



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Σχεδιασμός Περιβαλλοντικών Εγκαταστάσεων

Και Εκτίμηση Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων

(Τελική Εργασία)

Σχεδιασμός Εγκατάστασης Επεξεργασίας Υγρών
Αποβλήτων στην περιοχή της Δημοτικής Ενότητας Νέας
Κυδωνίας

Διδάσκων: Πέτρος Γκίκας

Ομάδα 20:

ΕΛΕΥΘΕΡΑΚΗ ΧΡΙΣΤΙΝΑ (2013050129)

ΜΟΥΡΓΕΛΑ ΡΑΦΑΗΛΑ- ΝΙΚΟΛΑ (2013050007)

ΠΟΥΛΙΟΥ ΒΑΣΙΛΙΚΗ (2013050047)

ΒΟΛΑΝΗ ΧΡΙΣΤΙΝΑ (2004050061)

Χανιά, Ιανουάριος, 2018

❧ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ❧

1. Ονομασία και Είδος Έργου.....	4
2. Περίληψη	4
3. Υπολογισμός Παροχών Σχεδιασμού	6
4. Ποιοτικά Χαρακτηριστικά Λυμάτων.....	15
4.1 ΕΙΣΡΟΗ (Είσοδος ΕΕΛ) - ΙΣΟΖΥΓΙΑ ΜΑΖΑΣ	15
Συγκεντρώσεις Εισόδου του βιολογικού καθαρισμού για την καλοκαιρινή περίοδο του 2047.....	16
4.2 ΕΚΡΟΗ (Έξοδος ΕΕΛ)- ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ.....	16
5. Σχεδιασμός Εγκατάστασης Επεξεργασίας Λυμάτων	18
5.1. ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ Ε.Ε.Λ.	18
5.2 ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΥΠΟΔΟΧΗΣ ΒΟΘΡΟΛΥΜΑΤΩΝ	20
5.3. ΔΙΕΡΓΑΣΙΑ ΕΣΧΑΡΩΣΗΣ.....	20
5.4 ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΕΞΑΜΜΩΣΗΣ	23
5.5 ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑΣ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ.....	25
5.6 ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΕΡΙΣΜΟΥ	34
5.7 ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑΣ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ	57
5.8 ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΕΞΙΣΟΡΡΟΠΗΣΗΣ.....	63
5.9 ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗΣ – ΧΛΩΡΙΩΣΗ.....	65
5.10 ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΝΕΡΟΥ	
5.10.1 ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΚΡΟΚΙΔΩΣΗΣ	74
5.10.2 ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΣΥΣΣΩΜΑΤΩΣΗΣ.....	78
5.10.3 ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΧΗΜΙΚΗΣ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ	84
5.10.4 ΔΙΗΘΗΣΗ (ΑΜΜΟΦΙΛΤΡΟ).....	87
5.10.5 ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ ΜΕ ΥΠΕΡΙΩΔΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ UV	91
5.11 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΙΛΥΟΣ	
5.11. 1 ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΟΜΟΓΕΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΙΛΥΟΣ.....	95
5.11.2. ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΒΑΡΥΤΙΚΗΣ ΠΑΧΥΝΣΗΣ	97
5.11.3 ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ (ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗ ΙΛΥΟΣ)	101
5.11.4 ΑΦΥΔΑΤΩΣΗ	108
5.11.5 ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ.....	113
5.11.6 . ΕΞΟΔΟΣ & ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΝΕΡΟΥ.....	116
6. Κάτοψη ΕΕΛ.....	116
7. Μηκτομή.....	117
8. Διάγραμμα Ρ&Ι	119

9. Εγκαταστάσεις.....	120
9.1 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ	120
9.2. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ	121
9.2.1. Δεξαμενή υποδοχής βοθρολυμάτων	121
9.2.2. Διεργασία Εσχάρωσης	121
9.2.3. Διεργασία Εξάμμωσης.....	122
9.2.4. Διεργασία πρωτοβάθμιας καθίζησης	122
9.2.5. Σύστημα ενεργού ιλύος – Δεξαμενή αερισμού	123
9.2.6. Διεργασία δευτεροβάθμιας καθίζησης	124
9.2.7. Διεργασία χλωρίωσης	125
9.2.8. Διεργασία κροκίδωσης	126
9.2.9. Διεργασία συσσωμάτωσης	127
9.2.10. Διεργασία χημικής καθίζησης	128
9.2.11. Διεργασία διήθησης.....	128
9.2.12. Διεργασία απολύμανσης με ακτινοβολία UV	129
9.2.13. Διεργασία ομογενοποίησης ιλύος.....	130
9.2.14. Διεργασία πάχυνσης.....	130
9.2.15. Διεργασία αναερόβιας χώνευσης	131
9.2.16. Διεργασία αφυδάτωσης - ταινιοφιλτρόπρεσσα.....	132
9.3. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ	132
9.3.1. Δεξαμενή βοθρολυμάτων και Δεξαμενή υποδοχής λυμάτων δικτύου.....	132
9.3.2. Εσχάρωση	133
9.3.3. Εξάμμωση	133
9.3.4. Δεξαμενή Πρωτοβάθμιας καθίζησης.....	133
9.3.5. Δεξαμενή Αερισμού	134
9.3.6. Δεξαμενή Δευτεροβάθμιας καθίζησης.....	134
9.3.7. Δεξαμενή Εξισορρόπησης	135
9.3.8. Δεξαμενή Χλωρίωσης.....	135
9.3.9. Δεξαμενή Κροκίδωσης.....	136
9.3.10. Δεξαμενή Συσσωμάτωσης	136
9.3.11. Δεξαμενή Χημικής καθίζησης.....	137
9.3.12. Δεξαμενή αποθήκευση απαιτούμενου νερού για την πλύση του αμμόφιλτρου	138
9.3.13. Δεξαμενή Ομογενοποίησης Λάσπης.....	138
9.3.14. Δεξαμενή Πάχυνσης.....	138
9.3.15. Δεξαμενή Αναερόβιας χώνευση	139

9.3.16. Βιομηχανικά κτήρια : Απολύμανσης , Αφυδάτωσης , Παραγωγής Ενέργειας από βιοαέριο και Κτήρια Διοίκησης-Γραφεία-Εργαστήρια.....	139
9.3.17. Θεμελιώσεις	141
10. Κοστολόγηση.....	142
10.1. Κοστολόγηση σκυροδέματος	142
10.2. Κόστος εκσκαφών	144
10.3. Κόστος ηλεκτρομηχανικού εξοπλισμού.....	145
10.4. Κόστος αναλώσιμων	146
Βιβλιογραφία.....	149

1. Ονομασία και Είδος Έργου

ΕΠΩΝΥΜΙΑ: Έργο Επεξεργασίας και Διάθεσης Υγρών Αποβλήτων, περιοχής Δημοτικής Ενότητας Νέας Κυδωνίας

ΜΕΓΕΘΟΣ: Ισοδύναμοι Κάτοικοι (έτος 2047)

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΕΔΡΑΣ: Γαλατάς, Δημοτική Ενότητα Νέας Κυδωνίας, Νομός Χανίων

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Δρ. Γκίκας Πέτρος

2. Περίληψη

Η ύπαρξης μιας εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων (ΕΕΛ) συνοψίζεται στην προσπάθεια βελτίωσης των χημικών χαρακτηριστικών- σύστασης των λυμάτων κατά τέτοιο τρόπο, ώστε μετά την επεξεργασία τους τα λύματα να πληρούν τους αντίστοιχους νομοθετικούς περιβαλλοντικούς όρους και τις ανάλογες Υγειονομικές Διατάξεις.

Η παρούσα μελέτη πραγματοποιείται με βάση τις:

- ❖ ΚΥΑ Ειβ/221/1965 (ΦΕΚ 138/Β/1965),
- ❖ ΚΥΑ 5673/400/5.3.97 (ΦΕΚ 192/Β/14.3.97),
- ❖ ΚΥΑ Η.Π. 51354/2641/Ε103/2010 (ΦΕΚ Β' 1909/08.12.2010),
- ❖ ΚΥΑ 145116/2011 (ΦΕΚ Β' 354/08.03.2011) και
- ❖ ΚΥΑ 191002/2013 (ΦΕΚ Β'2220/9-9-2013)
- ❖ καθώς και όλες τις μεταβατικές υγειονομικές διατάξεις.

Στη συγκεκριμένη μελέτη, εξετάζεται η κατασκευή εγκατάστασης επεξεργασίας αστικών λυμάτων (Ε.Ε.Λ.) στην περιοχή της Δημοτικής Ενότητας Νέας Κυδωνίας Χανίων. Στο Δήμο Νέας Κυδωνίας υπάγονται οι δήμοι Γαλατά, Αγίας Μαρίνας, Σταλού και Δαράτσου που ανήκουν διοικητικά στη περιφέρεια Κρήτης του νομού Χανίων. Η εγκατάσταση επεξεργασίας αστικών λυμάτων δύναται να καλύψει πλήρως τις ανάγκες της περιοχής σε χρονικό ορίζοντα 30 ετών, για την μέγιστη τιμή πληθυσμού που ανέρχεται στους 22902 μόνιμους κατοίκους ή 42113.92 ισοδύναμους κατοίκους για το έτος 2047. Λαμβάνοντας υπόψη τον τουρισμό της περιοχής που αυξάνεται τα τελευταία χρόνια η εν λόγω εγκατάσταση θα εξυπηρετεί την περιοχή με παροχή αιχμής (καλοκαίρι 2047) 5749.224 m³/day λυμάτων.

Η φύση των λυμάτων είναι εκείνη των τυπικών αστικών λυμάτων που συμπεριλαμβάνουν πέρα των οικιακών λυμάτων, διάφορες παράπλευρες-παρασιτικές εισροές, όμβρια ύδατα και βοθρολύματα. Ο σχεδιασμός της παρούσας εγκατάστασης, πραγματοποιείται για παντοροϊκό αποχετευτικό δίκτυο και πρέπει να διευκρινιστεί ότι δεν προβλέπεται σε καμία περίπτωση να δέχεται λύματα βιομηχανικής προέλευσης.

Η επεξεργασία των αστικών λυμάτων της περιοχής θα πραγματοποιείται με την **μέθοδο της ενεργού ιλύος με παρατεταμένο αερισμό καθώς επίσης και απολύμανση για εκροή των μετέπειτα επεξεργασμένων λυμάτων σε φυσικό αποδέκτη και άρδευση χώρων αστικού πρασίνου**. Πιο αναλυτικά, όσον αφορά την εκροή στον φυσικό αποδέκτη, δηλαδή στο κόλπο Χανίων, στην εγκατάσταση θα λαμβάνει χώρα **απολύμανση** χρησιμοποιώντας **σύστημα χλωρίωσης** και στην έξοδο για άρδευση χώρων αστικού πρασίνου θα υπάρχουν **οι διεργασίες κροκίδωσης**,

συσσωμάτωσης και χημικής καθίζησης, σύστημα ακτινοβολίας UV έτσι ώστε να επιτυγχάνονται τα θεσμοθετημένα όρια με την παροχή εξόδου να ανέρχεται σε 3000 m³/day.

Η λάσπη που θα παράγεται από τις διεργασίες της πρωτοβάθμιας, δευτεροβάθμιας και χημικής καθίζησης θα υπόκειται επεξεργασία σε βαρυτική πάχυνση , στη συνέχεια αναερόβια χώνευση , από όπου ένα μέρος θα μετατρέπεται σε βιοαέριο και το υπόλοιπο θα αφυδατώνεται(διεργασία αφυδάτωσης) και στη συνέχεια θα κομποστοποιείται με αποτέλεσμα την παραγωγή του προϊόντος κόμποστ. Επίσης η εγκατάσταση θα διαθέτει ειδικό σύστημα

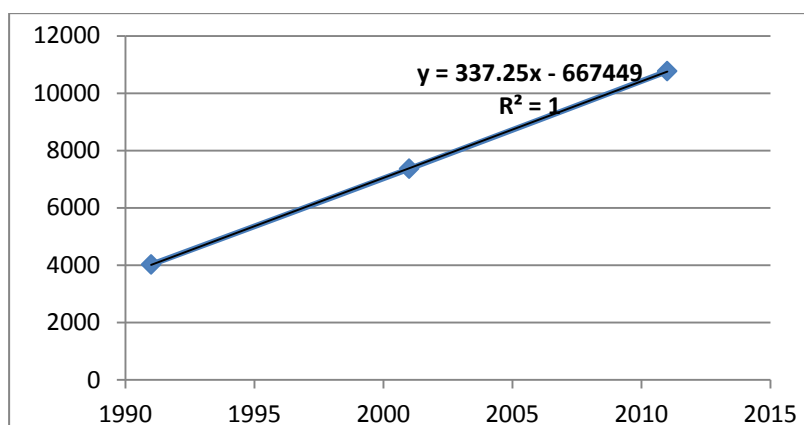
Σημαντική παράμετρος προστασίας είναι το περιβάλλον. Για αυτό το λόγο κατά την εγκατάσταση επεξεργασίας αστικών λυμάτων σε μια περιοχή , είναι απαραίτητη η εξυπηρέτηση των αναγκών της περιοχής με τρόπο τέτοιο ώστε να ελαχιστοποιούνται οι αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις στα οικοσυστήματα χλωρίδας και πανίδας που φιλοξενούνται στην περιοχή. Με βάση αυτό, για την περιοχή μελέτης, πραγματοποιήθηκε αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που πιθανολογείται να προκύψουν από την λειτουργία και κατασκευή ΕΕΛ καθώς επίσης και λήφθηκαν απαραίτητα μέτρα για την αποτελεσματική αποφυγή και αντιμετώπιση τους.

3. Υπολογισμός Παροχών Σχεδιασμού

Μόνιμος Πληθυσμός

Πίνακας 1 : Πληθυσμιακή μεταβολή των ετών 1991 έως 2011 για την περιοχή που εξυπηρετεί η εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων, με βάση τα δεδομένα των απογραφών της στατιστικής υπηρεσίας.

ΔΗΜΟΣ ΝΕΑΣ ΚΥΔΩΝΙΑΣ	1991	2001	2011
Δ.Δ.Δαράτσου	1550	3287	4732
Δ.Δ.Αγίας Μαρίνης	2103	1425	2005
Δ.Δ.Γαλατά	373	2131	3166
Δ.Δ.Σταλού	981	525	868
ΣΥΝΟΛΟ	4026	7368	10771



Διάγραμμα 1: Γραφική παράσταση πληθυσμιακής μεταβολής για τα έτη 1991 έως 2011

Με βάση το παραπάνω διάγραμμα και την εξίσωση που προκύπτει από αυτό, απορρέουν οι εξής πληθυσμιακές προβλέψεις:

Πίνακας 2: Προβλέψεις για τον πληθυσμό σχεδιασμού για τα έτη 2017-2047 (έτη σχεδιασμού)

Πληθυσμός Σχεδιασμού για το 2017	12785
Πληθυσμός Σχεδιασμού για το 2047	22902

ΠΑΡΟΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ:

Παραδοχές:

- ✓ 100% πληρότητα για τη θερινή περίοδο.
- ✓ 0% πληρότητα των ξενοδοχειακών κλινών και 30% πληρότητα των εστιατόριων - καφετεριών, για τη χειμερινή περίοδο.
- ✓ Υπόθεση: οι παραθεριστές αποτελούν το 5% του συνόλου των τουριστών
- ✓ Υπόθεση: : αύξηση 0.5% των τουριστών το έτος 2047, το οποίο συνεπάγεται 0.5% αύξηση της παροχής των ξενοδοχειακών μονάδων.
- ✓ Υπόθεση: δεν θα υπάρξει αύξηση εγκαταστάσεων μέχρι το έτος 2047.

- ✓ Υπόθεση: αύξηση 0.5% των υπηρεσιών εστίασης μέχρι το έτος 2047 (αύξηση ανάλογη της αύξησης των τουριστών).
- ✓ Παροχή 5 L/(εστιαζόμενο *d) για τις καφετέριες
- ✓ Παροχή 20 L/(εστιαζόμενο *d) για τα εστιατόρια και ταβέρνες.
- ✓ Παροχή 40 L/(άτομο) για εκπαιδευτικά ιδρύματα

Πίνακας 3: Καταλύματα, επιχειρήσεις εστίασης εκπαιδευτικά ιδρύματα και άλλες εγκαταστάσεις στην περιοχή.

Καταλύματα- Ξενοδοχειακό Δυναμικό	Ποσότητα	Κλίνες
Ενοικιαζόμενα Δωμάτια- Διαμερίσματα	190	3639
Ξενοδοχεία	171	13491
Τουριστικές Κατοικίες	20	180
Σύνολο	381	17310

Επιχειρήσεις Εστίασης	Ποσότητα
Εστιατόρια - Ταβέρνες	101
Καφετέριες	79

Επιχειρήσεις Εστίασης	Ποσότητα
Εκπαιδευτικά Ιδρύματα	16
Δημόσιες Υπηρεσίες	1

❖ Χειμερινή Περίοδος

Λαμβάνεται υπόψη μόνο ο **μόνιμος πληθυσμός** της περιοχής

Οικιακές χρήσεις νερού Q

- Χωρίς εξοικονόμηση (Μέγιστη παροχή) = 281 L/d*άτομο
- Με εξοικονόμηση (Ελάχιστη παροχή) = 197 L/d*άτομο
- Μέση οικιακή κατανάλωση νερού= 260 L/d*άτομο

2017:

Πίνακας 4: οικιακές χρήσεις νερού μόνιμων κατοίκων για το έτος 2017

Παροχές	Οικιακές χρήσεις νερού Q L/d*άτομο	Άτομα	Παροχή L/d	m ³ /d	m ³ /s
Μέγιστη	281	12785	3592585	3592.585	0.04
Ελάχιστη	197	12785	2518645	2518.645	0.03
Μέση	260	12785	3324100	3324.1	0.04

2047:

Πίνακας 5: οικιακές χρήσεις νερού μόνιμων κατοίκων για το έτος 2047

Παροχές	Οικιακές χρήσεις νερού Q L/d*άτομο	Άτομα	Παροχή L/d	m ³ /d	m ³ /s
Μέγιστη	281	22902	6435462	6435.46	0.07
Ελάχιστη	197	22902	4511694	4511.69	0.05
Μέση	260	22902	5954520	5954.52	0.07

Επιχειρήσεις εστίασης

2017:

Πίνακας 6: χρήσεις νερού επιχ. Εστίασης που αφορούν τον πληθυσμό των μόνιμων κατοίκων για το έτος 2017

	Παροχές L/d*άτομο	Άτομα	Παροχή L/d	m ³ /d	m ³ /s
Καφέ	5	3836	19177.5	19.1775	0.000222
Εστιατόρια- Ταβέρνες	20	3836	76710	76.71	0.0008878
Σύνολο			95887.5	95.8875	0.0011098

2047:

Πίνακας 7: χρήσεις νερού επιχ. Εστίασης που αφορούν τον πληθυσμό των μόνιμων κατοίκων για το έτος 2047

	Παροχές L/d*άτομο	Άτομα	Παροχή L/d	m ³ /d	m ³ /s
Καφέ	5	6871	34353	34.353	0.0003976
Εστιατόρια- Ταβέρνες	20	6871	137412	137.412	0.0015904
Σύνολο			171765	171.765	0.001988

Εκπαιδευτικά Ιδρύματα:

Πίνακας 8: χρήσεις νερού εκπ. Ιδρ. που αφορούν τον πληθυσμό των μόνιμων κατοίκων και για τα δυο σχεδιαστικά έτη

	Παροχές L/d*άτομο	Άτομα	Παροχή L/d	m ³ /d	m ³ /s
2017	40	1582	63280	63.28	0.0007324
2047	40	3275	131000	131	0.0015162

Συνολικές παροχές:

Στην χειμερινή περίοδο προστίθενται οι παροχές των μόνιμων κατοίκων της αντίστοιχης χρονιάς, οι παροχές των επιχειρήσεων εστίασης και των εκπαιδευτικών ιδρυμάτων.

Πίνακας 9: Συνολικές παροχές των σχεδιαστικών ετών για χειμώνα.

2017	Συνολικές παροχές	L/d	m ³ /d	m ³ /s
	οικιακές χρήσεις	3592585	3592.585	0.041581
	καφέ-εστιατόρια	95887.5	95.8875	0.00111
	εκπαιδευτικά ιδρύματα	63280	63.28	0.000732
	Σύνολο	3751753	3751.753	0.043423
2047	Συνολικές παροχές	L/d	m ³ /d	m ³ /s
	οικιακές χρήσεις	6435462	6435.462	0.074485
	καφέ-εστιατόρια	171765	171.765	0.001988
	εκπαιδευτικά ιδρύματα	131000	131	0.001516
	Σύνολο	6738227	6738.227	0.077989

❖ Καλοκαιρινή Περίοδος

Υπόθεση: 100% πληρότητα των τουριστικών κλινών, οπότε το σύνολο των κλινών αποτελεί αυτόματα το σύνολο των τουριστών.

Σύνολο Κλινών: 17310

Σύνολο τουριστών: 17310

Επιπλέον υποθέτουμε 100% πληρότητα των εστιατορίων-καφέ.

Παραθεριστές : το 5% του συνόλου των τουριστών, δηλαδή 870 άτομα

Δεν λαμβάνονται υπόψη τα **εκπαιδευτικά ιδρύματα** λόγω του ότι παραμένουν κλειστά αυτή την περίοδο.

2017

Ξενοδοχειακό δυναμικό

Πίνακας 10: χρήσεις νερού ξενοδοχειακού δυναμικού που αφορούν τον πληθυσμό των τουριστών.

Παροχές	χρήσεις νερού Q L/d*άτομο	Τουρίστες	Παροχή L/d	m ³ /d	m ³ /s
Μέγιστη	230	17310	3981300	3981.3	0.0460799
Ελάχιστη	150	17310	2596500	2596.5	0.0300521
Μέση	190	17310	3288900	3288.9	0.038066

Παραθεριστές: θεωρείται 30% μεγαλύτερη κατανάλωση από τον μόνιμο κάτοικο. Ο πληθυσμός τους θεωρείται το 5% του αριθμού των τουριστών (δηλ. 870).

Πίνακας 11: χρήσεις νερού παραθεριστών .

Παροχές	Οικιακές χρήσεις νερού Q L/d*άτομο	Παραθεριστές	Παροχή L/d	m ³ /d	m ³ /s
Μέγιστη	365.3	870	317811	317.81	0.0036784
Ελάχιστη	256.1	870	222807	222.81	0.0025788
Μέση	338	870	294060	294.06	0.0034035

Επιχειρήσεις εστίασης

- 100% των τουριστών επισκέπτονται τις επιχ. Εστ.
- 60% των μόνιμων κατοίκων << << <<
- 80% των παραθεριστών << << <<

Πίνακας 12: συνολικές χρήσεις νερού για επιχ. Εστ. .

		Άτομα	L/d*άτομο	Παροχή L/d	m ³ /d	m ³ /s
Καφέ	Τουρίστες	17310	5	86550	86.55	0.0010017
	Μόνιμοι	7671	5	38355	38.355	0.0004439
	Παραθεριστές	696	5	3480	3.48	4.028E-05
	Σύνολο			128385	128.385	0.0014859
Εστιατόρια	Τουρίστες	17310	20	346200	346.2	0.0040069
	Μόνιμοι	7671	20	153420	153.42	0.0017757
	Παραθεριστές	696	20	13920	13.92	0.0001611
	Σύνολο			513540	513.54	0.0059438

Συνολικές παροχές:

Στην καλοκαιρινή περίοδο προστίθενται οι παροχές των μόνιμων κατοίκων της αντίστοιχης χρονιάς , οι παροχές των παραθεριστών και των τουριστών και οι παροχές από τις επιχειρήσεις εστίασης .

Πίνακας 13: Συνολικές παροχές σχεδιαστικού έτους 2017 για καλοκαίρι .

2017	Συνολικές παροχές	L/d	m ³ /d	m ³ /s
	οικιακές χρήσεις	3592585	3592.585	0.041581
	Καφέ	128385	128.385	0.001486
	τουρίστες	3981300	3981.3	0.04608
	Παραθεριστές	317811	317.811	0.003678
	εστιατόρια	513540	513.54	0.005944
	Σύνολο	8533621	8533.621	0.098769

2047: Θεωρείται αύξηση τουριστών κατά 0.5 % ετησίως

Επομένως αναμένονται 20000 τουρίστες

Ξενοδοχειακό δυναμικό

Πίνακας 14: χρήσεις νερού ξενοδοχειακού δυναμικού που αφορούν τον πληθυσμό των τουριστών.

Παροχές	χρήσεις νερού Q L/d*άτομο	Τουρίστες	Παροχή L/d	m ³ /d	m ³ /s
Μέγιστη	230	20000	4600000	4600	0.0532407
Ελάχιστη	150	20000	3000000	3000	0.0347222
Μέση	190	20000	3800000	3800	0.0439815

Παραθεριστές: θεωρούμε 30% μεγαλύτερη κατανάλωση από τον μόνιμο κάτοικο. Ο πληθυσμός τους θεωρείται το 5% του αριθμού των τουριστών (δηλ. 1000 άτομα) .

Πίνακας 15: Χρήσεις νερού παραθεριστών .

Παροχές	Οικιακές χρήσεις νερού Q L/d*άτομο	Άτομα	Παροχή L/d	m ³ /d	m ³ /s
Μέγιστη	365.3	1000	365300	365.3	0.004228
Ελάχιστη	256.1	1000	256100	256.1	0.0029641
Μέση	338	1000	338000	338	0.003912

Επιχειρήσεις εστίασης

- 100% των τουριστών επισκέπτονται τις επιχ. Εστ.
- 60% των μόνιμων κατοίκων << << <<
- 80% των παραθεριστών << << <<

Πίνακας 16: συνολικές χρήσεις νερού για επιχ. Εστ. .

		άτομα	L/d*άτομο	Παροχή L/d	m ³ /d	m ³ /s
Καφέ	Τουρίστες	20000	5	100000	100	0.0011574
	Μόνιμοι	22902	5	114510	114.51	0.0013253
	Παραθεριστές	1000	5	5000	5	5.787E-05
	Σύνολο			219510	219.51	0.0025406
Εστιατόρια	Τουρίστες	20000	20	400000	400	0.0046296
	Μόνιμοι	22902	20	458040	458.04	0.0053014
	Παραθεριστές	1000	20	20000	20	0.0002315
	Σύνολο			878040	878.04	0.0101625

Συνολικές παροχές:

Στην καλοκαιρινή περίοδο προστίθενται οι παροχές των μόνιμων κατοίκων της αντίστοιχης χρονιάς , οι παροχές των παραθεριστών και των τουριστών και οι παροχές από τις επιχειρήσεις εστίασης .

Πίνακας 17: Συνολικές παροχές σχεδιαστικού έτους 2047 για καλοκαίρι .

2047	Συνολικές παροχές	L/d	m ³ /d	m ³ /s
	οικιακές χρήσεις	6435462	6435.462	0.074485
	Καφέ	219510	219.51	0.002541
	τουρίστες	4600000	4600	0.053241
	παραθεριστές	365300	365.3	0.004228
	εστιατόρια	878040	878.04	0.010163
	Σύνολο	12498312	12498.31	0.144656

Συνοπτικά οι παροχές από τα αστικά λύματα είναι:

Πίνακας 18: Συνολικές παροχές αστικών λυμάτων.

	m ³ /d	m ³ /s
Qχειμ2017	3751.753	0.043423
Qχειμ2047	6738.227	0.077989
Qκαλ2017	8533.621	0.098769
Qκαλ2047	12498.31	0.144656

Λόγω βροχών και άλλων παρασιτικών λυμάτων , οι εισροές του δικτύου υπολογίζονται ως 5% το καλοκαίρι και 10% το χειμώνα επί της συνολικής παροχής (πίνακας 18)

Πίνακας 19: Σύνολο παροχών αστικών λυμάτων , όμβριων υδάτων και παρασιτικών λυμάτων

	m ³ /d	m ³ /s
Qχειμ2017	4126.928	0.047765
Qχειμ2047	7412.05	0.085788
Qκαλ2017	8960.302	0.103707
Qκαλ2047	13123.23	0.151889

Ως βοθρολύματα θεωρούμε 10% επί της συνολικής παροχής που βρίσκεται στον πίνακα 18 .

