

ΔΗΜΟΣ ΘΑΣΟΥ

Οριστική Μελέτη Εγκατάστασης Επεξεργασίας Λυμάτων Οικισμού Πρίνου Δήμου Θάσου

Χημικοτεχνική Μελέτη

Μελετητής:



📍 Παπαρρηγοπούλου 21
Αγία Παρασκευή, 15343, Αθήνα
☎ +30 210 6528078
☎ +30 210 6528760
www.emvis.gr, info@emvis.gr

Αύγουστος 2018

Πίνακας Περιεχομένων

1	Δεδομένα Σχεδιασμού	3
2	Όρια εκροής	3
3	Χημικοτεχνική μελέτη (υγειονομολογικοί υπολογισμοί)	4
3.1	Έργα εισόδου.....	4
3.2	Μονάδα Προεπεξεργασίας	4
3.2.1	Παραδοχές σχεδιασμού.....	4
3.2.2	Διαστασιολόγηση.....	4
3.3	Δεξαμενή εξισορρόπησης.....	5
3.4	Βιολογική επεξεργασία	7
3.4.1	Παραδοχές σχεδιασμού.....	7
3.4.2	Διαστασιολόγηση.....	14
3.5	Δεξαμενές Τελικής Καθίζησης.....	23
3.5.1	Παραδοχές σχεδιασμού.....	23
3.5.2	Παραδοχές σχεδιασμού.....	23
3.6	Μονάδα απολύμανσης	24
3.6.1	Παραδοχές σχεδιασμού.....	24
3.6.2	Διαστασιολόγηση.....	25
	Αποχλωρίωση	26
3.7	Δεξαμενή ιλύος.....	27
3.8	Συγκρότημα μηχανικής πάχυνσης - αφυδάτωσης ιλύος.....	27
3.8.1	Παραδοχές σχεδιασμού.....	27
3.8.2	Διαστασιολόγηση.....	28

1 Δεδομένα Σχεδιασμού

Πίνακας 1 Δεδομένα σχεδιασμού ΕΕΛ Πρίνου

Δεδομένα σχεδιασμού	M.M	Α' Φάση	Α' Φάση	Β' Φάση	Β' Φάση
		Χειμώνας	Θέρος	Χειμώνας	Θέρος
Ισοδύναμοι Κάτοικοι		1,850	5,200	2,900	11,500
Παραγωγή λυμάτων ανά κάτοικο	lt/pe/day	200	200	200	200
Εισροές	lt/pe/day	20	20	20	20
Μέση ημερήσια παροχή (σχεδιασμού)	m ³ /d	407.0	1144.0	638.0	2530.0
Μέγιστη ημερήσια παροχή	m ³ /d	481	1352	754	2990
Παροχή αιχμής Α/Σ	l/s		31.0		68.0
Φορτίο BOD	kg/day	111.0	312.0	174.0	690.0
Φορτίο στερεών	kg/day	129.5	364.0	203.0	805.0
Φορτίο αζώτου	kg/day	18.5	52.0	27.0	115.0
Φώσφορος	kg/day	4.6	13.0	7.3	28.8
Συγκέντρωση BOD	mg/lt	273	273	273	273
Συγκέντρωση στερεών	mg/lt	318	318	318	318
Συγκέντρωση αζώτου	mg/lt	45	45	42	45
Συγκέντρωση φωσφόρου	mg/lt	11	11	11	11

2 Όρια εκροής

Λαμβάνοντας υπόψη ότι τα επεξεργασμένα λύματα διατίθενται αποκλειστικά σε θαλάσσιο, μη ευαίσθητο αποδέκτη, σύμφωνα με τις απαιτήσεις της Οδηγίας 91/271/ΕΟΚ και της ΚΥΑ 5673/400/5.3.97, οι τιμές των ρυπαντικών φορτίων στην έξοδο της ΕΕΛ είναι οι εξής :

Πίνακας 2 Όρια εκροής επεξεργασμένων λυμάτων προς διάθεση στη θάλασσα

Παράμετρος	M.M	Τιμή
BOD5	mg/l	≤25*
SS	mg/l	≤35*
NO3-N	mg/l	≤14
NH4-N	mg/l	≤1
Ολικά κολοβακτηρίδια	/100ml	≤70

*Στο 95% των δειγμάτων

Επιπλέον, σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία (ΚΥΑ 145116/2011) τα επεξεργασμένα λύματα που θα ικανοποιούν τις ανάγκες για το βιομηχανικό νερό της εγκατάστασης θα πρέπει να πληρούν τα χαρακτηριστικά του Πίνακα II της ΚΥΑ 145116 για απεριόριστη άρδευση σύμφωνα με τα ακόλουθα:

Πίνακας 3 Όρια εκροής επεξεργασμένων λυμάτων προς επαναχρησιμοποίηση

Παράμετρος	Μ.Μ	Τιμή
BOD5	mg/l	≤10 (στο 80% των δειγμάτων)
SS	mg/l	≤10 (στο 80% των δειγμάτων)
Θολότητα	NTU	2 (διάμεση τιμή)
EColi	/100ml	≤ 5 EC/100ml (στο 80% των δειγμάτων) ≤ 50 EC/100ml (στο 95% των δειγμάτων)
Ολικά κολοβακτηρίδια	/100ml	70

3 Χημικοτεχνική μελέτη (υγιεινολογικοί υπολογισμοί)

3.1 Έργα εισόδου

Η προσαγωγή των λυμάτων πραγματοποιείται μέσω του καταθλιπτικού αγωγού Ε.Κ.8 ο οποίος καταλήγει στο φρεάτιο εισόδου της εγκατάστασης. Το φρεάτιο διαθέτει σύστημα αερισμού και ανάμιξης.

3.2 Μονάδα Προεπεξεργασίας

3.2.1 Παραδοχές σχεδιασμού

Η προεπεξεργασία των λυμάτων πραγματοποιείται σε συμπαγές σύστημα

Η διαστασιολόγηση της μονάδας σε ότι αφορά τα έργα ΠΜ πραγματοποιείται για την Β'Φάση ενώ τα έργα ΗΜ αφορούν την Α'Φάση.

- Η προεπεξεργασία θα περιλαμβάνει εσχάρωση – εξάμμωση – απολίπανση και θα επιτελείται σε 2 compact συστήματα προεπεξεργασίας, με εσχάρωση και εξάμμωση, από ανοξείδωτο χάλυβα.
- Η εσχάρωση θα είναι τύπου τυμπάνου, με διάκενα 6mm
- Τα εσχαρίσματα μέσω κοχλίας θα συμπιέζονται μέχρι συγκέντρωσης 28-35%,
- Τα δεδομένα σχεδιασμού του compact συστήματος:
 - 90% ελάχιστη απομάκρυνση κόκκων > 0,25mm για παροχή αιχμής
 - 90% ελάχιστη απομάκρυνση κόκκων > 0,20mm για παροχή σχεδιασμού
 - Παροχή αέρα (ανά m³ εξάμωσης) > 1,50Nm³/m³

3.2.2 Διαστασιολόγηση

Η προεπεξεργασία των λυμάτων πραγματοποιείται σε compact αυτόματο σύστημα κλειστού βιομηχανικού τύπου, στο οποίο συντελούνται συνδυασμένα οι διεργασίες της εσχάρωσης, εξάμωσης και απολίπανσης. Το σύστημα διαστασιολογείται για την παροχή αιχμής της Α'Φάσης (31m³/hr). Η εσχάρωση γίνεται σε εσχάρα τύπου

κοχλιωτού αυτοκαθαριζόμενου κοσκίνου στην είσοδο του συστήματος, με κυκλικά διάκενα 6mm, ενώ υπάρχει και διάταξη παράκαμψης με επίπεδη εσχάρα. Τα εσχαρίσματα συμπιέζονται, αφυδατώνονται σε ποσοστό μεγαλύτερο από 30% και τροφοδοτούνται σε κάδο χωρητικότητας 1,1m³, μέσω κοχλίας εσχαρισμάτων.

