



Τεχνική Περιβάλλοντος

Ενότητα 9: Απομάκρυνση αζώτου

Ευθύμιος Νταρακάς
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



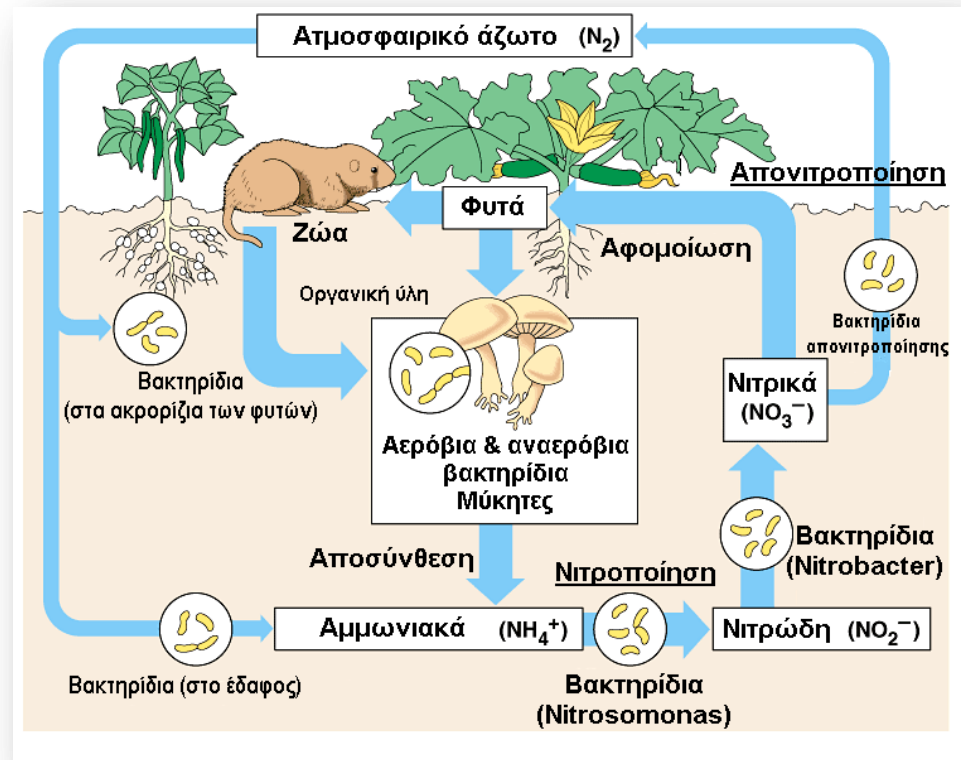
Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Το άζωτο

- Το άζωτο (N) είναι βασικό στοιχείο για τη σύνθεση των πρωτεϊνών.
- Οι γνώσεις για τη μορφή με την οποία βρίσκεται στα απόβλητα καθώς επίσης και οι συγκεντρώσεις του σε οποιαδήποτε μορφή, είναι απαραίτητες για τη διαδικασία αξιολόγησης της αποτελεσματικότητας των βιολογικών διεργασιών επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων.

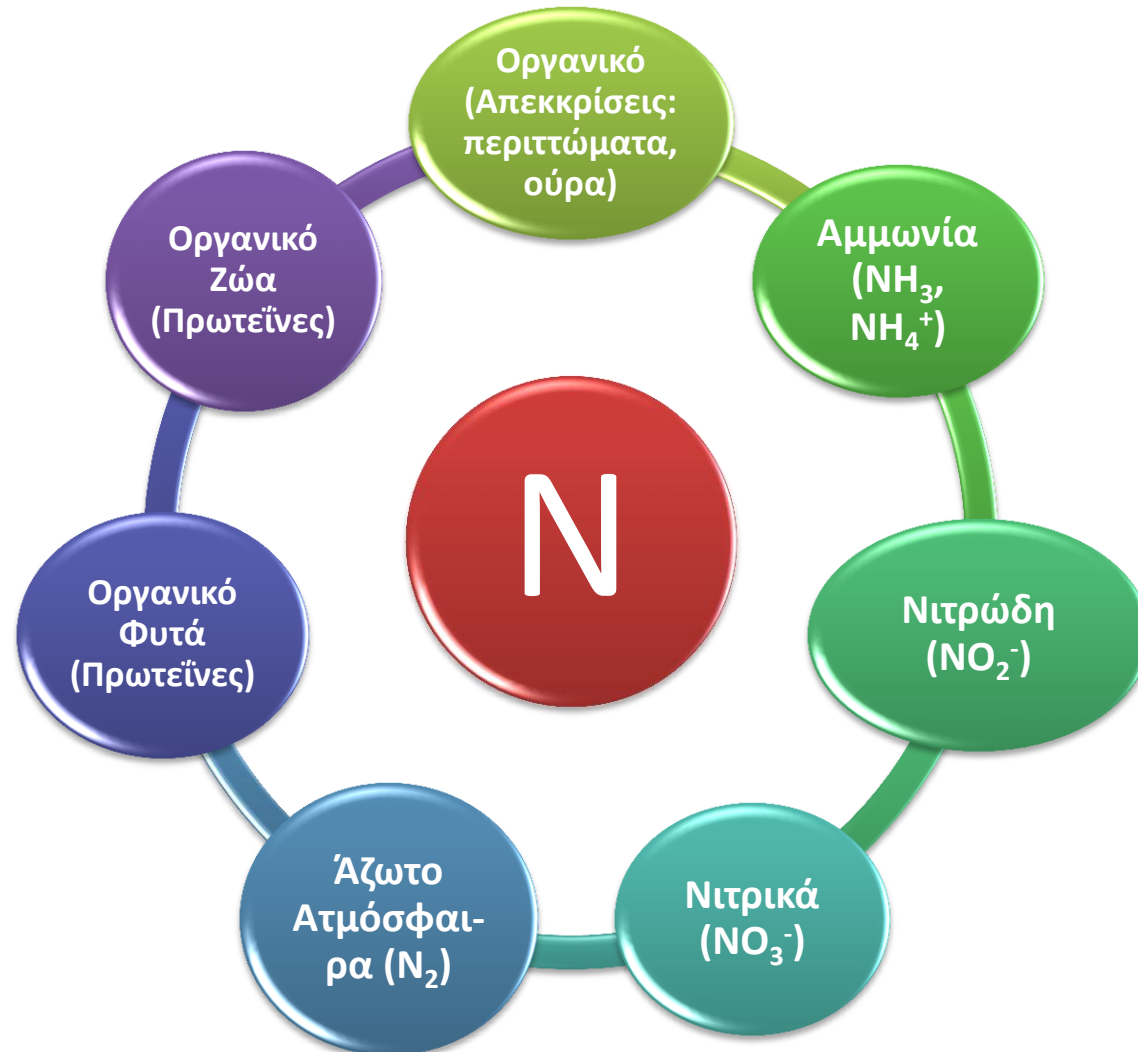


Πηγή:

<http://biologi-ed.blogspot.gr/2012/08/soal-ekologi-1.html>



Μορφές του αζώτου



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	$\text{TKN} - (\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+)$
Ολικό άζωτο	TN	Οργανικό N + $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+ + \text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$

