωρούνται ότι είναι εύκολα επεξεργάσιμα με βιολογικές μεθόδους. Εάν ο λόγος είναι μικρότερος από 0,3, τότε τα απόβλητα μπορεί να περιέχουν ορισμένα τοξικά στοιχεία, ενώ ταυτόχρονα απαιτούνται προσαρμοσμένοι μικροοργανισμοί για τη σταθεροποίησή τους. Ο αντίστοιχος λόγος BOD/TOC για ανεπεξέργαστα απόβλητα ποικίλλει από 1,2 έως 2,0.

Πίνακας 1.14 Συσχετίσεις μεταξύ BOD, COD και TOC.

/'0%1 +2%3-4(5 *	BOD/COD	BOD/TOC
Ανεπεξέργαστα απόβλητα	0,3 – 0,8	1,2 – 2,0
Μετά από πρωτοβάθμια επεξεργασία	0,4 – 0,6	0,8 – 1,2
Εκροή	0,1 – 0,3 ^a	0,2 – 0,5 ^b

^aCBOD/COD^bCBOD/TOC**4.3 Αζωτο**

Το άζωτο είναι βασικό στοιχείο και οι γνώσεις για τη μορφή στην οποία βρίσκεται στα απόβλητα, καθώς επίσης και οι συγκεντρώσεις αυτών, είναι απαραίτητες για τη διαδικασία αξιολόγησης της αποτελεσματικότητας των βιολογικών διεργασιών επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων.

Ανεπαρκής ποσότητα αζώτου στα αστικά λύματα μπορεί πολλές φορές να επιβάλλει την προσθήκη αζώτου προκειμένου να διευκολυνθεί η επεξεργασία τους. Η κατανομή της αμμωνίας

και των αμμωνιακών ιόντων στα υγρά απόβλητα εξαρτάται συνήθως από το pH. Σε απόβλητα με χαμηλό pH κυριαρχεί το άζωτο με τη μορφή των αμμωνιακών ιόντων (NH_4^+), ενώ σε υψηλότερες τιμές pH κυριαρχεί η αμμωνία (NH_3). Τα νιτρώδη ιόντα (NO_2^-), τα οποία είναι ιδιαίτερα τοξικά και αποτελούν δείκτη προϋπάρχουσας ρύπανσης στα φυσικά νερά, σπάνια υπάρχουν σε υψηλή συγκέντρωση στα υγρά απόβλητα. Συνήθως οξειδώνονται πολύ γρήγορα σε νιτρικά ιόντα (NO_3^-). Τα νιτρώδη (NO_2^-) που τυχόν βρίσκονται στις εκροές των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων, οξειδώνονται από το χλώριο κατά την απολύμανση και αυτό οδηγεί στην αύξηση της δόσης του χλωρίου και επομένως και στο κόστος της απολύμανσης. Η υπερίσχυση των νιτρικών (NO_3^-) ιόντων, τα οποία αποτελούν τη πιο οξειδωμένη μορφή του αζώτου στα υγρά απόβλητα, υποδηλώνει ότι τα απόβλητα σταθεροποιήθηκαν αναφορικά με τις απαιτήσεις σε οξυγόνο.

Το ολικό άζωτο (Total Nitrogen, TN) διακρίνεται σε ανόργανο άζωτο (Total Inorganic Nitrogen, TIN), το οποίο περιλαμβάνει τα νιτρώδη (NO_2^-) και τα νιτρικά (NO_3^-), την αμμωνία (NH_3) και το αμμωνιακό ιόν (NH_4^+), και σε οργανικό άζωτο (Total Organic Nitrogen, TON). Το οργανικό άζωτο αποτελείται από πρωτεΐνες, αμινοξέα και αμινοσακχαρίτες και μπορεί να είναι διαλυτό ή σε σωματιδιακή μορφή. Το αμμωνιακό και το οργανικό άζωτο αποτελούν το ολικό άζωτο Kjeldahl (TKN), το οποίο προσδιορίζεται με τη μέθοδο του Kjeldahl. Στον **Πίνακα 1.15** παρέχονται χρήσιμες πληροφορίες για όλους τους συμβολισμούς και τις μορφές του αζώτου.