Με βάση τη μέση ημερήσια παροχή των λυμάτων της Α' φάσης και λαμβάνοντας ημερήσια ποσότητα εσχαρισμάτων ίση με 50 lt/ 1000 m³ υπολογίζεται ότι ο κάδος παρέχει αποθηκευτική ικανότητα 16 ημερών.

Η δεξαμενή εξάμμωσης εξασφαλίζει απομάκρυνση κόκκων > 0,25mm για την παροχή αιχμής σε ποσοστό 96% και απομάκρυνση κόκκων > 0,20mm για την παροχή σχεδιασμού σε ποσοστό 95%. Στη δεξαμενή της διάταξης υπάρχουν δύο κοχλίες άμμου. Ο πρώτος είναι εγκατεστημένος στον πυθμένα κατά μήκος της δεξαμενής και μεταφέρει την καθιζάνουσα άμμο στην αρχή της δεξαμενής, στο βαθύτερο σημείο της. Ο δεύτερος κεκλιμένος κοχλίας, προωθεί και ανυψώνει τη διαχωρισμένη άμμο, η οποία αφυδατώνεται σταδιακά και απορρίπτεται στον κάδο εναπόθεσης άμμου, χωρητικότητας 1,1m³.

3.3 Δεξαμενή εξισορρόπησης

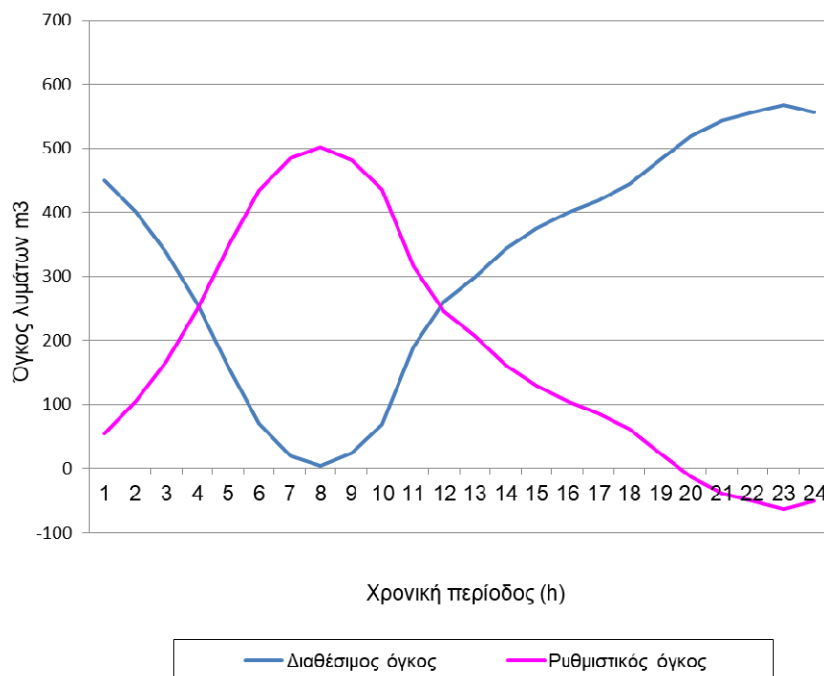
Η ωριαία κατανομή της ημερήσιας παροχής αναμένεται να παρουσιάζει έντονες διακυμάνσεις κατά τη διάρκεια της ημέρας. Με στόχο την ομαλότερη λειτουργία του συστήματος επεξεργασίας και την ομαλοποίηση τυχόν αιχμών των υδραυλικών και ρυπαντικών φορτίων, θα κατασκευαστεί υπόγεια, αεριζόμενη δεξαμενή εξισορρόπησης κατάντη των έργων προεπεξεργασίας των λυμάτων. Η δεξαμενή εξισορρόπησης των εισερχόμενων λυμάτων σχεδιάζεται για την κάλυψη των αναγκών της Β' Φάσης, με βάση την μέγιστη ημερήσια παροχή των 2.990m³/d. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι υπολογισμοί διαστασιολόγησης της δεξαμενής:

Με βάση την ωριαία κατανομή της παροχής, που παρουσιάζεται στον ακόλουθο Πίνακα και το Σχήμα 1, για πλήρη εξισορρόπηση της παροχής της Β Φάσης επαρκεί όγκος δεξαμενής εξισορρόπησης 565 m³.

Πίνακας 4 Υπολογισμός λειτουργίας δεξαμενής εξισορρόπησης ωφέλιμου για την μέγιστη ημερήσια παροχή Β' Φάσης

Ώρα	Συντελεστής παροχής	Τροφοδ. δεξαμενής - Λύματα	Τροφ. στραγγίδια	Έξοδος από δεξαμενή	Όγκος νερού δεξαμενής
		m ³ /h		m ³ /h	m ³ /h
0	0.6	74.75		124.6	450.17
1	0.6	74.75		124.6	400.33
2	0.5	62.29		124.6	338.04
3	0.35	43.60		124.6	257.06
4	0.2	24.92		124.6	157.40
5	0.3	37.38		124.6	70.19
6	0.6	74.75		124.6	20.35
7	0.8	99.67		124.6	3.44

Ώρα	Συντελεστής παροχής	Τροφοδ. δεξαμενής - Λύματα	Τροφ. στραγγίδια	Έξοδος από δεξαμενή	Όγκος νερού δεξαμενής
8	1.1	137.04	8.00	124.6	23.90
9	1.3	161.96	8.00	124.6	69.27
10	1.9	236.71	8.00	124.6	189.40
11	1.5	186.88	8.00	124.6	259.69
12	1.25	155.73	8.00	124.6	298.83
13	1.3	161.96	8.00	124.6	344.21
14	1.25	155.73	8.00	124.6	375.35
15	1.2	149.50		124.6	400.27
16	1.15	143.27		124.6	418.96
17	1.2	149.50		124.6	443.88
18	1.3	161.96		124.6	481.25
19	1.3	161.96		124.6	518.63
20	1.2	149.50		124.6	543.54
21	1.1	137.04		124.6	556.00
22	1.1	137.04		124.6	568.46
23	0.9	112.13		124.6	556.00
Σύνολο	24	2990.00		2990.00	



Σχήμα 1 Υπολογισμός λειτουργίας δεξαμενής εξισορρόπησης ωφέλιμου όγκου 570m³ για την παροχή της Β' Φάσης

Η δεξαμενή θα διαθέτει σύστημα αερισμού και ανάμιξης αποτελούμενο από δύο φυσητήρες, έκαστος δυναμικότητας 720Nm³/hr και σύστημα 128 διαχυτών λεπτής φυσαλίδας, έκαστος από τους οποίους παρέχει 5,6Nm³/hr-διαχυτή. Εντός της δεξαμενής εγκαθίσταται όργανο μέτρησης διαλυμένου οξυγόνου, το οποίο θα καθορίζει τη λειτουργία των φυσητήρων, βάσει της επιθυμητής τιμής διαλυμένου οξυγόνου, η οποία θα είναι της τάξης του 0,5-1,0mg/l , και θα εξασφαλίζει την απουσία ανάπτυξης οσμώ και αναερόβιων συνθηκών εντός της δεξαμενής.