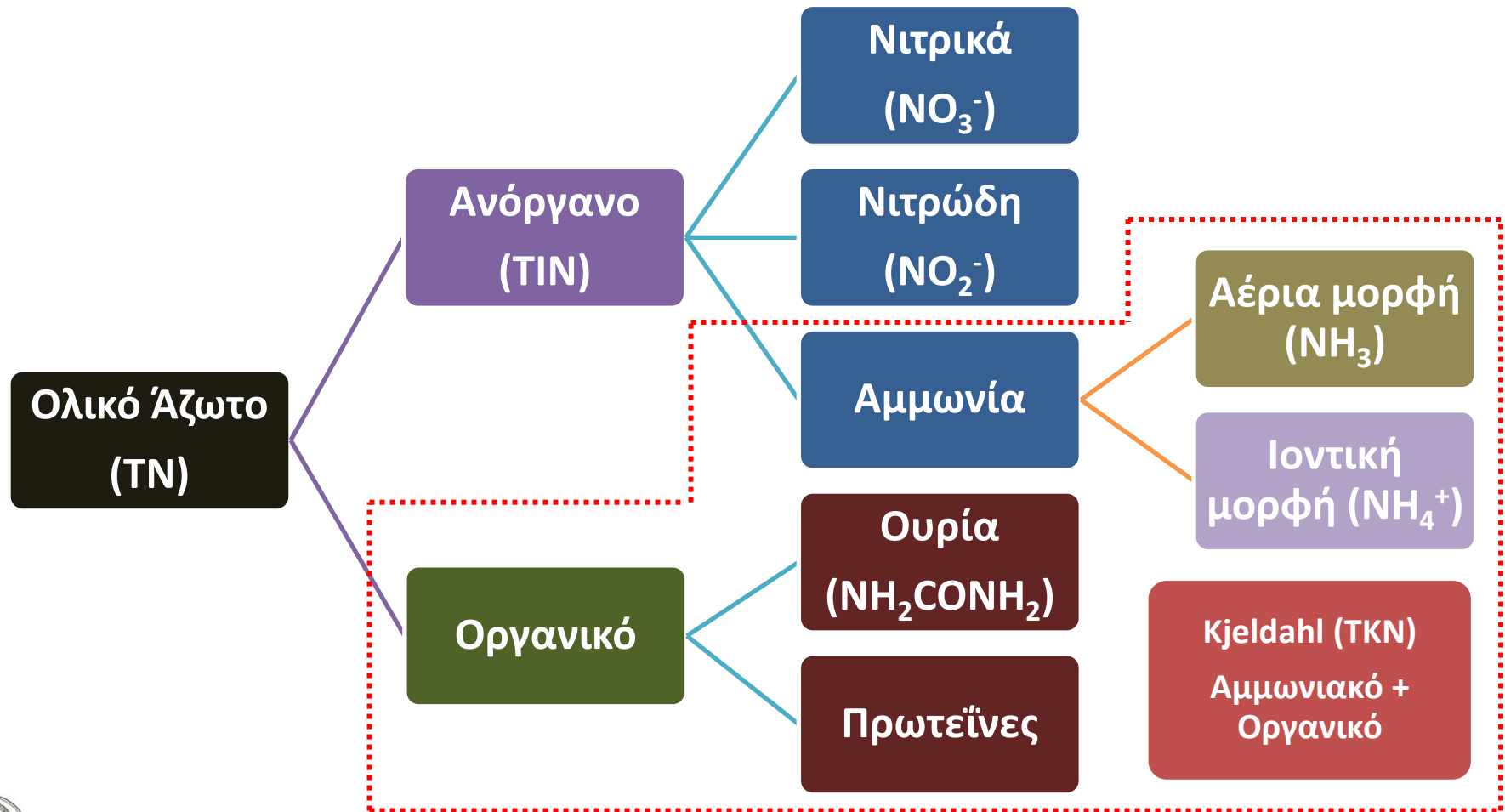


Το άζωτο στα υγρά απόβλητα

- Στα υγρά απόβλητα το άζωτο βρίσκεται σε διάφορες μορφές, κυριαρχεί όμως η μορφή του **πρωτεϊνικού υλικού** και της **ουρίας** (NH_2CONH_2).
- Ανεπαρκής ποσότητα αζώτου μπορεί να επιβάλλει την προσθήκη αζώτου προκειμένου να διευκολυνθεί η επεξεργασία των υγρών αποβλήτων.
- Οι **ευαίσθητοι** φυσικοί αποδέκτες επεξεργασμένων εκροών απαιτούν πάντα την απομάκρυνση του αζώτου από τα υγρά απόβλητα.



Το άζωτο στα υγρά απόβλητα



Άζωτο στα υγρά απόβλητα και pH

Οργανικό άζωτο (Ουρία)
(NH_2CONH_2)

Όταν η ουρία εισέρχεται στο
νερό μετατρέπεται σε
αμμωνία

Αμμωνία

Ισορροπία

Αμμωνία
(NH_4^+)
Ιοντική μορφή

Αμμωνία
(NH_3)
Αέρια μορφή

Κλίμακα pH

5

6

7

8

9

10

11

12

13



Άζωτο στα υγρά απόβλητα και pH

Οργανικό άζωτο (Ουρία)
(NH_2CONH_2)

Όταν η ουρία εισέρχεται στο νερό μετατρέπεται σε αμμωνία

Αμμωνία

Ισορροπία

Αμμωνία
(NH_4^+)
Ιοντική μορφή

~~Αμμωνία
(NH_3)
Αέρια μορφή~~

Κλίμακα pH

5	6	7	8	9	10	11	12	13
---	---	---	---	---	----	----	----	----



Άζωτο στα υγρά απόβλητα και pH

Οργανικό άζωτο (Ουρία)
(NH_2CONH_2)

Όταν η ουρία εισέρχεται στο
νερό μετατρέπεται σε
αμμωνία

Αμμωνία

Ισορροπία

~~Αμμωνία
(NH_4^+)
Ιοντική μορφή~~

Αμμωνία
(NH_3)
Αέρια μορφή

Κλίμακα pH

5

6

7

8

9

10

11

12

13



Άζωτο στα υγρά απόβλητα και pH

Οργανικό άζωτο (Ουρία)
(NH_2CONH_2)

Όταν η ουρία εισέρχεται στο
νερό μετατρέπεται σε
αμμωνία

Αμμωνία

(NH_4^+)
Ιοντική μορφή

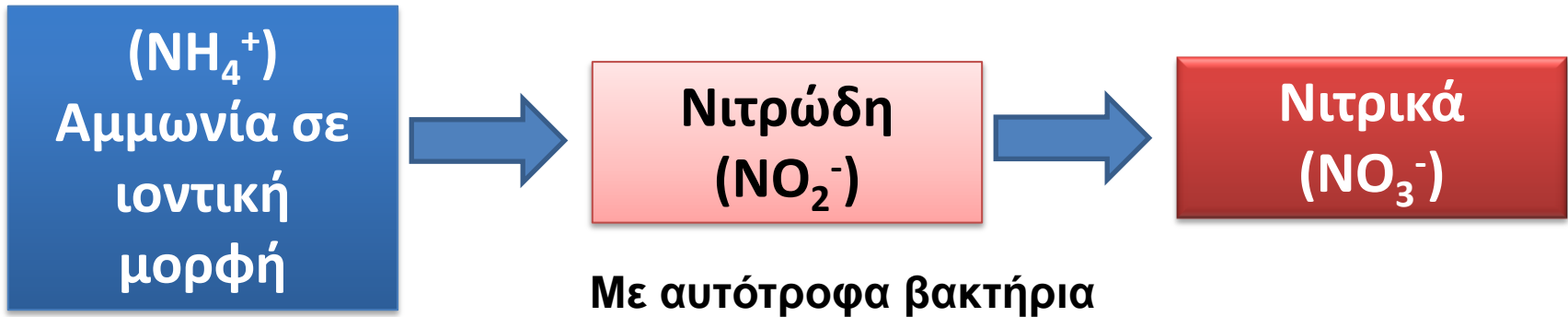
pH αποβλήτων

Κλίμακα pH

5	6	7	8	9	10	11	12	13
---	---	---	---	---	----	----	----	----



Μετατροπή της αμμωνίας σε νιτρικά άλατα (ΝΙΤΡΟΠΟΙΗΣΗ)