Πίνακας 1.15 Μορφές και συμβολισμοί των διαφόρων μορφών του αζώτου.

Μορφή του αζώτου	Συμβολισμός	Περιλαμβάνει τον προσδιορισμό
Αμμωνία (αέρια μορφή)	NH_3	NH_3
Αμμωνιακά ιόντα	NH_4^+	NH_4^+
Ολικό αμμωνιακό άζωτο	TAN	$\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$
Νιτρώδη ιόντα	NO_2^-	NO_2^-
Νιτρικά ιόντα	NO_3^-	NO_3^-
Ολικό ανόργανο άζωτο	TIN	$\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+ + \text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$
Ολικό άζωτο Kjeldahl	TKN	Οργανικό N + $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$
Οργανικό άζωτο	Οργανικό N	TKN – ($\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$)
Ολικό άζωτο	TN	Οργανικό N + $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+ + \text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$

Το αζωτούχο (Ολικό άζωτο Kjeldahl; TKN) ρυπαντικό φορτίο των φρέσκων ανεπεξεργαστων αστικών λυμάτων κυμαίνεται από **35 – 100 mg/L** ή **10 gr/κατ/ημ**. Οι ευαίσθητοι φυσικοί αποδέκτες επεξεργασμένων εκροών απαιτούν πάντα την απομάκρυνση του αζώτου από τα υγρά απόβλητα (δηλαδή **TN < 3,0 mg/L**), επειδή το άζωτο, όπως και ο φώσφορος, ως θρεπτικά συστατικά, προκαλούν το πρόβλημα του ευτροφισμού και τελικά της αποξυγόνωσης των φυσικών νερών.

4.4 Φώσφορος

Ο φώσφορος (P) αποτελεί βασικό συστατικό για τη σύνθεση του κυτταρικού ιστού των μικροοργανισμών. Η συγκέντρωσή του στα φρέσκα ανεπεξεργαστα αστικά λύματα κυμαίνεται από 5 – 30 mg/L. Στις οργανικές ενώσεις των λυμάτων απαντάται περίπου το 75 % του συνολικά υπάρχοντος φωσφόρου, ενώ ο υπόλοιπος (25 % περίπου) βρίσκεται στα υγρά απόβλητα, κυρίως με τη μορφή των ορθοφωσφορικών (PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^- , H_3PO_4), από 70 - 90 %, πολυφωσφορικών ιόντων (όπως $\text{P}_2\text{O}_7^{2-}$: πρόκειται για περίπλοκα μόρια που περιλαμβάνουν δυο ή παραπάνω άτομα φωσφόρου, άτομα οξυγόνου και σε ορισμένες περιπτώσεις υδρογόνου), αλλά και με τη μορφή άλλων οργανικών φωσφορικών ενώσεων. Ο οργανικά δεσμευμένος φώσφορος δεν έχει ιδιαίτερη σημασία για τα αστικά λύματα, τα δε ορθοφωσφορικά ιόντα χρησιμεύουν για το βιολογικό μεταβολισμό χωρίς να διασπώνται περαιτέρω.

Το φορτίο επιβάρυνσης των λυμάτων με φώσφορο υπολογίζεται συνήθως με τιμές περίπου 2 – 4 g/κατ/ημ. Ένα ποσοστό της τάξης του 10 % έως 30 % της εισερχόμενης ποσότητας φωσφόρου απομακρύνεται από τους μικροοργανισμούς κατά τη διάρκεια της βιολογικής επεξεργασίας στις δεξαμενές αερισμού, ενώ το σύνολο σχεδόν των φωσφορικών ενώσεων μετατρέπεται σε διαλυτά ορθοφωσφορικά ιόντα.