3.4 Βιολογική επεξεργασία

3.4.1 Παραδοχές σχεδιασμού

Η νιτροποίηση και απονιτροποίηση των λυμάτων θα πραγματοποιείται σε ξεχωριστές δεξαμενές. Ο σχεδιασμός των δεξαμενών θα πραγματοποιηθεί με βάση τις ακόλουθες παραδοχές:

- Μέγιστη επιτρεπόμενη ογκομετρική φόρτιση στο σύνολο του ανοξικού και αερόβιου όγκου: **0,50 kg BOD₅/m³.d**
- Μέγιστη φόρτιση στερεών στο σύνολο του ανοξικού και αερόβιου όγκου : **0,05 kg BOD₅/kgMLSS. d**
- Συγκέντρωση στερεών του ανάμικτου υγρού (MLSS) στο μικρότερη ή ίση από **5000 mg/l.**
- Ελάχιστος χρόνος παραμονής ιλύος **20d.**

Δεξαμενή απονιτροποίησης & δεξαμενή αερισμού

Απομάκρυνση BOD₅

Με υιοθέτηση της κινητικής Monod για την περιγραφή της ταχύτητας διάσπασης του BOD₅ (1) και με δεδομένο ότι $\frac{1}{\theta_c} = \mu_H - b_H$ καταλήγουμε στην ακόλουθη

λειτουργική συνάρτηση για τον υπολογισμό του χρόνου παραμονής στερεών συναρτήσει της συγκέντρωσης του διαλυτού BOD στην έξοδο της βιολογικής βαθμίδας:

$$\text{Κινητική Monod:} \quad \mu_H = \mu_{HmT} \frac{F}{K_{SH} + F} \quad (1)$$

όπου

F = συγκέντρωση διαλυτού BOD₅ εξόδου (mg/l)

μ_{HmT} = μέγιστη ταχύτητα ανάπτυξης για θερμοκρασία T

(είναι $\mu_{HmT} = \mu_{Hm20} e^{\{kh(T-20)\}}$)

K_{SH} = σταθερά κορεσμού κινητικής (120 mg/l)

Λειτουργική συνάρτηση:
$$\frac{1}{\theta_c} = \mu_{H\mu T} \frac{F}{K_{SH} + F} - b_H \quad (2)$$

όπου θ_c = η ηλικία ιλύος (ημέρες)

b_H = σταθερά φθοράς μικροοργανισμών (0,06 ημ⁻¹)

Για δεδομένο χρόνο παραμονής στερεών και για τον προσδιορισμό του απαιτούμενου όγκου της δεξαμενής αερισμού, χρησιμοποιείται η ακόλουθη σχέση, η οποία προκύπτει από την εξίσωση ισορροπίας της μάζας των στερεών στη δεξαμενή αερισμού:

$$S = \frac{1}{\lambda} \left[\frac{1 + \beta b_H \theta_c}{1 + b_H \theta_c} Y_H E_H F_o + a S_{vo} + S_{fo} + \frac{Y_n E_n S_{NH0}}{1 + b_n \theta_c} \right] \quad (3)$$

όπου

λ = θ/θ_c

θ = V/Q =υδραυλικός χρόνος παραμονής στη δεξαμενή αερισμού (ημ)

F_o = η συγκέντρωση του BOD στην είσοδο της βιολογικής βαθμίδας

E_H = ο βαθμός απόδοσης ως προς το BOD

Y_H = συντελεστής μετατροπής ετεροτροφικής βιομάζας

b_H = συντελεστής φθοράς ετεροτροφικής βιομάζας

Y_n = συντελεστής μετατροπής βιομάζας για νιτροποιητές

b_n = συντελεστής φθοράς νιτροποιητών

S_{NH0} = συγκέντρωση αμμωνιακού αζώτου στην είσοδο (mg/l)

E_n = βαθμός απόδοσης ως προς αμμωνιακά

β = συντελεστής δημιουργίας αδρανούς ύλης κατά τη φθορά της βιομάζας

a = ποσοστό μη βιοδιασπάσιμων οργανικών αιωρούμενων στερεών των λυμάτων

S_{v0} = συγκέντρωση οργανικών στερεών λυμάτων

S_{f0} = συγκέντρωση ανόργανων στερεών λυμάτων

S = συγκέντρωση στερεών στο ανάμικτο υγρό (mg/l)

Για τον υπολογισμό του απαιτούμενου συντελεστή επανακυκλοφορίας, r , καταστρώνεται η εξίσωση ισορροπίας στερεών στη δεξαμενή τελικής καθίζησης, οπότε προκύπτει η σχέση:

$$r = \frac{1 - \lambda}{m - 1} \quad (4)$$

όπου

m = ο βαθμός συμπύκνωσης της ιλύος στον πυθμένα της δεξαμενής

τελικής καθίζησης ($m = S_u/S$)

S_u = η συγκέντρωση στερεών επανακυκλοφορούμενης ιλύος.

Νιτροποίηση

Έχει διαπιστωθεί ότι η κινητική που περιγράφει ικανοποιητικά την ταχύτητα ανάπτυξης των νιτροποιητικών βακτηριδίων, είναι η κινητική Monod:

$$\mu_n = \mu_{nmT} \left(\frac{S_{NH}}{K_{Sn} + S_{NH}} \right) \cdot \left(\frac{DO}{K_{DO} + DO} \right) \quad (5)$$

όπου μ_n : ρυθμός ανάπτυξης των νιτροποιητών ($\text{η}\mu^{-1}$)

μ_{nmT} : μέγιστος ρυθμός ανάπτυξης των νιτροποιητών ($\text{η}\mu^{-1}$)

S_{NH} : συγκέντρωση αμμωνιακού αζώτου στην έξοδο

K_{Sn} : σταθερά κορεσμού για το αμμωνιακό άζωτο (0,5 mg/l)

DO : η επιθυμητή συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου στην δεξαμενή αερισμού (2 mg/l)

K_{DO} : σταθερά κορεσμού για το DO (0,5 mg/l)

Ο ρυθμός ανάπτυξης των νιτροποιητών εξαρτάται από περιβαλλοντικούς παράγοντες και κυρίως από την θερμοκρασία, το pH, το διαλυμένο οξυγόνο και την παρουσία τοξικών ουσιών.

Η θερμοκρασιακή εξάρτηση του ρυθμού ανάπτυξης των νιτροποιητικών βακτηριδίων περιγράφεται από την ακόλουθη εκθετική συνάρτηση:

$$\mu_{nmT} = 0.60 \exp 0.116 (T-20) \quad (6)$$

όπου

μ_{nmT} : μέγιστος ρυθμός ανάπτυξης σε θερμοκρασία T °C

Κατά συνέπεια, είναι απαραίτητο, κατά τον σχεδιασμό, να ελεγχθεί η λειτουργία για διαφορετικές τιμές θερμοκρασίας.

Όσον αφορά την επίδραση του pH, έχει παρατηρηθεί ότι η βέλτιστη τιμή είναι pH=8.5, ενώ για τιμή pH<7.0 ο ρυθμός νιτροποίησης μειώνεται σημαντικά.

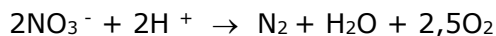
Ο χρόνος παραμονής (θ_c) και ο ρυθμός ανάπτυξης των μικροοργανισμών, σε ένα σύστημα ενεργού ιλύος, συνδέονται με την σχέση:

$$\theta_{CN} = \frac{1}{\mu_n - b_n} \quad (7)$$

Ο απαιτούμενος χρόνος παραμονής θ_{CN} για την επίτευξη νιτροποίησης προσδιορίζεται από τις σχέσεις (5) έως (7) με βάση την επιθυμητή συγκέντρωση N του αμμωνιακού αζώτου στην έξοδο.

Απονιτροποίηση

Ο όρος απονιτροποίηση χρησιμοποιείται για να περιγράψει την μικροβιακή αναγωγή σε συνθήκες έλλειψης οξυγόνου, του νιτρικού αζώτου σε αέριο άζωτο, το οποίο και εκλύεται στην ατμόσφαιρα. Από την αντίδραση που περιγράφει το φαινόμενο αυτό:



προκύπτει, ότι ένα μεγάλο μέρος του οξυγόνου (ποσοστό 64%) που καταναλώθηκε κατά την νιτροποίηση, μπορεί να επανακτηθεί κατά την απονιτροποίηση (2,8g O₂/g(NO₃⁻-N). Επίσης, κατά την απονιτροποίηση δεσμεύεται το ήμισυ των ιόντων υδρογόνου που εκλύονται κατά την νιτροποίηση.