Η ταχύτητα της νιτροποίησης εξαρτάται από τη **θερμοκρασία**, το **pH**, και τη **συγκέντρωση του οξυγόνου** στα απόβλητα.

Για χαμηλές θερμοκρασίες: **SRT > 15-20** ημέρες

Για υψηλές θερμοκρασίες: **SRT < 5-10** ημέρες

Καλύτερο pH για τα νιτροποιητικά βακτήρια: **6,8 – 7,5**

Καλό pH λυμάτων για όλη τη διεργασία (νιτροποίηση – απονιτροποίηση): **8,2**

Για να θεωρηθεί ότι πραγματοποιείται νιτροποίηση σε ικανοποιητικό βαθμό θα πρέπει:

Η συγκέντρωση των αμμωνιακών (NH₄⁺) να είναι **< 2,0 mg/L**

Η συγκέντρωση των νιτρωδών (NO₂⁻) να είναι **< 0,5 mg/L**.



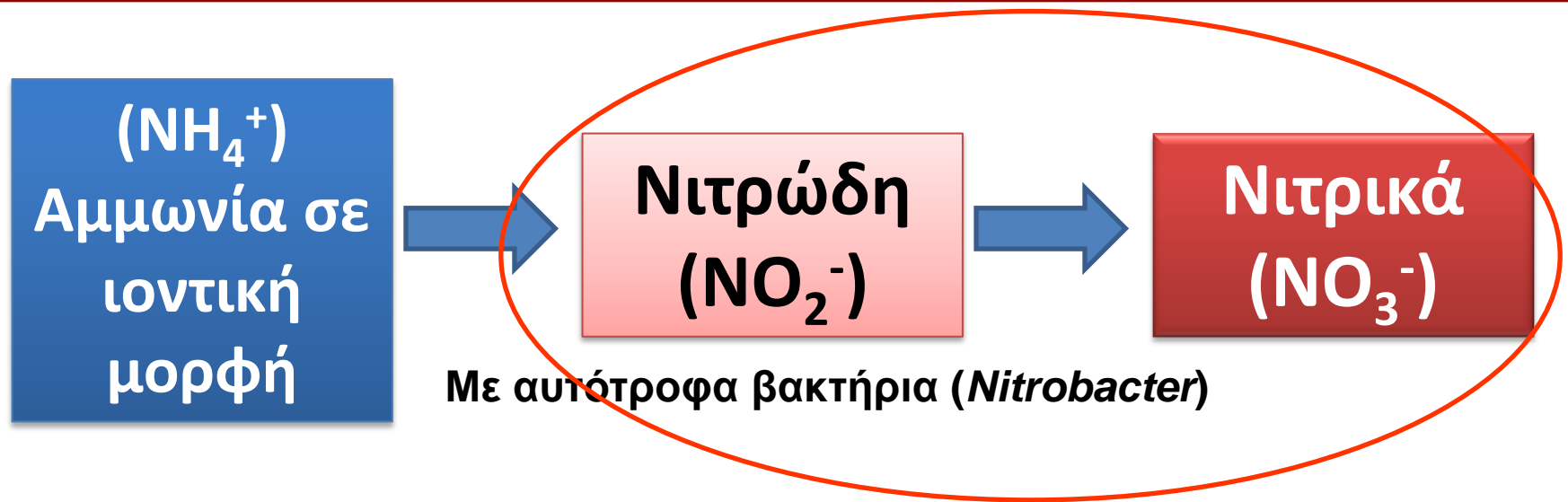
Πρώτο στάδιο νιτροποίησης



Σημαντικό. Το οξύ που παράγεται εξουδετερώνεται από την αλκαλικότητα των λυμάτων. Σε διαφορετική περίπτωση τα βακτήρια θα πέθαιναν.



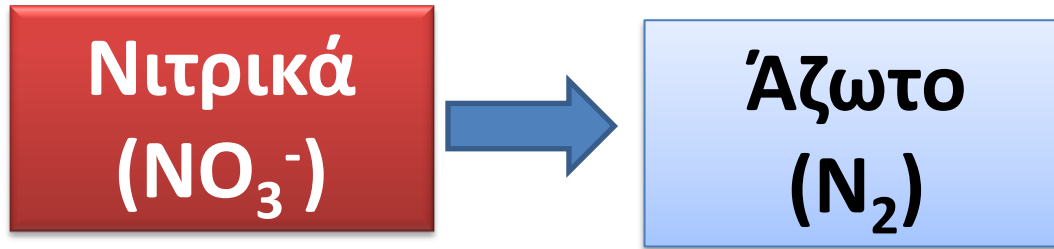
Δεύτερο στάδιο νιτροποίησης



Μετά τη νιτροποίηση η τοξική αμμωνία έχει βέβαια οξειδωθεί από τα αυτότροφα βακτήρια αλλά άζωτο (με τη μορφή των νιτρικών) υπάρχει ακόμα στα απόβλητα. Συνεπώς η διαδικασία πρέπει να προχωρήσει και το παραμένον άζωτο θα πρέπει να απομακρυνθεί τελείως από τα υγρά απόβλητα.



Μετατροπή των νιτρικών σε αέριο άζωτο (ΑΠΟΝΙΤΡΟΠΟΙΗΣΗ)



Με ετερότροφα βακτήρια



Σημαντικό. Το οξυγόνο είναι απαραίτητο για τα βακτήρια και σ' αυτή τη περίπτωση. Εάν τους το στερήσουμε δημιουργώντας αναερόβιες συνθήκες, το λαμβάνουν από τα νιτρικά.



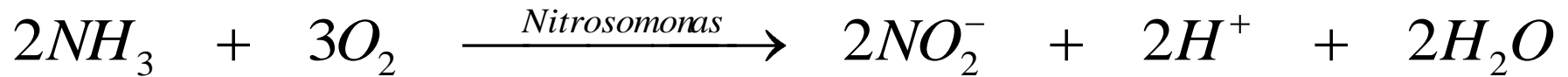
Σημαντικό. Μεγάλες δεξαμενές απονιτροποίησης μπορούν να προκαλέσουν φαινόμενα επίπλευσης ιλύος στους διαυγαστήρες.

Σημαντικό. Η βάση που παράγεται εξουδετερώνει το οξύ που παράγεται κατά τη νιτροποίηση.