Πίνακας 20: σύνολο παροχών αστικών λυμάτων , όμβριων υδάτων, παρασιτικών λυμάτων και βοθρολυμάτων.

	m ³ /d	m ³ /s
Qχειμ2017	4502.103	0.052108
Qχειμ2047	8085.872	0.093586
Qκαλ2017	9813.664	0.113584
Qκαλο2047	14373.06	0.166355

✎ Ισοδύναμοι Κάτοικοι ✎

Για να τον υπολογισμό των ισοδύναμων κατοίκων χρειάζεται διαίρεση της συνολικής παροχής των αστικών λυμάτων μόνο (δηλ. πίνακας 18), με μια ειδική κατανάλωση q . Τα όρια του q κυμαίνονται μεταξύ 150 και 175 L/κατ.day.

Σε αυτή την περίπτωση, χρησιμοποιείται $q = 160$ L/κατ.day.

Πίνακας 21: Ισοδύναμοι κάτοικοι οικισμού

Ισοδύναμοι Κάτοικοι Χειμώνα 2017	23448.45
Ισοδύναμοι Κάτοικοι Χειμώνα 2047	42113.92
Ισοδύναμοι Κάτοικοι Καλοκαίρι 2017	53335.13
Ισοδύναμοι Κάτοικοι Καλοκαίρι 2047	78114.45

Ο λόγος για τον οποίο υπολογίζεται ο ισοδύναμος πληθυσμός είναι επειδή είναι απαραίτητος για την εύρεση των **συντελεστών αιχμής (peaking factor)** των παροχών (μεγίστων, μέσων, ελαχίστων) με βάση το παρακάτω διάγραμμα (peaking factor vs population in thousands). Ανάλογα, λοιπόν, με τον ισοδύναμο πληθυσμό προσεγγίζονται οι τρεις διαφορετικοί συντελεστές για τις τρεις αντίστοιχες παροχές, για τα δυο σχεδιαστικά έτη.

✎ Υπολογισμός ημερήσιας διακύμανσης παροχών ✎

Με τη χρήση του ακόλουθου διαγράμματος θα πραγματοποιηθεί εύρεση των συντελεστών αιχμής για τα ζητούμενα $Q_{min,max,average}$.

Διάγραμμα (*Wastewater treatment plants: planning, design, and operation, Qasim, Syed R.,1999.*)

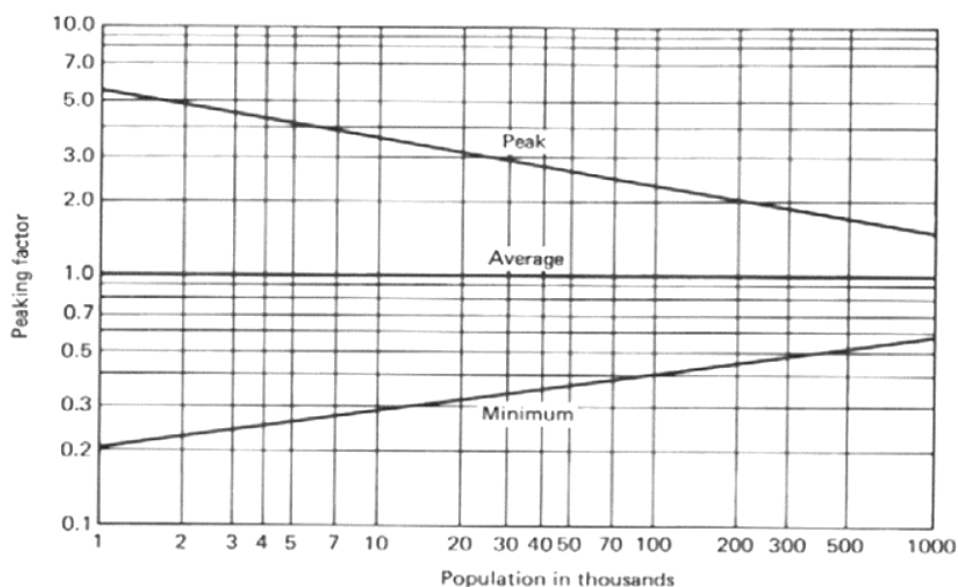


Figure 3-2 Ratios of Extreme Flows to Average Daily Flow (Peaking Factor) for Municipal Wastewater Under Dry Weather Conditions (from Ref. 16; used with permission of Water Environment Federation, and American Society of Civil Engineers).

Πίνακας 22: Συντελεστές Αιχμής

2017	min	average	Max
Χειμώνας	0.33	1	3
Καλοκαίρι	0.38	1	2.6
2047			
Χειμώνας	0.35	1	2.9
Καλοκαίρι	0.4	1	2.4

Η ημερήσια διακύμανση των παροχών (**m³/d**) για τις χειμερινές και θερινές περιόδους των δυο ετών, υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας τις παροχές του πίνακα 20 (συνολικές παροχές) με τους αντίστοιχους συντελεστές αιχμής.

Πίνακας 23: Τελικές παροχές σχεδιασμού

2017	Qmin	Qaverage	Qmax
Χειμώνας	1485.694	4502.103	13506.31
Καλοκαίρι	3729.192	9813.664	25515.53
2047			
Χειμώνας	3072.632	8085.872	23449.03
Καλοκαίρι	5749.224	14373.06	34495.34

☞ Οι παροχές σχεδιασμού που θα χρησιμοποιηθούν είναι οι : **Qaverage και Qmax του καλοκαιριού του 2047 και η Qmin του χειμώνα του 2017**

4. Ποιοτικά Χαρακτηριστικά Λυμάτων

4.1 ΕΙΣΡΟΗ (Είσοδος ΕΕΛ) - ΙΣΟΖΥΓΙΑ ΜΑΖΑΣ

Πίνακας 24: χαρακτηριστικά και σύσταση τυπικών ανεπεξέργαστων αστικών λυμάτων, καθώς και οι παραγόμενες ποσότητες ρύπανσης

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΡΥΠΑΝΣΗ gr/κατ. ημ.	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ mg/lt
Ολικά στερεά	100 – 150	680 – 1.000
Πτητικά στερεά	65 – 85	380 – 500
Αιωρούμενα στερεά	35 – 50	200 – 290
Οργανική ύλη ως BOD ₅	50 – 70	200 – 400
Οργανική ύλη ως COD	115 – 125	680 – 730
Ολικό άζωτο	6 – 17	35 – 100
Αμμωνία	1 – 3	6 – 18
Νιτρώδη & Νιτρικά	< 1	< 5
Ολικός φώσφορος	2 – 4	6 – 24
Ολικά κολοβακτηριοειδή	-	10 ¹⁰ - 10 ¹² αποικ./ml
Κολοβακτηριοειδή κοπράνων	-	10 ⁸ - 10 ¹⁰ αποικ./ml

Πίνακας 25: χημικά χαρακτηριστικά βοθρολυμάτων

Παράμετρος	Όρια (mg/l)	Τυπική τιμή (mg/l)
BOD ₅	2000-30000	6000
TS	4000-100000	40000
SS	2000-200000	15000
VSS	1200-14000	7000
TN	100-1600	700
NH ₃ -N	100-800	400
TP	50-800	250
Λίπη	5000-10000	8000
Βαριά μέταλλα	100-1000	300

Πίνακας 26: τυπικές τιμές ποιοτικών χαρακτηριστικών για τα 3 είδη των εισροών λυμάτων

	BOD ₅ (mg/L)	COD (mg/L)	TSS (mg/L)	TN (mg/L)	TP (mg/L)
Αστικά Λύματα	325	400	200	65	10
Εισροές Δικτύου	60	120	110	10	1
Βοθρολύματα	6000	7000	15000	300	250

Πίνακας 27: αναλυτικές παροχές (**m³/d**) για τα 3 είδη των εισροών λυμάτων

	Αστικά Λύματα	Εισροές Δικτύου	Βοθρολύματα	Σύνολο
Χειμώνας 2017	3751.7525	375.17525	375.17525	4502.103
Χειμώνας 2047	6738.227	673.8227	673.8227	8085.8724
Καλοκαίρι 2017	8533.621	426.68105	853.3621	9813.66415
Καλοκαίρι 2047	12498.312	624.9156	1249.8312	14373.0588

Συγκεντρώσεις Εισόδου του βιολογικού καθαρισμού για την καλοκαιρινή περίοδο του 2047

ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΜΑΖΑΣ

$$\text{Qολικό} * \text{Cολικό} = \text{Qαστ.} * \text{Cαστ.} + \text{Qεισρ.} * \text{Cεισρ.} + \text{Qβόθρ.} * \text{Cβόθρ.}$$

Με βάση το ισοζύγιο προκύπτει ο παρακάτω πίνακας συγκεντρώσεων (όπου **Qολικό** η συνολική παροχή του καλοκαιριού του 2047, **Qαστ** η παροχή των αστικών λυμάτων του καλοκαιριού του 2047, **Cαστ** τυπική τιμή συγκέντρωσης για τα αστικά λύματα κ.ο.κ.)

Πίνακας 28: ποιοτικά χαρακτηριστικά στην είσοδο του βιολογικού καθαρισμού

	Cολικό
BOD (mg/L)	806.9565
COD (mg/L)	961.7391
TSS (mg/L)	1483.043
TN(mg/L)	117.8261
TP (mg/L)	30.47826

4.2 ΕΚΡΟΗ (Έξοδος ΕΕΛ)- ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της εκροής της ΕΕΛ πρέπει να πληρούν τις σχετικές νομοθετικές διατάξεις που αφορούν την επαναχρησιμοποίηση και διάθεση των επεξεργασμένων λυμάτων σε φυσικό αποδέκτη, δεδομένου του ότι η εν λόγω εγκατάσταση, σχεδιάζεται με σκοπό τη διάθεση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για επαναχρησιμοποίηση ως νερό άρδευσης χώρων πρασίνου .

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των επεξεργασμένων λυμάτων πρέπει να είναι σύμφωνα με τις διατάξεις των Κ.Υ.Α. ΟΙΚ. 5673/400/97 και ΚΥΑ οικ.145116/11

Από το συνδυασμό των οριακών τιμών των ποιοτικών παραμέτρων των επεξεργασμένων λυμάτων, που προκύπτουν από τις παραπάνω διατάξεις καθορίζονται τα εξής ανώτατα όρια:

- TC/100ml ≤ 2
- EC/100ml ≤ 5
- BOD₅ ≤ 10mg/lt
- COD ≤ 125mg/lt
- SS ≤ 10mg/lt
- NTU ≤ 2 (διάμεση τιμή)
- Ntotal ≤ 45mg/lt
- DO ≥ 3mg/lt
- PH 6.5 - 8.5

Οι προϋποθέσεις που πρέπει να πληρούνται για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων αναγράφονται στην Υ.Α. οικ. 145116/2011 και πιο συγκεκριμένα στο Παράρτημα Ι.

Πίνακας 3. - Καθορισμός μέτρων, όρων και διαδικασιών για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων και άλλες διατάξεις (ΦΕΚ 354/Β'/8.3.2011,).

Πίνακας 29: ποιοτικά χαρακτηριστικά για επαναχρησιμοποίηση νερού (ΦΕΚ 354/Β'/8.3.2011,)

Πίνακας 3:

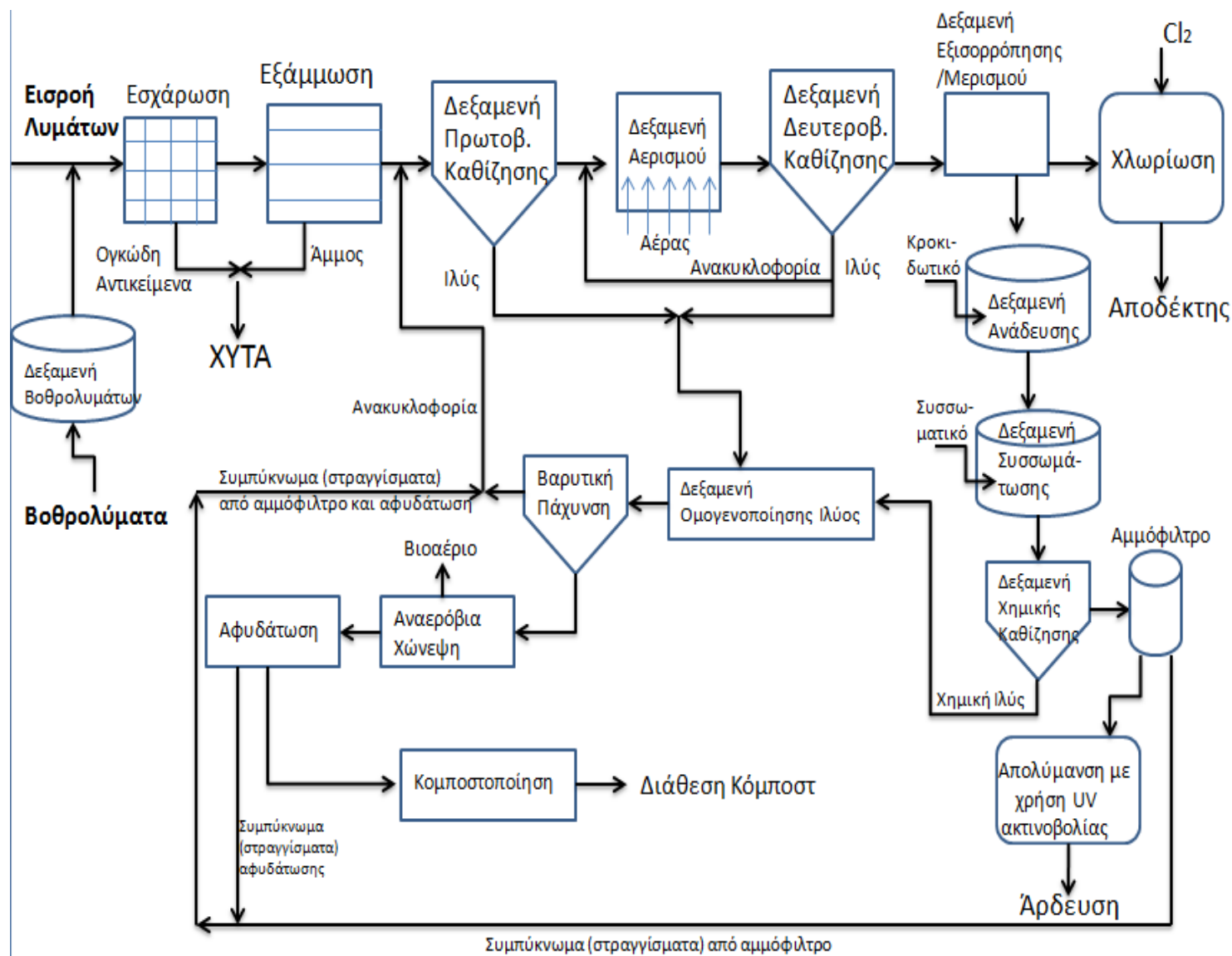
Όρια για μικροβιολογικές και συμβατικές παραμέτρους καθώς και η κατ' ελάχιστον απαιτούμενη επεξεργασία και συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων στην περίπτωση επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για αστική και περιαστική χρήση και εμπλουτισμό υπόγειων υδροφορέων με γεωτρήσεις.

Τύπος επαναχρησιμοποίησης	Ολικά κολοβακτηρίδια (TC/100 ml)	BOD5 (mg/l)	SS (mg/l)	Θολότητα (NTU)	Κατ ελάχιστον απαιτούμενη επεξεργασία	Ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων νερού προς επαναχρησιμοποίηση
Αστική χρήση Μεγάλες εκτάσεις (νεκροταφεία, πρηνή αυτοκινητόδρομων, γήπεδα γκολφ, δημόσια πάρκα), εγκαταστάσεις αναψυχής, κατάσβεση πυρκαϊών, συμπίκνωση εδαφών, καθαρισμός οδών και πεζοδρόμων, διακοσμητικά σιντριβάνια Πότισμα με καταιονισμό απαγορεύεται. Εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων που δεν εμπίπτουν στις διατάξεις του άρθρου 7 του ΠΔ 51/2-3-2007 (ΦΕΚ54Α/8-3-2007), με γεωτρήσεις Περιαστικό πράσινο συμπεριλαμβανομένων των αλσών και δασών ⁽⁴⁾	≤ 2 για το 80% των δειγμάτων και ≤ 20 για το 95 % των δειγμάτων	≤ 10 για το 80% των δειγμάτων	≤ 2 για το 80% των δειγμάτων	≤ 2 διάμεση τιμή	Δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία ⁽⁶⁾ ακολουθούμενη από Προχωρημένη επεξεργασία ⁽⁶⁾ και Απολύμανση ⁽⁶⁾	BOD₅, SS, N, P: σύμφωνα με τις επιταγές της ΚΥΑ 5673/400/5.3.97 (ΦΕΚ 192/Β/14.3.97) Θολότητα και διαπερατότητα: για ανακτημένο νερό από εγκαταστάσεις επεξεργασίας με ισοδύναμο πληθυσμό μεγαλύτερο από 50000 κατοίκους τέσσερις ανά εβδομάδα και δύο ανά εβδομάδα στις υπόλοιπες περιπτώσεις TC: για ανακτημένο νερό από εγκαταστάσεις επεξεργασίας με ισοδύναμο πληθυσμό μεγαλύτερο από 50000 κατοίκους επτά ανά εβδομάδα και τρεις ανά εβδομάδα στις υπόλοιπες περιπτώσεις Κατ εξαίρεση για νησιωτικές περιοχές με τεκμηριωμένη έλλειψη κατάλληλης εργαστηριακής υποδομής δύο ανά εβδομάδα Υπολειμματικό Cl₂ συνεχώς (εφόσον εφαρμόζεται χλωρίωση)

Το αζωτούχο (TKN) ρυπαντικό φορτίο των φρέσκων ανεπεξέργαστων 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 NTot < 3,0 mg/l), επειδή το άζωτο όπως και ο φώσφορος σαν θρεπτικά συστατικά, προκαλούν το πρόβλημα του ευτροφισμού και τελικά της αποξυγόνωσης των φυσικών νερών. Το φορτίο επιβάρυνσης των λυμάτων με φώσφορο υπολογίζεται συνήθως με τιμές περίπου 2 – 4 gr/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. Η συγκέντρωσή του στην εκροή των Ε.Ε.Α. 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 απομάκρυνση της τάξης του 90 έως και 95%.

5. Σχεδιασμός Εγκατάστασης Επεξεργασίας Λυμάτων

5.1.ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ Ε.Ε.Λ.



Διάγραμμα 2: διάγραμμα ροής εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων

Συνοπτικά, υπάρχουν **τρία στάδια επεξεργασίας** των λυμάτων όπου κατά σειρά απομακρύνονται στερεά σωματίδια, το οργανικό φορτίο, και διάφορα χημικά συστατικά και παρατίθενται παρακάτω.

Η πρωτοβάθμια επεξεργασία των λυμάτων έχει σχεδιαστεί για να αφαιρεθούν και να εξουδετερωθούν τα στερεά σώματα των ακατέργαστων λυμάτων. Περιλαμβάνει διεργασίες διαλογής που παγιδεύουν, κροκιδώνουν και απομακρύνουν τα στερεά μέσω διήθησης. Αυτό το επίπεδο αναφέρεται ως "μηχανική επεξεργασία", αν και πολύ συχνά χρησιμοποιούνται χημικά για να επιταχυνθεί η διαδικασία καθίζησης. Η πρωτοβάθμια επεξεργασία μπορεί να μειώσει το συνολικά στερεά των εισερχόμενων λυμάτων κατά 20-30% και το σύνολο των αιωρούμενων στερεών κατά περίπου 50-60%.

Η δευτεροβάθμια διαδικασία μπορεί να γίνει με αερόβια επεξεργασία ή αναερόβια επεξεργασία, και απομακρύνει τη διαλυμένη οργανική ύλη που διαφεύγει της πρωτοβάθμιας επεξεργασίας. Αυτό επιτυγχάνεται με μικρόβια που καταναλώνουν το οργανικό φορτίο όπως οι ανώτεροι οργανισμοί τα τρόφιμα και παράγουν διοξείδιο του άνθρακα. Η ενέργεια των οργανικών ενώσεων αξιοποιείται για τη δική τους ανάπτυξη και την αναπαραγωγή. Οι τεχνολογίες της δευτεροβάθμιας επεξεργασίας περιλαμβάνουν τη βασική μέθοδο της ενεργού ιλύος, την τεχνολογία των διαφόρων δεξαμενών, την κατασκευή υγροτοπικών συστημάτων, τη ροή των υλικών, τις διηθήσεις και τις άλλες μορφές επεξεργασίας που μειώνουν το οργανικό φορτίο.

Η τριτοβάθμια επεξεργασία είναι απλά ένα επιπλέον στάδιο μετά τη δευτεροβάθμια επεξεργασία. Η τριτοβάθμια επεξεργασία μπορεί να αφαιρέσει περισσότερο από το 99% όλων των ακαθαρσιών από τα λύματα, και να παράξει ένα κλάσμα νερού με ποιότητα ανάλογη του πόσιμου νερού.

5.2 ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΥΠΟΔΟΧΗΣ ΒΟΘΡΟΛΥΜΑΤΩΝ

Για την υποδοχή των βοθρολυμάτων υπάρχει **κλειστή δεξαμενή εξισορρόπησης**. Η δεξαμενή θα έχει ωφέλιμο όγκο περίπου 208 m³ (1/6 της ημερήσιας παροχής βοθρολυμάτων). Σ' αυτήν γίνεται η εκκένωση των φορτίων των βυτιοφόρων. Μετά από την δεξαμενή, τα βοθρολύματα, θα διοχετεύονται στην κύρια γραμμή ροής της εγκατάστασης αφού, προγενέστερα, έχουν υποστεί εσχάρωση.

Πίνακας 30: Παροχές Βοθρολυμάτων (m³/d)

Χειμώνας 2017	375.1753
Χειμώνας 2047	673.8227
Καλοκαίρι 2017	853.3621
Καλοκαίρι 2047	1249.831

Η μέγιστη παροχή των βοθρολυμάτων ανέρχεται σε **Q = 1249.831 m³/d = 52.0763 m³/h**

Αν θεωρήσουμε ως μέγιστο χρόνο παραμονής των βοθρολυμάτων στην δεξαμενή εξισορρόπησης t= 1.5h, ο ελάχιστος απαιτούμενος όγκος Δεξαμενής Υποδοχής Βοθρολυμάτων θα είναι: **V_{min} = Q*t = 52.0763 m³/h * 1.5 h = 78.1 m³**

Ημερησίως χρειάζονται περίπου 42 βυτιοφόρα όγκου 30 m³

Πίνακας 31: Σχεδιαστικά Χαρακτηριστικά Δεξαμενής Υποδοχής Βοθρολυμάτων

Ελάχιστος απαιτούμενος όγκος V _{min} [m ³]	78.1
Συντελεστής ασφαλείας	1.5
Σχεδιαστικός όγκος V [m ³]	208
Υψος H [m]	3.5
Μήκος L [m]	5.6
Πλάτος W[m]	4

5.3.ΔΙΕΡΓΑΣΙΑ ΕΣΧΑΡΩΣΗΣ

Στην παρούσα μελέτη θα χρησιμοποιηθεί **χονδρή μηχανικά καθαριζόμενη καμπύλη σχάρα**, αφού προτιμάται σε περιπτώσεις παροχών μεγαλύτερων των 1000 m³/day.

Η μηχανική διάταξη δύναται να βρίσκεται ανάντη ή κατάντη της σχάρας και διαθέτει σειρά δοντιών(βούρτσες) όπου με την κίνηση τους παρασύρουν τα ανεπιθύμητα στερεά στο πάνω μέρος της σχάρας, τα οποία στην συνέχεια συγκεντρώνονται και μεταφέρονται σε κατάλληλο χώρο διάθεσης. Τα βάθη ροής στο κανάλι της εσχάρας ρυθμίζονται από στένωση τύπου Venturi.

Θα χρησιμοποιηθούν **καμπύλες εσχάρες**. Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζονται τα σχεδιαστικά όρια :

Πίνακας 32: Σχεδιαστικά όρια και χαρακτηριστικά στοιχεία καμπύλων χονδρών μηχανικών εσχάρων. (Διαστάσεις για **ορθογωνική διατομή**)

Πάχος ράβδου (ρ) [m]	0005 - 0.015
Πλάτος διάκενων (δ) [m]	0.002 – 0.08
Πλάτος για πλευρική στήριξη (W_o) [m]	0
Πλάτος καναλιού (W) [m]	0.3 – 2
$h_{\max}$ καναλιού σχάρας [m]	< 1.7
$h_{\min}$ καναλιού σχάρας [m]	> 0.4
Μέγιστη ταχύτητα ροής στα διάκενα ($V_{\max}$) [m/s]	0.6 – 1.2
Ελάχιστη ταχύτητα ροής καναλιού ($V_{\min}$) [m/s]	0.4

Πίνακας 33: Επιλεγμένες διαστάσεις

Πάχος ράβδου (ρ) [m]	0.013
Πλάτος διάκενων (δ) [m]	0.06
Πλάτος για πλευρική στήριξη (W_o) [m]	0
$h_{\max}$ καναλιού σχάρας [m]	0.6
$h_{\min}$ καναλιού σχάρας [m]	0.45
Μέγιστη ταχύτητα ροής στα διάκενα ($V_{\max}$) [m/s]	0.6

Πίνακας 34: Παροχές σχεδιασμού εσχάρωσης

Qaver χειμερινή 2047 [m ³ /s]	0.093586
Qmax καλοκαιρι 2047 [m ³ /s]	0.399252

- **Πλάτος του καναλιού της σχάρας (W)**

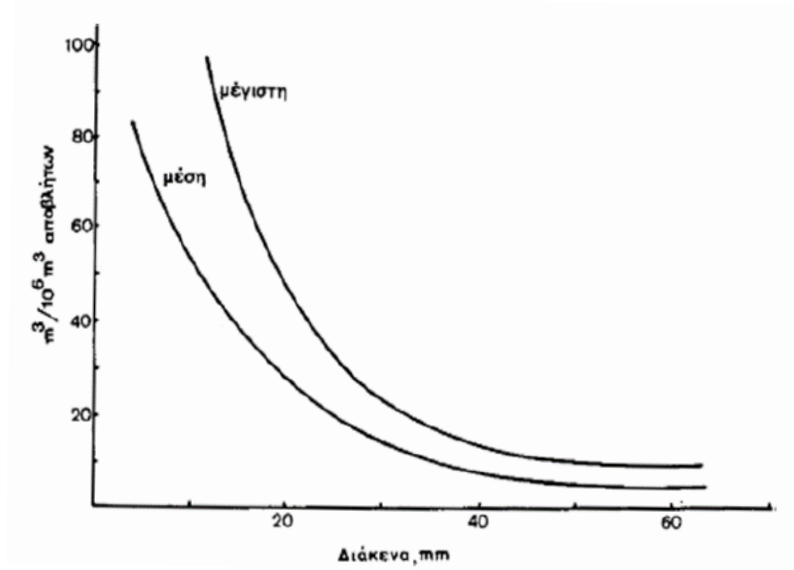
$$W = \frac{\rho + \delta}{\delta} * \frac{Q_{\max}}{V_{\max} * h_{\max}} + W_o = \frac{0.013\text{m} + 0.06\text{ m}}{0.06\text{ m}} * \frac{0.399 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0.6 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 0.6\text{ m}} = \mathbf{0.49\text{ m}}$$

Η τιμή είναι επιτρεπτή, καθώς είναι εντός των παραπάνω ορίων

- **Έλεγχος ελάχιστης ταχύτητα ροής ($V_{\min}$) στο κανάλι**

$$V_{\min} = \frac{Q_{\text{aver}}}{h_{\min} * W} = \frac{0.094 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0.45\text{ m} * 0.49\text{ m}} = \mathbf{0.43 \frac{\text{m}}{\text{s}}} > 0.4 \frac{\text{m}}{\text{s}} \text{ επιτρεπτή τιμή}$$

- **Ποσότητα εσχαρισμάτων:** Ανάλογα το πλάτος διακένων, προκύπτει γραφικά (από το παρακάτω διάγραμμα) η ποσότητα των συγκρατούμενων στερεών ανά m³ αποβλήτων.