Συνεπώς, με μία ελεγχόμενη απονιτροποίηση μπορεί να επιτευχθεί:

- Απομάκρυνση αζώτου

- Μείωση της απαίτησης σε οξυγόνο και συνεπώς της καταναλισκόμενης ενέργειας στον αερισμό
- Αποφυγή διαταράξεων στις βιολογικές διεργασίες (κυρίως της νιτροποίησης) λόγω υποβιβασμού του pH
- Μείωση του κινδύνου ανύψωσης της ιλύος στις δεξαμενές τελικής καθίζησης.

Προϋπόθεση για την επίτευξη προχωρημένης απονιτροποίησης είναι η επάρκεια οργανικού άνθρακα. Στην περίπτωση χρησιμοποίησης του άνθρακα των λυμάτων, ο λόγος άνθρακα (BOD) προς άζωτο συνιστάται να είναι μεγαλύτερος από 3,5.

Σε αντίθεση με την νιτροποίηση, που μπορεί να πραγματοποιηθεί από μία μόνο κατηγορία μικροοργανισμών (νιτροποιητές), μεγάλος αριθμός βακτηριδίων είναι σε θέση να χρησιμοποιήσει το οξυγόνο που περιέχεται στα νιτρικά, αντί του διαλυμένου οξυγόνου. Ο ρυθμός ανάπτυξης των απονιτροποιητών και η απομάκρυνση νιτρικών σε μόνιμες συνθήκες (steady-state), μπορεί να περιγραφεί με διαδικασίες παρόμοιες με αυτές της νιτροποίησης. Επειδή η αντίδραση απονιτροποίησης μπορεί να θεωρηθεί μηδενικής τάξεως για συγκεντρώσεις $\text{NO}_3\text{-N}$ μεγαλύτερες του 1 mg/l, ο σχεδιασμός με βάση την ταχύτητα απονιτροποίησης (q_{DN}) αποτελεί μία αξιόπιστη εναλλακτική προσέγγιση, σε σχέση με αυτή της ηλικίας της ιλύος (Θ_c).

Οι ταχύτητες απονιτροποίησης, που έχουν παρατηρηθεί για αστικά λύματα, παρουσιάζουν μεγάλη διακύμανση, γεγονός που οφείλεται σε παράγοντες όπως η επάρκεια του οργανικού άνθρακα και η ευκολία με την οποία μπορεί να προσληφθεί από τους απονιτροποιητές, η ηλικία της λάσπης, η θερμοκρασία κ.α.

Για την εκτίμηση της ταχύτητας απονιτροποίησης προτείνεται η χρησιμοποίηση της ακόλουθης σχέσης που προτείνεται σε συστήματα προ-απονιτροποίησης και που δίνει τιμές που βρίσκονται μέσα στα όρια που έχουν προταθεί ή διαπιστωθεί πειραματικά και από άλλους ερευνητές.

$$q_{\text{DN}} = \frac{1 \text{ dN}}{X_{\text{DN}} \text{ dt}} = 6,4 \times 10^{10} e^{-15880/RT} [\text{ημ}^{-1}] \quad (8)$$

όπου

X_{DN} : η συγκέντρωση στερεών στο ανάμικτο υγρό (mg/l)
 R : σταθερά με τιμή 1,987
 T : η θερμοκρασία του ανάμικτου υγρού (°K)

Ο απαιτούμενος ανοξικός όγκος για την απονιτροποίηση, προκύπτει από την σχέση:

$$V_{DN} = \frac{N}{q_{DN} \times Sv} \quad (9)$$

όπου

- N : η προς απομάκρυνση ποσότητα αζώτου (kg/d)
 Sv : η ποσότητα οργανικών στερεών (MLVSS) στον ανοξικό αντιδραστήρα (kg/m³).

Η προς απονιτροποίηση ποσότητα αζώτου προκύπτει από την εισερχόμενη με τα λύματα ποσότητα αζώτου (με την συντηρητική παραδοχή πλήρους νιτροποίησης) από την οποία αφαιρούνται:

- η ποσότητα αζώτου στην έξοδο
- η ποσότητα του αφομοιούμενου αζώτου για σύνθεση η οποία σε συμφωνία με τις απαιτήσεις των Τευχών Δημοπράτησης λαμβάνεται ίση με το 15% της εισερχόμενης ποσότητας αζώτου.

Η ποσότητα της περίσσειας ιλύος ισούται με:

$$W = \frac{(\lambda_{o\lambda} S - Se)}{(mS - Se)} Q_{\text{σχεδ}} \quad (9)$$

- Εσωτερική ανακυκλοφορία

Σύμφωνα με τις απαιτήσεις των Πρότυπων Τευχών Δημοπράτησης ο υπολογισμός της παροχής ανακυκλοφορίας νιτρικών από την αερόβια στην ανοξική ζώνη του βιολογικού αντιδραστήρα δίδεται από την σχέση: (10)

$$R = \frac{N_D}{(NO_3 - N)_{EFF}}$$

όπου:

- N_D ημερήσια ποσότητα απονιτροποιούμενου αζώτου [kg/d]
 $(NO_3 - N)_{EFF}$ ημερήσια ποσότητα νιτρικών στην έξοδο [kg/d]

Ζήτηση οξυγόνου

Σε συστήματα ενεργού ιλύος η ολική ζήτηση οξυγόνου υπολογίζεται με βάση το εισερχόμενο φορτίο, το οξειδούμενο αμμωνιακό άζωτο, τον βαθμό απονιτροποίησης και τέλος τη ζήτηση για ενδογενή αναπνοή.

Η μέση ζήτηση οξυγόνου στους βιολογικούς αντιδραστήρες δίνεται από τη σχέση:

$$AOR = 0,60(B) + 4,60(NH) - 2,90(N_D) + 0,075 \times Ms \times 1,07^{(T-20)} \quad (11)$$

όπου

AOR.	= ημερήσια ζήτηση οξυγόνου (kg/ημ)
B	= ημερήσια ποσότητα απομακρυνόμενου BOD ₅ (kg/ημ)
NH	= ημερήσια ποσότητα νιτροποιούμενου αζώτου (kg/ημ)
N _D	= ημερήσια ποσότητα απονιτροποιούμενου οξειδωμένου αζώτου (kg/ημ)
Ms	= ποσότητα ανάμικτου υγρού στο βιολογικό αντιδραστήρα (=MLSS x V) (kg/m ³)
V	= ανοξικός και αερόβιος όγκος (m ³)
T	= θερμοκρασία ανάμικτου υγρού (°C)

Η ωριαία αιχμή ζήτησης οξυγόνου θα γίνει με προσαύξηση της μέσης ζήτησης οξυγόνου κατά 15% τουλάχιστον.

Η ταχύτητα μεταφοράς οξυγόνου σε ένα σύστημα αερισμού εκφράζεται συνήθως είτε σαν AOR ή σαν SOR. Η παράμετρος AOR αφορά στις συνθήκες πεδίου ενώ η παράμετρος SOR αφορά στις τυπικές συνθήκες με καθαρό νερό, 20°C, και μηδενική συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου.

