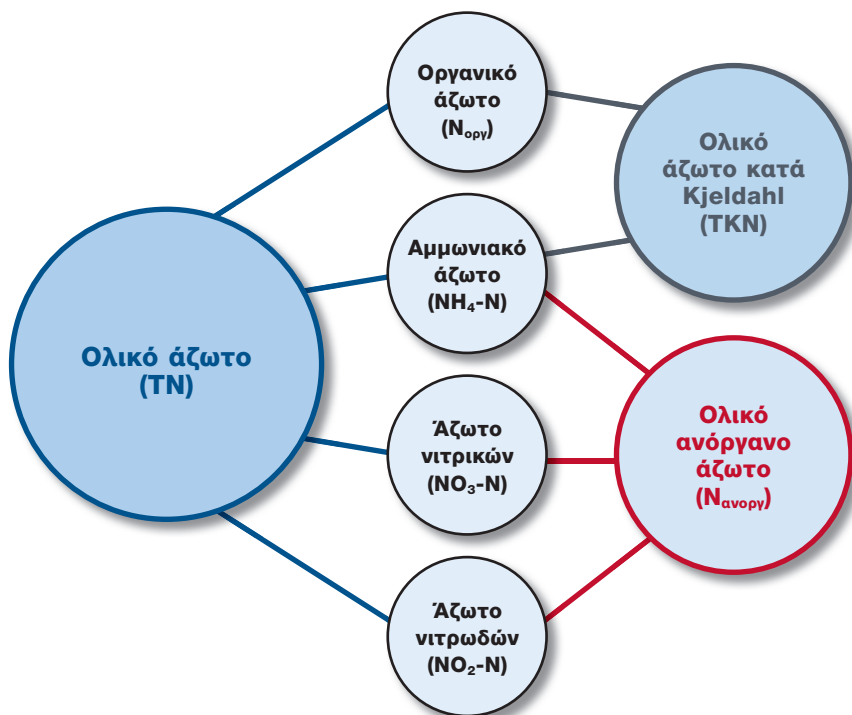


ΕΦΑΡΜΟΓΗ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ & ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ
ΘΡΕΠΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ
ΑΖΩΤΟΥΧΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ



Παράμετροι αζώτου: νιτροποίηση, απονιτροποίηση κ.λπ.

Ένα μεγάλο μέρος της επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων είναι η **απομάκρυνση των αζωτούχων ενώσεων**. Προκειμένου να διασφαλιστεί η τήρηση των τιμών συγκέντρωσης που ορίζει ο νόμος για τα υγρά απόβλητα, οι διαδικασίες **νιτροποίησης** και **απονιτροποίησης** πρέπει ελέγχονται αποτελεσματικά. Εδώ χρησιμεύουν οι εργαστηριακές αναλύσεις, αφού μόνο με ειδικές και ολοκληρωμένες μετρήσεις των επιμέρους παραμέτρων αζώτου επιτυγχάνεται διαρκής σταθερή – και συνεπώς οικονομική – λειτουργία του βιολογικού καθαρισμού. Η αποτελεσματικότερη λύση είναι ο **συνδυασμός εργαστηριακών αναλύσεων** (τεστ φιαλιδίου) και **τεχνολογίας συνεχούς μέτρησης** (αισθητήρια online) σε επιλεγμένες θέσεις μέτρησης στην πορεία και στο τέλος της επεξεργασίας υγρών αποβλήτων.