Λόγω των φαινομένων ευτροφισμού που δημιουργεί ο φώσφορος στα επιφανειακά νερά πρέπει να απομακρυνθεί από τα υγρά απόβλητα. Το όριο της συγκέντρωσής του καθορίζεται από τον χαρακτηρισμό και τις ωφέλιμες χρήσεις του αποδέκτη, όπως ισχύει και για τους άλλους ρύπους. Αυτό σημαίνει ότι ο βαθμός απόδοσης του συστήματος και η διαδικασία επεξεργασίας που επιλέγεται είναι άμεσα συνυφασμένη με τον αποδέκτη και τις χρήσεις του. Σε γενικές γραμμές, όταν πρόκειται για ευαίσθητους αποδέκτες, δηλαδή γλυκά επιφανειακά νερά, θεωρείται ικανοποιητική η ποσότητα του φωσφόρου στην απορροή, όταν αυτή δεν υπερβαίνει τα 2,0 mg/L. Η πρακτική που ακολουθείται πάντως, εφόσον αποφασίζεται απομάκρυνση του φωσφόρου, αποβλέπει σε απομάκρυνση της τάξης του 90 έως και 95 %.

4.5 Θείο

Τα θειικά υπάρχουν στις περισσότερες πηγές νερού, όπως επίσης και στα υγρά απόβλητα. Το θείο είναι απαραίτητο στη σύνθεση των πρωτεϊνών και απελευθερώνεται κατά την αποικοδόμηση τους. Τα θειικά διασπώνται βιολογικά κάτω από αναερόβιες συνθήκες σεθειούχα, τα οποία με τη σειρά τους αντιδρούν με υδρογόνο και σχηματίζουν υδρόθειο (H_2S). Το αέριο υδρόθειο, το οποίο διαχέεται στο ελεύθερο τμήμα των αγωγών αποχέτευσης πάνω από τα απόβλητα, σε αγωγούς μη πλήρεις τείνει να συλλέγεται στο στόμιο του αγωγού. Το συσσωρευμένο υδρόθειο μπορεί να οξειδωθεί βιολογικά σε θειικό οξύ, ουσία αρκετά διαβρωτική για τσιμεντένιους αγωγούς αποχέτευσης. Αυτή η διαβρωτική επίδραση γνωστή στην αγγλική ως «crown rot», μπορεί να απειλήσει σημαντικά τη στατικότητα των αγωγών αποχέτευσης.

4.6 Αλκαλικότητα

Η αλκαλικότητα (alkalinity) των υγρών αποβλήτων οφείλεται στην παρουσία υδροξειδίων $[\text{OH}]$, ανθρακικών ιόντων $[\text{CO}_3^{-2}]$ και όξινων ανθρακικών ιόντων $[\text{HCO}_3^-]$ στοιχείων όπως το ασβέστιο, το μαγνήσιο, το νάτριο και το κάλιο αλλά και της αμμωνίας. Από τις παραπάνω ενώσεις, το όξινο ανθρακικό ασβέστιο και το όξινο ανθρακικό μαγνήσιο είναι τα πιο κοινά. Στην αλκαλικότητα συνεισφέρουν επίσης και τα άλατα του βορικού οξέος, του πυριτικού οξέος και τα φωσφορικά. Στον **Πίνακα 1.16** δίνονται οι χημικές ενώσεις που συνεισφέρουν καθώς και οι ισορροπίες που εμπλέκονται.