Η συσχέτιση μεταξύ AOR και SOR δίνεται σύμφωνα με τις απαιτήσεις των Τευχών Δημοπράτησης από την ακόλουθη σχέση:

$$SOR = \frac{AOR \cdot C_{20}}{1,024^{T-20} \cdot \alpha \cdot (\beta \cdot C_T - DO)}, \quad (12)$$

όπου:

- SOR ζήτηση οξυγόνου σε τυπικές συνθήκες [kgO₂/d]

- C20 συγκέντρωση κορεσμού οξυγόνου σε Τ.Σ. (= 9,07 mg/l)
- CT συγκέντρωση κορεσμού σε καθαρό νερό (για θερμοκρασία T°C)
- DO διαλυμένο οξυγόνο στο ανάμικτο υγρό (DO = 2,0 mg/l)
- α διορθωτικός συντελεστής για το ανάμικτο υγρό
- β συντελεστής αναγωγής της συγκέντρωσης κορεσμού (β = 0,95).
-
- Ο διορθωτικός συντελεστής για το ανάμικτο υγρό (α) λαμβάνεται από την σχέση:

$$\alpha = e^{-0,084 \times \text{MLSS}}, \text{ όπου:}$$

- MLSS συγκέντρωση ανάμικτου υγρού σε [kg/m³]

3.4.2 Διαστασιολόγηση

Στην εγκατάσταση θα πραγματοποιείται βιολογική δευτεροβάθμια επεξεργασία στην οποία θα επιτυγχάνεται βιολογική απομάκρυνση του οργανικού άνθρακα και του αζώτου (μέσω νιτροποίησης – απονιτροποίησης). Η δευτεροβάθμια επεξεργασία πραγματοποιείται με σύστημα ενεργού ιλύος παρατεταμένου αερισμού με δύο παράλληλες γραμμές, ενώ για τις ανάγκες της Β' Φάσης προβλέπεται η κατασκευή μίας επιπλέον όμοιας γραμμής. Έκαστη γραμμή αποτελείται από:

- ο Ανοξική δεξαμενή απονιτροποίησης
- ο Αερόβια δεξαμενή οξείδωσης οργανικού φορτίου και νιτροποίησης

Οι υγειονομολογικοί υπολογισμοί της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων έγιναν για τις παροχές και τα φορτία σχεδιασμού του Πίνακα 2 και για τις δύο Φάσεις του έργου (Α' και Β' Φάση). Ειδικότερα πραγματοποιήθηκαν υγειονομολογικοί υπολογισμοί για τα ακόλουθα σενάρια:

- Χειμώνας Α' Φάσης – μέση ημερήσια παροχή
- Καλοκαίρι Α' Φάσης – μέση ημερήσια παροχή
- Χειμώνας Β' Φάσης – μέση ημερήσια παροχή
- Καλοκαίρι Β' Φάσης - μέση ημερήσια παροχή

Στην συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά οι υγειονομολογικοί υπολογισμοί της βιολογικής βαθμίδας για τις παροχές και τα φορτία του θέρους της Α' Φάσης καθώς αυτά καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό τον προτεινόμενο σχεδιασμό. Οι υγειονομολογικοί υπολογισμοί για τα χειμερινά φορτία της Α' Φάσης καθώς και για τα χειμερινά και θερινά φορτία της Β' Φάσης παρουσιάζονται στον πίνακα των αποτελεσμάτων.

Νιτροποίηση

Για την επίτευξη πλήρους νιτροποίησης στην θερμοκρασία T = 20°C (Θέρος Α' Φάσης), έτσι ώστε η συγκέντρωση αμμωνιακού αζώτου στην έξοδο να είναι μικρότερη από 1 mg/l, ο απαιτούμενος χρόνος παραμονής της ιλύος, όπως προκύπτει από τις σχέσεις (5) έως (7), είναι: $\theta_{CN} \approx 5,7$ ημέρες ενώ για θερμοκρασία 13°C (Χειμώνας) ο αντίστοιχα απαιτούμενος χρόνος παραμονής είναι της τάξης των 12,7 ημερών.

Επιλέγεται αερόβιος χρόνος παραμονής ιλύος $\theta_{\text{αερ.}} = 13$ ημέρες, οπότε οι συγκεντρώσεις αμμωνιακού αζώτου στην έξοδο, θα είναι μικρότερες των 1 mg/l, με συντελεστή ασφαλείας για την επίτευξη νιτροποίησης ίσο με 1,2 το χειμώνα και 3,5 κατά το θέρος. Σύμφωνα με τη σχέση (5) η μέση τιμή της συγκέντρωσης αμμωνιακού αζώτου στα δευτεροβάθμια επεξεργασμένα λύματα κατά το θέρος της Α' Φάσης αναμένεται να είναι ίση με 0,2 mg/l. Επίσης από την σχέση (2) για $\theta_{\text{αερ.}} = 13\text{d}$, υπολογίζεται συγκέντρωση διαλυτού BOD στην έξοδο ίση με 2,2 mg/l.

Επιλέγοντας συγκέντρωση στερεών του ανάμικτου υγρού στην δεξαμενή αερισμού $S = 4.000\text{mg/l}$, από τη σχέση (3) και για βαθμό απόδοσης ως προς την απομάκρυνση του οργανικού φορτίου και του αμμωνιακού αζώτου ίσο με 99,3% και 99,6% αντίστοιχα, ροκύπτει ότι:

$$\lambda = \frac{\theta}{\theta_c} = 0,06$$

οπότε ο υδραυλικός χρόνος παραμονής της αερόβιας ζώνης είναι $\theta = 0,06 \times 13 = 0,82$ ημέρες. Άρα ο συνολικός απαιτούμενος αερόβιος όγκος των βιοαντιδραστήρων για το θέρος της Α' Φάσης είναι:

Ναερ.ολικός = $0,82 \times 1144 \text{ m}^3/\text{d} \approx 935\text{m}^3$. Ο αντίστοιχος απαιτούμενος αερόβιος όγκος για τη Β' φάση είναι ίσος με 1.654m^3 .

Απονιτροποίηση

Η συγκέντρωση του ολικού αζώτου στα δευτεροβάθμια επεξεργασμένα λύματα θα είναι μικρότερη των 14 mg/l. Δεδομένου ότι στην δευτεροβάθμια εκροή θα παραμένουν κατά μέγιστο 1 mg/l οργανικού αζώτου και λιγότερα από 1 mg/l αμμωνιακού αζώτου, θα πρέπει η συγκέντρωση νιτρικών στην έξοδο να είναι μικρότερη ή ίση των 12 mg/l. Η διαστασιολόγηση της ανοξικής δεξαμενής απονιτροποίησης πραγματοποιείται θεωρώντας για λόγους ασφαλείας συγκέντρωση νιτρικών στην έξοδο μικρότερη ή ίση με 10 mg/l. Επισημαίνεται ότι ο σχεδιασμός του συστήματος γίνεται υπερ ασφαλείας λαμβάνοντας υπόψη την πραγματική συγκέντρωση αμμωνιακών στην έξοδο (0,18mg/l) και όχι τη μέγιστη επιτρεπόμενη από τα όρια εκροής (1mg/l).

Εάν ληφθεί υπόψη, ότι το ποσοστό του αζώτου που καταναλώνεται για την σύνθεση της βιομάζας είναι ίσο με το 15% του εισερχόμενου αζώτου προκύπτει η ακόλουθη ισορροπία μάζας για το άζωτο, για τις θερινές συνθήκες της Α' Φάσης:

Εισερχόμενο άζωτο	=	52,0 kg/d
Αμμωνιακό άζωτο στην έξοδο	=	0,21 kg/d
Νιτρικό άζωτο στην έξοδο	=	11,44kg/d
Άζωτο χρησιμοποιούμενο για σύνθεση=		7,80 kg/d
Οργανικό άζωτο στην έξοδο =		1,14 kg/d

 Άζωτο προς απονιτροποίηση = **31,42kgN/d**

Η απαιτούμενη βιομάζα στον ανοξικό αντιδραστήρα ισούται με

$$Μανοξ = \frac{M_N}{q_{DN}}$$

όπου

q_{DN} : είναι η ειδική ταχύτητα απονιτροποίησης και η οποία για θερμοκρασία 20°C (θέρος) προκύπτει από την εξίσωση (8) ίση με 0,074 d⁻¹

Η απαιτούμενη ποσότητα οργανικών στερεών του ανοξικού αντιδραστήρα ισούται με:

Μανοξ. ≈ 427 kg VSS

Η συγκέντρωση των οργανικών στερεών στους βιολογικούς αντιδραστήρες είναι:

MLVSS = 2.480 mg/l = 2,5 kg/m³

Συνεπώς ο συνολικός απαιτούμενος ανοξικός όγκος για τον χειμώνα της Α' Φάσης

Μανοξ. = 31,42 / (0,074 x 2,5) ≈ 172 m³.