Σύνταξη:

Petra Pütz

- Διπλ. χημικός μηχανικός
- Εφαρμογή των προϊόντων εργαστηρίου HACH LANGE



LANGE 

UNITED FOR WATER QUALITY

Επεξεργασία υγρών αποβλήτων: απομάκρυνση αζώτου



Εικ. 1: Ιδανικές για τον υπολογισμό ισοζυγίου και την παρακολούθηση των εξόδων – τεστ φιαλιδίου LATON για τον προσδιορισμό ολικού αζώτου (TN)



Εικ. 2: Φασματοφωτόμετρο για την ακριβή αξιολόγηση των των τεστ φιαλιδίου της LANGE, π.χ. για αναλύσεις αζώτου



Εικ. 3: NITRATAX sc για τη συνεχή παρακολούθηση του αζώτου νιτρικών ενώσεων και τον έλεγχο της νιτροποίησης

Νομικό υπόβαθρο

Οι ενώσεις αζώτου έχουν διάφορες επιπτώσεις στα επιφανειακά νερά:

- N_{org} – δεσμεύει ισχυρά το οξυγόνο
- NH_4^+ – δεσμεύει το οξυγόνο, τοξικό για τα ψάρια σε pH > 8
- NO_3^- – προκαλεί ευτροφισμό
- NO_2^- – ισχυρά τοξικό για τα ψάρια

Για τους λόγους αυτούς, η νομοθεσία ορίζει συγκεκριμένα όρια για τις ενώσεις αζώτου στα υγρά απόβλητα που απορρίπτονται σε επιφανειακά νερά. Οι οδηγίες της ΕΕ σχετικά με την επεξεργασία των αστικών λυμάτων (91/271/ΕΟΚ) θεσπίζουν μια οριακή τιμή 15 mg/L TN ή 10 mg/L TN (ανάλογα με το μέγεθος της μονάδας) ή πρέπει να είναι τουλάχιστον 70–80 % μικρότερη από την συγκέντρωση στην είσοδο της μονάδας. Στα διάφορα κράτη-μέλη ισχύουν συνήθως πρόσθετες απαιτήσεις: στη Γερμανία, για παράδειγμα, καθορίζονται ελάχιστες απαιτήσεις (RahmenabwasserVwV) για τις παραμέτρους NH_4-N και $N_{ανοργ}$. Η συνολική ποσότητα των ανόργανων αζωτούχων ενώσεων χρησιμοποιείται επίσης για την καταβολή των εισφορών επί των υγρών αποβλήτων.

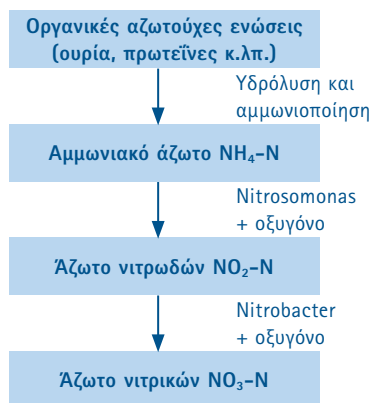
Απομάκρυνση αζώτου

Τα υγρά απόβλητα που εισρέουν στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών λυμάτων περιέχουν κυρίως οργανικό άζωτο (ουρία, πρωτεΐνες κ.λπ.) και αμμωνιακό άζωτο. Η ακριβής σχέση των δύο παραμέτρων εξαρτάται μεταξύ άλλων από το μήκος του δικτύου των αγωγών, καθώς εκεί αρχίζει η μετατροπή του N_{org} σε NH_4-N . Η διαδικασία αμμωνιοποίησης συνεχίζεται στην μονάδα επεξεργασίας λυμάτων, με αποτέλεσμα κατά την εισροή στη δεξαμενή αερισμού το άζωτο να βρίσκεται κυρίως σε μορφή NH_4-N .