Διάγραμμα 3 : Ποσότητες συγκρατούμενων στερεών σε μηχανικές σχάρες

Δηλαδή, για $\delta=60$ mm , θα προκύπτουν 6 m³ εσχαρισμάτων για κάθε 10⁶ m³ αποβλήτων. Επομένως η ποσότητα των εσχαρισμάτων για συγκέντρωση $Q_{aver} = 8085.9$ m³/d = 0.093586 m³/s θα είναι :

$$\frac{\text{Qεσχαρισμάτων}}{10^6} * Q_{average} = \frac{6 \text{ m}^3 \text{εσχαρισμάτων}}{10^6 \text{ αποβλήτων}} * 8085.9 \frac{\text{m}^3 \text{αποβλήτων}}{d}$$

$$= 0.0485 \frac{\text{m}^3 \text{εσχαρισμάτων}}{d}$$

Πίνακας 35: Σχεδιαστικά Χαρακτηριστικά Διεργασίας Εσχάρωσης

Σύστημα Καθαρισμού	Μηχανικό
Είδος Σχαρών	Καμπύλες
Πλάτος Διάκενων δ (mm)	60
Πάχος Ράβδου ρ (mm)	13
Πλευρική Στήριξη W_o (m)	0
Μέγιστο Ύψος h_{max} (m)	0.6
Ελάχιστο Ύψος h_{min} (m)	0.4
Ταχύτητα Διακένων V_{max} (m/s)	0.6
Πλάτος καναλιού W (m)	0.49
Ελάχιστη Ταχύτητα Ροής V_{min} (m/s)	0.43
Ποσότητα εσχαρισμάτων (m ³ εσχαρισμάτων)/d	0.0485

5.4 ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΕΞΑΜΜΩΣΗΣ

Πίνακας 36: Τεχνικά χαρακτηριστικά αεριζόμενων εξαμμοτών

Βάθος H [m]	2-5
Μήκος L [m]	7.5-20
Πλάτος W [m]	2.5-7
W / H *	1-5
L / H *	0.4-5
Παροχή αέρα [m ³ /(min*m)]	0.2-0.5
Χρόνος παραμονής για μέγιστη παροχή [min]	2-5
Ποσότητα άμμου L/1000 m ³ λυμάτων	3.7-200

*για να επιτυγχάνεται η επιθυμητή ταχύτητα 0.3 m/s , οι σχέσεις μεταξύ των διαστάσεων πρέπει να είναι μεταξύ αυτών των ορίων

✎ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ ✎

Ο σχεδιασμός της δεξαμενής εξάμμοσης θα πραγματοποιηθεί για τη μέγιστη παροχή σχεδιασμού **Q_{max} = 0.399 m³/s = 34495.3 m³/d**

Θεωρείται ως χρόνος παραμονής σε συνθήκες μέγιστης παροχής θ=5 min

- Ο όγκος του εξαμμοτή θα είναι: **V=Q_{max} * t = 0.399 m³/s * 5min*60s = 119.8 m³ ≈ 120 m³**
- Λόγος πλάτους - βάθος : $\frac{W}{H} = 2.4$ και **W=6 m, οπότε H=2.5 m**
- Μήκος: $L = \frac{V}{w \cdot h} = \frac{120 \text{ m}^3}{6 \text{ m} \cdot 2.5 \text{ m}} = 8 \text{ m}$ το οποίο και θα προσαυξηθεί κατά 15% λόγω εισροής- εκροής (δηλαδή προσθήκης αέρα) δηλαδή **L = 1.15 * 10 = 9.2 m**
- Θεωρείται ως **ικανοποιητική παροχή αέρα ανά μονάδα μήκους = 0.3 m³/(min*m)**.
Απαιτούνται λοιπόν:

$$q_{\text{αερ}} = 0.3 \frac{\text{m}^3}{\text{min} \cdot \text{m}} * L = 0.3 \frac{\text{m}^3}{\text{min} \cdot \text{m}} * 9.2 \text{ m} = 2.76 \frac{\text{m}^3}{\text{min}} = 165 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \approx 3967 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$$

- Θεωρείται ως μέγιστη παραγόμενη τιμή $\frac{30L \text{ άμμου}}{1000 \text{ m}^3 \text{ λυμάτων}}$. Η παραγόμενη ποσότητα άμμου ανά ημέρα , λοιπόν , θα είναι :

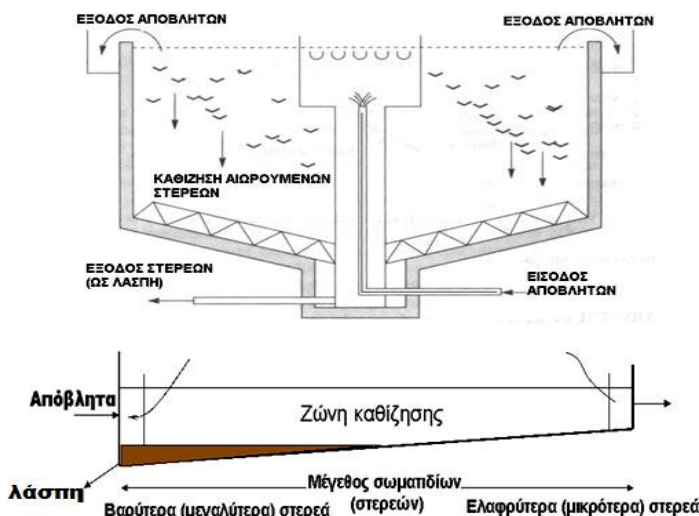
$$\frac{30L \text{ άμμου}}{1000 \text{ m}^3 \text{ λυμάτων}} * 34495.3 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} = 1034.9 \frac{L}{\text{d}} = 1.0349 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$$

Πίνακας 37: Σχεδιαστικά Χαρακτηριστικά Δεξαμενής Εξάμμωσης

Χρόνος Παραμονής θ (min)	5
W / H	2.4
Βάθος H (m)	2.5
Πλάτος W (m)	6
Μήκος L (m)	9.2
Όγκος V (m ³)	120
Παροχή Αέρα $q_{\text{αερ}}$ (m ³ /h)	165
Παροχή αέρα ανά μονάδα μήκους [m ³ /(min*m)]	0.3
Χρόνος παραμονής για μέγιστη παροχή [min]	5
Ποσότητα άμμου L/1000 m ³ λυμάτων	30

5.5 ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑΣ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ

Στην δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης απομακρύνονται τα στερεά τα οποία καθιζάνουν εύκολα καθώς και τα επιπλέοντα υλικά έχοντας ως αποτέλεσμα την μείωση των αιωρούμενων στερεών. Η λειτουργία της πρωτοβάθμιας καθίζησης στηρίζεται στην **μείωση της ταχύτητας ροής των λυμάτων** ούτως ώστε τα μεγαλύτερα και βαρύτερα **οργανικά και ανόργανα αιωρούμενα στερεά μεγέθους 0.1 – 0.001 mm να καθιζάνουν** και εν συνεχεία να απομακρύνονται. Σκοπός της πρωτοβάθμιας καθίζησης είναι η **απομάκρυνση ενός σημαντικού μέρους των οργανικών στερεών τα οποία διαφορετικά θα αποβάλλονταν απευθείας στους υδάτινους αποδέκτες.**



Κατά την αναφερθείσα απομάκρυνση επιτυγχάνεται μείωση του ρυπαντικού φορτίου BOD και TSS. Το απομακρυνόμενο φορτίο συσσωρεύεται στην **ίλυ (λάσπη)**, η οποία και απομακρύνεται. **Η απομάκρυνση ανέρχεται σε ποσοστό της τάξης του 50% έως 70% στην περίπτωση των TSS και 25% έως 40% για το BOD.**

Η απομάκρυνση επιτυγχάνεται μέσω της **φυσικής διεργασίας της καθίζησης** των σωματιδίων στον πυθμένα της δεξαμενής. Τα στερεά που καθιζάνουν συλλέγονται από τον πυθμένα με τη βοήθεια **ξέστρου πυθμένα**, με **ταχύτητα 1.5-2.1m/s, (Στάμου & Βογιατζής, 1994)** και με χρήση **αντλίας** οδηγούνται στην περιοχή επεξεργασίας της ιλύος. Επιπλέον, επιπλέοντα υλικά όπως λίπη και έλαια, απομακρύνονται με την βοήθεια **επιφανειακού ξέστρου**. Για την ανάγκη της υπό μελέτης εγκατάστασης, επιλέγεται ο σχεδιασμός **μηχανικά καθοριζόμενης κυκλικής δεξαμενής με ζώνη εισόδου των λυμάτων στο κέντρο του κυλίνδρου**. Κατά την λειτουργία της, ίλυς θα καθιζάνει και στη συνέχεια θα συγκεντρώνεται. Η ίλυς αυτή θα υποστεί περαιτέρω επεξεργασία για την ασφαλή διάθεση της σε μετέπειτα διεργασία (πάχυνση).

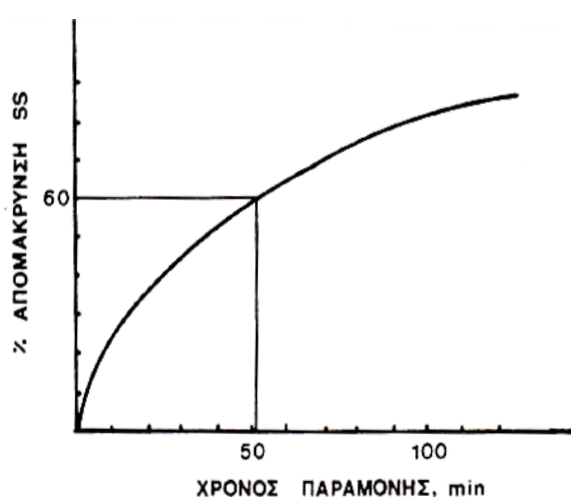
Ο σχεδιασμός της ΔΠΚ πραγματοποιείται με βάση την **μέση ημερήσια παροχή του θέρους του 2047**, που είναι $Q_{aver}=14373.1 \frac{m^3}{day}$, την αρχική συγκέντρωση των SS που είναι **[SS] =1483 mg/L** και την αρχική συγκέντρωση του BOD που είναι **[BOD] =806.9 mg/L**. Επίσης παρατείθονται **ισοζύγια μάζας για BOD και TSS που αφορούν τις μέσες ημερήσιες παροχές του θέρους και του 2017 αλλά και του 2047.**

Πίνακας 38: Σχεδιαστικά Όρια επιφανειακής φόρτισης και χρόνου παραμονής ΔΠΚ

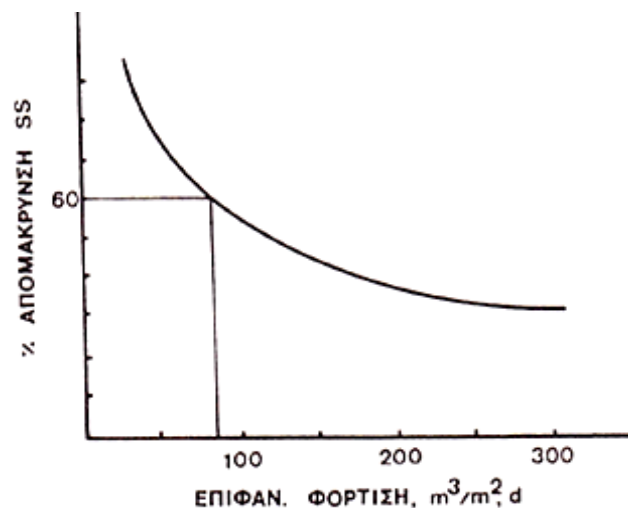
	ΔΠΚ ακολουθημένη από βιολογική επεξεργασία
Χρόνος Παραμονής τ [h] (μέση παροχή)	1.5-2.5
Επιφανειακή Φόρτιση [$\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$]	
Μέση Παροχή	32-48
Μέγιστη Παροχή	80-120

Πίνακας 39: Τυπικές διαστάσεις των κυκλικών ΔΠΚ

Βάθος [m]	3-5 (τυπ. 4.5)
Διάμετρος [m]	3.6-60 (τυπ. 12-45)
Κλίση Πυθμένα [%]	6-16 (τυπ. 8)



Διάγραμμα 4: % απομάκρυνση SS συναρτήσει του χρόνου παραμονής



Διάγραμμα 5: % απομάκρυνση SS συναρτήσει της επιφανειακής φόρτισης

Διαγράμματα από το βιβλίο «Βασικές Αρχές & Σχεδιασμός Συστημάτων Επεξεργασίας Αποβλήτων», Αναστάσιου Ι. Στάμου & Σ. Βογιατζή

Θεωρώντας ποσοστό απομάκρυνσης των SS, 60%, προκύπτει από τα παραπάνω διαγράμματα ότι ο χρόνος παραμονής είναι $\tau=51\text{min}$ και η επιφανειακή φόρτιση μέγιστης παροχής $q_{\text{επιφ.}}= 84 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$. Οι τιμές αυτές είναι απαραίτητο να διορθωθούν με συντελεστή ασφαλείας 1.75 για να προσαρμοστούν σε πραγματικές συνθήκες.

$$q_{\text{επιφ.}} = \frac{84}{1.75} = 48 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{d}} \text{ (για μέση παροχή)}$$

Η τιμή που προέκυψε είναι αποδεκτή, αφού για μέσες παροχές αστικών λυμάτων η επιφανειακή φόρτιση πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 30 με $50 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{d}}$ (ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ – Επεξεργασία & Επαναχρησιμοποίηση, Metcalf & Eddy, Τόμος Α) και 32 με $48 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{d}}$ («Βασικές Αρχές & Σχεδιασμός Συστημάτων Επεξεργασίας Αποβλήτων», Αναστάσιου Ι. Στάμου & Σ. Βογιατζή)

Διορθωμένος χρόνος παραμονής : $\tau' = 51 \text{ min} * 1.75 = 89.3 \text{ min}$ (ή περίπου 1.5 h)

❧ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ ❧

- Επιφάνεια $A_{\Delta\text{ΠΚ}}$

$$\text{Επιφανειακή Φόρτιση} = q_{\text{επιφ.}} = \frac{Q_{\text{aver}}}{A_{\Delta\text{ΠΚ}}}$$

όπου : Q_{aver} : μέση παροχή $\left(\frac{\text{m}^3}{\text{day}}\right)$ και $A_{\Delta\text{ΠΚ}}$: επιφάνεια της δεξαμενής (m^2)

$$q_{\text{επιφ.}} = \frac{Q_{\text{aver}}}{A_{\Delta\text{ΠΚ}}} \rightarrow A_{\Delta\text{ΠΚ}} = \frac{Q_{\text{aver}}}{q_{\text{επιφ.}}} = \frac{\left(14373.1 \frac{\text{m}^3}{\text{day}}\right)}{48 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{day}}} = 300 \text{ m}^2 \rightarrow A_{\Delta\text{ΠΚ}} = 300 \text{ m}^2$$

- Διάμετρος - Ακτίνα ΔΠΚ

$$A_{\Delta\text{ΠΚ}} = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot \frac{d^2}{4} \quad \text{και} \quad d^2 = \frac{4 \cdot A_{\Delta\text{ΠΚ}}}{\pi} \rightarrow d = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 300 \text{ m}^2}{\pi}} = 19.53 \text{ m}$$

και αντίστοιχα η ακτίνα : $d = 2 \cdot r \rightarrow r = \frac{d}{2} = \frac{19.53 \text{ m}}{2} = 9.76 \text{ m}$

Διάμετρος $d_{\Delta\text{ΠΚ}} = 19.53 \text{ m}$ και ακτίνα $r_{\Delta\text{ΠΚ}} = 9.76 \text{ m}$

- Όγκος ΔΠΚ $V_{\Delta\text{ΠΚ}} = Q \cdot \tau = 14373.1 \frac{\text{m}^3}{\text{day}} * \frac{89.3}{24 \cdot 60} \text{ day} = 891.3 \text{ m}^3$
- Βάθος ΔΠΚ $H_{\Delta\text{ΠΚ}} = \frac{V}{A} = \frac{891.3}{300} = 3 \text{ m}$
- Ύψος κώνου απομάκρυνσης ($h_{\text{Δεξ.Πρωτ.Καθ.}}$)

$$h_{\text{Δεξ.Πρωτ.Καθ.}} = \tan 45^\circ * \frac{d_{\Delta\text{ΠΚ}}}{2} = 9.8 \text{ m}$$

Έλεγχος για $Q_{\text{max,θερ,2047}}$:

$$q_{\text{επιφ.max}} = \frac{Q_{\text{max}}}{A} = \frac{34495.3 \text{ m}^3}{300 \text{ m}^2 \cdot d} = 115 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot d}$$

Έλεγχος για $Q_{\text{max,θερ,2017}}$:

$$q_{\text{επιφ.max}} = \frac{Q_{\text{max}}}{A} = \frac{25515.5 \text{ m}^3}{300 \text{ m}^2 \cdot d} = 85.2 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot d}$$

Και οι 2 τιμές είναι εντός των προδιαγραφόμενων ορίων $80\text{-}120 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot d}$

Οπότε τα αποτελέσματα θεωρούνται αποδεκτά

- Φόρτιση του υπερχειλιστή για κυκλική διατομή:

$$\text{Μήκος Υπερχειλιστή : } L_{\text{υπερ}} = 2 \cdot \pi \cdot r = 2 \cdot \pi \cdot 9.76 = 61.3 \text{ m}$$

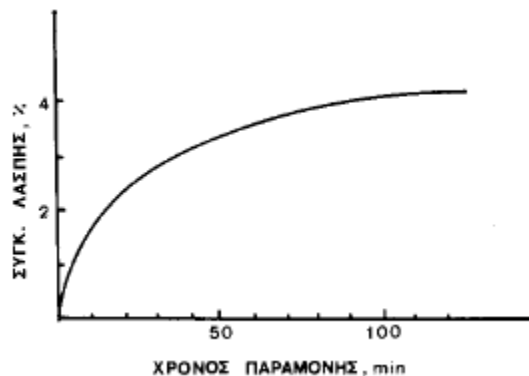
$$\text{Φόρτιση Υπερχειλιστή: } q_{\text{υπερ}} = \frac{Q_{\text{aver}}}{L_{\text{υπερ}}} = \frac{14373.1 \frac{\text{m}^3}{\text{day}}}{61.3 \text{ m}} = 234.3 \frac{\text{m}^3}{\text{m} \cdot \text{day}}$$

≈ Ισοζύγιο Μάζας Ιλύος ≈

✦ 2017 ✦

- Μάζα στερεών στην λάσπη : $M_{\text{TSS}} = 8732.45 \frac{\text{kg}}{\text{day}}$
- Συγκέντρωση λάσπης για τον υπάρχον χρόνο παραμονής : $C_{\lambda} = 0.035 = 3.5 \%$ (με βάση το διάγραμμα 6)
- Ειδική βαρύτητα λάσπης: $s = 1.02$

$$\text{Παροχή Λάσπης : } Q_{\lambda} = \frac{M}{1000 \cdot C_{\lambda} \cdot s} = \frac{8732.5 \frac{\text{kg}}{\text{day}}}{1000 \cdot 0.035 \cdot 1.02} = 244.6 \frac{\text{m}^3}{\text{day}}$$



Διάγραμμα 6: % συγκέντρωση λάσπης συναρτήσει του χρόνου παραμονής

Μάζα Στερεών Ιλύος (λάσπης) και η Παροχής της (Απομάκρυνση λάσπης):

- Συγκέντρωση TSS στην είσοδο: $C_{\text{TSS},\text{in}} = 1483 \text{ mg/L} = 1.483 \text{ kg/m}^3$

Ποσοστό Απομάκρυνσης TSS : 60%

- Μάζα στην πάχυνση $M_{\text{TSS},\text{ιλύος}} = 0.6 \cdot M_{\text{TSS},\text{εισόδου}} = 0.6 \cdot 14554 \frac{\text{kg}}{\text{day}} = 8732.45 \frac{\text{kg}}{\text{day}}$
- Συγκέντρωση απομακρυνόμενων TSS : $C_{\text{TSS},\text{ιλύος}} = \frac{M_{\text{TSS},\text{ιλύος}}}{Q_{\lambda}} = \frac{8732.45 \frac{\text{kg}}{\text{day}}}{244.6 \frac{\text{m}^3}{\text{day}}} = 35.7 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

Επιβεβαιώνεται η τιμή της συγκέντρωσης στερεών στη λάσπη (3.5 %) από το διάγραμμα 6.

Για τα ισοζύγια θεωρούμε ότι η παροχή εισροής και εκροής είναι η ίδια, παρά το γεγονός ότι ένα μέρος της παροχής εκρέει στην παροχή της ιλύος. Αυτό συμβαίνει επειδή η παροχή της ιλύος είναι πολύ μικρή σε σχέση

με αυτή της εισόδου στη ΔΠΚ: $\frac{Q_{\lambda}}{Q_{in}} = \frac{244.6 \frac{m^3}{day}}{9814 \frac{m^3}{day}} = 0.025 = 2.5\%$

✦ 2047 ✦

Μάζα Στερεών Ιλύος (λάσπης) και η Παροχής της (Απομάκρυνση λάσπης):

➤ Συγκέντρωση TSS στην είσοδο: $C_{TSS,in} = 1483 \text{ mg/L} = 1.483 \text{ kg/m}^3$

Ποσοστό Απομάκρυνσης TSS : 60%

➤ Μάζα στην πάχυνση $M_{TSS,ιλύος} = 0.6 * M_{TSS,εισόδου} = 0.6 * 21316 \frac{kg}{day} = 12789.52 \frac{kg}{day}$

➤ Συγκέντρωση απομακρυνόμενων TSS : $C_{TSS,ιλύος} = \frac{M_{TSS,ιλύος}}{Q_{\lambda}} = \frac{12789.52 \frac{kg}{day}}{358.2 \frac{m^3}{day}} = 35.7 \frac{kg}{m^3}$

Επιβεβαιώνεται η τιμή της συγκέντρωσης στερεών στη λάσπη (3.5 %) από το διάγραμμα 6. Για τα ισοζύγια θεωρούμε ότι η παροχή εισροής και εκροής είναι η ίδια, παρά το γεγονός ότι ένα μέρος της παροχής εκρέει στην παροχή της ιλύος. Αυτό συμβαίνει επειδή η παροχή της ιλύος είναι πολύ μικρή σε

σχέση με αυτή της εισόδου στη ΔΠΚ: $\frac{Q_{\lambda}}{Q_{in}} = \frac{358.2 \frac{m^3}{day}}{14373 \frac{m^3}{day}} = 0.025 = 2.5\%$

- Μάζα στερεών στην λάσπη : $M_{TSS} = 12789.52 \frac{kg}{day}$
- Συγκέντρωση λάσπης για τον υπάρχον χρόνο παραμονής : $C_{\lambda} = 0.035 = 3.5 \%$ (με βάση το διάγραμμα 6)
- Ειδική βαρύτητα λάσπης: $s = 1.02$

$$\text{Παροχή Λάσπης : } Q_{\lambda} = \frac{M}{1000 \cdot C_{\lambda} \cdot s} = \frac{12789.52 \frac{kg}{day}}{1000 \cdot 0.035 \cdot 1.02} = 358.2 \frac{m^3}{day}$$

✧ Ισοζύγια TSS και BOD ✧

✦ 2017 ✦

TSS

Για τα ισοζύγια θεωρούμε ότι η παροχή εισροής και εκροής είναι η ίδια, παρά το γεγονός ότι ένα μέρος της παροχής εκρέει στην παροχή της ιλύος.

ΕΙΣΡΟΗ:

- Συγκέντρωση TSS στην είσοδο: $C_{TSS,in} = 1483 \text{ mg/L} = 1.483 \text{ kg/m}^3$
- Μάζα TSS στην είσοδο: $M_{TSS,in} = Q_{aver} * C_{TSS,in} = 9813.7 \frac{\text{m}^3}{\text{day}} * 1.483 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 14554.1 \frac{\text{kg}}{\text{day}}$

ΕΚΡΟΗ: Ποσοστό TSS στην έξοδο : 40% του αρχικού

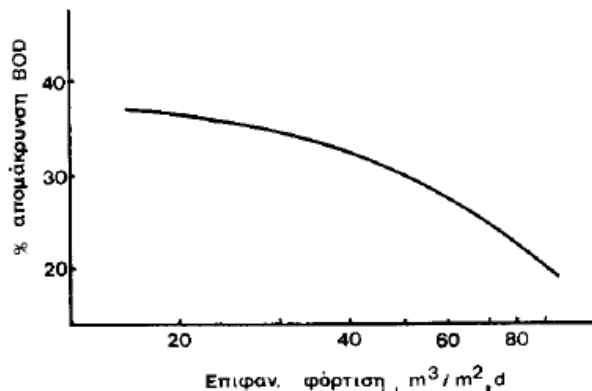
- Μάζα TSS στην έξοδο $M_{TSS,out} = 0.4 * M_{TSS,in} = 0.4 * 14554.1 \frac{\text{kg}}{\text{day}} = 5821.6 \frac{\text{kg}}{\text{day}}$
- Συγκέντρωση TSS στην έξοδο: $C_{TSS,out} = \frac{M_{BOD,out}}{Q_{aver}} = \frac{5821.6 \frac{\text{kg}}{\text{day}}}{9813.7 \frac{\text{m}^3}{\text{day}}} = 0.6 \text{ kg/m}^3$

ΣΤΗΝ ΙΑΥ: Ποσοστό Απομάκρυνσης TSS : 60%

- Μάζα TSS $M_{TSS, \text{λύος}} = M_{TSS,in} - M_{TSS,out} = 8732.45 \frac{\text{kg}}{\text{day}}$
- $C_{TSS, \text{λύος}} = C_{TSS, \text{λύος}} = \frac{M_{TSS, \text{λύος}}}{Q_{\lambda}} = \frac{8732.45 \frac{\text{kg}}{\text{day}}}{244.6 \frac{\text{m}^3}{\text{day}}} = 35.7 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

BOD

Επιλογή ποσοστού απομάκρυνσης (%) BOD βάσει του ρυθμού επιφανειακής φόρτισης για μέση παροχή από το παρακάτω διάγραμμα (7) . Δηλαδή για $q = 48 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{d}}$ το ποσοστό απομάκρυνσης θα είναι **30%**.



Διάγραμμα 7: % απομάκρυνση BOD συναρτήσει της επιφ. φόρτ. σε ΔΠΚ

ΕΙΣΡΟΗ:

- Συγκέντρωση BOD στην είσοδο: $C_{BOD,in} = 806.9 \text{ mg/L} = 0.807 \text{ kg/m}^3$
- Μάζα BOD στην είσοδο: $M_{BOD,in} = Q_{aver} * C_{BOD,in} = 9813.7 \frac{\text{m}^3}{\text{day}} * 0.807 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 7919.2 \frac{\text{kg}}{\text{day}}$

ΕΚΡΟΗ: Ποσοστό BOD στην έξοδο: 70% του αρχικού

- Μάζα BOD στην έξοδο $M_{BOD,out} = 0.7 * M_{BOD,in} = 0.7 * 7919.2 \frac{\text{kg}}{\text{day}} = 5543.4 \frac{\text{kg}}{\text{day}}$

➤ Συγκέντρωση BOD στην έξοδο : $C_{BOD,out} = \frac{M_{BOD,in}}{Q_L} = \frac{5543.4 \frac{\text{kg}}{\text{day}}}{244.6 \frac{\text{m}^3}{\text{day}}} = 0.565 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

ΣΤΗΝ ΙΔΥ: Ποσοστό Απομάκρυνσης BOD : 30%

➤ Μάζα BOD_{ιλύος} = Μάζα εισροής BOD – Μάζα εκροής BOD = **2375.8 $\frac{\text{kg}}{\text{day}}$**

➤ $C_{BOD,ιλύος} = \frac{M_{BOD,ιλύος}}{Q_L} = \frac{2375.8 \frac{\text{kg}}{\text{day}}}{244.6 \frac{\text{m}^3}{\text{day}}} = 9.71 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

✦ 2047 ✦

TSS

Για τα ισοζύγια θεωρούμε ότι η παροχή εισροής και εκροής είναι η ίδια, παρά το γεγονός ότι ένα μέρος της παροχής εκρέει στην παροχή της ιλύος. Αυτό συμβαίνει επειδή η παροχή της ιλύος είναι πολύ μικρή

σε σχέση με αυτή της εισόδου στη ΔΠΚ: $\frac{Q_L}{Q_{in}} = \frac{358.2 \frac{\text{m}^3}{\text{day}}}{14373.1 \frac{\text{m}^3}{\text{day}}} = 0.025 = 2.5\%$

ΕΙΣΡΟΗ:

➤ Συγκέντρωση TSS στην είσοδο: $C_{TSS,in} = 1483 \text{ mg/L} = 1.483 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

➤ Μάζα TSS στην είσοδο : $M_{TSS,in} = Q_{aver} * C_{TSS,in} = 14373.1 \frac{\text{m}^3}{\text{day}} \cdot 1.483 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 21316 \frac{\text{kg}}{\text{day}}$

ΕΚΡΟΗ: Ποσοστό TSS στην έξοδο : 40% του αρχικού

➤ Μάζα TSS στην έξοδο $M_{TSS,out} = 0.4 * M_{TSS,in} = 0.4 * 21316 \frac{\text{kg}}{\text{day}} = 8526.4 \frac{\text{kg}}{\text{day}}$

➤ Συγκέντρωση TSS στην έξοδο : $C_{TSS,out} = \frac{M_{BOD,out}}{Q_{aver}} = \frac{8526.4 \frac{\text{kg}}{\text{day}}}{14373.1 \frac{\text{m}^3}{\text{day}}} = 0.6 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

ΣΤΗΝ ΙΔΥ: Ποσοστό Απομάκρυνσης TSS : 60%

➤ Μάζα TSS_{ιλύος} = Μάζα εισροής TSS – Μάζα εκροής TSS = $M_{TSS,in} - M_{TSS,out} = 2789.52 \frac{\text{kg}}{\text{day}}$

➤ $C_{TSS,ιλύος} = \frac{M_{TSS,ιλύος}}{Q_L} = \frac{12789.52 \frac{\text{kg}}{\text{day}}}{358.2 \frac{\text{m}^3}{\text{day}}} = 35 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

BOD

Επιλογή ποσοστού απομάκρυνσης (%) BOD βάσει του ρυθμού επιφανειακής φόρτισης για μέση παροχή από το διάγραμμα 7 που βρίσκεται παραπάνω. Δηλαδή για $q = 48 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{d}}$ το ποσοστό απομάκρυνσης θα είναι **30%**.