Ο αντίστοιχος απαιτούμενος ανοξικός όγκος για το χειμώνα της Β' Φάσης προκύπτει ίσος με 305 m³.

Στον ακόλουθο πίνακα συνοψίζονται οι απαιτούμενοι και οι τελικά επιλεχθέντες όγκοι αερόβιας και ανοξικής επεξεργασίας για τις δύο φάσεις του έργου:

Πίνακας 5 Απαιτούμενη και προβλεπόμενη χωρητικότητα βιολογικού αντιδραστήρα

	Α Φάση		Β' Φάση	
	Χειμώνας	Θέρος	Χειμώνας	Θέρος
Απαιτούμενος αερόβιος όγκος (m ³)	296	832	383	1.200
Απαιτούμενος ανοξικός όγκος (m ³)	124	164	161	237
Επιλέγεται αερόβιος όγκος (m ³)	552,5	1,105	553	1,658
Ανοξικός όγκος (m ³)	225,3	451	225	676

Αντλιοστάσιο εσωτερικής ανακυκλοφορίας

Ο υπολογισμός της απαιτούμενης ανακυκλοφορίας ανάμικτου υγρού (νιτρικών) Q_{rML} από τον αερισμό προς τις δεξαμενές απονιτροποίησης υπολογίζεται σύμφωνα με τη σχέση (10) και ισούται με 3.142 m³/d για το θέρος της Α' Φάσης. Για τις ανάγκες της Α' Φάσης θα εγκατασταθούν συνολικά 3 αντλίες (η μία εφεδρική) δυναμικότητας 65 m³/h έκαστη.

Τα αποτελέσματα των υγειονομολογικών υπολογισμών για το χειμώνα της Α' Φάσης καθώς και για το χειμώνα και το καλοκαίρι της Β' Φάσης αναφορικά με την νιτροποίηση, την απονιτροποίηση και την απομάκρυνση του οργανικού άνθρακα των λυμάτων παρουσιάζονται αναλυτικά στον ακόλουθο Πίνακα. _

Πίνακας 6 Αποτελέσματα υγειονομικών υπολογισμών για τις χειμερινές και θερινές φορτίσεις των δύο φάσεων

	M.M	Χειμώνας	Θέρος	Χειμώνας	Θέρος
Συνολικός ανοξικός όγκος	m ³	225	451	225	676
Συνολικός αερόβιος όγκος	m ³	553	1,105	553	1,658
Συνολικός όγκος βιολογικών αντιδραστήρων	m ³	778	1,556	778	2,333
Αερόβιο θc	d	23.5	16.7	15.0	14.1
Ανοξικό θc	d	9.6	6.8	6.1	5.8
Ολικό θc	d	33.1	23.4	21.1	19.9
Ολική ογκομετρ. Φόρτιση	kgBOD/m ³ /d	0.14	0.20	0.22	0.30
Ολική φόρτιση στερεών	kgBOD/kgMLSS/ d	0.04	0.05	0.06	0.06
Αερόβιος υδρ. χρόνος παραμονής	hr	32.6	23.2	20.8	15.7
Ανοξικός υδρ. χρόνος παραμονής	hr	13.3	9.5	8.5	6.4
Ολικός υδρ. χρόνος παραμονής	hr	45.9	32.6	29.3	22.1
MLSS	mg/l	4,000	4,000	4,000	5,000
MLVSS	mg/l	2,476	2,482	2,475	3,102
Βαθμός απομ. BOD	%	98.6	99.2	98.6	99.2

	Μ.Μ	Χειμώνας	Θέρος	Χειμώνας	Θέρος
Απονιτρ. ποσότητα αζώτου	kgN/d	19.1	82.3	19.1	154.3
BOD εξόδου	mg/l	15.9	14.2	15.9	14.2
TSS εξόδου	mg/l	20.0	20.0	20.0	20.0
Ολικό N εξόδου	mg/l	5.7	11.2	5.7	11.2
NH₄-N εξόδου	mg/l	0.7	0.2	0.7	0.2
NO₃-N εξόδου	mg/l	4.0	10.0	4.0	10.0

Επανακυκλοφορία ιλύος

Ο συντελεστής επανακυκλοφορίας ιλύος (r) προσδιορίζεται από τη σχέση (4). Λαμβάνεται $S_u = 9.000 \text{ mg/l}$, οπότε $m = 2,25$ και για $\lambda = 0,06$ ο συντελεστής επανακυκλοφορίας είναι $r = 0,8$.

Επομένως η απαιτούμενη παροχή επανακυκλοφορίας της ιλύος για το θέρος της Α' Φάσης θα είναι :

$$0,8 \times 1144 = 915 \text{ m}^3/\text{d} = 38 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Για ασφάλεια οι αντλίες ανακυκλοφορίας διαστασιολογούνται για συντελεστή επανακυκλοφορίας ίσο με 1,5. Θα εγκατασταθούν στο αντλιοστάσιο ιλύος συνολικά 4 αντλίες (οι δύο εφεδρικές) δυναμικότητας $36 \text{ m}^3/\text{h}$ παρέχοντας συνολική δυναμικότητα ανακυκλοφορίας $72 \text{ m}^3/\text{h}$.

Παραγωγή περίσσειας λάσπης

Από την εξίσωση ισορροπίας στερεών στη δεξαμενή τελικής καθίζησης, προκύπτει η ακόλουθη σχέση για την παροχή της περίσσειας ιλύος ($\theta/\theta_c = 0,06$, $m = 2,25$, $S_e = 20 \text{ mg/l}$):

$$W = \frac{(\theta/\theta_c)MLSS - SSe}{m MLSS - SSe} Q$$

Οι ημερήσιες παροχές και ποσότητες της περίσσειας ιλύος για κάθε εξεταζόμενο σενάριο παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.

Πίνακας 7 Παροχές ανακυκλοφορίας και περισσείας ιλύος για όλα τα εξεταζόμενα σενάρια

Σενάριο	Επανακυκλοφορία ιλύος		Παραγόμενες ποσότητες περισσείας ιλύος	
	r (%)	Qr (m ³ /d)	m ³ /d	kgSS/d
A' Φάση – χειμώνας	80	326	10.5	94.07
A' Φάση – καλοκαίρι	80	915	29.5	265.41
B' Φάση – χειμώνας	80	510	16.4	147.28
B' Φάση – καλοκαίρι	125	3163	65.2	586.96

Στο αντλιοστάσιο ιλύος εγκαθίστανται συνολικά 2 αντλίες περισσείας (η 1 εφεδρική), έκαστη δυναμικότητας 10,0 m³/h, οι οποίες επαρκούν για την απομάκρυνση του συνόλου της παραγόμενης ιλύος το χειμώνα της Β' Φάσης εντός 3ωρών ημερησίως .

Ζήτηση οξυγόνου

Στα συστήματα ενεργού ιλύος η ολική ζήτηση οξυγόνου υπολογίζεται με βάση το εισερχόμενο φορτίο, το οξειδούμενο αμμωνιακό άζωτο, τον βαθμό απονιτροποίησης και τέλος τη ζήτηση για ενδογενή αναπνοή.

Εφαρμόζοντας την σχέση (11) για τις θερινές και χειμερινές συνθήκες των δύο φάσεων προκύπτει η ακόλουθη ζήτηση οξυγόνου. Αντίστοιχα η μέγιστη ζήτηση οξυγόνο στις ίδιες συνθήκες η οποία προκύπτει με προσάυξηση κατά 15% (συντελεστής ασφαλείας).