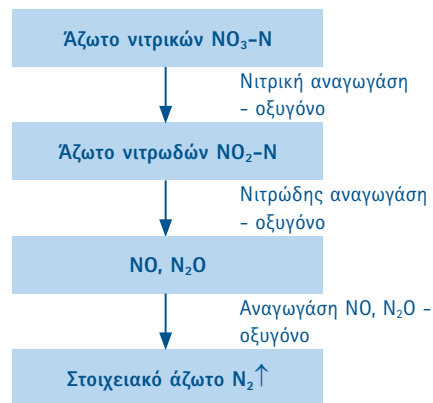
→ Νιτροποίηση

Κατά το στάδιο της βιολογικής επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων, με παροχή οξυγόνου, το NH_4-N μετατρέπεται σε NO_2-N και στη συνέχεια NO_3-N . Οι μικροοργανισμοί που είναι υπεύθυνοι για τη νιτροποίηση (Nitrosomonas και Nitrobacter) είναι πολύ ευαίσθητοι. Απαιτούν σταθερή θερμοκρασία (όχι μικρότερη των 12 °C), κατάλληλη αναλογία C:N:P και επαρκή παροχή οξυγόνου. Η ηλικία της λάσπης πρέπει να προσαρμόζεται στην αργή ανάπτυξη των νιτροποιητικών βακτηρίων. Εάν η αντίδραση ποίη-

Νιτροποίηση (αερόβια)



Απονιτροποίηση (αναερόβια)



Εικ. 4: Διαδικασίες αποικοδόμησης για την απομάκρυνση του αζώτου

Πίνακας 1: Σύνοψη των επιμέρους παραμέτρων αζώτου με τις αντίστοιχες δυνατότητες μέτρησης

Αζωτούχες ενώσεις	Μοριακός τύπος	Προετοιμασία δείγματος	Τεστ φιαλιδίου	Όργανα συνεχούς μέτρησης	Σημεία μέτρησης – σημασία
Οργανικό άζωτο	N_{org}	Ομογενοποίηση, χώνευση			Είσοδος μονάδας επεξεργασίας – μετατρέπεται σε NH_4-N κατά την πορεία επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων
Αμμωνιακό άζωτο	NH_4-N	Διήθηση	LCK302 LCK303 LCK304 LCK305	AISE sc AN-ISE sc AMTAX sc	Είσοδος μονάδας επεξεργασίας, αερισμός, έξοδος μονάδας επεξεργασίας – έλεγχος νιτροποίησης/απονιτροποίησης, παρακολούθηση οριακών τιμών
Άζωτο νιτρικών	NO_3-N	Διήθηση	LCK339 LCK340	NISE sc AN-ISE sc NITRATAX sc	Αερισμός, έξοδος μονάδας επεξεργασίας – ρύθμιση νιτροποίησης/απονιτροποίησης, παρακολούθηση οριακών τιμών
Άζωτο νιτρωδών	NO_2-N	Διήθηση	LCK341 LCK342 LCK541		Αερισμός, έξοδος μονάδας επεξεργασίας – σχετικά ασταθές ενδιάμεσο προϊόν στη νιτροποίηση/απονιτροποίηση, παρακολούθηση οριακών τιμών
Ανόργανο άζωτο (= $NH_4-N + NO_3-N + NO_2-N$)	$N_{ανorg}$ (στη νομοθεσία συχνά ονομάζεται εσφαλμένα $N_{ολικό}$)	Διήθηση	LCK302/303/ 304/305 + LCK339/340 + LCK341/342/541		έξοδος μονάδας επεξεργασίας – παρακολούθηση οριακών τιμών, παράμετροι σχετικές με τις εισφορές
Άζωτο κατά Kjeldahl = $N_{org} + NH_4-N$	TKN	Ομογενοποίηση, χώνευση			Είσοδος μονάδας επεξεργασίας – υπολογισμός ισοζυγίων
Ολικό άζωτο (= $N_{org} + NH_4-N + NO_3-N + NO_2-N$)	TN	Ομογενοποίηση, χώνευση	LCK138 LCK238 LCK338		Είσοδος μονάδας επεξεργασίας, έξοδος μονάδας επεξεργασίας – υπολογισμός ισοζυγίων, παρακολούθηση οριακών τιμών με βάση τις οδηγίες της ΕΕ

Σημαντικό: Στις αναλύσεις υγρών αποβλήτων, οι συγκεντρώσεις εκφράζονται πάντοτε με βάση την περιεκτικότητα σε άζωτο. Συνεπώς, τα αποτελέσματά δίνονται πάντοτε στη μορφή $xx-N$ (συντελεστές μετατροπής: $NH_4-N \times 1,3 = NH_4^+$ / $NO_3-N \times 4,4 = NO_3^-$ / $NO_2-N \times 3,3 = NO_2^-$).