ΕΙΣΡΟΗ:

➤ Συγκέντρωση BOD στην είσοδο: $C_{BOD,in} = 806.9 \text{ mg/L} = 0.807 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

➤ Μάζα BOD στην είσοδο : $M_{BOD,in} = Q_{aver} * C_{BOD,in} = 14373.1 \frac{\text{m}^3}{\text{day}} \cdot 0.807 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 11598.43 \frac{\text{kg}}{\text{day}}$

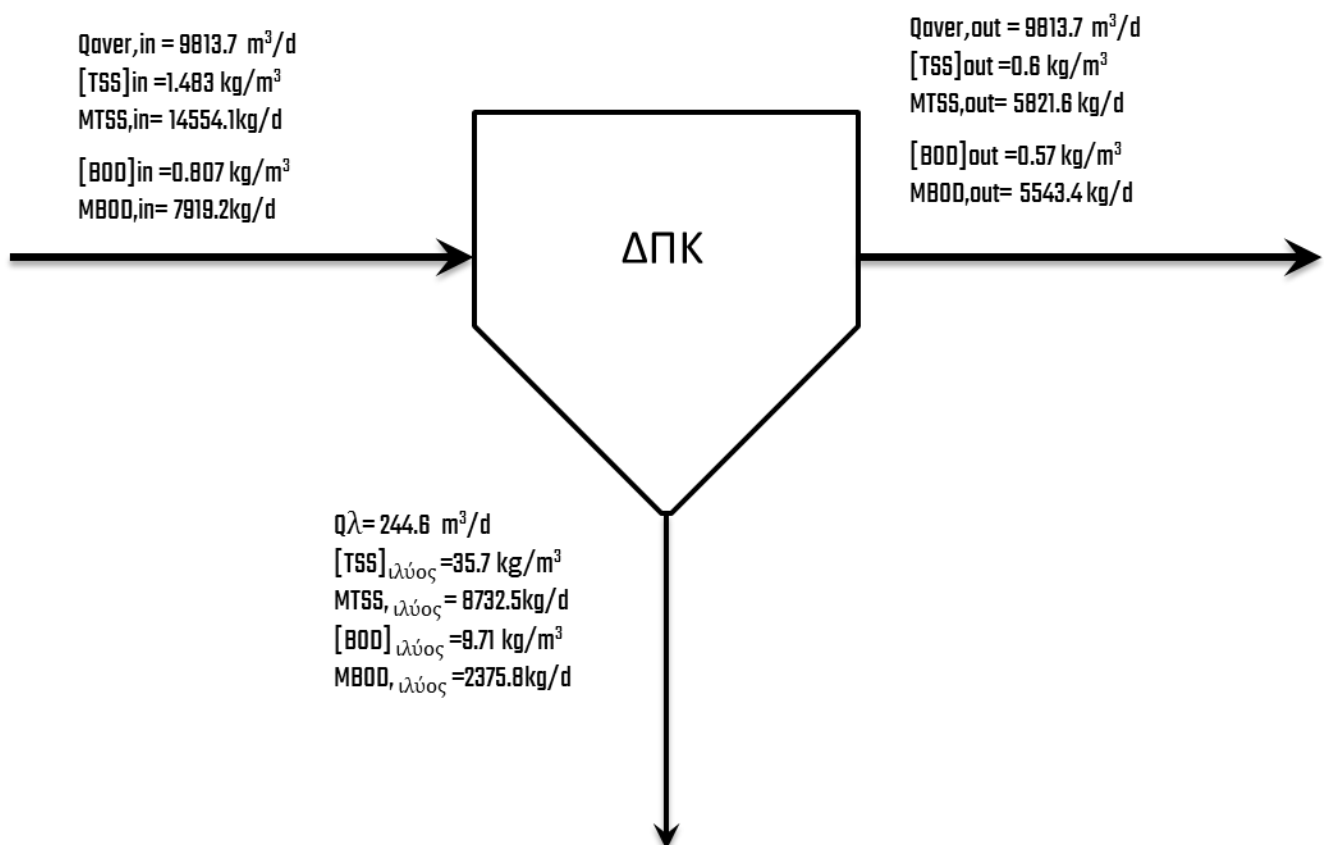
ΕΚΡΟΗ: Ποσοστό BOD στην έξοδο: 70% του αρχικού

- Μάζα BOD στην έξοδο $M_{\text{BOD,out}} = 0.7 * M_{\text{BOD,in}} = 0.7 * 11598.43 \frac{\text{kg}}{\text{day}} = 8118.9 \frac{\text{kg}}{\text{day}}$
- Συγκέντρωση BOD στην έξοδο : $C_{\text{BOD,out}} = \frac{M_{\text{BOD,in}}}{Q_{\lambda}} = \frac{8118.9 \frac{\text{kg}}{\text{day}}}{358.2 \frac{\text{m}^3}{\text{day}}} = 0.565 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

ΣΤΗΝ ΙΛΥ: Ποσοστό Απομάκρυνσης BOD : 30%

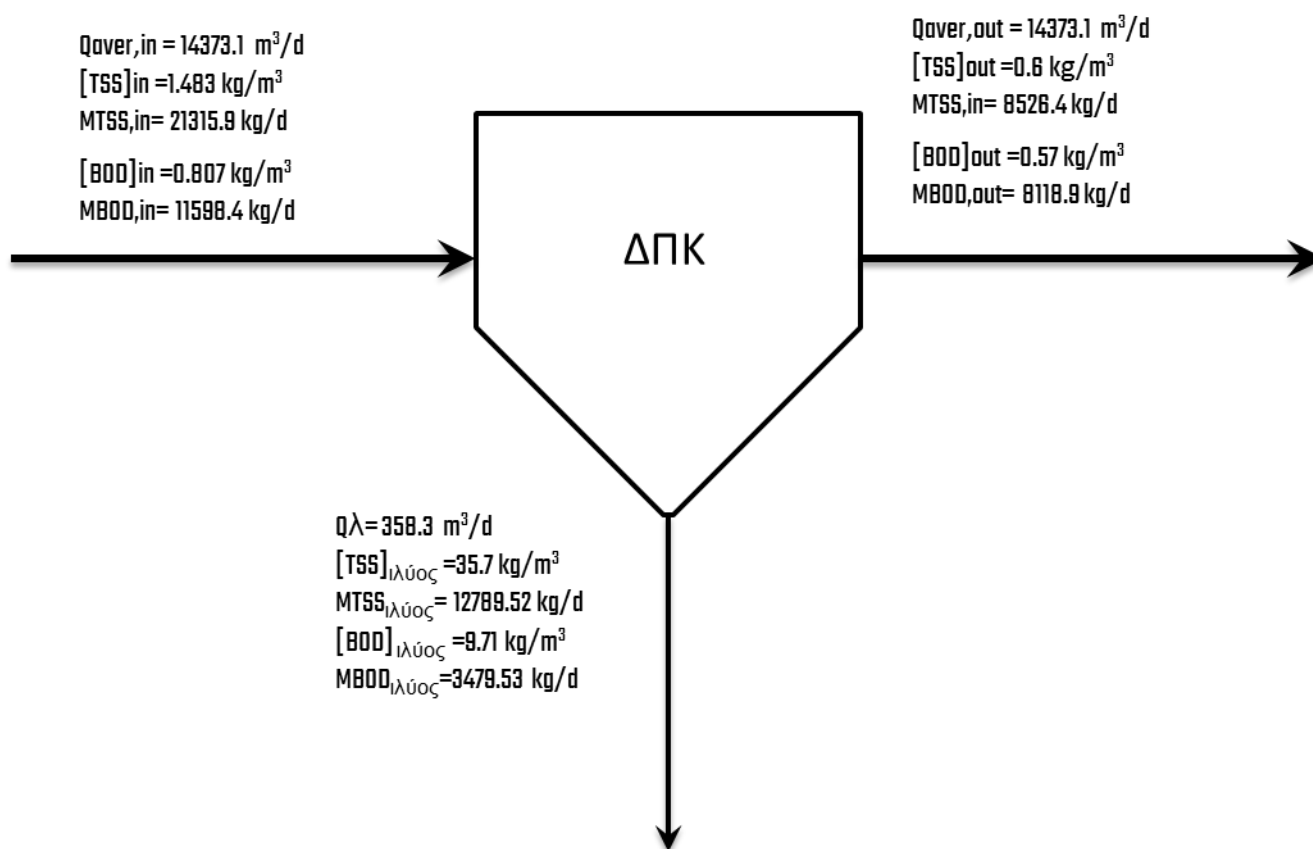
- Μάζα BOD_{ιλύος} = Μάζα εισροής BOD – Μάζα εκροής BOD = **3479.53** $\frac{\text{kg}}{\text{day}}$
- $C_{\text{BOD,ιλύος}} = \frac{M_{\text{BOD,ιλύος}}}{Q_{\lambda}} = \frac{3479.53 \frac{\text{kg}}{\text{day}}}{358.2 \frac{\text{m}^3}{\text{day}}} = 9.71 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

Παρακάτω δίνεται η σχηματική απεικόνιση του ισοζυγίου μάζας και συγκέντρωσης για BOD και TSS για το καλοκαίρι του 2017.



Διάγραμμα 8: Ισοζύγιο μάζας και συγκέντρωσης για BOD και TSS στην ΔΠΚ (2017)

Παρακάτω δίνεται η σχηματική απεικόνιση του ισοζυγίου μάζας και συγκέντρωσης για BOD και TSS για το καλοκαίρι του 2047.

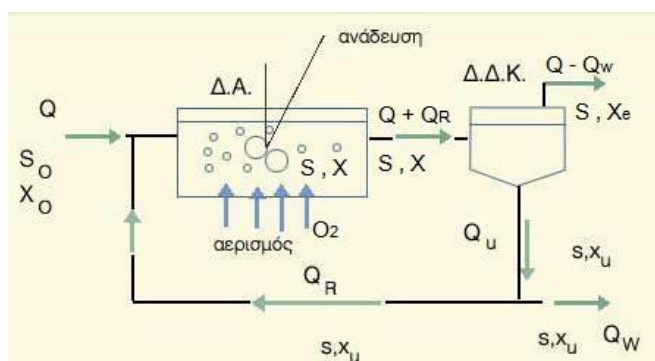


Διάγραμμα 9: Ισοζύγιο μάζας και συγκέντρωσης για BOD και TSS στην ΔΠΚ (2047)

Πίνακας 40: Στοιχεία Σχεδιασμού ΔΠΚ

ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΚΥΚΛΙΚΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ	
Συντελεστής Ασφαλείας ϵ	1.75
Επιφανειακή φόρτιση ($q_{\text{επιφ.}}$)	$48 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$
Χρόνος Παραμονής (τ)	89.3 min
Επιφάνεια ($A_{\Delta\text{ΠΚ}}$)	300 m^2
Διάμετρος (d)	19.53 m
Όγκος ($V_{\Delta\text{ΠΚ}}$)	891.3 m^3
Βάθος ($H_{\Delta\text{ΠΚ}}$)	3 m
Ύψος Κώνου Απομάκρυνσης	9.8 m
Μήκος υπερχειλιστή (L)	61.3 m
Φόρτιση υπερχειλιστή ($q_{\text{υπερχ.}}$)	$234.3 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$
Κλίση Πυθμένα	8%

5.6 ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΕΡΙΣΜΟΥ



Μετά την ολοκλήρωση της Πρωτοβάθμιας καθίζησης, ακολουθεί το στάδιο δευτερογενούς επεξεργασίας λυμάτων, με τη μέθοδο της ενεργού ιλύος (ΕΙ). Η ενεργός ιλύς αποτελείται από μια συσσωμάτωση ζωντανών και νεκρών μικροοργανισμών που δεν έχουν ακόμα αποσυντεθεί, οργανικών αιωρούμενων και κολλοειδών στερεών που δεν έχουν απομακρυνθεί στο στάδιο της προεπεξεργασίας των αποβλήτων, οργανικών ουσιών κολλοειδούς υφής, ενδιάμεσων προϊόντων βιολογικής αποικοδόμησης οργανικών ενώσεων και αδρανών στερεών που δεν επιδέχονται αποσύνθεση.

Η διαδικασία αποτελείται από δύο βασικές διεργασίες, τον **αερισμό** και τη **δευτεροβάθμια καθίζηση**. Στη **δεξαμενή αερισμού** ή **δεξαμενή ενεργού ιλύος** ή **βιοαντιδραστήρα**, παρέχεται ο κατάλληλος χρόνος για την ανάμιξη και τον αερισμό των εισερχόμενων υγρών αποβλήτων με την αιωρούμενη βιομάζα.

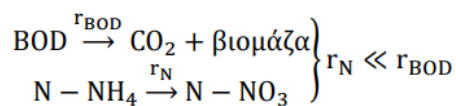
Σκοπός της βιολογικής αυτής διεργασίας είναι η νιτροποίηση των αποβλήτων και η κατανάλωση του οργανικού φορτίου των λυμάτων από τους μικροοργανισμούς που περιέχονται στα λύματα. Επομένως, στη δεξαμενή αερισμού γίνεται οξείδωση του αζώτου υπό μορφή αμμωνίου (NH_4^+) και του οργανικού φορτίου (BOD_5) μέσω της παραγωγής βιομάζας, με απομάκρυνση κατά την εκροή στη δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζηση (ΔΔΚ). Για την αποτελεσματικότερη λειτουργία του συστήματος ΕΙ, γίνεται ανακυκλοφορία της ιλύος από τη ΔΔΚ στη ΔΑ και συνεχής ανάδευση στο βιοαντιδραστήρα, ώστε να επιτυγχάνεται πλήρης μίξη του υγρού αποβλήτου. Στο παραπάνω διάγραμμα ροής των 2 διεργασιών παρουσιάζεται το ισοζύγιο μάζας και συγκεντρώσεων, το οποίο αναλύεται στη συνέχεια.

Πίνακας 41. Χαρακτηριστικά Εισόδου Δεξαμενής Αερισμού

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ ΑΕΡΙΣΜΟΥ	
Q_{in} ($Q_{design@\Delta.A.}$) θερινή 2047	14373.1 m ³ /d
Q_{in} ($Q_{design@\Delta.A.}$) θερινή 2017	9813.7 m ³ /d
BOD_{in} (S_o)	0.57 kg/m ³
TSS_{in} (X_o)	0.6 kg/m ³
N_{in}	0.08 kg/m ³
Μάζα εισροής TSS_{in}	8526.4 kg/d
Μάζα εισροής στερεών BOD_{in}	8118.9 kg/d

Παρατήρηση: Τα χαρακτηριστικά εισόδου στην Δ.Α είναι αυτά της εξόδου της ΔΠΚ καθώς και τα χαρακτηριστικά εξόδου της Δ.Α. είναι τα ίδια με τα χαρακτηριστικά εισόδου της.

Κατά τον σχεδιασμό της δεξαμενής μελετάται ο χρόνος που απαιτείται για την απομάκρυνση του αζώτου, η οποία είναι πιο αργή από την οξείδωση του BOD



$$r_{\text{N}} = \frac{1}{\mu_{\text{N}} - \mu_{\text{Nd}}}$$

μ_{N} , ειδικός ρυθμός ανάπτυξης νιτροποιητών [$\frac{1}{\text{d}}$]

k_{Nd} , ειδικός ρυθμός αποδόμησης νιτροποιητών (decay rate) [$\frac{1}{\text{d}}$]

Πίνακας 42: Χρησιμοποιούμενα μεγέθη, όρια και τυπικές τιμές τους.

Μέγεθος	Όρια	Τιμές	Ορισμός μεγέθους
$\mu_{\text{Nmax}} \left[\frac{\text{g VSS}}{\text{g VSS} \cdot \text{d}} \right]$	-	-	μέγιστος ειδικός ρυθμός ανάπτυξης μικροοργανισμών,
$k_{\text{N}} [\text{g/m}^3 \text{ ή } \text{mg/L}]$	0.5 - 1	-	σταθερά ημίσειας ταχύτητας, η συγκέντρωση του υποστρώματος στο 50 % του μέγιστου ειδικού ρυθμού κατανάλωσης του υποστρώματος (BOD_5)
$k_{\text{Nd}} \left[\frac{\text{g VSS}}{\text{g VSS} \cdot \text{d}} \right]$	-	-	συντελεστής ενδογενούς αποσύνθεσης για νιτροποιητικούς οργανισμούς, (Ρυθμός θανάτου μικροοργανισμών)
$[\text{NH}_3\text{-N}] [\text{mg/L}]$		2 mg/L (νομ. όρ. για εκροή λυμάτων σε φυσικό αποδέκτη)	συγκέντρωση αζώτου υπό μορφή αμμωνίας (στην έξοδο από τη Δ.Α).
DO [mg/L]	1.5 – 2.5 mg/L	2 mg/L	Συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου.
$k_o [\text{g/m}^3]$	0.4 – 0.6 g/m ³	0.5 g/m ³ = 0.5mg/L	Συντελεστής ημι-κορεσμού (half saturation) για το D.O.
T [°C]	15 - 25°C	18 °C	θερμοκρασία των αποβλήτων
Σ	1.5-2.5	1.5	Συντελεστής ασφαλείας
$\alpha \left[\frac{\text{kg VSS}}{\text{kg BOD}_5 \text{ (removed)}} \right]$	0.6-0.8	0.7	αναφέρεται σε απόβλητο που έχει υποστεί πρωτοβάθμια επεξεργασία. Σταθερά σύνθεσης ή απόδοση της βιομάζας
$X_V = C_{\text{MLVSS}} \left[\frac{\text{kg MLVSS}}{\text{m}^3} \right]$	1500 - 4500 mg/L	3000 mg/L	συγκέντρωση πτητικών αιωρούμενων στερεών ανάμικτου υγρού.
MLVSS [kg]	-	-	Ποσότητα VSS που παράγονται στην Δ.Α.
$Y \left[\frac{\text{kg MLVSS}}{\text{kg BOD}_5 \text{ (removed)}} \right]$	0.5 - 0.7	0.7	Σταθερά σύνθεσης ή απόδοση της βιομάζας. Αφορά τον έλεγχο του συνολικού όγκος της Δ.Α, με βάση την κινητική Monod της αντίδρασης νιτροποίησης
$k_d [1/\text{d}]$	0.05 -0.08	0.07	σταθερά αποσύνθεσης

- Ειδικός ρυθμός ανάπτυξης νιτροποιητικών βακτηρίων μ_N :

$$\mu_N = \mu_{N_{\max}} * \frac{[NH_3-N]_{out}}{k_N + [NH_3-N]_{out}} * \frac{DO}{k_o + DO} \quad ①$$

$$\text{Μέγιστος ρυθμός ανάπτυξης μικροοργανισμών : } \mu_{N_{\max}} = 0.45 * e^{0.098(T-15)} \quad ②$$

$$k_N = 0.75 * 1.07^{(T-15)} \quad ③$$

$$k_{N_d} = 0.08 * 1.04^{(T-15)} \quad ④$$

Επιλέγεται θερμοκρασία 18 °C.

$$\text{Επομένως : } ② \rightarrow \mu_{N_{\max}} = 0.45 * e^{0.098(18-15)} \rightarrow \mu_{N_{\max}} = 0.60 \frac{g \text{ VSS}}{g \text{ VSS} * d}$$

$$③ \rightarrow k_N = 0.75 * 1.07^{(18-15)} \rightarrow k_N = 0.92 \text{ g/m}^3 = 0.92 \text{ mg/L}$$

$$④ \rightarrow k_{N_d} = 0.08 * 1.04^{(18-15)} \rightarrow k_{N_d} = 0.09 \frac{g \text{ VSS}}{g \text{ VSS} * d}$$

$$① \rightarrow \mu_N = 0.60 \frac{g \text{ VSS}}{g \text{ VSS} * d} * \frac{2 \frac{mg}{L}}{0.92 \frac{mg}{L} + 2 \frac{mg}{L}} * \frac{2 \frac{mg}{L}}{0.5 \frac{mg}{L} + 2 \frac{mg}{L}} \rightarrow \mu_N = 0.33 \frac{g \text{ VSS}}{g \text{ VSS} * d}$$

- Χρόνος παραμονής στερεών (Solid Retention Time) SRT:

Ο SRT στην Δ.Α. πρέπει να είναι μεγαλύτερος από εκείνον που απαιτείται για την αντίδραση νιτροποίησης. Επομένως:

$$\text{Χρόνος παραμονής στερεών (Solid Retention Time) : } SRT \geq \frac{1}{\mu_N - k_{N_d}} \Rightarrow$$

$$SRT \geq \frac{1}{0.33 - 0.09} \Rightarrow SRT = 4.15 \text{ d.}$$

Ο χρόνος παραμονής για τον οποίο σχεδιάζουμε την Δ.Α είναι $SRT_{\text{design}} = \sigma * SRT = 1.5 * SRT$

$$SRT_{\text{design}} = 1.5 * 4.15 = 6.22 \text{ d}$$

✧ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ ΑΕΡΙΣΜΟΥ ✧

- Υπολογισμός Ποσότητας Οργανικών - Πτητικών Στερεών που παράγονται στην ΔΑ:

Υπολογισμός της μάζας των VSS που προκύπτουν στη ΔΑ με βάση τη σχέση:

$$MLVSS = \alpha * (S_0 - S) * Q * SRT_{design}$$

όπου: $S_0 = C_{BOD5,in}$ [mg/L] και $S = C_{BOD5,out}$ [mg/L] και $\alpha = 0.7 \left[\frac{kg \text{ VSS}}{kg \text{ BOD}_5 \text{ (removed)}} \right]$ και $C_{BOD5,out} = 20 \frac{mg}{L}$
καθώς η νομοθεσία ορίζει ότι $C_{BOD5,out} < 25 \frac{mg}{L}$

Οπότε

$$MLVSS = 0.7 * (564.9 - 20) * 10^{-6} \frac{kg}{L} * \frac{L}{10^{-3} m^3} * 14373.1 \frac{m^3}{d} * 6.22 d = 34120.43 kg$$

Σαν μέτρο υπολογισμού των μικροοργανισμών στη Δεξαμενή Αερισμού θα χρησιμοποιηθεί η παράμετρος X_v που αναφέρεται στο οργανικό μέρος των αιωρούμενων στερεών στη ΔΑ. Με X_v συγκεκριμένα εκφράζεται η συγκέντρωση των MLVSS (Mixed Liquid Volatile Suspended Solids) (Στάμου & Βογιατζής, 1994) και επιλέγεται $C_{MLVSS@ \Delta A} = X_{v@ \Delta A} = 3000 \frac{mg \text{ MLVSS}}{L}$

- Όγκος Δεξαμενής:

Ο όγκος υπολογίζεται από τη σχέση: $V = \frac{MLVSS}{C_{MLVSS}}$

Θεωρείται συγκέντρωση $X_v = C_{MLVSS} = 3000 \frac{mg}{L} = 3 \frac{kg \text{ MLVSS}}{m^3}$

$$\text{Άρα } V_{ολ, \Delta A} = \frac{34120.43 kg}{3000 \frac{mg}{L} * \frac{L}{10^{-3} m^3}} = \frac{34120.43 kg}{3.0 \frac{kg}{m^3}} = 11373.5 m^3$$

Η δεξαμενή που σχεδιάζεται είναι πλήρους ανάμιξης και το σύστημα αερισμού που θα χρησιμοποιηθεί είναι με διαχυτήρες. Επιλέγεται σχήμα **ορθογώνιο**, για το οποίο ισχύει ότι, ο λόγος μήκους προς πλάτος (L/W) πρέπει να είναι **3:1** και το βάθος (ύψος) $H_{\Delta A} = 4.5m$ (επιλέγεται)

$$V_{ολ, \Delta A} = L * W * H = 3 * W * W * H_{\Delta A} \rightarrow W = \sqrt{\left(\frac{V_{ολ, \Delta A}}{3 * H_{\Delta A}} \right)} = \sqrt{\left(\frac{11373.5}{3 * 4.5} \right)} = 29 m$$

αντίστοιχα $L = 87.1 m$

και επομένως, όσον αφορά την **ολική επιφάνεια**, $A_{ολ} = L * W = 2527.4 m^2$

Λόγω του μεγάλου όγκου που προκύπτει και επειδή η λειτουργία της ΕΕΛ αρχίζει το έτος 2017, στο οποίο η μέση θερινή παροχή σχεδιασμού είναι σημαντικά μικρότερη από αυτή του έτους 2047, δηλαδή για λόγους **εξοικονόμησης πόρων**, η ΔΑ θα χωριστεί σε **δυο ίσου όγκου διαμερίσματα** από τα οποία θα χρησιμοποιηθεί αρχικά μόνο το ένα. Η σχεδιαστική αυτή λύση επιλέγεται και για λόγους **συντήρησης**, ώστε να λειτουργεί τουλάχιστον μια ΔΑ στην εγκατάσταση. Επιλέγεται,

δηλαδή, να σχεδιαστούν **2 δεξαμενές** αερισμού ίσου όγκου **V= 5686.7 m³**. Οι δεξαμενές που σχεδιάζονται είναι **ορθογωνικές** για τις οποίες ισχύει , όπως και πριν, ότι, ο λόγος μήκους προς πλάτος (L/W) πρέπει να είναι **3:1**.