Πίνακας 8 Υπολογισμός ζήτησης οξυγόνου για όλα τα εξεταζόμενα σενάρια

Ζήτηση οξυγόνου		Α' Φάση		Β' Φάση	
		Χειμ.	Θέρ.	Χειμ.	Θέρ.
Οξείδωση οργανικού φορτίου kg/d	0,60(B)	63	177	98	392
Νιτροποίηση αζώτου kg/d	4,60(NH)	84	238	122	527
Όφελος από απον/ση αζώτου kg/d	2,90(ND)	32	91	45	202

Ζήτηση οξυγόνου		Α' Φάση		Β' Φάση	
		Χειμ.	Θέρ.	Χειμ.	Θέρ.
Ενδογενή αναπνοή kg/d	$0,075 \times M_s \times 1,07 (T-20)$	130	448	130	840
Σύνολο ζήτηση kg/d	AOR	245	773	306	1,558
Μέγιστη ζήτηση kg/d	AORmax	282	888	352	1,792
Μέγιστη ζήτηση kg/hr	AORmax	63	177	98	392

Η ταχύτητα μεταφοράς οξυγόνου σε ένα σύστημα αερισμού εκφράζεται συνήθως είτε σαν AOR ή σαν SOR. Η παράμετρος AOR αφορά στις συνθήκες πεδίου ενώ η παράμετρος SOR αφορά στις τυπικές συνθήκες με καθαρό νερό, 20°C, και μηδενική συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου.

Εφαρμόζοντας την σχέση (11) για τη μέγιστη ζήτηση οξυγόνου υπό συνθήκες πεδίου των 37,02kgO₂/h προκύπτει μέγιστη ζήτηση οξυγόνου σε τυπικές συνθήκες ίση με SORmax = 71,33kgO₂/h.

Η ολική παροχή αέρα προκύπτει από την ακόλουθη σχέση:

$$N = [SOR/0.23] / [1.293 \times SOTE]$$

όπου:

N = παροχή αέρα στους 20°C (m³/hr)

SOR = ζήτηση οξυγόνου (kg/hr)

SOTE = απόδοση διαχυτών (%)

1,293 = πυκνότητα αέρα στους 20°C (kg/m³)

Για απόδοση διαχυτών ίση με 20% (τυπική απόδοση για βάθος 5,0m), η ολική παροχή αέρα προκύπτει ίση με 1.189Nm³/hr.

Θα εγκατασταθούν 3 φυσητήρες (ο ένας εφεδρικός) παροχής 600Nm³/h, σε πίεση 500mbar. Σύμφωνα με τον προτεινόμενο σχεδιασμό, προβλέπεται η εγκατάσταση 300 διαχυτών συνολικά στις δύο αερόβιες δεξαμενές. Οι διαχυτές θα είναι τύπου λεπτής φυσαλίδας, διαμέτρου 300mm, μέγιστης δυναμικότητας 9,0Nm³/h. Οι τιμές του AOR και SOR για όλα τα εξεταζόμενα σενάρια παρουσιάζονται στον ακόλουθο Πίνακα.

Πίνακας 9 Τιμές AOR και SOAR στη δεξαμενή αερισμού για όλα τα εξεταζόμενα σενάρια

Σενάριο	AOR	AORmax	SOAR	SOARmax
	(kgO ₂ /h)	(kgO ₂ /h)	(kgO ₂ /h)	(kgO ₂ /h)
A Φάση Χειμώνας	10.2	11.74	18.27	21.92
A Φάση Καλοκαίρι	32.2	37.02	59.44	71.33
A Φάση Χειμώνας	12.7	14.66	22.80	27.36
A Φάση Καλοκαίρι	64.9	74.65	130.36	156.43

Για την εξοικονόμηση ενέργειας οι φυσητήρες θα είναι εξοπλισμένοι με inverter ώστε να μεταβάλλεται ανάλογα με την ζήτηση η ποσότητα του παρεχόμενου οξυγόνου.

3.5 Δεξαμενές Τελικής Καθίζησης

3.5.1 Παραδοχές σχεδιασμού

Ο σχεδιασμός των Δεξαμενών Τελικής Καθίζησης πραγματοποιείται για την κάλυψη των ακόλουθων απαιτήσεων:

Αριθμός παράλληλων μονάδων	[#]	2
Επιφανειακή φόρτιση (για την παροχή σχεδιασμού)	[m ³ /m ² .d]	≤ 12,00
Επιφανειακή φόρτιση (για την μέγιστη ημερήσια παροχή)	[m ³ /m ² .d]	≤ 36,00
Φόρτιση στερεών για την παροχή σχεδιασμού	kg/m ² .d	120
Πλευρικό βάθος υγρών	[m]	≥ 3,0m

3.5.2 Παραδοχές σχεδιασμού

Η απαιτούμενη επιφάνεια της δεξαμενής για τις διάφορες φάσεις του έργου είναι:

Πίνακας 10 Υπολογισμός απαιτούμενης επιφάνειας καθίζησης

	Α' Φάση		Β' Φάση	
	Χειμώνας	Θέρος	Χειμώνας	Θέρος
Απαιτούμενη επιφάνεια (m ²) βάση μέγιστης ημερήσιας παροχής	13	38	21	83
Απαιτούμενη επιφάνεια (m ²) βάση παροχής σχεδιασμού	34	95	53	211
Απαιτούμενη επιφάνεια (m ²) βάση φόρτισης στερεών	24	69	38	237
Απαιτούμενη max επιφάνεια (m ²)	34	95	53	237
Αριθμός δεξαμενών	2	2	2	4
Απαιτούμενη διάμετρος	4,7	7,8	5,9	8,7

Θα κατασκευασθούν δύο δεξαμενές τελικής καθίζησης, διαμέτρου 9,0m έκαστη ενώ για τη Β' Φάση των έργων θα κατασκευασθούν άλλες δύο όμοιες.

3.6 Μονάδα απολύμανσης

3.6.1 Παραδοχές σχεδιασμού

Η απολύμανση των δευτεροβάθμια επεξεργασμένων λυμάτων πραγματοποιείται με την προσθήκη διαλύματος υποχλωριώδους νατρίου. Η μονάδα διαστασιολογείται για την μέγιστη ημερήσια παροχή της Β' Φάσης, λαμβάνοντας υπόψη μείωση του μικροβιακού φορτίου με τη βιολογική επεξεργασία της τάξης του $2,0 \log 10$.

Για την χλωρίωση των λυμάτων θα χρησιμοποιηθεί διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου περιεκτικότητας 140 gr/ltr σε ενεργό χλώριο. Η προσθήκη του διαλύματος NaOCl θα γίνεται σε φρεάτιο ανάμιξης στην είσοδο της δεξαμενής επαφής. Η διαστασιολόγηση της μονάδας θα γίνει για την ικανοποίηση των παρακάτω κριτηρίων:

Παροχή σχεδιασμού	[m ³ /hr]	125
-------------------	----------------------	-----

Χρόνος επαφής	[min]	≥ 60
Λόγος μήκος / πλάτος διαδρομής	[-]	$\geq 40 / 1$
Βάθος υγρού	[m]	$\leq 2,00$

3.6.2 Διαστασιολόγηση

Ο απαιτούμενος όγκος της δεξαμενής για επίτευξη χρόνου παραμονής 30min προκύπτει ίσος με 62m³. Για τις ανάγκες απολύμανσης των λυμάτων θα κατασκευασθεί δεξαμενή με ωφέλιμο βάθος υγρού 1,90 m. Τα λύματα θα ακολουθούν μία μαιανδρική διαδρομή σε 7 διώρυγες πλάτους 1,0m συνολικού μήκους 66m. Συνεπώς η σχέση ολικού μήκους/πλάτους που ισούται με 66 εξασφαλίζει εμβολοειδή ροή στη δεξαμενή χλωρίωσης. Ο συνολικός ωφέλιμος όγκος της δεξαμενής χλωρίωσης είναι 125m³.