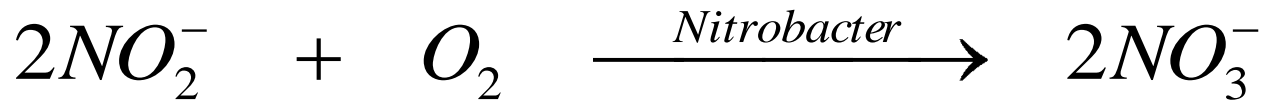


Οι χημικές αντιδράσεις της Νιτροποίησης - Απονιτροποίησης

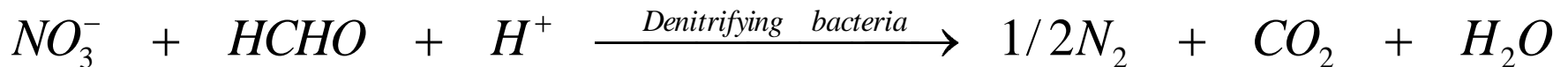
Νιτροποίηση (1^ο Στάδιο): Μετατροπή αμμωνίας σε νιτρώδη (Αερόβια αυτότροφα βακτήρια)



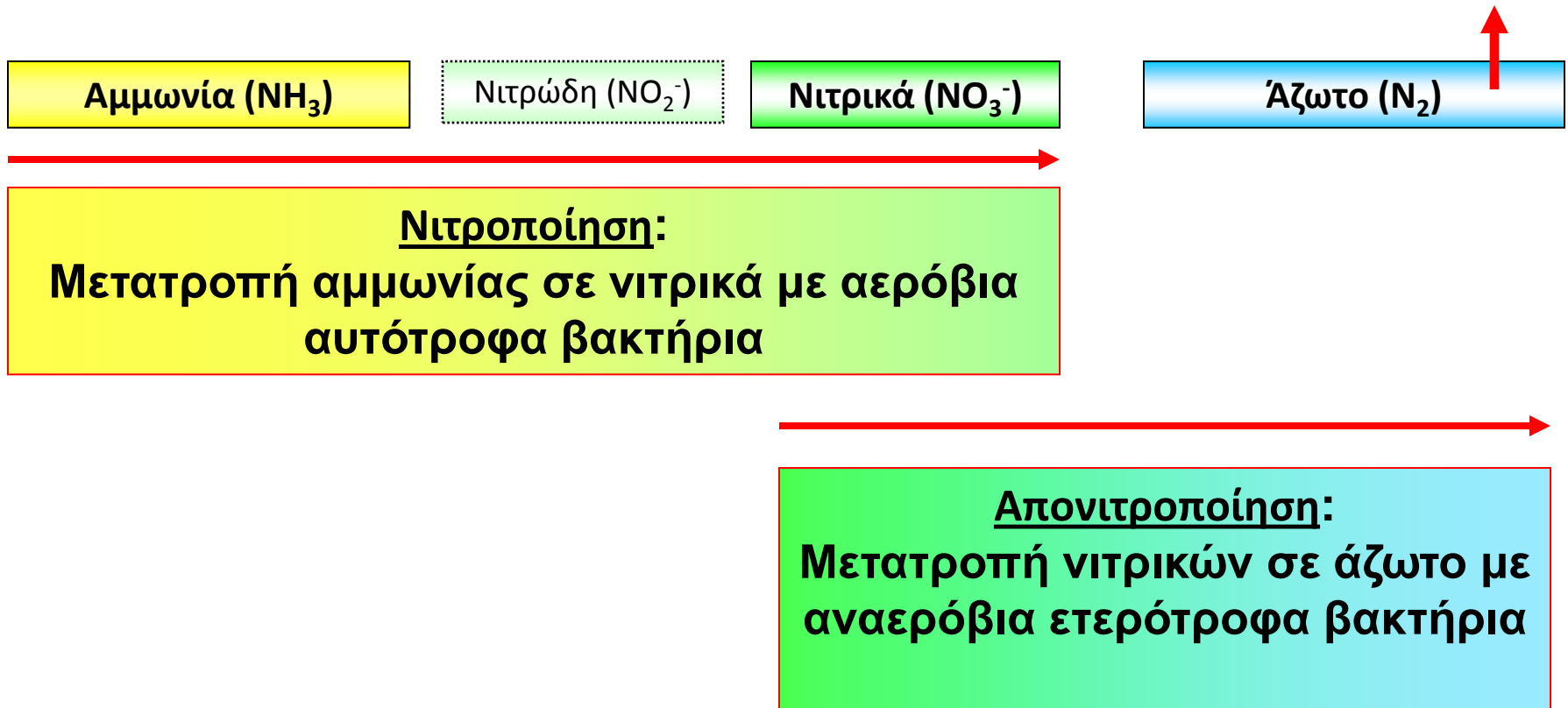
Νιτροποίηση (2^ο Στάδιο): Μετατροπή νιτρωδών σε νιτρικά (Αερόβια αυτότροφα βακτήρια)



Απονιτροποίηση: Μετατροπή νιτρικών σε αέριο άζωτο (Αναερόβια ετερότροφα βακτήρια)