Είναι γνωστό ότι : **V = L * W * H**

Επιλέγεται βάθος (ύψος) **H_{ΔΑ} = 4.5m** οπότε η παραπάνω σχέση γίνεται:

$$V_{\Delta A} = 3W^2 * 4.5 \text{ m} = 5686.7 \text{ m}^3 \text{ άρα } \mathbf{W = 20.5 \text{ m}} \text{ και } \mathbf{L = 61.6 \text{ m}}$$

Η επιφάνεια (εμβαδόν) του κάθε διαμερίσματος θα είναι:

$$\mathbf{A = 20.5 \text{ m} * 61.6 \text{ m} = 1263.7 \text{ m}^2}.$$

Για επιπλέον ασφάλεια στο σχεδιασμό, υπολογίζεται ακόμα μια φορά ο συνολικός όγκος της Δ.Α, με βάση την κινητική Monod της αντίδρασης νιτροποίησης που πραγματοποιείται στο σύστημα Ε.Ι., ο οποίος περιλαμβάνει και το χρόνο βιοαποικοδόμησης του BOD₅.

$$Vol_{\Delta A} \cdot A' = Y * \frac{S_0 - S}{\left(\frac{1}{SRT_{design}} + kd\right) * X_v} * Q_{design@\Delta A}.$$

$$Vol_{\Delta A} \cdot A' = 0.7 * \frac{(564.9 - 20) \left(1 \frac{\text{kg}}{1000\text{m}^3}\right) \left(\text{mg} \frac{\text{BOD}_5}{\text{L}}\right)}{\left(\frac{1}{6.22} + 0.07 \frac{1}{\text{d}}\right) * 3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} * 141373.1 \frac{\text{m}^3}{\text{day}}$$

$$\mathbf{Vol_{\Delta A} \cdot A' = 7922 \text{ m}^3 < Vol_{\Delta A} = 11373.5 \text{ m}^3}$$

- Υδραυλικός χρόνος παραμονής **θ_{ΔΑ}** στην δεξαμενή

$$\theta_{\Delta A} = \frac{Vol_{\text{ολικό}}}{Q_{design@\Delta A}} = \frac{11373.5 \text{ m}^3}{14373.1 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}} = \mathbf{0.8 \text{ d} = 19 \text{ h}}.$$

Πίνακας 43: Τεχνικά Χαρακτηριστικά Δεξαμενής Αερισμού και κάθε επιμέρους διαμερίσματος

Διαστασιολόγηση Δ.Α			Διαμερίσματα Δ.Α.		
V _{ΔΑ} ολικό	11373.5	m ³	V _{ΔΑ} διαμερίσματος	5686.7	m ³
H _Δ	4.5	m	H _{ΔΑ}	4.5	m
W _{ΔΑ} ολικό	29	m	W _{ΔΑ} διαμερίσματος	20.5	m
L _{ΔΑ} ολικό	87.1	m	L _{ΔΑ} διαμερίσματος	61.6	m
A _{ΔΑ} ολικό	2527.4	m ²	A _{ΔΑ} διαμερίσματος	1263.8	m ²
STR _{design}	6.22	d	STR _{design}	6.22	d
θ	0.8	d	Θ	0.8	d

- **Επαλήθευση της συγκέντρωσης εξόδου BOD₅ από τη Δ.Α.**

Η τιμή εξόδου του BOD₅ που επιλέχθηκε από τα νομοθετικά όρια ($S = 20 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$), πρέπει να είναι μεγαλύτερη από την πειραματική (S'). Για την **επαλήθευση της συγκέντρωσης εξόδου BOD₅ από τη Δ.Α.** λαμβάνεται υπόψη ο συνολικός όγκος της και η τιμή του χρόνου παραμονής σε αυτή:

$$S' = \frac{S_0}{1 + \theta * \kappa * X_V}$$

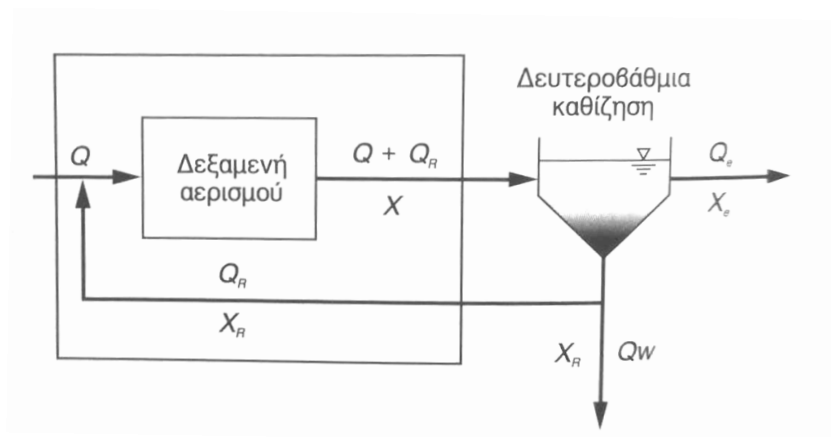
κ : σταθερά του αποβλήτου ανάλογη της συμπεριφοράς του κατά την επεξεργασία με εύρος τιμών στους 20 °C (0.016-0.043) και **τυπική τιμή (0.025)** [$(\frac{\text{mg}}{\text{L} \cdot \text{d}})^{-1}$]

Επειδή όμως η θερμοκρασία στην παρούσα φάση είναι 18°C και όχι 20°C, είναι απαραίτητη η **αναγωγή** της σταθεράς κ σε αυτή την θερμοκρασία :

$$\kappa_{T^\circ\text{C}} = \kappa_{20^\circ\text{C}} * 1.028^{(T(^\circ\text{C}) - 20(^\circ\text{C}))} = 0.025 * 1.028^{(18 - 20)(^\circ\text{C})} \rightarrow \kappa = 0.024 \left(\frac{\text{mg}}{\text{L} \cdot \text{d}} \right)^{-1}$$

$$S' = \frac{564.9 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}{1 + 0.8 \text{ d} * 0.024 \left(\frac{\text{mg}}{\text{L} \cdot \text{d}} \right)^{-1} * 3000 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3}} = 9.9 \frac{\text{mg}}{\text{L}} < S = 20 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Σχηματική Απεικόνιση Ισοζυγίου Μάζας της Δεξαμενής Αερισμού



≈ Ισοζύγιο μάζας ≈

$$X * (Q + Q_R) = Q_R * X_R + Q_W * X_W + Q_e * X_e$$

όπου:

- ✓ X : τα αιωρούμενα στερεά του ανάμεικτου υγρού
- ✓ Q : η παροχή της εισροής από την πρωτοβάθμια καθίζηση
- ✓ Q_R : η παροχή ανακυκλοφορίας της ιλύος
- ✓ X_R : τα αιωρούμενα στερεά της ανακυκλοφορίας
- ✓ Q_W : η παροχής της περίσσειας ιλύος
- ✓ Q_e : η παροχή της εκροής
- ✓ X_e : τα αιωρούμενα στερεά της εκροής

Το σύνολο των αιωρούμενων στερεών στη Δ.Α (MLSS, X) περιλαμβάνει το οργανικό (MLVSS, X_v), αλλά και το αδρανές (NVSS, X_{nv}) μέρος της βιομάζας:

$$MLSS = MLVSS + NVSS \rightarrow$$

$$X = X_v + X_{nv}$$

Όπου:

$$X_{nv} = X_{0,nv} \cdot \frac{SRT_{design}}{\theta}$$

και $X_{0,nv}$ είναι η συγκέντρωση των NVSS, δηλαδή του αδρανούς μέρους της βιομάζας στην εισροή της Δ.Α., που γίνεται παραδοχή ότι ισούται με την συγκέντρωση των ολικών αιωρούμενων στερεών (TSS) που διαυγάζονται από την δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης, και X_v συγκέντρωση MLVSS από 1500-4500mg/L (Στάμου & Βογιατζής, 1994). Όπως προαναφέρθηκε η επιλεγόμενη τιμή είναι 3000mg/L.

- **Υπολογισμός Ποσότητας Οργανικών - Πτητικών Στερεών που παράγονται στην ΔΑ:**

Υπολογισμός της μάζας των VSS που προκύπτουν στη ΔΑ με βάση τη σχέση:

$$MLVSS = \alpha * (S_0 - S) * Q * SRT_{design}$$

όπου: $S_0 = C_{BOD5,in}$ [mg/L] και $S = C_{BOD5,out}$ [mg/L] και $\alpha = 0.7 \left[\frac{kg \text{ VSS}}{kg \text{ BOD}_5 \text{ (removed)}} \right]$ και $C_{BOD5,out} = 20 \frac{mg}{L}$
καθώς η νομοθεσία ορίζει ότι $C_{BOD5,out} < 25 \frac{mg}{L}$

$$\text{Οπότε } MLVSS = 0.7 * (564.9 - 20) * 10^{-6} \frac{kg}{L} * \frac{L}{10^{-3} m^3} * 14373.1 \frac{m^3}{d} * 6.22 d = \mathbf{34120.4 \text{ kg}}$$

$$\text{και επιλέγεται } C_{MLVSS@\Delta.A.} = X_{v@\Delta.A.} = 3000 \frac{mg \text{ MLVSS}}{L}$$

- **Υπολογισμός της συγκέντρωσης των μη πτητικών (αδρανών) στερεών ($X_{nv@\Delta.A.}$) στην Δεξαμενή Αερισμού**

$$C_{NVSS@\Delta.A.} = X_{nv@\Delta.A.} = X_{0nv} * \frac{\theta_c}{\theta_{\Delta.A.}}$$

όπου:

$X_{nv@\Delta.A.} = C_{NVSS@\Delta.A.} \left(\frac{mg \text{ NVSS}}{L} \right)$: Συγκέντρωση μη πτητικών (αδρανών) στερεών που βρίσκονται στην Δεξαμενή Αερισμού

$X_{0nv} = C_{NVSS_0} = 0.3 \cdot C_{TSS_{exit \Delta\text{ΠΚ}}} \left(\frac{mg \text{ NVSS ή TSS}}{L} \right)$: Συγκέντρωση μη πτητικών (αδρανών) στερεών (X_{0nv}) στο ρεύμα εισόδου της Δεξαμενής Αερισμού (πριν γίνει ανάμιξη με το ρεύμα ανακυκλοφορίας ενεργού ιλύος)

θ_c ή SRT_{design} (days) : Χρόνος παραμονής των στερεών στην Δεξαμενή Αερισμού (ηλικία της λάσπης)

$\theta_{\Delta.A.}$ ή $\tau_{\Delta.A.}$ (days) : Υδραυλικός χρόνος παραμονής στη Δεξαμενή Αερισμού

$$C_{NVSS@\Delta.A.} = X_{nv@\Delta.A.} = X_{onv} * \frac{\theta_c}{\theta_{\Delta.A.}} \Rightarrow C_{NVSS@\Delta.A.} = X_{nv@\Delta.A.} = 0.3 * C_{TSS_{exit \Delta\pi K}} * \frac{\theta_c}{\theta_{\Delta.A.}}$$

$$\Rightarrow C_{NVSS@\Delta.A.} = X_{nv@\Delta.A.} = 0.3 * 593.2 \frac{mg \text{ TSS ή NVSS}}{L} * \frac{6.22 \text{ days}}{0.8 \text{ days}} \Rightarrow$$

$$C_{NVSS@\Delta.A.} = X_{nv@\Delta.A.} = 1399.8 \frac{mg \text{ NVSS}}{L} = 1400 \frac{mg \text{ NVSS}}{L}$$

• **Υπολογισμός συνολικής συγκέντρωσης αιωρούμενων στερεών X στην Δεξαμενή Αερισμού**

Θεωρήθηκε τιμή αιωρούμενων πτητικών στερεών (Mixed Liquor Volatile Suspended Solid – $MLVSS_{@ \Delta.A.}$ ή $X_{v@ \Delta.A.}$):

$$C_{MLVSS@ \Delta.A.} = X_{v@ \Delta.A.} = 3000 \frac{mg \text{ MLVSS}}{L} \text{ (πίνακας 38)}$$

$$\text{Επιπλέον, ισχύει: } X_{@ \Delta.A.} = X_{v@ \Delta.A.} + X_{nv@ \Delta.A.} \Leftrightarrow C_{MLSS@ \Delta.A.} = C_{MLVSS@ \Delta.A.} + C_{NVSS@ \Delta.A.}$$

όπου:

$X_{@ \Delta.A.} = C_{MLSS@ \Delta.A.} \left(\frac{mg \text{ MLSS}}{L} \right)$: Συνολική συγκέντρωση αιωρούμενων στερεών ανάμικτου υγρού ($MLSS_{@ \Delta.A.}$) στη Δεξαμενή Αερισμού

$X_{v@ \Delta.A.} = C_{MLVSS@ \Delta.A.} \left(\frac{mg \text{ MLVSS}}{L} \right)$: Συγκέντρωση πτητικών στερεών ανάμικτου υγρού ($MLVSS_{@ \Delta.A.}$) στη Δεξαμενή Αερισμού

$X_{nv@ \Delta.A.}$ ή $C_{NVSS@ \Delta.A.} \left(\frac{mg \text{ NVSS}}{L} \right)$: Συγκέντρωση μη πτητικών (αδρανών) στερεών ($NVSS_{@ \Delta.A.}$) στη Δεξαμενή Αερισμού

$$\begin{aligned} X_{@ \Delta.A.} &= X_{v@ \Delta.A.} + X_{nv@ \Delta.A.} \Leftrightarrow C_{MLSS@ \Delta.A.} = C_{MLVSS@ \Delta.A.} + C_{NVSS@ \Delta.A.} \Leftrightarrow \\ \Rightarrow X_{@ \Delta.A.} &= 3000 \frac{mg \text{ MLVSS}}{L} + 1399.8 \frac{mg \text{ NVSS}}{L} \Rightarrow X_{@ \Delta.A.} = 4399.8 \frac{mg \text{ MLSS}}{L} \Rightarrow \\ X_{@ \Delta.A.} &= 4400 \frac{mg \text{ MLSS}}{L} \end{aligned}$$

• **Υπολογισμός του ποσοστού των πτητικών στερεών στο ανάμικτο υγρό (%) στη Δεξαμενή Αερισμού (λόγος $MLVSS/MLSS$)**

$$\text{Ποσοστό πτητικών στερεών στο ανάμικτο υγρό (\%)} = \frac{X_{v@ \Delta.A.}}{X_{@ \Delta.A.}} \cdot 100\%$$

όπου: $X_{@Δ.A.}$ ή $C_{MLSS@Δ.A.}$ $\left(\frac{\text{mg MLSS}}{\text{L}}\right)$: Συνολική συγκέντρωση αιωρούμενων στερεών ανάμικτου υγρού ($MLSS_{@Δ.A.}$) στη Δεξαμενή Αερισμού

$X_{v@Δ.A.}$ ή $C_{MLVSS@Δ.A.}$ $\left(\frac{\text{mg MLVSS}}{\text{L}}\right)$: Συγκέντρωση πτητικών στερεών ανάμικτου υγρού ($MLVSS_{@Δ.A.}$) στη Δεξαμενή Αερισμού

Ο λόγος αυτός συνήθως κυμαίνεται από 0.7-0.8, ενώ για περιπτώσεις χωρίς πρωτοβάθμια καθίζηση είναι μικρότερος (Στάμου & Βογιατζής, 1994)

Άρα έχουμε:

$$\begin{aligned} \text{Ποσοστό πτητικών στερεών στο ανάμικτο υγρό (\%)} &= \frac{X_{v@Δ.A.}}{X_{@Δ.A.}} * 100\% \Rightarrow \\ \Rightarrow \text{Ποσοστό πτητικών στερεών στο ανάμικτο υγρό (\%)} &= \frac{3000 \frac{\text{mg MLVSS}}{\text{L}}}{4400 \frac{\text{mg MLSS}}{\text{L}}} \cdot 100 \% \\ \Rightarrow \text{Ποσοστό πτητικών στερεών στο ανάμικτο υγρό (\%)} &= 68.2 \% \approx 0.7 \end{aligned}$$

- Υπολογισμός της τιμής του λόγου τροφής προς τον αριθμό των μικροοργανισμών $\left(\frac{F}{M}\right)$ στη Δεξαμενή Αερισμού (food to microorganisms ratio)

Ορίζεται ως το πηλίκο της μάζας του BOD που διατίθεται στους μικροοργανισμούς ανά μονάδα χρόνου προς τη συνολική μάζα των μικροοργανισμών στη Δ.Α. και τα επιτρεπτά όρια είναι: $0.2 < F/M < 0.5$

Η παράμετρος $\frac{F}{M}$ είναι και ο κύριος δείκτης που θα μας κατευθύνει ως προς την επιλογή συμβατικού (εμβολικής ροής), πλήρους ανάμιξης ή παρατεταμένου συστήματος αερισμού.

Η παράμετρος αυτή εκφράζει το πηλίκο της μάζας του BOD που διατίθεται στους μικροοργανισμούς (σαν τροφή) ανά μονάδα χρόνου προς τη συνολική μάζα των μικροοργανισμών στη Δεξαμενή Αερισμού.

$$\text{Ο υπολογισμός γίνεται ως εξής: } \frac{F}{M} = \frac{S_0}{X_{v@Δ.A.} * \theta_{Δ.A.}} = \frac{S_0 * Q_{\text{design}@Δ.A.}}{X_{v@Δ.A.} * V_{Δ.A.}}$$

όπου:

F $\left(\frac{\text{kg BOD}}{\text{day}}\right)$: Μάζα του BOD που διατίθεται στους μικροοργανισμούς (σαν τροφή)

M (kg VSS): Συνολική μάζα των μικροοργανισμών στη δεξαμενή αερισμού

S_0 $\left(\frac{\text{kg BOD}_5}{\text{day}}\right)$: Ποσότητα BOD_5 στο ρεύμα εισροής της Δεξαμενής Αερισμού (πριν γίνει ανάμιξη με το ρεύμα ανακυκλοφορίας ενεργού ιλύος)

$X_{v@Δ.A.}$ ή $C_{MLVSS@Δ.A.}$ $\left(\frac{\text{mg MLVSS}}{\text{L}}\right)$: Συγκέντρωση πτητικών στερεών ανάμικτου υγρού ($MLVSS_{@Δ.A.}$) στη Δεξαμενή Αερισμού

$\theta_{Δ.A.}$ (days) : Υδραυλικός χρόνος παραμονής στη δεξαμενή αερισμού

$Q_{\text{design@}\Delta.A.} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{day}} \right)$: Η μέση παροχή του λύματος από την έξοδο της Δεξαμενής Πρωτοβάθμιας Καθίζησης (ΔΠΚ)

$V_{\Delta.A.} (\text{m}^3)$: Ο όγκος της Δεξαμενής Αερισμού

$$\frac{F}{M} = \frac{S_0}{X_{v@ \Delta.A.} \cdot \theta_{\Delta.A.}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{F}{M} = \frac{564.9 \frac{\text{mg BOD}_5}{\text{L}} \cdot \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \cdot \frac{1 \text{ kg BOD}_5}{10^6 \text{ mg BOD}_5}}{3.0 \frac{\text{kg MLVSS}}{\text{m}^3} \cdot 0.8 \text{ day}} \Rightarrow \frac{F}{M} = 0.24 \frac{\text{kg BOD}}{\text{kg MLVSS} \cdot \text{day}}$$

- Συνολική παραγωγή περίσσειας λάσπης ΔX : Υπολογισμός ΔX_V , ΔX_{NV} , ΔX_e**

✓ ΔX_V , εκφράζει την ποσότητα των VSS που παράγονται στη Δεξαμενή αερισμού,

$$\Delta X_V = Y \cdot Q_{\text{design@}\Delta.A.} \cdot (S_0 - S) - k_d \cdot X_{v@ \Delta.A.} \cdot V_{\Delta.A.}$$

όπου:

$Y \left(\frac{\text{kg VSS}}{\text{kg απομακρυνόμενου BOD}} \right)$: Σταθερά σύνθεσης

$Q_{\text{design@}\Delta.A.} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{day}} \right)$: Η μέση παροχή του λύματος από την έξοδο της Δεξαμενής Πρωτοβάθμιας Καθίζησης (ΔΠΚ)

$S_0 \left(\frac{\text{kg BOD}}{\text{day}} \right)$: Ποσότητα BOD στο ρεύμα εισροής της δεξαμενής αερισμού (πριν γίνει ανάμιξη με το ρεύμα ανακυκλοφορίας ενεργού ιλύος)

$S \left(\frac{\text{kg BOD}}{\text{day}} \right)$: Ποσότητα BOD στο ρεύμα εκροής της δεξαμενής δευτεροβάθμιας καθίζησης

$k_d \left(\frac{\text{kg μικροοργανισμών που καταστρέφονται}}{\text{kg συνολικών μικροοργανισμών} \cdot \text{day}} \right)$: Σταθερά αποσύνθεσης

$X_{v@ \Delta.A.}$ ή $C_{\text{MLVSS@}\Delta.A.} \left(\frac{\text{mg MLVSS}}{\text{L}} \right)$: Συγκέντρωση πτητικών στερεών ανάμικτου υγρού ($\text{MLVSS}_{@ \Delta.A.}$) στη Δεξαμενή Αερισμού

$V_{\Delta.A.} (\text{m}^3)$: Ο όγκος της Δεξαμενής Αερισμού

$$\Delta X_V = Y \cdot Q_{\text{design@}\Delta.A.} \cdot (S_0 - S) - k_d \cdot X_{v@ \Delta.A.} \cdot V_{\Delta.A.} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta X_V = 0.7 \frac{\text{kg VSS}}{\text{kg απομακρυνόμενου BOD}} \cdot 14373.1 \frac{\text{m}^3}{\text{day}} \cdot \left(0.565 \frac{\text{kg BOD}}{\text{m}^3} - 0.02 \frac{\text{kg BOD}}{\text{m}^3} \right)$$

$$- 0.07 \frac{\text{kg μικροοργανισμών που καταστρέφονται}}{\text{kg συνολικών μικροοργανισμών} \cdot \text{day}} \cdot 3.0 \frac{\text{kg MLVSS} \left(\frac{\mu}{\text{o}} \right)}{\text{m}^3} \cdot 11373.5 \text{ m}^3$$

$$\Rightarrow \Delta X_V = 3093.6 \frac{\text{kg VSS}}{\text{day}}$$

- ✓ ΔX_{NV} , εκφράζει την ποσότητα των μη πτητικών στερεών (Non Volatile Suspended Solids, NVSS) που συσσωρεύονται στο σύστημα,

$$\Delta X_{NV} = Q_{\text{design@}\Delta.A.} * X_{0nv}$$

όπου:

$Q_{\text{design@}\Delta.A.} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{day}} \right)$: Η μέση παροχή του λύματος από την έξοδο της Δεξαμενής Πρωτοβάθμιας Καθίζησης (ΔΠΚ)

$X_{0nv} = C_{NVSS_0} = 0.3 * C_{TSS_{\text{exit } \Delta \Pi K}} \left(\frac{\text{mg NVSS ή TSS}}{\text{L}} \right)$: Συγκέντρωση μη πτητικών (αδρανών) στερεών (X_{0nv}) στο ρεύμα εισόδου της Δεξαμενής Αερισμού (πριν γίνει ανάμιξη με το ρεύμα ανακυκλοφορίας ενεργού ιλύος)

$$\Delta X_{NV} = Q_{\text{design@}\Delta.A.} * X_{0nv} \Rightarrow \Delta X_{NV} = 14373.1 \frac{\text{m}^3}{\text{day}} * 0.3 * 0.593 \frac{\text{kg TSS ή NVSS}}{\text{m}^3} \Rightarrow$$

$$\Delta X_{NV} = 2557.9 \frac{\text{kg NVSS}}{\text{day}}$$

- ✓ ΔX_e , εκφράζει την ποσότητα των ολικών στερεών, δηλαδή η ποσότητα των MLSS (Volatile Suspended Solids και Non Volatile Suspended Solids) που διαφεύγουν από το σύστημα στην εκροή της δεξαμενής δευτεροβάθμιας καθίζησης,

$$\Delta X_e = (Q_{\text{design@}\Delta.A.} - Q_w) * X_e$$

Κάνοντας την παραδοχή πως η **παροχή της περίσσειας της λάσπης (Q_w) είναι κατά πολύ μικρότερη της μέσης παροχής του λύματος ($Q_{\text{design@}\Delta.A.}$)** η παραπάνω σχέση μετασχηματίζεται ως εξής:

$$\Delta X_e = Q_{\text{design@}\Delta.A.} * X_e$$

όπου:

$X_e \left(\frac{\text{kg TSS}}{\text{m}^3} \right)$: Συγκέντρωση στερεών στην έξοδο της Δεξαμενής Δευτεροβάθμιας Καθίζησης (νομοθετικό όριο)

$$\Delta X_e = 14373.1 \frac{\text{m}^3}{\text{day}} * 0.025 \frac{\text{kg TSS}}{\text{m}^3} \Rightarrow \Delta X_e = 359.3 \frac{\text{kg TSS}}{\text{day}}$$

- ✓ ΔX , εκφράζει την συνολική παραγωγή περίσσειας λάσπης.

$$\Delta X = \Delta X_v + \Delta X_{NV} - \Delta X_e \Rightarrow \Delta X = 5292.2 \frac{\text{kg TSS}}{\text{day}}$$

Για τον υπολογισμό της παροχής της περίσσειας λάσπης χρειάζεται η συγκέντρωση των στερεών στον πυθμένα της Δ.Δ.Κ (X_u)

- Υπολογισμός πτητικών και μη πτητικών σωματιδίων στην λάσπη

- ✓ Πτητικά Σωματίδια : X_{uv} αποτελεί το οργανικό μέρος της λάσπης και επιλέγεται συνήθως μία τιμή από το εύρος 10000-15000 mg/L (Στάμου & Βογιατζής, 1994) θεωρείται τιμή πτητικών σωματιδίων στη λάσπη της Δεξαμενής Δευτεροβάθμιας Καθίζησης $X_{uv} = 13500 \frac{\text{mg VSS}}{\text{L}}$.

$$\frac{X_{uv}}{X_u} = \frac{X_{v@Δ.A.}}{X_{@Δ.A.}} = \frac{3000 \frac{\text{mg MLVSS}}{\text{L}}}{4400 \frac{\text{mg MLSS}}{\text{L}}} = 0.68$$

$$\frac{X_{uv}}{X_u} = 0.68 \Rightarrow X_u = \frac{X_{uv}}{0.68} \Rightarrow X_u = \frac{13500 \frac{\text{mg VSS}}{\text{L}}}{0.68} \Rightarrow X_u = 19799.1 \frac{\text{mg TSS}}{\text{L}} = \mathbf{19800 \frac{\text{mg TSS}}{\text{L}}}$$

όπου: $X_{uv} \left(\frac{\text{mg VSS}}{\text{L}} \right)$: Συγκέντρωση πτητικών σωματιδίων στη λάσπη της ΔΔΚ

$X_u \left(\frac{\text{mg TSS}}{\text{L}} \right)$: Συνολική ποσότητα στερεών στην παραγωγή λάσπης

$X_{@Δ.A.} = C_{MLSS@Δ.A.} \left(\frac{\text{mg MLSS}}{\text{L}} \right)$: Συνολική συγκέντρωση αιωρούμενων στερεών ανάμικτου υγρού (MLSS_{@Δ.A.}) στη Δεξαμενή Αερισμού

$X_{v@Δ.A.} = C_{MLVSS@Δ.A.} \left(\frac{\text{mg MLVSS}}{\text{L}} \right)$: Συγκέντρωση πτητικών στερεών ανάμικτου υγρού (MLVSS_{@Δ.A.}) στη Δεξαμενή Αερισμού

- ✓ Μη Πτητικά Σωματίδια στην ίλυ : $X_{unv} = X_u - X_{uv}$

$X_{unv} \left(\frac{\text{mg NVSS}}{\text{L}} \right)$: Συγκέντρωση μη πτητικών σωματιδίων στη λάσπη της Δεξαμενής Δευτεροβάθμιας Καθίζησης

$$X_{unv} = X_u - X_{uv} = \mathbf{6300 \frac{\text{mg NVSS}}{\text{L}}}$$

- Υπολογισμός παροχής περίσσειας λάσπης $Q_w \left[\frac{\text{m}^3}{\text{day}} \right]$

$$Q_w = \frac{\Delta X}{X_u}$$

$\Delta X \left(\frac{\text{kg TSS}}{\text{day}} \right)$: Συνολική παραγωγή περίσσειας λάσπης

$X_u \left(\frac{\text{mg TSS}}{\text{L}} \right)$: Συνολική ποσότητα στερεών στην παραγωγή λάσπης

$$Q_w = \frac{\Delta X}{X_u} \Rightarrow Q_w = \frac{5292.2 \frac{\text{kg TSS}}{\text{day}}}{19800 \frac{\text{mg TSS}}{\text{L}}} = \frac{5292.2 \frac{\text{kg TSS}}{\text{day}}}{19.8 \frac{\text{kg TSS}}{\text{m}^3}} = \mathbf{267.3 \frac{\text{m}^3}{\text{day}}}$$

- Υπολογισμός ο λόγου της ανακυκλοφορίας r .

$$r = \frac{Q_R}{Q_{\text{design@}\Delta A.}}$$

Ο λόγος ανακυκλοφορίας r προσδιορίζεται από το ισοζύγιο μάζας των μικροοργανισμών X_v στη ΔA δηλαδή

$$X_v \cdot (Q + Q_R) = Q_R \cdot X_{uv} + Q \cdot X_{ov}$$

και με την παραδοχή ότι $X_{ov} = 0$

$$r = \frac{X_v}{X_{uv} - X_v} \cdot 100\%$$

$$\Rightarrow r = \frac{3000 \frac{\text{mg MLVSS}}{\text{L}}}{13500 \frac{\text{mg VSS}}{\text{L}} - 3000 \frac{\text{mg MLVSS}}{\text{L}}} \cdot 100\% = 28.6 \%$$

- Υπολογισμός Παροχής ανακυκλοφορίας της λάσπης $Q_R \left(\frac{\text{m}^3}{\text{day}} \right)$:

Ο λόγος ανακυκλοφορίας της λάσπης (r), η παροχή ανακυκλοφορίας της λάσπης (Q_R)