Η απαιτούμενη δόση χλωρίου προσδιορίζεται με τον τύπο των Collins-Sellek:

$$N/N_0 = (1+0.23 Ct)^{-3}$$

όπου

N = ο αριθμός FC στην έξοδο της χλωρίωσης 70 FC/100 ml

No = ο αριθμός FC στην είσοδο της χλωρίωσης, θεωρώντας μείωση του μικροβιακού φορτίου κατά τη βιολογική επεξεργασία ίση με 2,0log10, (100.000FC/100 ml)

C = η συγκέντρωση του υπολειμματικού χλωρίου (mg/l)

t = ο χρόνος παραμονής (min)

Με εφαρμογή του ανωτέρω τύπου για τη παροχή αιχμής της Β' Φάσης για t = 30min και για N = 100FC/100ml, No = 70.000 FC/100ml προκύπτει συγκέντρωση υπολειμματικού χλωρίου:

$$C = 0,5\text{mg/l.}$$

Για τον υπολογισμό της απαιτούμενης δόσης, Co, εφαρμόζεται η σχέση:

$$C = 0.7 Co e^{-0.003t}$$

οπότε για C=0,5 mg/l και t = 60min προκύπτει Co = 1,0mg/l.

Οι δοσομετρικές αντλίες του απολυμαντικού διαστασιολογούνται για προσθήκη ενεργού χλωρίου τουλάχιστον 8mg/l για την παροχή της Β' Φάσης (125m³/hr)

Για την απολύμανση θα χρησιμοποιηθεί διάλυμα NaOCl με συγκέντρωση χλωρίου 140gr/lit και ειδικό βάρος 1,20 Kg/l. Επομένως η μέγιστη ημερήσια κατανάλωση χλωρίου ισούται:

$$8,0\text{mg/l} \times 125\text{m}^3/\text{h} \times 10^{-3} = 1,0\text{kgCl}_2/\text{h}$$

Επομένως η παροχή του διαλύματος NaOCl προκύπτει ίση με 6,0lt/hr

Το συγκρότημα προσθήκης και αποθήκευσης του NaOCl αποτελείται από:

- Δεξαμενή αποθήκευσης διαλύματος υποχλωριώδους νατρίου χωρητικότητας 2000lt το οποίο επαρκεί για την αποθήκευση του διαλύματος χλωρίωσης για διάστημα μεγαλύτερο των 20 ημερών για τη μέση ημερήσια παροχή της Β' Φάσης.
- Δύο δοσιμετρικές αντλίες (η μία εφεδρική), προσθήκης διαλύματος NaOCl δυναμικότητας 0-10lt/hr.

Αποχλωρίωση

Για τη διατήρηση μιας μέγιστης συγκέντρωσης υπολειμματικού χλωρίου στα επεξεργασμένα λύματα ίση με 0,5ppm, θα κατασκευαστεί μονάδα αποχλωρίωσης που θα

αποτελείται από:

- Φρεάτιο αποχλωρίωσης
- Σύστημα αποθήκευσης και προσθήκης μεταδιθειώδους νατρίου Na₂S₂O₅ (sodiummetabisulfite)
- Όργανο μέτρησης υπολειμματικού χλωρίου.

Η διαστασιολόγηση του συστήματος αποχλωρίωσης γίνεται για την αποχλωρίωση τουλάχιστον 5mg/l υπολειμματικού χλωρίου για την παροχή της Β' Φάσης. Για την εξουδετέρωση 1 kg Cl απαιτείται 1,5 kg διαλύματος Na₂S₂O₅. Συνεπώς, για την εξουδετέρωση υπολειμματικού χλωρίου ίσο με 5mg/l η ημερήσια απαιτούμενη ποσότητα είναι ίση με:

$$1,5 \times (5 - 0,2) \text{mg/l} \times 125 \text{m}^3/\text{h} / 1000 = 0,9 \text{kg Na}_2\text{S}_2\text{O}_5/\text{h}.$$

Για την αποχλωρίωση θα χρησιμοποιηθεί διάλυμα 40% κ.β Συνεπώς η ωριαία κατανάλωση διαλύματος θα είναι: 2,25l /h.

Η αποθήκευση του διαλύματος θα γίνεται σε δοχείο 600lt το οποίο διασφαλίζει χρόνο αποθήκευσης μεγαλύτερο από 20 ημέρες για τη μέση ημερήσια παροχή .

Για την προσθήκη του $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ θα εγκατασταθούν δύο δοσιμετρικές αντλίες (η μία εφεδρική), τύπου εμβόλου-μεμβράνης ρυθμιζόμενης παροχής 0-5 l/hr.

3.7 Δεξαμενή ιλύος

Η ευελιξία της λειτουργίας της γραμμής επεξεργασίας της ιλύος εξασφαλίζεται με τη δεξαμενή αποθήκευσης. Η απομάκρυνση της περίσσειας ιλύος θα γίνεται σε καθημερινή βάση ενώ η μονάδα μηχανικής πάχυνσης – αφυδάτωση θα λειτουργεί σε πενθήμερη εβδομαδιαία βάση. Με βάση την ημερήσια παραγωγή περίσσειας ιλύος κατά το θέρος της Β' Φάσης $65 \text{m}^3/\text{d}$ επαρκεί απαιτείται δεξαμενή χωρητικότητας 130m^3 . Κατασκευάζεται δεξαμενή αποθήκευσης ορθογωνικής κάτοψης συνολικού χωρητικότητας 135m^3 , στις οποίες εξασφαλίζεται διήμερη αποθήκευση του συνόλου της παραγόμενης ιλύος κατά τη Β' Φάση του έργου.

3.8 Συγκρότημα μηχανικής πάχυνσης - αφυδάτωσης ιλύος

3.8.1 Παραδοχές σχεδιασμού

Η πάχυνση - αφυδάτωση της ιλύος θα γίνεται σε τράπεζα πάχυνσης και μηχανική ταινιοφιλτρόπρεσσα. Η διαστασιολόγηση του εξοπλισμού πραγματοποιείται για τις ανάγκες της Β' Φάσης:

Αριθμός παράλληλων μονάδων	[#]	1
Δυναμικότητα μονάδας	$[\text{m}^3/\text{h}]$	10
	$[\text{kg}/\text{h}]$	91
Συγκέντρωση παχυμένης ιλύος (για $\text{SVI} \leq 120 \text{ ml/gr}$)	[%]	$\geq 5,0\%$

Συγκράτηση στερεών	[%]	≥ 95,0%
Κατανάλωση πολυηλεκτρολύτη	[gr/kg DS]	≤10,00

3.8.2 Διαστασιολόγηση

Η λειτουργία του συγκροτήματος πραγματοποιείται για 7 ώρες την ημέρα, 5 ημέρες την εβδομάδα. Για τον υπολογισμό του συστήματος παρασκευής και δοσιμέτρησης του πολυηλεκτρολύτη λαμβάνεται δόση πολυηλεκτρολύτη ίση με 10 g/kg ξηρού βάρους ιλύος. Το διάλυμα πολυηλεκτρολύτη παρασκευάζεται με συγκέντρωση 0,2 %.

Στον ακόλουθο πίνακα συνοψίζεται η ωριαία τροφοδοσία του συγκροτήματος στις δύο φάσεις λειτουργίας:

Πίνακας 11 Διαστασιολόγηση συγκροτήματος παρασκευής και δοσιμέτρησης πολυηλεκτρολύτη

Σενάριο	Φόρτιση στερεών	Παροχή ιλύος προς πάχυνση-αφυδάτωση	Απαιτούμενη ποσότητα ΠΕ
	kg/hr	m ³ /hr	(lt/h)
A Φάση Χειμώνας	18.8	2.09	38
A Φάση Καλοκαίρι	37.9	4.21	76
B Φάση Χειμώνας	21.0	2.34	42
B Φάση Καλοκαίρι	83.9	9.32	419

Η τροφοδοσία του συγκροτήματος πάχυνσης αφυδάτωσης πραγματοποιείται μέσω 2 αντλιών (η μία εφεδρική δυναμικότητας έως 19m³/hr σε μανομετρικό 20m.

Για τη δοσιμέτρηση του διαλύματος πολυηλεκτρολύτη θα εγκατασταθούν δύο αντλίες (η μία εφεδρική) μέγιστης δυναμικότητας 500lt/h έκαστη. Η παροχή της αφυδατωμένης ιλύος περιεκτικότητας 20% σε στερεά για το θέρους της Β' Φάσης είναι 2,8m³/d.