Νιτροποίηση - Απονιτροποίηση

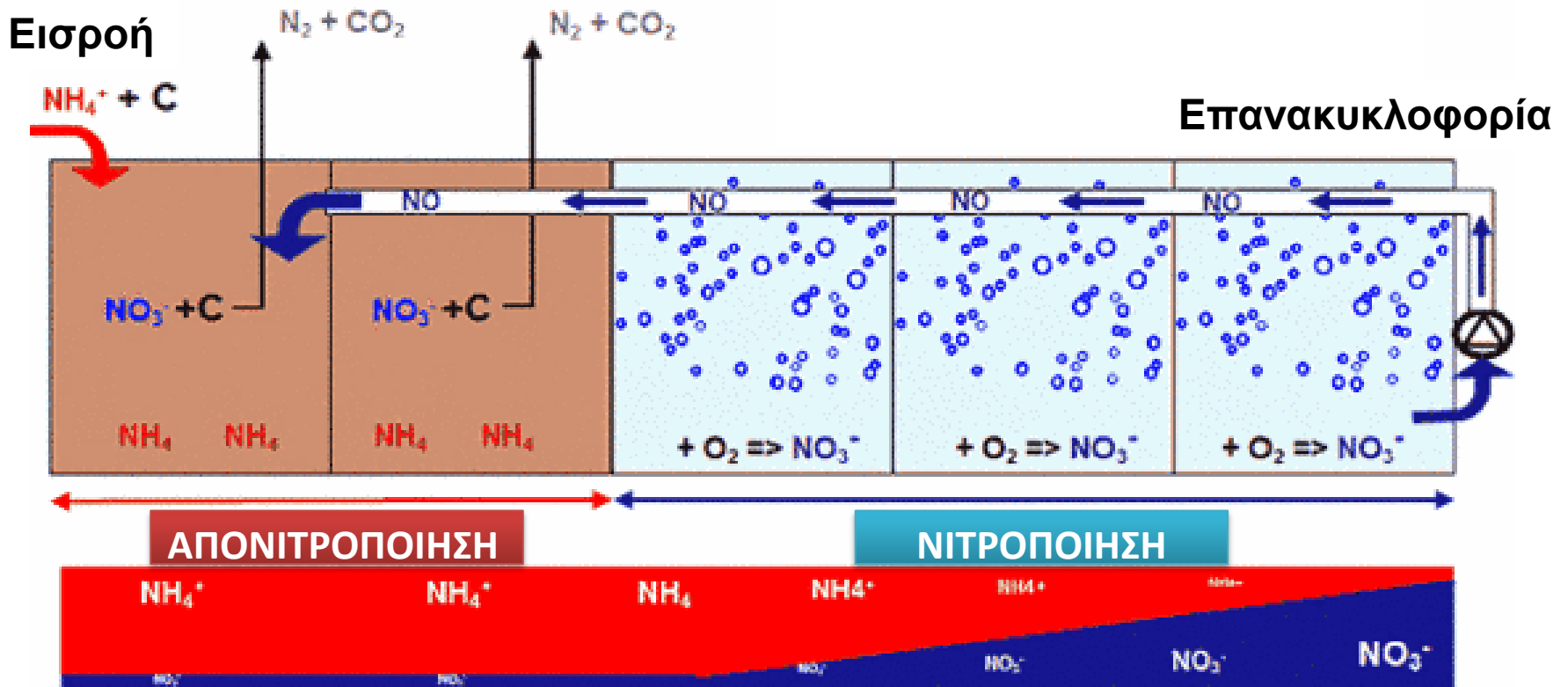


Το άζωτο στα υγρά απόβλητα

- **Αστικά λύματα:** Υψηλή περιεκτικότητα οργανικού φορτίου (BOD), υψηλή περιεκτικότητα αμμωνιακών (NH_4^+), χαμηλή περιεκτικότητα νιτρικών (NO_3^-).
- **Στάδιο Νιτροποίησης:** Χαμηλή περιεκτικότητα οργανικού φορτίου (BOD), υψηλή περιεκτικότητα αμμωνιακών (NH_4^+), παράγονται νιτρικά (NO_3^-).
- **Στάδιο Απονιτροποίησης:** Υψηλή περιεκτικότητα οργανικού φορτίου (BOD), υψηλή περιεκτικότητα νιτρικών (NO_3^-), παράγεται άζωτο.



Νιτροποίηση - Απονιτροποίηση



Η συγκέντρωση της **αμμωνίας** μειώνεται. Η συγκέντρωση των **νιτρικών** αυξάνεται.

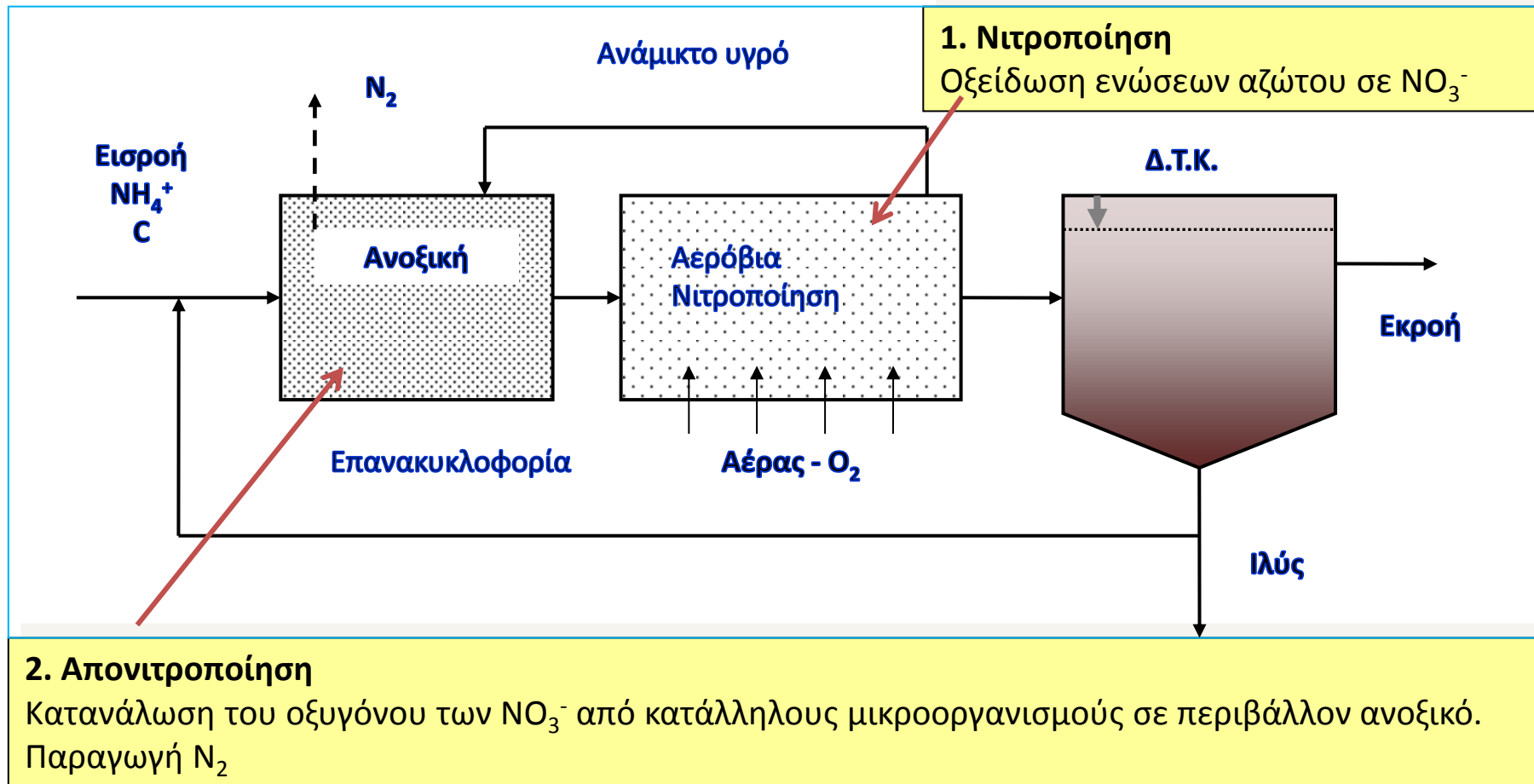
Απαραίτητες προϋποθέσεις για ικανοποιητική νιτροποίηση

- Υψηλή συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου (D.O.).
- **Θερμοκρασία** (η βέλτιστη θερμοκρασία νιτροποίησης κυμαίνεται από 28 έως 32°C και η μείωση της θερμοκρασίας συνεπάγεται σημαντική μείωση της ταχύτητας της αντίδρασης).
- Αρκετά μεγάλη **ηλικία ιλύος**.
- **pH** των αποβλήτων (Βέλτιστη τιμή προς την αλκαλική περιοχή, δηλαδή pH = 8.2).
- Ικανοποιητική συγκέντρωση **αλκαλικότητας*** ($\Sigma \text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-} + \text{OH}^- - \text{H}^+$) των αποβλήτων (εξαπλάσια τουλάχιστον της συγκέντρωσης των αμμωνιακών).
- Ικανοποιητικό επίπεδο συγκέντρωσης **αμμωνιακού φορτίου**.

***Αλκαλικότητα: Η αντίσταση στα οξέα** (Σημαντικό στην επεξεργασία των λυμάτων, ιδιαίτερα κατά τη νιτροποίηση – απονιτροποίηση).