και η μέση παροχή του λύματος από την έξοδο της ΔΠΚ ($Q_{\text{design@}\Delta A.}$), συνδέονται μεταξύ τους με την παρακάτω σχέση :

$$r = \frac{Q_R}{Q_{\text{design@}\Delta A.}} \Rightarrow Q_R = r \cdot Q_{\text{design@}\Delta A.} \Rightarrow Q_R = 28.6 \cdot 14373.1 \frac{\text{m}^3}{\text{day}} \Rightarrow Q_R = 4106.6 \frac{\text{m}^3}{\text{day}}$$

- Υπολογισμός συνολικής παροχής εισροής στην Δεξαμενή Δευτεροβάθμιας Καθίζησης $Q_{\text{design@}\Delta\Delta K.} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{day}} \right)$:

$$Q_{\text{design@}\Delta\Delta K.} = Q_R + Q_{\text{design@}\Delta A.}$$

$$\Rightarrow Q_{\text{design@}\Delta\Delta K.} = 4106.6 \frac{\text{m}^3}{\text{day}} + 14373.1 \frac{\text{m}^3}{\text{day}} = 18479.6 \frac{\text{m}^3}{\text{day}}$$

- Υπολογισμός της Συνολικής Παροχής της λάσπης που απομακρύνεται από την δεξαμενή $\Delta\Delta K$:

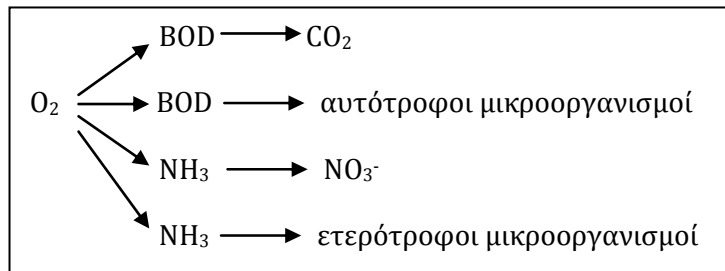
$$Q_R + Q_w = 4373.9 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{day}} \right)$$

Πίνακας 44: Συνοπτικός Πίνακας συγκεντρώσεων και παροχών

Συμβολισμός	Ονομασία	Τιμή	Μονάδα Μέτρησης
$C_{NVSS@\Delta A} = X_{nv@\Delta A}$	συγκέντρωση μη πτητικών (αδρανών) στερεών στην ΔΑ	1400	mg/L
$MLVSS_{@ \Delta A}$ ή $X_{@ \Delta A}$	συνολική συγκέντρωση αιωρούμενων στερεών στην ΔΑ	4400	mg/L
$X_{v@ \Delta A}$	Συγκέντρωση αιωρούμενων πτητικών στερεών στην ΔΑ	3000	mg/L
$\frac{X_{v@ \Delta A}}{X_{@ \Delta A}} \cdot 100\%$	ποσοστό των πτητικών στερεών στο ανάμικτο υγρό (%)	68.20%	
F/M	λόγος τροφής μ/ο	0.24	
ΔX_V	ποσότητα των VSS που παράγονται στη ΔΑ	3093.6	$\frac{\text{kg VSS}}{\text{day}}$
ΔX_{NV}	ποσότητα των μη πτητικών στερεών που συσσωρεύονται στο σύστημα,	2557.9	$\frac{\text{kg NVSS}}{\text{day}}$
ΔX_e	ποσότητα των ολικών στερεών που διαφεύγουν από το σύστημα στην εκροή της δεξαμενής δευτεροβάθμιας καθίζησης	359.3	$\frac{\text{kg TSS}}{\text{day}}$
ΔX	συνολική παραγωγή περίσσειας λάσπης.	5292.2	$\frac{\text{kg TSS}}{\text{day}}$
X_{uv}	συγκέντρωση πτητικών σωματιδίων στην λάσπη	13500	$\frac{\text{mg VSS}}{\text{L}}$
X_u	συγκέντρωση πτητικών σωματιδίων στην λάσπη	19800	$\frac{\text{mg TSS}}{\text{L}}$
X_{unv}	συγκέντρωση μη πτητικών σωματιδίων στην λάσπη	6300	$\frac{\text{mg NVSS}}{\text{L}}$
Q_w	παροχή περίσσειας λάσπης	267.3	m ³ /day
R	Λόγος ανακυκλοφορίας	28.6 %	
Q_R	Παροχής ανακυκλοφορίας της λάσπης	4106.6	m ³ /day
$Q_{design@ \Delta \Delta K}$	συνολικής παροχής εισροής στην ΔΔΚ	18479.6	m ³ /day

➤ ΠΑΡΟΧΗ ΑΕΡΑ ΓΙΑ ΟΞΕΙΔΩΣΗ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΝΙΤΡΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΗΝ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΕΡΙΣΜΟΥ ➤

Στην δεξαμενή αερισμού χρειαζόμαστε το οξυγόνο για τις εξής διεργασίες:



Ρυθμός Κατανάλωσης Οξυγόνου:

$$\dot{M}_{O_2} = \dot{M}_{O_2 \text{Νιτροποίηση}} + \dot{M}_{O_2 \text{BOD}}$$

Από τις βιολογικές διεργασίες που εκτελούνται στη Δ.Α. ,η κατανάλωση οξυγόνου ισούται με την ποσότητα που απαιτείται για τη διάσπαση του αζώτου(**RN**) προστιθέμενη με την ποσότητα του BOD (**RBOD**). Επομένως :

$$R_{tot} = RBOD + RN = R_s + RN \quad (1)$$

- Παροχή O_2 οξείδωσης των οργανικών: $R_s = a' * (S_o - S) * Q_{\text{design@}\Delta.A.} + b' * X_v * V_{o\Delta.A.} =$

$$0.6 * (564.9 - 20) \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) * 14373059 \left(\frac{\text{L}}{\text{d}} \right) * 10^{-6} \left(\frac{\text{kg}}{\text{mg}} \right) + 0.1 \left(\frac{1}{\text{d}} \right) * 3 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) * 11373.5 \text{ m}^3 = 8110.9 \frac{\text{kg } O_2}{\text{d}}$$

- Παροχή O_2 για νιτροποίηση: $RN = 4.33 * N_{ox} * Q_{\text{design}}$

Ισχύουν η παρακάτω ισότητες

Noxidised = Nremoved – Nsynthesised με :

Nremoved = Nin – Nout και

Nsynthesised = 0.1 * Nremoved.

Επομένως , αντικαθιστώντας τις παραπάνω σχέσεις στην αρχική, υπολογίζεται ότι :

$$\text{Noxidised} = N_{rem} - 0.1 * N_{rem} = 0.9(N_{in} - N_{out})$$

$$RN = 4.33 * N_{ox} * Q_{\text{design@}\Delta.A.} = 4.33 * 0.9 * (83 - 2) \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) * 10^{-6} \left(\frac{\text{kg}}{\text{mg}} \right) * 14373059 \left(\frac{\text{L}}{\text{d}} \right) = 4539.4 \frac{\text{kg } O_2}{\text{d}}$$

$$(1) \rightarrow R_{tot} = 8110.9 \frac{\text{kg}}{\text{d}} + 4539.4 \frac{\text{kg}}{\text{d}} = 12560.3 \text{ kg } \frac{O_2}{\text{d}} = 527.1 \text{ kg } \frac{O_2}{\text{h}}$$

Συνοπτικά:

- $\alpha' = 0.6 \frac{\text{kg O}_2}{\text{kg BOD}_{\text{removed}}}$ (κυμαίνεται από 0.5 έως 0.7)
- $b' = 0.1 \text{ d}^{-1}$ (κυμαίνεται από 0.05 έως 0.15)
- R_N =παροχή αέρα για τη διάσπαση του αζώτου (νιτροποίηση)
- R_S =παροχή αέρα στη Δ.Α. που απαιτείται για την αποικοδόμηση του BOD.
- $S_0 = C_{\text{BOD5, in}} = 564.9 \text{ mg/L}$
- $S = C_{\text{BOD5, out}} = 20 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$ καθώς η νομοθεσία ορίζει ότι $C_{\text{BOD5, out}} < 25 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$
- $N_{\text{in}} = 83 \text{ mg/L}$ (παροχή αζώτου εισόδου λυμάτων)
- $N_{\text{out}} = 2 \text{ mg/L}$ (νομοθετικό όριο)

Συνολική απαιτούμενη παροχή αέρα $\left(\frac{\text{m}^3 \text{ air}}{\text{h}}\right)$:

Η περιεκτικότητα του αέρα σε O_2 είναι $21\% \frac{\text{V}}{\text{V}}$ και $79\% \frac{\text{V}}{\text{V}}$ σε $\text{N}_2 \rightarrow \frac{n_{\text{O}_2}}{n_{\text{air}}} = 0.21$ και $\frac{n_{\text{N}_2}}{n_{\text{air}}} =$

0.79 αντίστοιχα

Επομένως, σε κάθε 100m^3 αέρα υπάρχουν $21 \text{ m}^3 \text{ O}_2$ και $79\text{m}^3 \text{ N}_2$

$$\text{Κλάσμα Μάζας : } W_{\text{O}_2} = \frac{m_{\text{O}_2}}{m_{\text{air}}} = \frac{n_{\text{O}_2} \cdot M_{\text{BOD}_2}}{n_{\text{air}} \cdot M_{\text{BOD}_2}} = 0.21 * \left(\frac{32}{0.21 \cdot 32 + 0.79 \cdot 28} \right) = 0.23$$

$$\text{Οπότε } \frac{527.1 \frac{\text{kg O}_2}{\text{h}}}{0.23} = \mathbf{2291.7 \text{ kg αέρα}}$$

$$\text{και } \frac{2291.7 \text{ kg αέρα}}{\text{πυκνότητα αέρα}} = \frac{2291.7 \text{ kg αέρα}}{1.201 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = \mathbf{1908.2 \text{ m}^3 \text{ αέρα}}$$

$$\mathbf{\underline{\underline{\text{Συνολική απαιτούμενη παροχή αέρα στην Δ.Α : } 1908.2 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}}}$$

☞ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΕΡΙΣΜΟΥ Δ.Α. ☜

Χρησιμοποιούνται διαχυτήρες (αεροσυμπιεστές που διοχετεύουν τον αέρα σε ειδικές διατάξεις σχηματισμού φυσαλίδων), οι οποίοι τοποθετούνται στον πυθμένα της κάθε Δ.Α. . Οι φυσαλίδες αέρα που απελευθερώνονται κινούνται προς την επιφάνεια μεταφέροντας O_2 στην μάζα των απόβλητων. Επιλέγεται **κεραμικός πορώδης διαχυτής λεπτής φυσαλίδας (thin fine bubble diffusers)** , καθώς έχουμε συμβατικό σύστημα Ε.Ι.. Τα πλεονεκτήματά του είναι η καλή ανάμειξη, και συνεπώς καλύτερη απόδοση, η διατήρηση θερμοκρασίας στην Δ.Α. και η καλύτερη /αποδοτικότερη επαφή του O_2 με το υγρό απόβλητο, εξαιτίας του μικρού μεγέθους των φυσαλίδων.

- **Υπολογισμός Μάζας και παροχής αέρα στα απόβλητα**

$$\varepsilon_{\pi} = \frac{\text{Μάζα απορροφούμενου } \text{O}_2}{\text{Μάζα παρεχομένου } \text{O}_2 \text{ στα αποβλητα}}$$

οπού ε_{π} : απόδοση μεταφοράς O_2 από τους διαχυτήρες, με εύρος 10-30 % και τυπική τιμή 20%

$$\mathbf{\text{Μάζα παρεχομένου } \text{O}_2 \text{ στα αποβλητα} = \frac{\text{Μάζα απορροφούμενου } \text{O}_2}{\varepsilon} = \frac{12560.3 \text{ kg } \frac{\text{O}_2}{\text{d}}}{0.2} = \mathbf{63251.5 \text{ kg } \frac{\text{O}_2}{\text{d}}}}$$

Επίσης πυκνότητα αέρα $\rho_{\text{air}} = 1.23 \text{ kg/m}^3$

$$\text{Παροχή Αέρα : } Q_{\text{air}} = 4.31 * \frac{\text{Μάζα παρεχομενου } O_2 \text{ στα αποβλητα}}{\rho_{\text{air}}} = 4.31 * \frac{63251.5 \text{ kg } \frac{O_2}{d}}{\frac{1.23 \text{ kg}}{m^3}}$$
$$\rightarrow Q_{\text{air}} = 221637.4 \text{ m}^3 \frac{O_2}{d}$$

➤ Διαχυτήρες

Επιλέγονται πορώδεις σωληνοειδείς διαχυτήρες (λεπτής φυσαλίδας) λόγω της υψηλότερης απόδοσης τους, παρά το μεγαλύτερο αρχικό κόστος και κόστος συντήρησης.

Τα χαρακτηριστικά των παραμέτρων του διαχυτήρα αντιστοιχούν σε πρότυπες συνθήκες για αυτό γίνεται διόρθωση και προσαρμογή της απόδοσης μεταφοράς O_2 στις συνθήκες σχεδιασμού (KA), ο προσδιορισμός της συγκέντρωσης κορεσμού O_2 σε βάθος $H_{\Delta A}/2$ (C_{sm}) και τελικά ο προσδιορισμός της διορθωμένης απόδοσης μεταφοράς O_2 σε συνθήκες σχεδιασμού (ΠΑ).

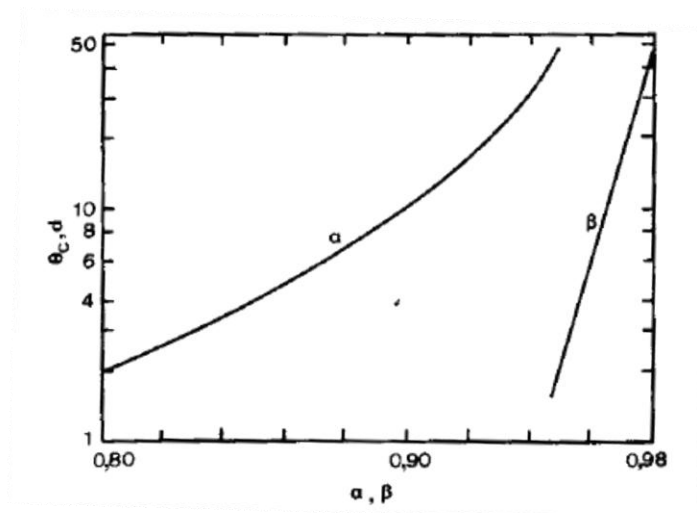
❖ Διόρθωση χαρακτηριστικών παραμέτρων διαχυτήρα:

1) Απόδοση στις συνθήκες σχεδιασμού: $PA = KA * \frac{\beta * C_{sm} - C_L}{9.17} * 1.024^{T-20} * \alpha$

όπου :

- KA: απόδοση που δίνεται από κατασκευαστές για καθορισμένες στις συνθήκες σχεδιασμού $[\frac{\text{kg } O_2}{h}]$
- C_{sm} : συγκέντρωση κορεσμού για O_2 στη φυσαλίδα $[\frac{\text{mg } O_2}{l}]$
- C_L : επιθυμητή συγκέντρωση DO στη ΔΑ (τυπ. εύρος 1-2 mg/L)(**επιλεγόμενο 2 mg/L**)
- T: θερμοκρασία υγρού σε βαθμούς κελσίου (18 °C)
- α, β : συντελεστές (εύρη: $\alpha = 0.6-0.9$ και $\beta = 0.9-1$)

Από το παρακάτω διάγραμμα (10) και για χρόνο παραμονής στερεών $\theta_c = SRT_{\text{design}} = 6.22 \text{ d}$, προκύπτει ότι $\alpha=0.873$ και $\beta=0.962$



Διάγραμμα 10: Τιμές σχεδιασμού σταθερών α και β για τον αερισμό(«Βασικές Αρχές & Σχεδιασμός Συστημάτων Επεξεργασίας Αποβλήτων», Αναστάσιου Ι. Στάμου & Ζηνόβιου Σ. Βογιατζή (διάγραμμα 4.12 ,σελ. 117))

2) Συγκέντρωση κορεσμού του οξυγόνου στην φυσαλίδα για συνθήκες σχεδιασμού:

$$C_{sm} = C_s * \left(\frac{P_b}{20.67} + 0.5 \right) \left[\frac{\text{mgO}_2}{\text{L}} \right]$$

όπου :

- P_b : η απόλυτη πίεση στο σημείο παροχής του αέρα στη ΔΑ (= ατμοσφ.+ σε m H₂O)
- C_s : συγκέντρωση κορεσμού O₂ για συνθήκες σχεδιασμού-> $\frac{\text{mg O}_2}{\text{L}}$

Από τον Πίνακα 41, (παρατίθεται παρακάτω), για T = 18 °C και τυπική συγκέντρωση χλωριούχων 15000 mg/L προκύπτει ότι $C_s = 8.15 \text{ mg/L}$.

Πίνακας 45: Διαλυτότητα Οξυγόνου-τιμές κορεσμού(«Βασικές Αρχές & Σχεδιασμός Συστημάτων Επεξεργασίας Αποβλήτων», Αναστάσιου Ι. Στάμου & Ζηνόβιου Σ. Βογιατζή, (πίνακας 1.1,σελ. 17))

Θερμοκρασία, °C	Συγκέντρωση χλωριούχων, mg/l				
	0	5,000	10,000	15 000	20,000
0	14.62	13.79	12.97	12.14	11.32
1	14.23	13.41	12.61	11.82	11.03
2	13.84	13.05	12.28	11.52	10.76
3	13.48	12.72	11.98	11.24	10.50
4	13.13	12.41	11.69	10.97	10.25
5	12.80	12.09	11.39	10.70	10.01
6	12.48	11.79	11.12	10.45	9.78
7	12.17	11.51	10.85	10.21	9.57
8	11.87	11.24	10.61	9.98	9.36
9	11.59	10.97	10.36	9.76	9.17
10	11.33	10.73	10.13	9.55	8.98
11	11.08	10.49	9.92	9.35	8.80
12	10.83	10.28	9.72	9.17	8.62
13	10.60	10.05	9.52	8.98	8.46
14	10.37	9.85	9.32	8.80	8.30
15	10.15	9.65	9.14	8.63	8.14
16	9.95	9.46	8.96	8.47	7.99
17	9.74	9.26	8.78	8.30	7.84
18	9.54	9.07	8.62	8.15	7.70
19	9.35	8.89	8.45	8.00	7.56
20	9.17	8.73	8.30	7.86	7.42
21	8.99	8.57	8.14	7.71	7.28
22	8.83	8.42	7.99	7.57	7.14
23	8.68	8.27	7.85	7.43	7.00
24	8.53	8.12	7.71	7.30	6.87
25	8.38	7.96	7.56	7.15	6.74
26	8.22	7.81	7.42	7.02	6.61
27	8.07	7.67	7.28	6.88	6.49
28	7.92	7.53	7.14	6.75	6.37
29	7.77	7.39	7.00	6.62	6.25
30	7.63	7.25	6.86	6.49	6.13

3) Απόδοση μεταφοράς Οξυγόνου συναρτήσει την παροχή αέρα στις συνθήκες σχεδιασμού ανά διαχυτήρα $\left[\frac{\text{kgO}_2}{\text{h} \cdot \text{διαχυτήρας}} \right]$: $KA = 0.4837 * H^{0.7} * G_s^{0.85}$

όπου: G_s η παροχή αέρα ανά διαχυτήρα (εύρη 0.1-0.2 stm^3/min για διαχυτήρες λεπτής φουσαλίδας) (**επιλεγόμενη τιμή 0.14 stm^3/min .**) και H το ύψος της ΔA

Επομένως:

$$KA = 0.4837 * H^{0.7} * G_s^{0.85} = 0.4837 * 4.5^{0.7} * 0.143^{0.85} = 0.27 \left[\frac{\text{kgO}_2}{\text{h} \cdot \text{διαχυτήρας}} \right]$$

$$C_{sm} = C_s * \left(\frac{P_b}{20.67} + 0.5 \right) = 8.15 * \left(\frac{4.5 + 10.322}{20.67} + 0.5 \right) = 9.92 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$PA = KA * \frac{\beta * C_{sm} - C_L}{9.17} * 1.024^{T-20} * \alpha = 0.27 * \frac{0.962 * 9.92 - 2}{9.17} * 1.024^{18-20} * 0.873$$

$$PA = 0.182 \left[\frac{\text{kgO}_2}{\text{h} * \text{διαχυτήρας}} \right]$$

4) Υπολογισμός απαιτούμενου αριθμού διαχυτήρων στο σύστημα ΔΑ: $N (\alpha\rho. \delta\iota\alpha\chi) = \frac{R_{total}}{\Pi A}$

R_{total} : Απαιτούμενη ποσότητα οξυγόνου O_2 στη ΔΑ για νιτροποίηση και βιοαποδόμηση του οργανικού φορτίου

$$N = \frac{R_{total}}{\Pi A} = \frac{527.1 \frac{kg O_2}{h}}{0.182 \frac{kg O_2}{h}} = 2900 \text{ διαχυτήρες}$$

Ο συνολικός αριθμός των Δ.Α. είναι 2, επομένως ο αριθμός των διαχυτήρων σε κάθε επιμέρους Δ.Α. είναι: $N_{\Delta A} = \frac{N}{\text{αριθμός } \Delta A} = \frac{2900}{2} = 1450 \text{ διαχυτήρες}$

5) Υπολογισμός της απόστασης μεταξύ διαχυτήρων για την κάθε ΔΑ, σε αποστάσεις L και W :
Ισχύουν οι εξής σχέσεις μεταξύ των διαχυτήρων κατά μήκος και κατά πλάτος:

$$N_L : N_W = 3 : 1 \rightarrow N_L = 3 * N_W$$

$$\text{και } N = N_L * N_W$$

$$\text{άρα με βάση το παραπάνω } N = 3N_W * N_W = 3N_W^2 \rightarrow N_W = \sqrt{\frac{N}{3}}$$

- N_L ο αριθμός των διαχυτήρων σε μήκος L
- N_W ο αριθμός των διαχυτήρων σε πλάτος W

Από την επίλυση του συστήματος θα χρειαστεί να τοποθετηθούν $N_L=66$ διαχυτήρες κατά μήκος και $N_W=22$ κατά πλάτος. Ο αριθμός διαχυτήρων που προκύπτει είναι $N=1452 > 1450$, άρα ικανοποιεί τις ανάγκες κάθε επιμέρους Δ.Α. και όλου του συστήματος αερισμού.

$$\text{απόσταση μεταξύ διαχυτήρων κατα πλάτος: } W_{\delta\iota\alpha\chi} = \frac{W - N_W * d_{\delta\iota\alpha\chi}}{N_W + 1} =$$

$$= \frac{20.52 - 22 * 0.25}{23} \text{ m} = 0.65 \text{ m} < 0.7 \text{ m}$$

$$\text{απόσταση μεταξύ διαχυτήρων κατα μήκος: } L_{\delta\iota\alpha\chi} = \frac{L - N_L * d_{\delta\iota\alpha\chi}}{N_L + 1} =$$

$$= \frac{61.6 - 66 * 0.25}{67} \text{ m} = 0.67 \text{ m} < 0.7 \text{ m}$$

και $d_{\delta\iota\alpha\chi}$: διάμετρος σωλήνα διαχυτήρων με εύρος (0.22 – 0.28) m και τυπική τιμή 0.25m

Η απόσταση μεταξύ διαδοχικών διαχυτήρων πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 0.15 – 0.7 m.

Και οι δυο αποστάσεις βρίσκονται εντός των προδιαγραφόμενων ορίων.

6) Υπολογισμός ισχύος αεροσυμπιεστή: $P = \frac{Q_{air} * \rho_{air} * R * T}{29.7 * n * e} * \left[\left(\frac{P_{\Delta A}}{P_{in}} \right)^{0.283} - 1 \right]$
όπου

- P: ισχύς αεροσυμπιεστή, (kW)
- $P_{\Delta A} = P_{out}$: η απόλυτη πίεση στο σημείο παροχής του αέρα στη ΔΑ + απώλειες στο σύστημα μεταφοράς και τους διαχυτήρες
- e: απόδοση του αεροσυμπιεστή (0.7-0.9) $\rightarrow 0.8$
- R : παγκόσμια σταθερά αερίων (8.314 J/(K*mol))
- T : απόλυτη θερμοκρασία στη ΔΑ [K] $\rightarrow [291 \text{ K}]$
- P_{in} : απόλυτη πίεση εισόδου η οποία ισούται με την ατμοσφαιρική (1atm)
- $n=0.283$

Για το ισοζύγιο πίεσης στη ΔΑ ισχύει: $P_{\Delta A} = P_{out} = P_{in} + P_{υδροστατική} + P_{απωλειών}$

$$P_{in} = P_{atm} = 1 \text{ atm} = 10.33 \text{ m H}_2\text{O}$$

$$P_{υδροστατική} = H_{\Delta A} * g * \rho = 998.2 \text{ kg/m}^3 * 4.5 \text{ m} * 9.81 \text{ m/s}^2 = 44065.5 \text{ Pa} = 4.49 \text{ m H}_2\text{O}$$

$$P_{απωλειών} = hf = 0.1586 * f * \frac{L_{pipe} + L_{eq}}{D_{pipe}} * \left(\frac{u_{pipe}}{334.1} \right)^2 * \rho_{air}$$

- L_{pipe} : συνολικό μήκος της αντλίας (m)
- L_{eq} : συνολικό άθροισμα απωλειών της αντλίας (m)
- D_{pipe} : διάμετρος σωλήνα αντλίας (m)
- u_{pipe} : ταχύτητα ροής αέρα στην αντλία (m^2)
- f: συντελεστής τριβών της αντλίας

$$f = 0.029 * \frac{D_{pipe}^{0.027}}{Q_{air}^{0.148}},$$

$$L_{eq} = 55.4 * C * D_{pipe}^{1.2}$$

$$L_{pipe} = 2 * H_{\Delta A} + L_{\Delta A} + \text{απόσταση αντλίας από τη ΔΑ}$$

Η απόσταση της αντλίας για την κάθε επιμέρους ΔΑ. κυμαίνεται μεταξύ εύρους (4 – 6) m με τυπική τιμή τα 5 m

$$L_{pipe} = 2 * 4.5 \text{ m} + 61.6 \text{ m} + 5 \text{ m} = 75.6 \text{ m}$$

Για την επιλογή διαμέτρου αγωγού της αντλίας παροχής αέρα στους διαχυτήρες ελέγχω εάν η ταχύτητα ροής του αέρα βρίσκεται εντός ορίων. Για $D_{\text{pipe}} = 0.45 \text{ m}$ ισχύει:

$$u_{\text{pipe}} = \frac{Q_{\text{air}}}{A} = \frac{Q_{\text{air}}}{\pi * \frac{D_{\text{pipe}}^2}{4}} = \frac{153.9 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}}{\pi * \frac{(0.45 \text{ m})^2}{4}} = 967.8 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

Τα όρια είναι: $0.3 \text{ m} < D_{\text{pipe}} < 0.6 \text{ m} \rightarrow 800 \frac{\text{m}}{\text{min}} < u_{\text{pipe}} < 1200 \frac{\text{m}}{\text{min}}$ άρα η διάμετρος του αγωγού είναι **αποδεκτή**.