σης καταρρεύσει, τότε χρειάζονται αρκετές ημέρες για να σταθεροποιηθεί ξανά η διαδικασία.

→ Απονιτροποίηση

Υπό ανοξικές συνθήκες, το NO_3-N μετατρέπεται σε στοιχειακό άζωτο μέσω των ενδιάμεσων προϊόντων NO_2-N και NO/N_2O . Η απονιτροποίηση πραγματοποιείται είτε πριν (άναντη), είτε κατά τη διάρκεια (ταυτόχρονη) είτε μετά (κάταντη – σπάνια) από τα στάδια της βιολογικής επεξεργασίας.

Σημαντική για τη διαδικασία αυτή είναι η ύπαρξη επαρκούς ποσότητας εύκολα αποικοδομήσιμου άνθρακα. Στην όλη διαδικασία δεν πρέπει να υπάρχει καθόλου διαλυμένο οξυγόνο

Βιβλιογραφία

- Έκθεση πρακτικής της HACH LANGE «Σωστές μέθοδοι συνεχούς μέτρησης για την αποικοδόμηση αζώτου και φωσφόρου» (DOC043.48.30007, Feb08), Φεβρουάριος 2008.
- Έκθεση πρακτικής της HACH LANGE «Ιδανικές αναλογίες θρεπτικών ουσιών για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων» (DOC040.48.10005.Mar08), Μάρτιος 2008
- Οδηγία ΕΕ περί επεξεργασίας αστικών λυμάτων, της 21ης Μαΐου 1991 (91/271/ΕΟΚ)



Εικ. 5: Ηλεκτρόδιο επιλεκτικών ιόντων sc με πρωτοποριακή τεχνολογία CARTRICAL για σταθερή, συνεχή παρακολούθηση της περιεκτικότητας σε αμμωνιακό άζωτο.

Απομάκρυνση N: άριστη ασφάλεια λειτουργίας μέσω ιδανικών αναλυτικών μεθόδων

Μόνο οι τακτικές, στοχευμένες μετρήσεις των επιμέρους παραμέτρων αζώτου θα επιτρέψουν τη συνεχή, και συνεπώς οικονομική, λειτουργία των εγκαταστάσεων απομάκρυνσης αζώτου:

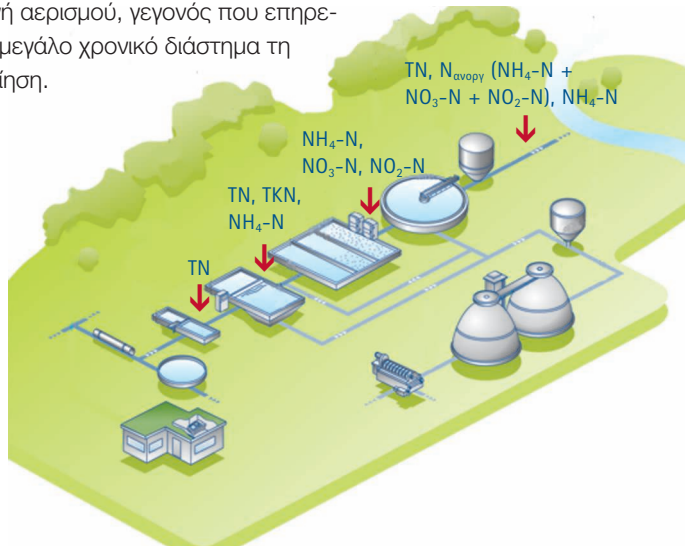
Online με αισθητήρια συνεχούς μέτρησης ($\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$) και **στο εργαστήριο με το σύστημα αναλύσεων φιαλιδίων της LANGE** ($\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, TN).