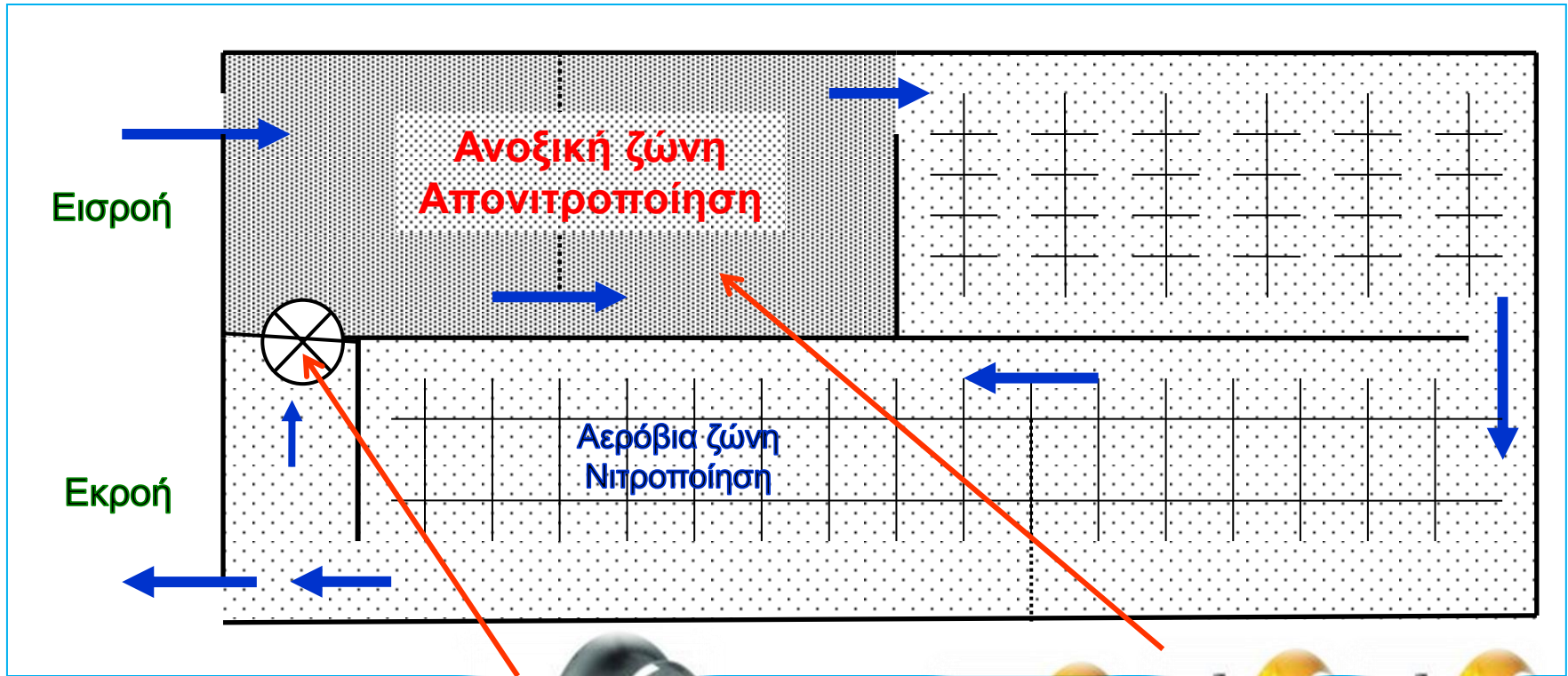


Προανοξική απονιτροποίηση σε ξεχωριστή δεξαμενή

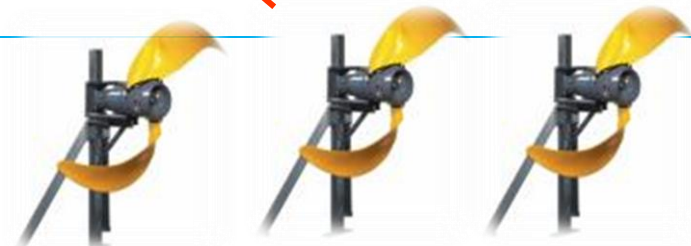


2

Κάτοψη ορθογώνιας δεξαμενής νιτρ. – απονιτρ. με προτασόμενη ανοξική ζώνη



**Προτασόμενη
ανοξική ζώνη**

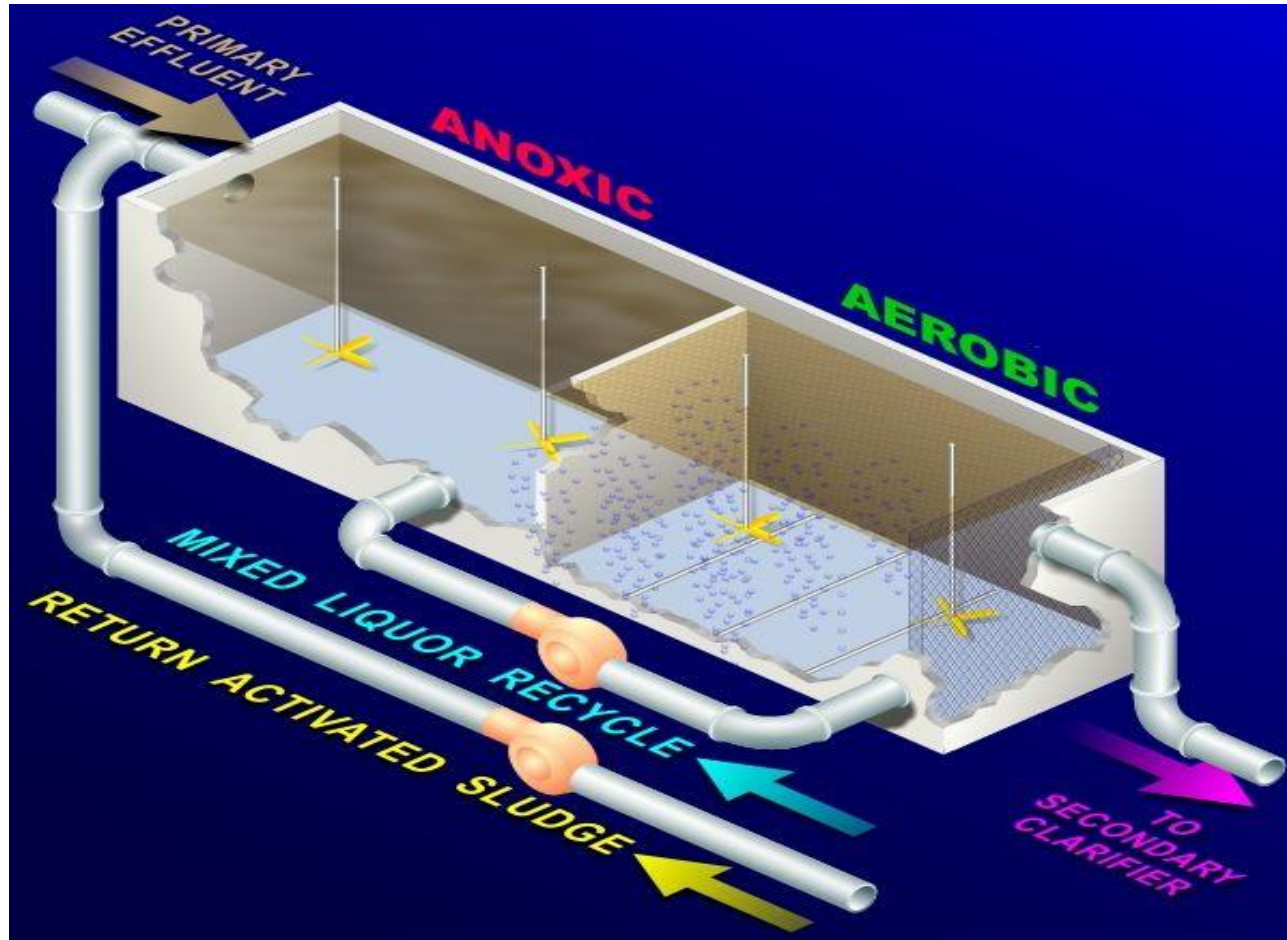


Ανοξική ζώνη για απονιτροποίηση

- Είναι ανοξική (δεν υπάρχει οξυγόνο).
- Εφ' όσον δεν υπάρχει ελεύθερο οξυγόνο, οι μικροοργανισμοί **αναγκάζονται** να το λάβουν από τις νιτροποιημένες ενώσεις (δηλαδή τα νιτρικά NO_3^- ιόντα).