Οι συντελεστές απώλειας τριβής C για την αντλία αερισμού, είναι $C_\gamma = 0.67$ για πρότυπες γωνίες 90° και $C_\sigma = 2$ για σφαιρική βάνα. Όπως φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα η αντλία έχει μια βάνα και 4 πρότυπες γωνίες.

$$L_{\text{eq}} = 55.4 * C_{\text{ολ}} * D_{\text{pipe}}^{1.2} = 55.4 * (4 * 0.67 + 2) * 0.45 \text{ m}^{1.2} = 99.45 \text{ m}$$

Η τιμή του συντελεστή τριβών της αντλίας είναι:

$$f = 0.029 * \frac{D_{\text{pipe}}^{0.027}}{Q_{\text{air}}^{0.348}} = 0.029 * \frac{(0.45 \text{ m})^{0.027}}{\left(153.9 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}\right)^{0.348}} = 0.005$$

Η τιμή της πίεσης των απωλειών στον αγωγό είναι:

$$\begin{aligned} P_{\text{απωλειων}} &= 0.1586 * f * \frac{L_{\text{pipe}} + L_{\text{eq}}}{D_{\text{pipe}}} * \left(\frac{u_{\text{pipe}}}{334.1}\right)^2 * \rho_{\text{air}} \\ &= 0.1586 * 0.005 * \frac{75.6 \text{ m} + 99.45 \text{ m}}{0.45 \text{ m}} * \left(\frac{967.8 \frac{\text{m}}{\text{min}}}{334.1}\right)^2 * \frac{1.23 \text{ kg}}{\text{m}^3} \\ P_{\text{απωλειων}} &= 3.13 \text{ m H}_2\text{O} \end{aligned}$$

Η πίεση στη ΔΑ είναι:

$$P_{\Delta A} = P_{\text{out}} = P_{\text{in}} + P_{\text{υδροστατική}} + P_{\text{απωλειων}} = (10.33 + 4.45 + 3.13 \text{ m}) \text{ H}_2\text{O} = 17.95 \text{ H}_2\text{O}$$

Η ισχύς του αεροσυμπιεστή θα είναι:

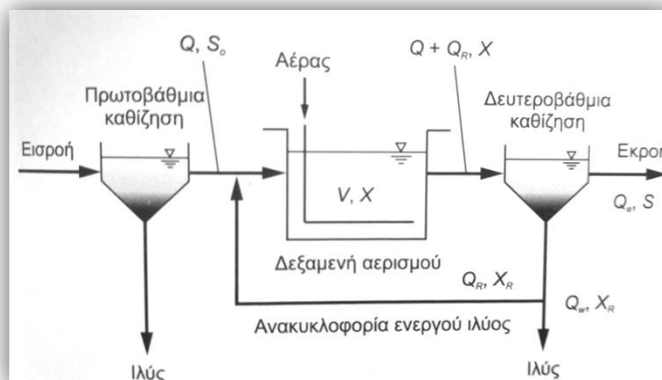
$$\begin{aligned} P &= \frac{Q_{\text{air}} * \rho_{\text{air}} * R * T}{29.7 * n * e} * \left[\left(\frac{P_{\Delta A}}{P_{\text{in}}}\right)^{0.283} - 1 \right] \\ P &= \frac{2.56 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * \frac{1.23 \text{ kg}}{\text{m}^3} * 8.314 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol} * \text{K}} * 291 \text{ K}}{29.7 * 0.283 * 0.8} * \left[\left(\frac{17.95 \text{ H}_2\text{O}}{10.33 \text{ H}_2\text{O}}\right)^{0.283} - 1 \right] \\ P &= 192.25 \text{ kW} \end{aligned}$$

Πίνακας 46: Δεδομένα και τιμές χρησιμοποιούμενων μεγεθών

R (= Q_{air,ολ})	12650.3 kg O ₂ /d
H_{Δ.Α}	4.5 m
T	18 °C
C_S	8.15 mg/L
C_L	2 mg/L
A	0.873
B	0.962
G_S	0.14 stn ³ /min.
N	2900
N_{Δ.Α.}	1450
N_L	66
N_W	22
L_{διαχυτήρων}	0.67 m
W_{διαχυτήρων}	0.65 m
P_{αεροσυμπιεστή}	192 kW

5.7 ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑΣ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ

Σκοπός της δευτεροβάθμιας καθίζησης είναι αρχικά η απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών του ανάμικτου υγρού της ΔΑ, ώστε η εκροή του συστήματος να είναι απαλλαγμένη από στερεά που συμβάλλουν στο συνολικό BOD, καθώς επίσης η πύκνωση των στερεών, ώστε να διατηρείται εύκολα η συγκέντρωση των MLSS στη ΔΑ με την επανακυκλοφορία και να είναι οικονομική η επεξεργασία της λάσπης που απομακρύνεται, λόγω μειωμένου όγκου της. Πιο συγκεκριμένα, η δευτεροβάθμια καθίζηση επιτυγχάνει τον διαχωρισμό της παραγόμενης βιολογικής ιλύος από τα επεξεργασμένα υγρά, τα οποία απαλλαγμένα από τα αιωρούμενα στερεά οδηγούνται προς την τριτοβάθμια επεξεργασία και τη τελική τους διάθεση. Στις δεξαμενές αυτές το ανάμικτο υγρό παραμένει τον απαιτούμενο χρόνο, ούτως ώστε η λάσπη να καθιζάνει, ενώ το διαυγές υγρό διαχωρίζεται και υπερχειλίζει. Επιπλέον, δίνει την δυνατότητα για επαρκή συμπύκνωση της λάσπης, ώστε να είναι αποτελεσματική η ανακυκλοφορία της στον βιολογικό αντιδραστήρα.



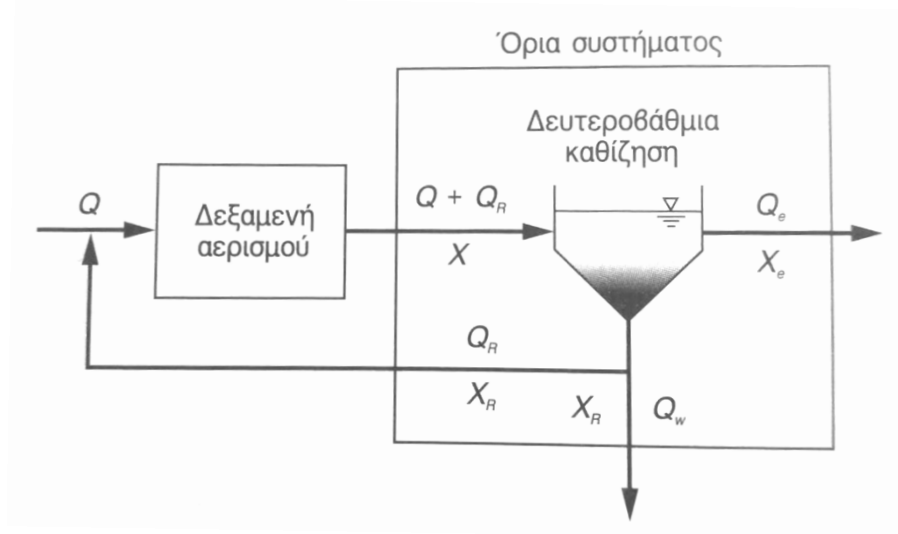
Δεδομένου ότι μία δεξαμενή μπορεί να επιτελεί δυο λειτουργίες (τη διαύγαση του υπερκειμένου υγρού και τη συμπύκνωση της λάσπης σε μία επιθυμητή συγκέντρωση), και οι δυο αυτές λειτουργίες θα πρέπει να συμπεριληφθούν στο σχεδιασμό της. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης, η οποία αποτελεί σημαντικό μέρος της διεργασίας ενεργού ιλύος. Εδώ επιθυμούμε τόσο το υγρό που υπερχειλίζει να μην περιέχει αιωρούμενα στερεά (διαύγαση), όσο και η συγκέντρωση των οργανικών στερεών (ενεργός ιλύς) να είναι σε προσχεδιασμένη τιμή καθότι αποτελεί βασική σχεδιαστική και λειτουργική παράμετρος για τον έλεγχο ενός βιολογικού καθαρισμού με την μέθοδο της ενεργού ιλύος.

☞ Κατασκευάζεται κυκλική δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης με κεντρική εισροή, εφόσον το κόστος κατασκευής της θα είναι χαμηλότερο σε σχέση με αντίστοιχη δεξαμενή περιφερειακής εισροής. Επίσης κατασκευάζεται περιφερειακή διάταξη εκροής με υπερχειλιστές.

Πίνακας 47: Χαρακτηριστικά εισόδου στη ΔΔΚ

$Q_{in} = Q_{design@Δ.Δ.Κ.}$	18479.6 m ³ /d	
BOD _{in} (S ₀)	564.9 mg/L	0.57 kg/L
SS _{in} (X ₀)	593.2 mg/L	0.6 kg/L
Μάζα εισροής SS	8526.3 kg/d	
Μάζα εισροής BOD	8118.9 kg/d	

Σχηματική Απεικόνιση Ισοζυγίου Μάζας της Δεξαμενής Δευτεροβάθμιας Καθίζησης



≈ Ισοζύγιο μάζας ≈

$$X \cdot (Q + Q_R) = Q_R \cdot X_R + Q_W \cdot X_R + Q_e \cdot X_e$$

όπου:

- ✓ X : τα αιωρούμενα στερεά του ανάμεικτου υγρού
- ✓ Q : η παροχή της εισροής από την πρωτοβάθμια καθίζηση
- ✓ Q_R : η παροχή ανακυκλοφορίας της ιλύος
- ✓ X_R : τα αιωρούμενα στερεά της ανακυκλοφορίας
- ✓ Q_W : η παροχής της περίσσειας ιλύος
- ✓ Q_e : η παροχή της εκροής
- ✓ X_e : τα αιωρούμενα στερεά της εκροής

≈ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ Δ.Δ.Κ. ≈

Ο λόγος ανακυκλοφορίας υπολογίστηκε **r=0.28** δηλαδή

$$r = \frac{Q_R}{Q_{\text{design@}\Delta.A.}} \Rightarrow Q_R = 0.28 \cdot Q_{\text{design@}\Delta.A.}$$

Στην είσοδο της ΔΔΚ συμπεριλαμβάνεται και η παροχή ανακυκλοφορίας της ιλύος.

$$Q_{\text{design@}\Delta.\Delta.K.} = Q_{\text{design@}\Delta.A.} + Q_R = (1 + 0.28) \cdot Q$$

Υπολογισμός νέων μέσων και μέγιστων παροχών για το 2045

$$Q_{\text{design@}\Delta.\Delta.K.\text{av}2047} = Q + Q_R = (1 + 0.28) \cdot Q = 1.28 \cdot 14373.1 = 18479.6 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$Q_{\text{design@}\Delta.\Delta.K.\text{max}2047} = Q + Q_R = (1 + 0.28) \cdot Q = 34495.3 \cdot 1.28 = 44351.2 \text{ m}^3/\text{d}$$

- Επιφάνεια, ακτίνα και διάμετρος της δεξαμενής δευτεροβάθμιας καθίζησης (ΔΔΚ):

Επιλέγεται, και εδώ, να κατασκευαστεί Κυλινδρική δεξαμενή ΔΔΚ κεντρικής εισροής, όπως ακριβώς και στην περίπτωση της ΔΠΚ. Το είδος της διεργασίας επιλέγεται να είναι Συμβατικό.

Πίνακας 48: Τυπικές τιμές επιφανειακής φόρτισης και φόρτισης στερεών ΔΔΚ,

Είδος ΕΙ	Επιφ. Φόρτιση $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$		Φόρτιση στερεών $\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$	
	Μέση	Μέγιστη	Μέση	Μέγιστη
Συμβατική	16-32	40-48	3-6	9
Παρατεταμένος Αερισμός	8-16	24-32	1-5	7

Η επιφανειακή φόρτιση αναφέρεται στην παροχή $Q_{\text{design@}\Delta\Delta\text{K}}$, ενώ η φόρτιση στερεών στην παροχή $Q+Q_R (= Q_{\text{design@}\Delta\Delta\text{K}})$. Η επιφάνεια της ΔΔΚ υπολογίζεται για τη μέση και μέγιστη παροχή και εκλέγεται για το σχεδιασμό η **μεγαλύτερη**.

- Υπολογισμός επιφάνειας $A_{\Delta\Delta\text{K}}$ για Q_{average}

$$\text{Φόρτιση στερεών } \text{Υστερεών}_{\text{average}} = 5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{h}}$$

$$A_{\Delta\Delta\text{K}} = \frac{Q_{\text{design@}\Delta\Delta\text{K.av2047}} * (1 + r) * C_{\text{MLSS@}\Delta\Delta\text{K}}}{\text{Υστερεών} * 1000} = \frac{18479.6 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} * (1 + 0.28) * 4400 \left(\frac{\text{mg MLSS}}{\text{L}} \right)}{5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{h}} * \frac{24\text{h}}{\text{d}} * 1000} \rightarrow A_{\Delta\Delta\text{K}} = 871.1 \text{m}^2$$

$$\text{Έλεγχος μέσης Επιφανειακής Φόρτισης : } E.\Phi.\text{average} = \frac{14373.1 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}}{871.1 \text{m}^2} = 16.5 \text{ αποδεκτό καθώς } 16 < E.\Phi.\text{average} < 32$$

- ✓ Υπολογισμός επιφάνειας $A_{\Delta\Delta\text{K}}$ για Q_{max} .

$$\text{Φόρτιση στερεών: } \text{Υστερεών}_{\text{max}} = 9 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{h}}$$

$$A_{\Delta\Delta\text{K}} = \frac{Q_{\text{design@}\Delta\Delta\text{K.max2047}} * (1 + r) * C_{\text{MLSS@}\Delta\Delta\text{K}}}{\text{Υστερεών} * 1000} = \frac{44351.2 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} * (1 + 0.28) * 4400 \left(\frac{\text{mg MLSS}}{\text{L}} \right)}{9 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{h}} * \frac{24\text{h}}{\text{d}} * 1000} = 1161.5 \text{m}^2$$

$$\text{Έλεγχος μέγιστης Επιφανειακής Φόρτισης : } E. \Phi.\text{max} = \frac{34495.3 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}}{1161.5 \text{m}^2} = 30 \text{ και } 40 < E.\Phi.\text{max} < 48$$

Εκλέγεται για το σχεδιασμό η **μεγαλύτερη** επιφάνεια, δηλαδή $A=1162\text{m}^2$ (λίγο μεγαλύτερη από αυτή που υπολογίστηκε, για λόγους ασφαλείας)

Όσον αφορά την διάμετρο $d_{\Delta\Delta.K.}$ (m) και την ακτίνα $r_{\Delta\Delta.K.}$ (m) :

Η διάμετρος των ΔΔΚ πρέπει να είναι από 3 m ως 60 m. Τυπικές τιμές διαμέτρου 10 m έως 30 m.

$$A_{\Delta\Delta.K.} = \frac{\pi \cdot d_{\Delta\Delta.K.}^2}{4} \Rightarrow d_{\Delta\Delta.K.}^2 = \frac{4 \cdot A_{\Delta\Delta.K.}}{\pi} \Rightarrow d_{\Delta\Delta.K.} = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{\Delta\Delta.K.}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1162 \text{ m}^2}{\pi}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow d_{\Delta\Delta.K.} = 38.5 \text{ m} \text{ και Ακτίνα: } r_{\Delta\Delta.K.} = \frac{d_{\Delta\Delta.K.}}{2} \Rightarrow r_{\Delta\Delta.K.} = \frac{38.5 \text{ m}}{2} = 19.25 \text{ m}$$

• Όγκος , βάθος και χρόνος παραμονής της ΔΔΚ:

Το βάθος των ΔΔΚ πρέπει να είναι αρκετό ώστε να μην διαφεύγουν στερεά στην εκροή από το στρώμα λάσπης που σχηματίζεται στον πυθμένα. Σε γενικές γραμμές , τα συνηθέστερα βάθη είναι 3-5 m. Επίσης το βάθος κάτω από τον υπερχειλιστή πρέπει να είναι τουλάχιστον 3.1 m για CMLSS=2000mg/L και πρέπει να αυξάνεται κατά 0.3m για κάθε αύξηση της συγκέντρωσης 1000mg/L.

Πίνακας 49: Συσχετισμός διαμέτρου και βάθους ΔΔΚ

Διάμετρος m	Βάθος m	
	Ελάχιστο	Σχεδιασμού
< 12	3.0	3.4
12-21	3.4	3.7
21-30	3.7	4.0
30-43	4.0	4.3
>43	4.3	4.6

Εφόσον η διάμετρος της δεξαμενής είναι μεταξύ 30 m και 43 m, και δεδομένου ότι CMLSS=4400mg/L, και σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα $H_{(\Delta\Delta.K.)}=4.3 \text{ m}$ (βάθος δεξαμενής)

$$\text{Όγκος Δεξαμενής : } V_{\Delta\Delta.K.} = A_{\Delta\Delta.K.} \cdot H_{\Delta\Delta.K.} \Rightarrow V_{\Delta\Delta.K.} = 1162 \text{ m}^2 \cdot 4.5 \text{ m} = 5229 \text{ m}^3$$

- **Χρόνος παραμονής:** $\theta_{\Delta\Delta.K.} = \frac{V_{\Delta\Delta.K.}}{Q_{\text{averageθερος2047}}} = \frac{5229 \text{ m}^3}{18479.7 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}} = 0.28 \text{ d} = 6 \text{ h } 48 \text{ min}$
- **Μήκος υπερχειλιστή:** $L_{\text{υπερχ.}} = 2 \cdot \pi \cdot r = 2 \cdot \pi \cdot 19.25 \text{ m} = 120.8 \text{ m}$
- **Φόρτιση υπερχειλιστή:** $q_{\text{υπερχ.}} = \frac{Q_{\text{averageθερος2047}}}{L_{\text{υπερχ.}}} = \frac{18479.6 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}}{85.4 \text{ m}} = 153 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{d}}$
- **Ύψος κώνου απομάκρυνσης ($h_{\Delta\epsilon\chi.\Delta\epsilon\upsilon\tau.\text{Κα}\theta}$)** $h_{\Delta\epsilon\chi.\Delta\epsilon\upsilon\tau.\text{Κα}\theta} = \tan 45^\circ \cdot \frac{d_{\Delta\Delta.K.}}{2} = 19.2 \text{ m}$

✓ Έλεγχος επιφανειακής φόρτισης για $Q_{\max}$:

Για τον έλεγχο αυτό, θα χρησιμοποιηθεί η μέγιστη παροχή $Q_{\max, \theta_{\text{ερ}052047}} = 44351.2 \text{ m}^3/\text{d}$.

$$q_{Q_{\max}} = \frac{Q_{\max}}{A} = \frac{44351.2 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}}{1161.5 \text{ m}^2} = 38.2 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 * \text{d}}$$

Συνεπώς αποδείχθηκε ότι η τιμή της επιφανειακής φόρτισης για $Q_{\max}$ στην ΔΔΚ, είναι αποδεκτή, εφόσον οι επιτρεπτές τιμές είναι **40 - 64 $\text{m}^3/(\text{m}^2 * \text{d})$** .

Πίνακας 50: Σχεδιαστικά Στοιχεία ΔΔΚ

ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΚΥΚΛΙΚΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ		
$A_{\Delta\Delta\text{Κ}}$	Επιφάνεια δεξαμενής	1162 m^2
$d_{\Delta\Delta\text{Κ}}$	Διάμετρος δεξαμενής	38.5 m
$r_{\Delta\Delta\text{Κ}}$	Ακτίνα δεξαμενής	19.25 m
$H_{\Delta\Delta\text{Κ}}$	Βάθος Δεξαμενής	4.3 m
$V_{\Delta\Delta\text{Κ}}$	Όγκος δεξαμενής	5229 m^3
$\theta_{\Delta\Delta\text{Κ}}$	Χρόνος παραμονής	6 h 48 min
$h_{\Delta\text{ΕΞ}, \Delta\text{ΕΥΤ.Κα}\theta}$	Υψος Κώνου απομάκρυνσης	19.2 m
$L_{\text{υπερχ}}$	Μήκος υπερχειλιστή	120.8 m
$Q_{\text{υπερχ}}$	Φόρτιση υπερχειλιστή	153 $\text{m}^3/(\text{m}^2 * \text{d})$
	Κλίση Πυθμένα	8%

≈ Ισοζύγια Μάζας SS και BOD ≈

Υπολογισμός της τιμής της συγκέντρωσης C_{BOD_5} της **λάσπης**, η οποία οδηγείται στην πάχυνση (πύκνωση). Θεωρούμε πως ισχύει η σχέση **$C_{\text{BOD}_5} = 60\% * X_u$**

όπου: $C_{\text{BOD}_5} \left(\frac{\text{mg BOD}_5}{\text{L}} \right)$: Συγκέντρωση BOD_5 της λάσπης και $X_u \left(\frac{\text{mg TSS}}{\text{L}} \right)$: Συνολική ποσότητα στερεών στην παραγωγή λάσπης

$$C_{\text{BOD}_5} = 60\% * X_u \Rightarrow C_{\text{BOD}_5} = 60\% * 19800 \frac{\text{mg TSS}}{\text{L}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow C_{\text{BOD}_5} = 0.6 * 19800 \frac{\text{mg BOD}_5}{\text{L}} = \mathbf{11880 \frac{\text{mg BOD}_5}{\text{L}}}$$

Εφόσον η παροχή λάσπης είναι $Q_{\text{waste@}\Delta\Delta\text{Κ}} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{day}} \right) = 267.3 \frac{\text{m}^3}{\text{day}}$, η ποσότητα του BOD_5 που κατευθύνεται προς τη διεργασία της πάχυνσης θα είναι:

$$\text{BOD}_5 = C_{\text{BOD}_5} * Q_{\text{waste@}\Delta\Delta\text{Κ}} \Rightarrow \text{BOD}_5 = 11.9 \frac{\text{kg BOD}_5}{\text{m}^3} * 267.3 \frac{\text{m}^3}{\text{day}} = \mathbf{3175.3 \frac{\text{kg BOD}_5}{\text{day}}}$$

Αντίστοιχα, η ποσότητα των TSS που κατευθύνεται προς τη διεργασία της πάχυνσης θα είναι:

$$\text{TSS} = \text{TSS} * Q_{\text{waste@}\Delta\Delta\text{Κ}} \Rightarrow \text{TSS} = 19.8 \frac{\text{kg TSS}}{\text{m}^3} * 267.3 \frac{\text{m}^3}{\text{day}} = \mathbf{5292.2 \frac{\text{kg TSS}}{\text{day}}}$$

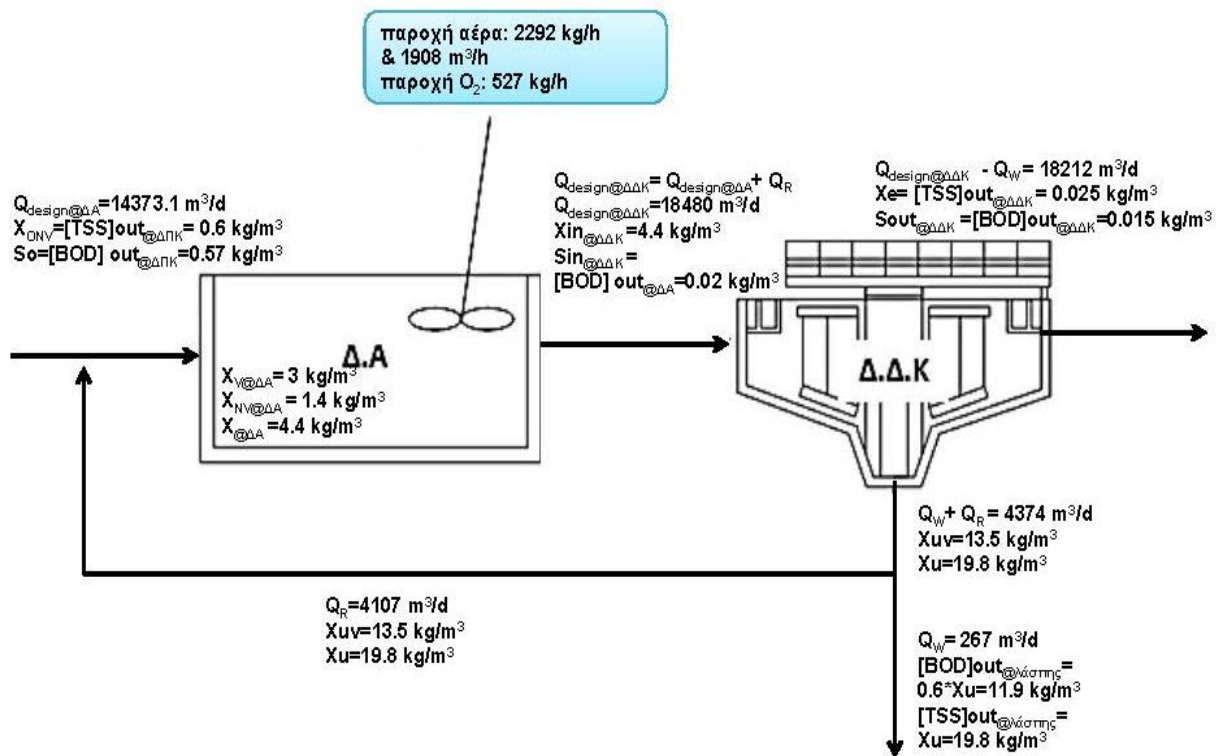
- Υπολογισμός παροχή περίσσειας λάσπης $Q_w \left[\frac{m^3}{day} \right]$

$$Q_w = \frac{\Delta X}{X_u}$$

$\Delta X \left(\frac{kg \text{ TSS}}{day} \right)$: Συνολική παραγωγή περίσσειας λάσπης

$X_u \left(\frac{mg \text{ TSS}}{L} \right)$: Συνολική ποσότητα στερεών στην παραγωγή λάσπης

$$Q_w = \frac{\Delta X}{X_u} \Rightarrow Q_w = \frac{5292.2 \frac{kg \text{ TSS}}{day}}{19800 \frac{mg \text{ TSS}}{L}} = \frac{5292.2 \frac{kg \text{ TSS}}{day}}{19.8 \frac{kg \text{ TSS}}{m^3}} = 267.3 \frac{m^3}{day}$$



Διάγραμμα 11: Ισοζύγιο μάζας και συγκέντρωσης για BOD και TSS στην ΔΑ και στην ΔΔΚ (2047)

5.8 ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΕΞΙΣΟΡΡΟΠΗΣΗΣ

Σκοπός της δεξαμενής εξισορρόπησης είναι η **ελάττωση ή η εξουδετέρωση των διακυμάνσεων της εισερχόμενης παροχής** έτσι ώστε να διευκολυνθούν οι παρακάτω διαδικασίες και διεργασίες επεξεργασίας του υγρού αποβλήτου και να μην υπάρξουν επιπλοκές στην ομαλή λειτουργία της εγκατάστασης λόγω των προαναφερθέντων διακυμάνσεων . Το μέγεθος και ο τύπος της δεξαμενής εξισορρόπησης εξαρτάται από την ποσότητα του αποβλήτου και τις διακυμάνσεις της ροής του.

Στις δεξαμενές εξισορρόπησης απαιτείται ανάμιξη του περιεχομένου τους ώστε να αποφεύγεται η καθίζηση των αιωρούμενων στερεών. Επίσης συνηθίζεται οι δεξαμενές αυτές να χρησιμοποιούνται σαν αντλιοστάσια ανύψωσης του αποβλήτου, **(έτσι ώστε να κινείται το απόβλητο με φυσική ροή από την δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης στην δεξαμενή χλωρίωσης)** καθώς και σαν δεξαμενές ανάμιξης των απαιτούμενων προσθέτων χημικών είτε για την ρύθμιση του pH είτε για την κροκίδωση των κολλοειδών του ανεπεξέργαστου αποβλήτου. Ακόμη, αν απαιτείται προαερισμός του αποβλήτου ώστε να ελαττωθούν οι αναγωγικές βιοαντιδράσεις, που τα προϊόντα τους είναι δύσσομα, και δεν έχει προηγηθεί αεριζόμενος διαχωρισμός άμμου - ελαίων τότε οι δεξαμενές εξισορρόπησης είναι οι κατάλληλες γι' αυτόν τον σκοπό. Οι μέθοδοι ανάμιξης (ή και αερισμού) που χρησιμοποιούνται στις δεξαμενές εξισορρόπησης περιλαμβάνουν:

- 1) Διασπορά του εισερχομένου αποβλήτου
- 2) Ανάμιξη με στροβίλους
- 3) Αερισμό με διαχυτήρες αέρα
- 4) Αερισμό με μηχανικά μέσα

Δεν είναι μόνο οι εισερχόμενες παροχές στην εγκατάσταση που παρουσιάζουν διακυμάνσεις, αλλά και παροχές που οδηγούνται στην τριτοβάθμια επεξεργασία παρουσιάζουν εξίσου σημαντικές εποχιακές διακυμάνσεις, αφού τους χειμερινούς μήνες η ζήτηση σε αρδευτικό νερό είναι μηδενική, ενώ τους καλοκαιρινούς μεγιστοποιείται ώστε να καλύψει τις ανάγκες εξατμισοδιαπνοής των καλλιεργειών. Ως εκ τούτου, η δεξαμενή χλωρίωσης πρέπει να είναι σε θέση να δεχτεί την υπολειπόμενη παροχή (δηλαδή αυτήν που δεν οδηγείται στην επαναχρησιμοποίηση). Η παροχή αυτή όμως, δύναται να ποικίλει από 30% της συνολικής παροχής τους καλοκαιρινούς μήνες, μέχρι 100% του χειμερινούς μήνες. Για αυτό το λόγο, η δεξαμενή χλωρίωσης σχεδιάζεται με βάση την μέγιστη ημερήσια παροχή του θέρους του 2047, ώστε να μπορεί να ανταπεξέλθει στις έντονες εποχιακές αυξομειώσεις της παροχής.