Αλλαγές στη μονάδα ή διακυμάνσεις στην εισροή απαιτούν αυστηρότερο έλεγχο, καθώς οι μικροοργανισμοί προσαρμόζονται πολύ αργά στις νέες συνθήκες. Αυτό ισχύει ειδικά για τα ευαίσθητα βακτήρια νιτροποίησης. Στην περίπτωση αυτή, μπορεί να χρειαστούν αρκετές ημέρες για να προσαρμοστούν οι βιολογικές συνθήκες και επιτευχθεί εκ νέου η ιδανική απόδοση αποικοδόμησης. Το ίδιο ισχύει και για περίπτωση σφαλμάτων, τα οποία επηρεάζουν τις βιολογικές συνθήκες (π.χ ακραίες ποσότητες εισροής, τοξικά υλικά κ.λπ.). Οι ακραίες τιμές στην είσοδο ενδέχεται να παρασύρουν τους μικροοργανισμούς από τη δεξαμενή αερισμού, γεγονός που επηρεάζει για μεγάλο χρονικό διάστημα τη νιτροποίηση.

Σταθερές και διατηρούμενες οριακές τιμές εξόδου επιτυγχάνονται καλύτερα όταν διατηρείται ομοιόμορφο το φορτίο του βιολογικού συστήματος. Απαιτείται συνεπώς ορθή (αναλυτική) αξιολόγηση των επιμέρους διεργασιών αποικοδόμησης των αζωτούχων ενώσεων, προκειμένου να διαπιστώνονται γρήγορα τυχόν ανεπιθύμητες επιδράσεις από το δίκτυο των αγωγών, το εγγενές φορτίο ή την πορεία της διαδικασίας. Αυτό επιτρέπει την άμεση λήψη μέτρων αντιμετώπισης, προτού επηρεαστούν σοβαρά οι βιολογικές συνθήκες.

Τα τυπικά σημεία μέτρησης για τις παραμέτρους αζώτου είναι

- Είσοδος μονάδων επεξεργασίας: TN
- Είσοδος μονάδας αερισμού: TN, TKN, $\text{NH}_4\text{-N}$
- Έξοδος μονάδας απονιτροποίησης: $\text{NH}_4\text{-N}$
- Έξοδος μονάδας νιτροποίησης: $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$
- Έξοδος μονάδας επεξεργασίας: TN, $\text{N}_{\text{αποργ}}$ ($\text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N} + \text{NO}_2\text{-N}$), $\text{NH}_4\text{-N}$



Εικ. 6: Η κατάλληλη κλίμακα μετρήσεων για κάθε εφαρμογή: αναλύσεις αμμωνίου με κυψελίδες για συγκεντρώσεις 0,015–130 mg/L $\text{NH}_4\text{-N}$

Ισοζύγιο Αζώτου

Το άζωτο απαντάται στα υγρά απόβλητα υπό μορφή διαφόρων ενώσεων, οι οποίες έχουν διαφορετικές ιδιότητες. Κατά τη διοχέτευσή τους στα επιφανειακά νερά οι ενώσεις τους μπορούν να μειώσουν την περιεκτικότητα του νερού σε οξυγόνο, και να έχουν τοξική επίδραση στα ψάρια ή να λειτουργήσουν ως θρεπτικές ουσίες. Για το λόγο αυτό είναι σημαντικό να γνωρίζει κανείς τη σύνθεση των ενώσεων του αζώτου στα αστικά απόβλητα, καθώς και τον τρόπο με τον οποίο τροποποιούνται στα επιμέρους στάδια των διεργασιών κατά την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων.

Αποστόλου Αγγελική
Υποστήριξη πωλησέων
Χημικός Μηχανικός

Σημάνσεις επικινδυνότητας

	Διαβρωτικό (LCK339/340/138/238/338)
	Επιβλαβές (LCK302/303/304/305)
	Ερεθιστικό (LCK341/342)
	Επικίνδυνο για το περιβάλλον (LCK302/303/304/305)