- Η τροφή που απαιτείται για την επιβίωση των μικροοργανισμών προσφέρεται με την επανακυκλοφορία της ιλύος (**πλούσιο οργανικό φορτίο**). Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο η ανοξική ζώνη προτάσσεται και δεν μπορεί να λειτουργήσει στο τέλος, δηλαδή μετά τη νιτροποίηση.



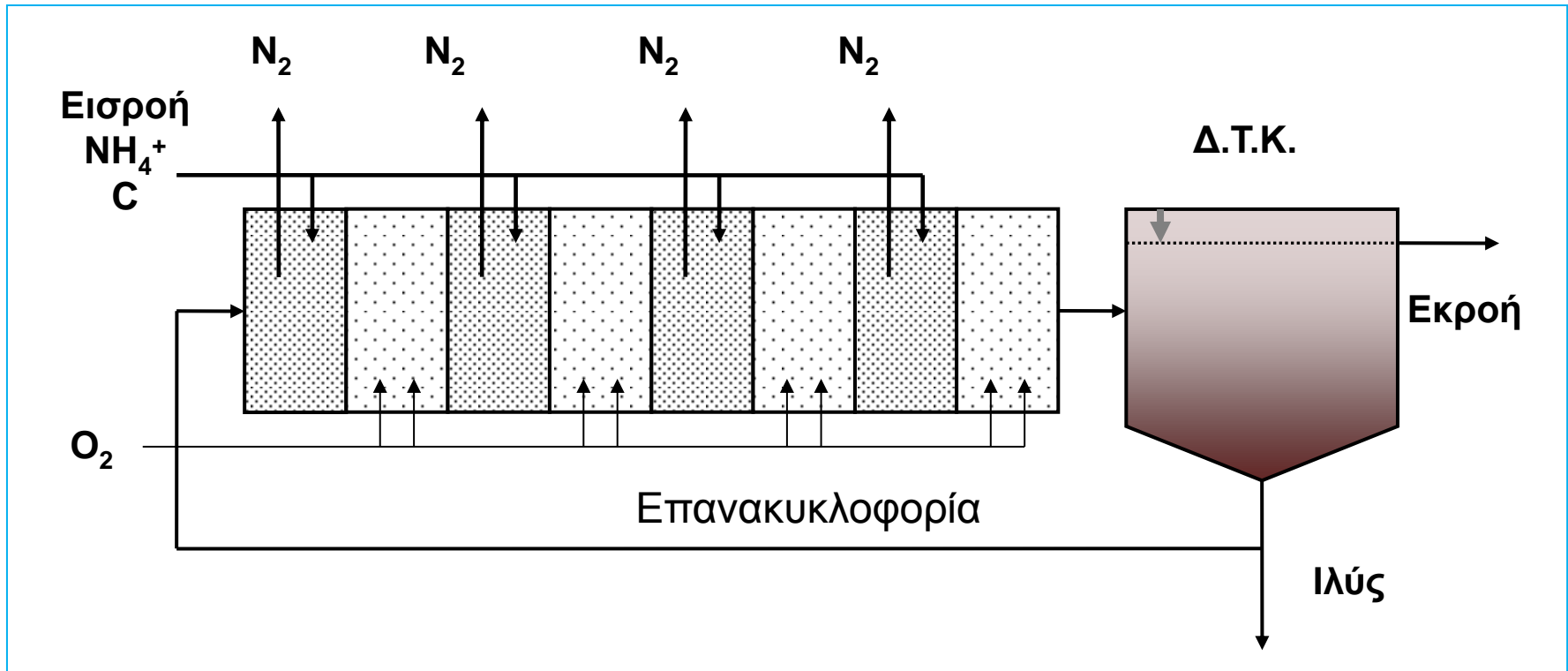
Απονιτροποίηση



Πηγή:

<http://www.xaraxone.com/FeaturedArt/jc/html/03.htm>

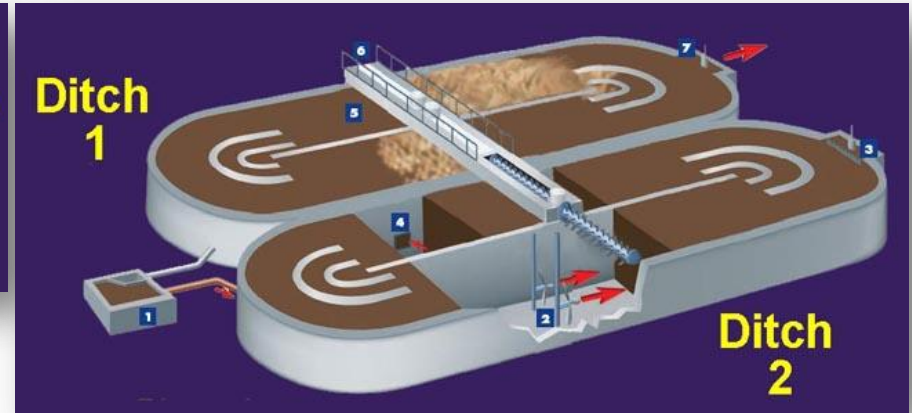
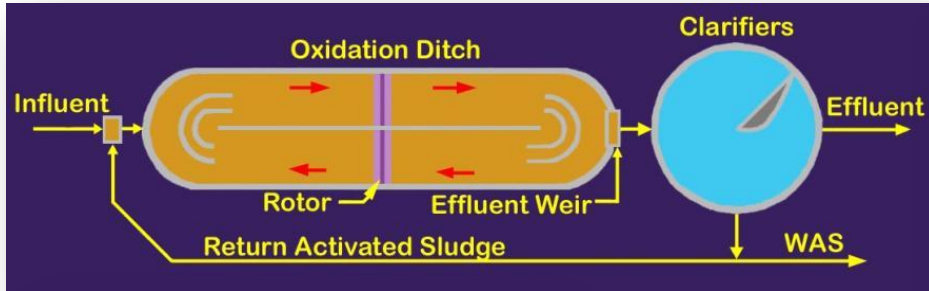
Νιτρ/ση – απονιτρ/ση σε δεξαμενές με περισσότερους θαλάμους στη σειρά (Εναλλαγή αεριζόμενων με μη αεριζόμενες ζώνες)