Πίνακας 1.16 Ενώσεις που συνεισφέρουν στην αλκαλικότητα

Χημικές ενώσεις	pKa	Μέση συγκέντρωση (M)	Ισορροπία
Ανθρακικά	10.3/6.4	1×10^{-3}	$\text{CO}_3^{-2} + 2\text{H}^+ = \text{HCO}_3^- + \text{H}^+ = \text{H}_2\text{CO}_3$
Πυριτικά	9.8	2×10^{-4}	$\text{H}_3\text{SiO}_4 + \text{H}^+ = \text{H}_4\text{SiO}_4$
Οργανικά	3 to 10	1×10^{-4}	$\text{R-COO}^- + \text{H}^+ = \text{R-COOH}$
Βορικά	9.2	1×10^{-6}	$\text{B(OH)}_4^- + \text{H}^+ = \text{B(OH)}_3 + \text{H}_2\text{O}$
Αμμωνία	9.2	2×10^{-6}	$\text{NH}_4\text{OH} + \text{H}^+ = \text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O}$
Σίδηρος	6.0/4.6	2×10^{-6}	$\text{Fe(OH)}_4^- + 3\text{H}^+ = \text{Fe(OH)}_2^+ + \text{H}^+ = \text{Fe(OH)}^{+2}$
Αλουμίνιο	8.0/5.7	2×10^{-6}	$\text{Al(OH)}_4^- + 2\text{H}^+ = \text{Al(OH)}_3 + \text{H}^+ = \text{Al(OH)}_2^+$
	4.3/5.0		$\text{Al(OH)}_2^+ + 2\text{H}^+ = \text{Al(OH)}^{+2} + \text{H}^+ = \text{Al}^{+3}$
Φωσφορικά	7.2	7×10^{-7}	$\text{HPO}_4^{-2} + \text{H}^+ = \text{H}_2\text{PO}_4^-$
Υδροξειδία	14.0	2×10^{-7}	$\text{OH}^- + \text{H}^+ = \text{H}_2\text{O}$
Χαλκός	9.8/7.3	1×10^{-7}	$\text{Cu(OH)}_3^- + 3\text{H}^+ = \text{Cu(OH)}^+ + \text{H}^+ = \text{Cu}^+ + \text{H}_2\text{O}$
Νικέλιο	6.9	2×10^{-8}	$\text{Ni(OH)}_2 + \text{H}^+ = \text{NiOH}^+$
Κάδμιο	7.6	1×10^{-8}	$\text{Cd(OH)}^+ + \text{H}^+ = \text{Cd}^{+2} + \text{H}_2\text{O}$
Μόλυβδος	6.2	1×10^{-8}	$\text{Pb(OH)}^+ + \text{H}^+ = \text{Pb}^{+2} + \text{H}_2\text{O}$
Σουλφίδια	7.0	Ποικίλει	$\text{HS}^- + \text{H}^+ = \text{H}_2\text{S}$
Ψευδάργυρος	6.1/9.0	Ποικίλλει	$\text{Zn(OH)}_2 + 2\text{H}^+ = \text{Zn(OH)}^+ + \text{H}_3\text{O}^+ = \text{Zn}^{+2} + 2\text{H}_2\text{O}$

Η αλκαλικότητα στα υγρά απόβλητα συνεισφέρει στην αντίσταση ενάντια στις αλλαγές του pH, που προκαλούνται από την προσθήκη οξέων. Η γνώση της αλκαλικότητας των υγρών αποβλήτων είναι σημαντική, όταν πρόκειται να χρησιμοποιηθούν χημικές και βιολογικές διεργασίες επεξεργασίας, στη βιολογική απομάκρυνση των θρεπτικών συστατικών και στις περιπτώσεις όπου η αμμωνία απομακρύνεται με αερισμό.

Για την εύρεση της αλκαλικότητας ενός διαλύματος πραγματοποιείται τιτλοδότηση με οξύ γνωστής συγκέντρωσης. Τα αποτελέσματα εκφράζονται σε όρους ανθρακικού ασβεστίου, mg/L CaCO_3 . Για πρακτικούς λόγους η αλκαλικότητα μπορεί να οριστεί με όρους μοριακών συγκεντρώσεων, ως:

$$\text{Αλκαλικότητα, eq/m}^3 = \text{meq/L} = [\text{HCO}_3^-] + 2[\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-] - [\text{H}^+]$$

Η αντίστοιχη σχέση με όρους ισοδύναμων είναι:

$$\text{Αλκαλικότητα, eq/m}^3 = (\text{HCO}_3^-) + (\text{CO}_3^{2-}) + (\text{OH}^-) - (\text{H}^+)$$

Πρακτικά, η αλκαλικότητα εκφράζεται σε όρους ανθρακικού ασβεστίου. Για να γίνει μετατροπή από meq/L σε mg/L CaCO_3 , είναι χρήσιμο να θυμόμαστε ότι:

$$\text{Ισοδύναμη μάζα } \text{CaCO}_3 = \frac{100 \text{ mg / mmol}}{2 \text{ meq / mmol}} = 50 \text{ mg / meq}$$