**Ταυτόχρονη ή διακοπτόμενη απονιτροποίηση
Εναλλαγή αεριζόμενων με μη αεριζόμενες ζώνες**



Σχηματική διάταξη οξειδωτικής τάφρου για ταυτόχρονη απονιτροποίηση



Πηγή:
<http://www.thewatertreatment.com/wastewater-treatment/oxidation-ditch-sewage-treatment/>

Αναδευτήρας
(προωθητής λυμάτων)
τύπου μπανάνας για
αργόστροφη ανάδευση

Πηγή:
<http://www.ien.com/company/itt-flygt-usa/357511>

Δίδυμη οξειδωτική τάφρος

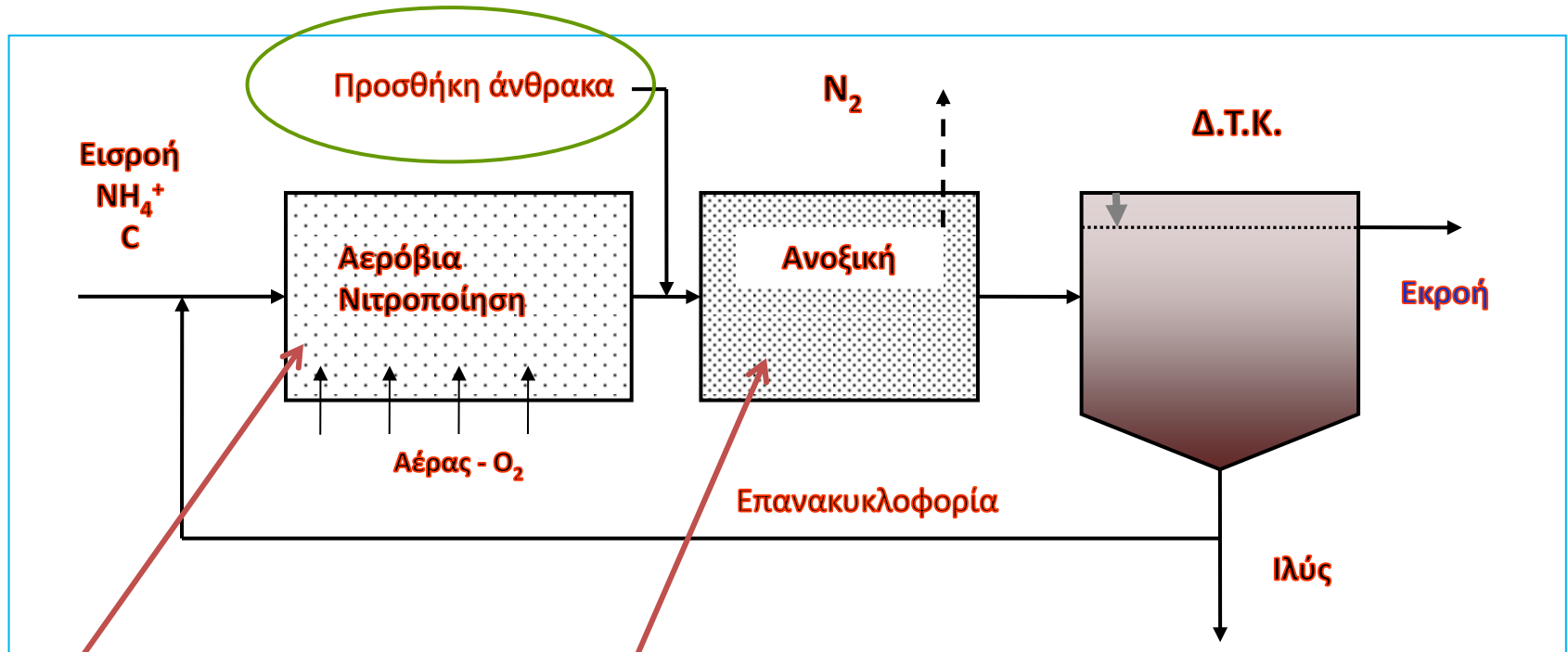
Πηγή:
<http://www.greenworld.vn/products/thiet-bi-moi-truong-67.html>



Οξειδοτική τάφρος



Μετανοξική ενδογενής απονιτροποίηση



1. Νιτροποίηση

Οξείδωση ενώσεων του αζώτου σε NO_3^-

2. Απονιτροποίηση

Κατανάλωση του οξειδίου των NO_3^- από κατάλληλους μικροοργανισμούς σε ανοξικό περιβάλλον. Παραγωγή N_2



Νιτροποίηση – Απονιτροποίηση

Προβλήματα – Αίτια – Λύσεις

ΠΡΟΒΛΗΜΑ -1 -

Η συγκέντρωση της αμμωνίας στην εκροή υπερβαίνει τα 1,0 – 2,0 mg/l.

ΑΙΤΙΑ

Ανεπαρκής αερισμός.

Μικρός χρόνος παραμονής βιοστερεών (ιλύος) (SRT).

Τοξικές ουσίες στα απόβλητα.

Απότομες μεταβολές του pH.

ΛΥΣΗ

Καλύτερος αερισμός. Πρόσδοση περισσότερου οξυγόνου.

Αύξηση του Χρόνου Παραμονής των Στερεών (SRT), δηλαδή της ιλύος, μέσω αύξησης του ανάμικτου υγρού, δηλαδή των MLSS.

Εργαστηριακός έλεγχος για τοξικές ουσίες.



Νιτροποίηση – Απονιτροποίηση

Προβλήματα – Αίτια – Λύσεις

ΠΡΟΒΛΗΜΑ – 2 -

Η συγκέντρωση των νιτρικών στην εκροή αυξάνεται (Υπερβαίνει τα όρια).

ΑΙΤΙΑ

Δεν λειτουργεί σωστά η ανοξική ζώνη.

Δεν υπάρχει αρκετή τροφή (BOD) στα εισερχόμενα λύματα.

ΛΥΣΗ

Μείωση του παρεχόμενου οξυγόνου.

Πρόσδοση τροφής (οργανικού άνθρακα, μεθανόλης κ.λ.π.)



Νιτροποίηση – Απονιτροποίηση

Προβλήματα – Αίτια – Λύσεις

ΠΡΟΒΛΗΜΑ – 3 -

Φαινόμενο επίπλευσης ιλύος στην επιφάνεια της δεξαμενής καθίζησης.

ΑΙΤΙΑ

Δεν έχει επιτευχθεί ικανοποιητική απονιτροποίηση. Στον πυθμένα της δεξαμενής καθίζησης επικρατούν ανοξικές συνθήκες. Το άζωτο που δημιουργείται συμπαρασύρει προς την επιφάνεια κομμάτια ιλύος.

ΛΥΣΗ

Μείωση του χρόνου παραμονής της ιλύος στη δεξαμενή καθίζησης.
Αύξηση του ρυθμού επανακυκλοφορίας της ιλύος.



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Ευθύμιος Νταρακάς.
«Τεχνική Περιβάλλοντος». Έκδοση: 1.0. Θεσσαλονίκη 2014.

Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:
<http://eclass.auth.gr/courses/OCRS460/>



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά - Παρόμοια Διανομή [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>





Τέλος ενότητας

Επεξεργασία: Ολυμπία Τασκάρη
Θεσσαλονίκη, 1/9/2014



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Σημειώματα

Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