Έτσι 3 meq/L αλκαλικότητας μπορούν να εκφραστούν ως 150 mg/L CaCO_3 .

$$\text{Αλκαλικότητα ως } \text{CaCO}_3 = \frac{3.0 \text{ meq}}{\text{L}} \times \frac{50 \text{ mg CaCO}_3}{\text{meq CaCO}_3} = 150 \text{ mg / L ως } \text{CaCO}_3$$

4.7 Σκληρότητα

Η σκληρότητα του νερού αποτελεί την παράμετρο προσδιορισμού της συγκέντρωσης κυρίως των αλάτων ασβεστίου και μαγνησίου και είναι συνάρτηση της φύσης και της σύστασης των γεωλογικών σχηματισμών με τους οποίους έχει έρθει σε επαφή το νερό κατά την κίνησή του. Ανάλογα με τη μορφή στην οποία βρίσκονται τα άλατα ασβεστίου και μαγνησίου, η σκληρότητα του νερού διακρίνεται σε (i) παροδική ή ανθρακική σκληρότητα, (ii) μόνιμη σκληρότητα ή μη ανθρακική και (iii) ολική σκληρότητα (Total Hardness).

Η παροδική σκληρότητα οφείλεται στην παρουσία ευδιάλυτων ανθρακικών αλάτων του ασβεστίου και του μαγνησίου και αίρεται με το βρασμό του νερού, αφού κατά τη διεργασία αυτή, τα διαλυμένα όξινα ανθρακικά άλατα των δύο μετάλλων καταβυθίζονται ως αδιάλυτα ανθρακικά άλατα, με παράλληλη αποδέσμευση διοξειδίου του άνθρακα, κατά τις αντιδράσεις:



Η μόνιμη σκληρότητα οφείλεται στην παρουσία χλωριούχων και θειικών αλάτων του ασβεστίου και του μαγνησίου και δεν αίρεται με το βρασμό, αφού κατά τη διεργασία αυτή δεν είναι δυνατόν να καταβυθισθούν τα αντίστοιχα άλατα των δύο μετάλλων.

Το σύνολο της παροδικής και μόνιμης σκληρότητας αποτελεί την ολική σκληρότητα του νερού. Η τιμή της σκληρότητας εκφράζεται σε:

- ppm (μέρη διαλυμένης ουσίας ανά εκατομμύριο μερών του διαλύματος) ισοδύναμης ποσότητας CaCO_3 , δηλαδή σε $\text{mg CaCO}_3/\text{L}$ νερού

- ειδικές μονάδες μέτρησης που καλούνται σκληρομετρικοί βαθμοί που ορίζονται ως εξής:

- γερμανικός βαθμός σκληρότητας (1°d): αντιπροσωπεύει $10 \text{ mg CaO}/\text{L}$ νερού
- γαλλικός βαθμός σκληρότητας (1°f): αντιπροσωπεύει $10 \text{ mg CaCO}_3/\text{L}$ νερού.

Ισχύει ότι $1 \text{ ppm} = 0,1^\circ\text{f} = 0,0556^\circ\text{d}$.

Νερό με αυξημένους βαθμούς σκληρότητας θεωρείται σκληρό και χρησιμοποιείται ως πόσιμο μόνο σε εξαιρετικές περιπτώσεις, ενώ είναι ακατάλληλο για πλύσιμο με χρήση των κοινών σαπουνιών. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι τα διαλυμένα όξινα ανθρακικά ή θειικά άλατα του ασβεστίου και του μαγνησίου σχηματίζουν αδιάλυτα άλατα με τα οργανικά ανιόντα των λιπαρών οξέων που περιέχονται στα κοινά σαπουνία (παλμιτικού, στεατικού και ελαϊκού), με αποτέλεσμα την αναστολή της απορρυπαντικής τους δράσης. Επίσης, το σκληρό νερό είναι ακατάλληλο για την τροφοδοσία ατμολεβήτων, θερμαντικών σωμάτων και σωλήνων μεταφοράς θερμού νερού επειδή κατά τη θέρμανση αποτίθενται στα τοιχώματα τους ανθρακικά άλατα του ασβεστίου και του μαγνησίου. Για τους λόγους αυτούς επιβάλλεται ο προσδιορισμός της σκληρότητας του νερού και η λήψη μέτρων για την αποσκλήρυνσή του, όπου είναι απαραίτητο.

Πίνακας 1.17 Χαρακτηρισμός νερού με βάση τη σκληρότητα του.

ppm CaCO_3	Αγωγιμότητα $\mu\text{S}/\text{cm}$	$^\circ\text{f}$	Χαρακτηρισμός
0-70	0-140	0-7	πολύ μαλακό νερό
70-150	140-300	7-15	μαλακό νερό
150-250	300-500	15-25	κάπως σκληρό νερό
250-320	500-640	25-32	αρκετά σκληρό νερό
320-420	640-840	32-42	σκληρό νερό
>420	>840	>42	πολύ σκληρό νερό

4.8 Βιολογικά και μικροβιολογικά χαρακτηριστικά

Η σωστή διαχείριση του προβλήματος των αστικών λυμάτων προϋποθέτει επαρκή γνώση των βιολογικών και μικροβιολογικών χαρακτηριστικών τους. Θα πρέπει να είναι γνωστή η τάξη μεγέθους της συγκέντρωσης των μικροοργανισμών στα αστικά λύματα, καθώς και η τύχη των παθογόνων μικροοργανισμών κατά τα διάφορα στάδια διαχείρισης τους, από το σημείο

παραγωγής μέχρι τη θέση τελικής διάθεσης. Επίσης ενδέχεται να περιέχονται στα λύματα τοξικά συστατικά τα οποία δημιουργούν προβλήματα στην ανάπτυξη των μικροοργανισμών βιολογικής επεξεργασίας. Οι μικροοργανισμοί αυτοί αναπτύσσονται στο σύστημα επεξεργασίας και τα είδη που επικρατούν έχουν μεγάλη σημασία για την ποιότητα των επεξεργασμένων λυμάτων.

Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί μεταφέρονται στα αστικά λύματα κυρίως με τα ούρα και τα κόπρανα ασθενών ανθρώπων. Οι κύριες κατηγορίες παθογόνων μικροοργανισμών που υπάρχουν στα λύματα είναι βακτήρια, ιοί, πρωτόζωα και ελμίνθες (helminths) (σκουλήκια που ζουν παρασιτικά στα έντερα). Μερικές από τις ασθένειες που μπορούν να προκληθούν στον άνθρωπο από πόση, κυρίως, νερού που έχει μολυνθεί από λύματα είναι τυφοειδής ή παρατυφοειδής πυρετός, δυσεντερία, διάρροια και χολέρα.

Οι παθογόνοι όμως μικροοργανισμοί αποτελούν ένα πάρα πολύ μικρό ποσοστό των συνολικών μικροοργανισμών στα αστικά λύματα. Αντίθετα τα κολοβακτηρίδια (μικροοργανισμοί εντερικής κυρίως προέλευσης) αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό των μικροοργανισμών των λυμάτων. Ο αριθμός των κολοβακτηριδίων που αντιστοιχεί στη συνεισφορά ανά άνθρωπο και ημέρα βρίσκεται στην περιοχή 200×10^9 έως 400×10^9 . Επειδή ο προσδιορισμός των παθογόνων μικροοργανισμών είναι αρκετά δύσκολος, ενώ των κολοβακτηριδίων σχετικά εύκολος, γίνεται συνήθως προσδιορισμός μόνον των κολοβακτηριδίων.

Για έλεγχο της προέλευσης της ρύπανσης σε επιφανειακά κυρίως νερά μπορεί να γίνεται προσδιορισμός όχι μόνον των **ολικών κολοβακτηριδίων** (total coliforms) αλλά και των **κοπρανωδών κολοβακτηριδίων** (fecal coliforms) καθώς και των **κοπρανωδών στρεπτόκοκκων** (fecal streptococci).

4.9 Τιμές για τα χαρακτηριστικά των αστικών λυμάτων

Στους Πίνακες 1.18 και 1.19 δίνονται στοιχεία για τα χαρακτηριστικά των αστικών λυμάτων. Οι τιμές που αναφέρονται στον πίνακα είναι ενδεικτικές και δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται χωρίς επαρκή αξιολόγηση για το σχεδιασμό εγκαταστάσεων επεξεργασίας (σε κάθε περίπτωση σχεδιασμού θα πρέπει να γίνεται ιδιαίτερη μελέτη για την εκτίμηση των χαρακτηριστικών των λυμάτων που πρόκειται να υποστούν επεξεργασία). Τα αστικά λύματα κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες ως προς την ισχύ τους: σε ασθενή, σε μέσα και σε ισχυρά. Σημειώνεται ακόμη ότι οι περιοχές τιμών που αναφέρονται στον Πίνακα 1.13 για τα χαρακτηριστικά των διαφόρων κατηγοριών αστικών λυμάτων βασίζονται σε στοιχεία από τις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής. Στην Ελλάδα και σε άλλες χώρες είναι λογικό να υπάρχουν διαφοροποιήσεις στις περιοχές τιμών των αντίστοιχων χαρακτηριστικών.

Πίνακας 1.17 Χαρακτηριστικές ποσότητες ανά κάτοικο ημέρα τυπικών αστικών λυμάτων.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ (gr/κατ/ ημ.)
Ολικά στερεά	115 – 170
Πτητικά στερεά	65 – 85
Αιωρούμενα στερεά	35 – 50
Οργανική ύλη ως BOD ₅	50 – 70
Οργανική ύλη ως COD	115 – 125
Ολικό άζωτο	6 – 17
Αμμωνία	1 – 3
Νιτρώδη & Νιτρικά	< 1
Ολικός φώσφορος	2 – 4
Ολικά κολοβακτηριοειδή	-
Κοπρανώδη κολοβακτηριοειδή	-

Πίνακας 1.18 Τυπικά χαρακτηριστικά μη επεξεργασμένων αστικών λυμάτων.

Χαρακτηριστικό	Μονάδες	Συγκέντρωση σε λύματα		
		ασθενή	μέσα	ισχυρά
Στερεά	mg/L			
• Ολικά(ΟΣ)[Total Solids, TS]		350	720	1200
• Διαλυτά (ΔΣ) [Dissolved Solids, DS]		250	500	852
✓ Μη πτητικά [Fixed]		145	300	525
✓ Πτητικά (Volatile)		105	200	325
• Αιωρούμενα Στερεά (ΑΣ)		100	220	350
✓ Μη πτητικά [Fixed]		20	55	75
✓ Πτητικά [Volatile]		80	165	275
Καθιζάνοντα στερεά [Settleable Solids]	mg/L	5	10	20
Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο, 5 ημερών σε 20°C (BAO ₅)	mg/L	110	220	400
Ολικός Οργανικός Άνθρακας (ΟΟΑ)	mg/L	80	160	290
Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (ΧΑΟ)	mg/L	250	500	1000
Ολικό Άζωτο (ΟΑ), ως N	mg/L	20	40	85
✓ Οργανικό		8	15	35
✓ Ελεύθερο Αμμωνιακό		12	25	50
✓ Νιτρώδες		0	0	0
✓ Νιτρικό		0	0	0

Ολικός φώσφορος (TP), ως P	mg/L	4	8	15
✓ Οργανικός		1	3	5
✓ Ανόργανος		3	5	10
Χλωριόντα (Cl ⁻)	mg/L	30	50	100
Θειικά (SO ₄ ²⁻)	mg/L	20	30	50
Αλκαλικότητα (ως CaCO ₃)	mg/L	50	100	200
Λίπη και Έλαια	mg/L	50	100	150
Ολικά Κολοβακτηρίδια	No/100mL	10 ⁶ -10 ⁸	10 ⁷ -10 ⁸	10 ⁷ -10 ⁸
Πτητικά Οργανικά Συστατικά (VOC)	mg/L	<100	100-400	>400