Συνοπτικά η δεξαμενή εξισορρόπησης θα δέχεται διαρκώς **σταθερή παροχή (που θα προωθείται για επαναχρησιμοποίηση)** , σε αντίθεση με τις προηγούμενες δεξαμενές-διεργασίες , όπου η εισερχόμενη παροχή ποικίλει λόγω γνωστών παραγόντων. Η εναπομένουσα παροχή , η οποία έχει **κυμαινόμενη τιμή**, οδηγείται στην δεξαμενή χλωρίωσης για περαιτέρω επεξεργασία και απολύμανση με απώτερο σκοπό την εναπόθεση στον υδάτινο αποδεκτή . Υπάρχει όμως , πάντα, η πιθανότητα η παροχή να είναι τέτοια που να μην υπάρχει υπόλειμμα για την χλωρίωση , αλλά να οδηγείται όλη για επαναχρησιμοποίηση.

❧ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ ❧

Ποσοστό της παροχής που θα κατευθύνεται προς το ρεύμα επαναχρησιμοποίησης = 50%

Προσδιορίζεται η παροχή της δεξαμενής εξισορρόπησης (ή αλλιώς η παροχή που θα κατευθύνεται προς το ρεύμα επαναχρησιμοποίησης), η οποία ανεξαρτήτως των υπόλοιπων παροχών, θα διατηρείται διαρκώς **σταθερή**: $Q_{\text{επαναχρ.}} = 50\% \cdot Q_{\text{μέση}_{\text{θερινή 2017}}} = 50\% \cdot 9813.7 = 4907 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$

Πίνακας 51: Εισερχόμενες παροχές ($\frac{\text{m}^3}{\text{d}}$)

2017	Q _{min}	Q _{average}	Q _{max}
Χειμώνας	1486	4502	13506
Καλοκαίρι	3729	9814	25516

Παρατηρούμε ότι $Q_{\text{επαναχρ.}} > Q_{\text{min}}$ ($1486 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$), οπότε τις ώρες που υπάρχει χαμηλή παροχή, συγκεκριμένα τη νύχτα (6 ώρες), θα πρέπει να εξασφαλίσουμε στη δεξαμενή αποθηκευμένο νερό, ώστε το σύστημα να μπορεί να τροφοδοτήσει την επαναχρησιμοποίηση.

$$Q_{\text{επαν.}} - Q_{\text{min}} = 3421 \text{ m}^3/\text{d} = 143 \text{ m}^3/\text{h}$$

Για χρόνο παραμονής $\tau = 6\text{h}$, ο όγκος της δεξαμενής εξισορρόπησης θα είναι:

$$V_{\Delta\epsilon\zeta, \text{Εξισορ.}} = Q \cdot \tau = (Q_{\text{επαν.}} - Q_{\text{min}}) \cdot \tau \rightarrow V_{\Delta\epsilon\zeta, \text{Εξισορ.}} = 20526.8 \text{ m}^3$$

Θεωρείται βάθος $H_{\Delta\epsilon\zeta, \text{Εξισορ.}} = 25\text{m}$, οπότε $A_{\Delta\epsilon\zeta, \text{Εξισορ.}} = \frac{V_{\Delta\epsilon\zeta, \text{Εξισορ.}}}{H_{\Delta\epsilon\zeta, \text{Εξισορ.}}} \rightarrow A_{\Delta\epsilon\zeta, \text{Εξισορ.}} = 821.1 \text{ m}^2$

Η δεξαμενή είναι **ορθογωνικής διατομής** και επιλέγεται πλάτος $W_{\Delta\epsilon\zeta, \text{Εξισορ.}} = 25 \text{ m}$

Μήκος της δεξαμενής: $L_{\Delta\epsilon\zeta, \text{Εξισορ.}} = \frac{A_{\Delta\epsilon\zeta, \text{Εξισορ.}}}{W_{\Delta\epsilon\zeta, \text{Εξισορ.}}} \rightarrow L_{\Delta\epsilon\zeta, \text{Εξισορ.}} = \frac{821.1 \text{ m}^2}{25 \text{ m}} \rightarrow L_{\Delta\epsilon\zeta, \text{Εξισορ.}} = 33 \text{ m}$

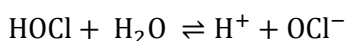
Πίνακας 52 : Τεχνικά Χαρακτηριστικά και στοιχεία σχεδιασμού της Δεξαμενής Εξισορρόπησης

ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ ΟΡΘΟΓΩΝΙΚΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ	
Εισερχόμενη Παροχή ($Q_{\text{επαναχρ.}}$)	$4907 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$
Μήκος ($L_{\Delta\epsilon\zeta, \text{Εξισορ.}}$)	33 m
Πλάτος ($W_{\Delta\epsilon\zeta, \text{Εξισορ.}}$)	25 m
Βάθος ($H_{\Delta\epsilon\zeta, \text{Εξισορ.}}$)	25 m
Επιφάνεια ($A_{\Delta\epsilon\zeta, \text{Εξισορ.}}$)	821.1 m ²
Όγκος ($V_{\Delta\epsilon\zeta, \text{Εξισορ.}}$)	20526.8 m ³

5.9 ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗΣ – ΧΛΩΡΙΩΣΗ

Οι δεξαμενές απολύμανσης σχεδιάζονται για την επιλεκτική καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών (βακτήρια, ιοί και κύστες) που υπάρχουν πάντοτε στα αστικά λύματα και τα υπόλοιπα υγρά απόβλητα, ώστε να αποφεύγεται η μετάδοση ασθενειών μέσω του νερού του αποδέκτη στον οποίο διοχετεύονται. Η δράση των απολυμαντικών μέσων συνίσταται στην καταστροφή των μικροοργανισμών, είτε λόγω οξείδωσης του κυτταρικού τους περιβλήματος, είτε λόγω διάχυσης του απολυμαντικού στο εσωτερικό τους και αντίδρασης με τα ένζυμα και με το πρωτόπλασμα. Η απολύμανση έχει σκοπό την αδρανοποίηση των μικροοργανισμών, δηλαδή την παρεμπόδιση της ανάπτυξης και αναπαραγωγής τους, και δε σημαίνει θανάτωση των μικροοργανισμών, η οποία επιτυγχάνεται μόνο με τη διαδικασία της αποστείρωσης. Διαθέσιμες μέθοδοι απολύμανσης του νερού είναι η χλωρίωση, η χρήση διοξειδίου του χλωρίου, η οζόνωση και η εφαρμογή υπεριώδους ακτινοβολίας. Η χλωρίωση αποτελεί την πιο κοινή μορφή απολύμανσης των υγρών αποβλήτων λόγω του χαμηλού κόστους και της αποτελεσματικότητας της, γι' αυτό και επιλέγεται στο σχεδιασμό της συγκεκριμένης ΕΕΛ.

Η διεργασία της χλωρίωσης, όπως προαναφέρθηκε, στοχεύει αποκλειστικά στην αδρανοποίηση των παθογόνων και μη, μικροοργανισμών που περιέχονται στο λύμα, έτσι ώστε να διασφαλίζονται οι κανόνες δημόσιας υγείας κατά την απόρριψη επεξεργασμένων λυμάτων σε υδάτινους αποδέκτες. Η πιο διαδεδομένη μορφή απολυμαντικού είναι υδατικό διάλυμα περιεκτικότητας 15 % w/w NaOCl (υποχλωριώδους νατρίου). Το χλώριο, δηλαδή, προστίθεται στο απόβλητο με την μορφή άλατος (NaOCl), το οποίο έχει χρώμα υποκίτρινο, χαρακτηριστική οσμή και είναι ισχυρά αλκαλικό και διαβρωτικό. Κατά την προσθήκη στο απόβλητο δίδεται σε υποχλωριώδες ανιόν (OCl^-) και κατιόν νατρίου (Na^+) και στη συνέχεια το OCl^- έρχεται σε χημική ισορροπία με το υποχλωριώδες οξύ (HOCl) (μερικώς ιοντισμός υποχλωριώδους οξέος στο νερό) σύμφωνα με τις αντιδράσεις :



με $\text{pKa} = 7.537$ στους 25°C (Διαμαντόπουλος, 2007).

Το ελεύθερο χλώριο, υπό μορφή υποχλωριώδων ανιόντων (OCl^-), διαπερνά την κυτταρική μεμβράνη των μικροοργανισμών και αδρανοποιεί ένζυμα προκαλώντας λύση των κυττάρων τους.

Πίνακας 53: Χαρακτηριστικά Εισόδου Δεξαμενής Χλωρίωσης

$Q_{\text{aver}2047}$	14373.1 m ³ /d
$Q_{\text{max}2047}$	34495.3 m ³ /d
$Q_{\text{min}2017}$	1485.7 m ³ /d
Δόση χλωρίου (ελαχίστη)	2 mg Cl/L
Δόση χλωρίου (μέγιστη)	10 mg Cl/L
Χρόνος επαφής στη μέγιστη παροχή (τ)	30 min

➤ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ ➤

- Υπολογισμός όγκου Δ.Χ.

Πίνακας 54: Παροχές σχεδιασμού

2017	Q _{min} (m ³ /day)	Q _{average} (m ³ /day)	Q _{max} (m ³ /day)
Χειμώνας	1486	4502	13506
Καλοκαίρι	3729	9813	25516
2047			
Χειμώνας	3073	8086	23449
Καλοκαίρι	5749	14373	34495

Πολύ σημαντικός παράγοντας στην απολύμανση του νερού με χλώριο είναι ο χρόνος επαφής του με τα λύματα, καθώς όσο αυξάνεται τόσο εντείνεται η δράση της απολύμανσης. Με βάση τη μέγιστη παροχή του καλοκαιριού του έτους 2047 και το χρόνο επαφής, υπολογίζουμε τον σχεδιαστικό όγκο της δεξαμενής χλωρίωσης :

$$t_{\text{επαφής}} = \frac{V_{\Delta.X\lambda}}{Q_{\text{max}}} \rightarrow V_{\Delta.X\lambda} = t_{\text{επαφής}} * Q_{\text{max}} = 30 \text{ min} * \frac{1}{60 * 24 \text{ min}} \text{ day} * 34496.34 \frac{\text{m}^3}{\text{day}} \Rightarrow$$

$$V_{\Delta.X\lambda\omega\rho\acute{\iota}\omega\sigma\eta\varsigma} = 719 \text{ m}^3$$

όπου: $t_{\text{επαφής}}$: ο χρόνος επαφής λύματος-χλωρίου με εύρος τιμών **(30 -120 min)** → **[30 min]**

Q_{max} : η μέγιστη παροχή-παροχή σχεδιασμού → **$[Q_{\text{max,θερινό 2047}} = 34495.3 \frac{\text{m}^3}{\text{day}}]$**

$V_{\Delta.X\lambda\omega\rho\acute{\iota}\omega\sigma\eta\varsigma}$: ο όγκος της Δεξαμενής Χλωρίωσης → **$[m^3]$**

- Υπολογισμός επιφάνειας Δ.Χ.

Για την εκτίμηση της επιφάνειας της Δεξαμενής Χλωρίωσης επιλέγεται τιμή ύψους(βάθους) ροής.

$$A_{\Delta.X\lambda\omega\rho\acute{\iota}\omega\sigma\eta\varsigma} = \frac{V_{\Delta.X\lambda\omega\rho\acute{\iota}\omega\sigma\eta\varsigma}}{H_{\Delta.X\lambda\omega\rho\acute{\iota}\omega\sigma\eta\varsigma}} = \frac{719 \text{ m}^3}{0.6 \text{ m}} \rightarrow A_{\Delta.X\lambda\omega\rho\acute{\iota}\omega\sigma\eta\varsigma} = 1198 \text{ m}^2$$

όπου: $A_{\Delta.X\lambda\omega\rho\acute{\iota}\omega\sigma\eta\varsigma}$: η επιφάνεια της Δεξαμενής Χλωρίωσης → **$[m^2]$**

$V_{\Delta.X\lambda\omega\rho\acute{\iota}\omega\sigma\eta\varsigma}$: ο όγκος της Δεξαμενής Χλωρίωσης → **$[m^3]$**

$H_{\Delta.X\lambda\omega\rho\acute{\iota}\omega\sigma\eta\varsigma}$: το ύψος-βάθος ροής της Δεξαμενής Χλωρίωσης → **$[0.6 \text{ m}]$**

- Υπολογισμός συνολικού πλάτους και μήκους Δεξαμενής Χλωρίωσης

Για την εκτίμηση του μήκους της Δεξαμενής Χλωρίωσης επιλέγεται δεδομένη τιμή πλάτους.

$$L_{\Delta.X\lambda\omega\rho\acute{\iota}\omega\sigma\eta\varsigma} = \frac{A_{\Delta\epsilon\chi.X\lambda\omega\rho\acute{\iota}\omega\sigma\eta\varsigma}}{W_{\Delta\epsilon\chi.X\lambda\omega\rho\acute{\iota}\omega\sigma\eta\varsigma}} = \frac{1198 \text{ m}^2}{20 \text{ m}} \rightarrow L_{\Delta.X\lambda\omega\rho\acute{\iota}\omega\sigma\eta\varsigma} = 60 \text{ m}$$

όπου: $L_{\Delta.X\lambda\omega\rho\acute{\iota}\omega\sigma\eta\varsigma}$: το μήκος της Δεξαμενής Χλωρίωσης $\rightarrow [\text{m}]$

$A_{\Delta.X\lambda\omega\rho\acute{\iota}\omega\sigma\eta\varsigma}$: η επιφάνεια της Δεξαμενής Χλωρίωσης $\rightarrow [\text{m}^2]$

$W_{\Delta.X\lambda\omega\rho\acute{\iota}\omega\sigma\eta\varsigma}$: το πλάτος της Δεξαμενής Χλωρίωσης $\rightarrow [20 \text{ m}]$

❧ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΝΑΛΙΩΝ ΚΑΙ ΜΑΙΑΝΔΡΩΝ ΤΗΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ ΧΛΩΡΙΩΣΗΣ ❧

• Υπολογισμός του πλάτους του εκάστοτε καναλιού της Δ.Χ.

Η απόδοση της χλωρίωσης εξαρτάται τεχνικά από το είδος της ροής μέσα στη δεξαμενή και πειραματικά έχει υπολογιστεί ότι πρέπει να είναι **σωληνοειδής (εμβολική ροή)**. Αυτή επιτυγχάνεται με την κατασκευή μαιανδρικής δεξαμενής που χαρακτηρίζονται από τιμή του λόγου **μήκους ροής : πλάτος ροής $\geq 40:1$** . Για τον λόγο αυτό η δεξαμενή χωρίζεται σε κανάλια μαιανδρικού σχήματος με την τοποθέτηση ανακλαστήρων κάθετα στη διεύθυνση ροής των λυμάτων εντός της Δ.Χ. για την επίτευξη εμβολικής ροής και την αποφυγή νεκρών ζωνών. Γίνεται διαχωρισμός σε 7 επιμέρους κανάλια ροής, τα οποία είναι παράλληλα στην επιμήκη πλευρά (μήκος) της Δ.Χ. με δεδομένη τιμή πάχους κάθε διαχωριστικού μαιάνδρου ίση με 15cm .

- ✓ Πάχος Μαιάνδρου=0.15m
- ✓ Το πλάτος ροής του κάθε καναλιού είναι:

$$W_{\text{καναλιού},\Delta.X\lambda\omega\rho\acute{\iota}\omega\sigma\eta\varsigma} = \frac{W_{\Delta.X\lambda\omega\rho\acute{\iota}\omega\sigma\eta\varsigma}}{N_{\text{καναλιών}}} \rightarrow W_{\text{καναλιού},\Delta.X\lambda\omega\rho\acute{\iota}\omega\sigma\eta\varsigma} = \frac{20 \text{ m} * \text{canal}}{7 \text{ canals}} = 2.9 \text{ m}$$

όπου: $W_{\text{καναλιού},\Delta.X\lambda\omega\rho\acute{\iota}\omega\sigma\eta\varsigma}$: το πλάτος ενός καναλιού της Δεξαμενής Χλωρίωσης $\rightarrow [\text{m} * \text{canal}]$

$W_{\Delta.X\lambda\omega\rho\acute{\iota}\omega\sigma\eta\varsigma}$: το πλάτος της Δεξαμενής Χλωρίωσης $\rightarrow [20 \text{ m}]$

$N_{\text{καναλιών}}$: ο αριθμός των καναλιών της Δεξαμενής Χλωρίωσης $\rightarrow [\text{canals}]$

• Υπολογισμός του συνολικού μήκους ροής στη Δεξαμενή Χλωρίωσης

Το συνολικό μήκος ροής της Δεξαμενής Χλωρίωσης είναι:

$$L_{\rho\acute{o}\eta\varsigma,\Delta.X\lambda\omega\rho\acute{\iota}\omega\sigma\eta\varsigma} = N_{\text{καναλιών}} * L_{\Delta.X\lambda\omega\rho\acute{\iota}\omega\sigma\eta\varsigma} = 7 \text{ canals} * 60 \text{ m} \rightarrow L_{\rho\acute{o}\eta\varsigma,\Delta.X\lambda\omega\rho\acute{\iota}\omega\sigma\eta\varsigma} = 420 \text{ m}$$

όπου: $L_{\rho\acute{o}\eta\varsigma,\Delta.X\lambda\omega\rho\acute{\iota}\omega\sigma\eta\varsigma}$: το συνολικό μήκος ροής στη Δεξαμενή Χλωρίωσης $\rightarrow [\text{m}]$

$N_{\text{καναλιών}}$: ο αριθμός των καναλιών της Δεξαμενής Χλωρίωσης $\rightarrow [\text{canals}]$

$L_{\Delta.X\lambda\omega\rho\acute{\iota}\omega\sigma\eta\varsigma}$: το μήκος της Δεξαμενής Χλωρίωσης $\rightarrow [\text{m}]$

- **Υπολογισμός του λόγου (συνολικό μήκος ροής : πλάτος) Δ.Χ.**

Ελέγχουμε την τιμή του λόγου συνολικού μήκους ροής :πλάτος Δεξαμενής Χλωρίωσης, καθώς για να είναι αποτελεσματική η διαδικασία της χλωρίωσης θα πρέπει ο λόγος αυτός να είναι μεγαλύτερος ή ίσος από 40:1.

$$\frac{L_{\text{ροής,Δ.Χλωρίωσης}}}{W_{\text{καναλιού,Δ.Χλωρίωσης}}} = \frac{420\text{m}}{2.9 \text{ m}} \rightarrow \frac{L_{\text{ροής,Δ.Χλωρίωσης}}}{W_{\text{καναλιού,Δ.Χλωρίωσης}}} = 146.7 \gg 40$$

Ο λόγος που υπολογίστηκε είναι κατά πολύ μεγαλύτερος από το 40:1, άρα η ροή στη Δεξαμενή Χλωρίωσης θα είναι αποτελεσματική.

❖ **Υπολογισμός ταχύτητας ροής καναλιού στη Δεξαμενή Χλωρίωσης για παροχές Q_{max}, Q_{min} και Q_{avg}**

- **Έλεγχος ταχύτητας ροής καναλιού για παροχή Q_{max} θερινή 2047**

Ακολουθεί έλεγχος της ταχύτητας ροής καναλιού της Δεξαμενής Χλωρίωσης για τις τρεις σχεδιαστικές παροχές του 2047. Για τη μέγιστη παροχή του θέρους 2047 ισχύει:

$$Q_{\text{max}} = W_{\text{καναλιού,Δ.Χλωρίωσης}} * H_{\text{Δ.Χλωρίωσης}} * u_{\text{καναλιού,Δ.Χλωρίωσης}} \rightarrow$$

$$u_{\text{καναλιού,Δ.Χλωρίωσης}} = \frac{Q_{\text{max}}}{W_{\text{καναλιού,Δ.Χλωρίωσης}} * H_{\text{Δ.Χλωρίωσης}}} = \frac{\frac{1}{60} \frac{\text{day}}{24 \text{ min}} * 34496.34 \frac{\text{m}^3}{\text{day}}}{0.29 \text{ m} * 0.6 \text{ m}} \rightarrow$$

$$u_{\text{καναλιού,Δ.Χλωρίωσης}} = 5 \frac{\text{m}}{\text{min}} > 4.5 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

u_{καναλιού,Δ.Χλωρίωσης}: η ταχύτητα ροής σε κάθε κανάλι της Δεξαμενής Χλωρίωσης

$$\text{με εύρος τιμών } \left[(2 - 4.5) \frac{\text{m}}{\text{min}} \right]$$

Παρατηρούμε πως η τιμή που υπολογίστηκε είναι λίγο μεγαλύτερη από τη μέγιστη τιμή της ταχύτητας που αντιστοιχεί στο εύρος ελέγχου.

- **Έλεγχος ταχύτητας ροής καναλιού για παροχή Q_{min} χειμερινή 2017**

Για την ελάχιστη παροχή του χειμώνα 2017 ισχύει:

$$Q_{\text{min}} = W_{\text{καναλιού,Δ.Χλωρίωσης}} * H_{\text{Δ.Χλωρίωσης}} * u_{\text{καναλιού,Δ.Χλωρίωσης}} \Rightarrow$$

$$u_{\text{καναλιού, Δ.Χλωρίωσης}} = \frac{Q_{\min}}{W_{\text{καναλιού, Δ.Χλωρίωσης}} * H_{\Delta.Χλωρίωσης}} = \frac{1485.69 \frac{\text{m}^3}{\text{day}} * \frac{1}{24 * 60} \frac{\text{day}}{\text{min}}}{0.29 \text{ m} * 0.6 \text{ m}} =>$$

$$u_{\text{καναλιού, Δ.Χλωρίωσης}} = 0.22 \frac{\text{m}}{\text{min}} < 2 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

Παρατηρούμε πως η τιμή που υπολογίστηκε είναι αρκετά μικρότερη από την ελάχιστη τιμή της ταχύτητας, κάτι το οποίο δεν μας ανησυχεί καθώς τα στερεά που θα συσσωρευτούν στον πυθμένα, πρόκειται να ξεπλυθούν από την επομένη πλημμυρική παροχή, για την οποία θα ισχύει:

$$2 \frac{\text{m}}{\text{min}} \leq u_{\text{καναλιού, Δ.Χλωρίωσης}} \leq 4.5 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

- Έλεγχος ταχύτητας ροής καναλιού για παροχή Q_{avg} θερινή 2047

$$\bar{Q}_{\text{θερινή 2047}} = W_{\text{καναλιού, Δ.Χλωρίωσης}} * H_{\Delta.Χλωρίωσης} * u_{\text{καναλιού, Δ.Χλωρίωσης}} =>$$

$$u_{\text{καναλιού, Δ.Χλωρίωσης}} = \frac{\bar{Q}_{\text{θερινή 2047}}}{W_{\text{καναλιού, Δ.Χλωρίωσης}} * H_{\Delta.Χλωρίωσης}} = \frac{14373 \frac{\text{m}^3}{\text{day}} * \frac{1}{24 * 60} \frac{\text{day}}{\text{min}}}{0.29 \text{ m} * 0.6 \text{ m}} =>$$

$$u_{\text{καναλιού, Δεξ.Χλωρίωσης}} = 2.1 \frac{\text{m}}{\text{min}} \rightarrow 2 \frac{\text{m}}{\text{min}} \leq 2.1 \frac{\text{m}}{\text{min}} \leq 4.5 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

Παρατηρούμε πως η τιμή που υπολογίστηκε είναι εντός των ορίων τιμών της ταχύτητας ροής στο κανάλι και είναι αποδεκτή.

❖ Υπολογισμός της ωφέλιμης επιφάνειας της Δεξαμενής Χλωρίωσης

Για την εκτίμηση του μήκους κάθε μαιάνδρου αφαιρούμε από το συνολικό μήκος της δεξαμενής ένα στοιχειώδες μήκος της τάξεως του 1,0 m (0,5 m από τον μαιάνδρο ως τον ανακλαστήρα και ακόμη 0,5 m από τον ανακλαστήρα έως το τοίχωμα της Δεξαμενής Χλωρίωσης).

- Υπολογισμός μήκους μαιάνδρου

$$L_{\text{μαιάνδρου}} = L_{\Delta.Χλωρίωσης} - 1 \text{ m} = 60 \text{ m} - 1 \text{ m} \rightarrow L_{\text{μαιάνδρου}} = 59 \text{ m}$$

$L_{\text{μαιάνδρου}}$: το μήκος του κάθε μαιάνδρου της Δεξαμενής Χλωρίωσης -> [m]

$L_{\text{ροής, Δ.Χλωρίωσης}}$: το συνολικό μήκος ροής στη Δεξαμενή Χλωρίωσης -> [m]

- **Υπολογισμός αριθμού μαιάνδρων**

$$N_{\text{μαιάνδρων}} = N_{\text{καναλιών}} - 1 = 7 - 1 \rightarrow N_{\text{μαιάνδρων}} = 6$$

$N_{\text{μαιάνδρων}}$: ο αριθμός των μαιάνδρων της Δεξαμενής Χλωρίωσης

$N_{\text{καναλιών}}$: ο αριθμός των καναλιών της Δεξαμενής Χλωρίωσης

- **Υπολογισμός ωφέλιμης επιφάνειας Δεξαμενής Χλωρίωσης**

$$A_{\text{ωφέλιμη Δ.Χλωρίωσης}} = A_{\text{Δ.Χλωρίωσης}} - N_{\text{μαιάνδρων}} * L_{\text{μαιάνδρου}} * W_{\text{μαιάνδρου}}$$

$$A_{\text{ωφέλιμη Δ.Χλωρίωσης}} = 1198 \text{ m}^2 - 6 * 59 \text{ m} * 0.15 \text{ m} \rightarrow A_{\text{ωφέλιμη Δ.Χλωρίωσης}} = 1145 \text{ m}^2$$

όπου: $A_{\text{ωφέλιμη Δ.Χλωρίωσης}}$: η ωφέλιμη επιφάνεια της Δεξαμενής Χλωρίωσης $\rightarrow [\text{m}^2]$

$N_{\text{μαιάνδρων}}$: ο αριθμός των μαιάνδρων της Δεξαμενής Χλωρίωσης

$A_{\text{μαιάνδρου}}$: η επιφάνεια του κάθε μαιάνδρου $\rightarrow [\text{m}^2]$

$L_{\text{μαιάνδρου}}$: το μήκος του κάθε μαιάνδρου της Δεξαμενής Χλωρίωσης $\rightarrow [\text{m}]$

$W_{\text{μαιάνδρου}}$: το πλάτος-πάχος του κάθε μαιάνδρου της Δεξαμενής Χλωρίωσης $\rightarrow [0.15 \text{ m}]$

❖ **Υπολογισμός απαιτούμενης μηνιαίας δόσης χλωρίου**

- **Υπολογισμός απαιτούμενης ικανότητας χλωριωτή για Q_{max}**

Πίνακας 55: Τυπικές συγκεντρώσεις (δόσεις) χλωρίου (Πίν. 7 - 2, Αναστάσιος Ι. Στάμου Ζηνόβιος Σ. Βογιατζής, Βασικές αρχές και Σχεδιασμός Συστημάτων και Επεξεργασία Αποβλήτων, 2^η Έκδοση).

Είδος αποβλήτου	Δόση (mg/L)
Ανεπεξέργαστο	6-12
Ανεπεξέργαστο (σπιτικό)	12-25
Από πρωτοβάθμια καθίζηση	3-20
Από πρωτοβάθμια καθίζηση με χημική επεξεργασία	2-12
Από βιολογικό φίλτρο	3-15
Από ενεργό ιλύ	2-9

Πίνακας 56: Τυπικές απαιτούμενες δόσεις χλωρίου, βασισμένες στο δεσμευμένο χλώριο, εκτός αν σημειώνεται διαφορετικά, για να επιτευχθούν διαφορετικές προδιαγραφές απολύμανσης ολικών κολοβακτηριδίων για διάφορα απόβλητα με χρόνο επαφής 30 λεπτά - U.S. EPA (1986), White (1999) (Πίνακας 12.13 - Metcalf & Eddy, Μηχανική Υγρών Αποβλήτων, Επεξεργασία & Επαναχρησιμοποίηση, 4^η Έκδοση - Τόμος Α', Εκδόσεις Τζιόλα).

Τύπος Υγρών Αποβλήτων	Αρχική μέτρηση κολοβακτηριδίων, MPN/100mL	Δόση χλωρίου, mg/L			
		Προδιαγραφές για εκροή, MPN/100 mL			
		1000	200	23	≤2,2
Ανεπεξέργαστα απόβλητα	10 ⁷ -10 ⁹	15-40			
Πρωτοβάθμια εκροή	10 ⁷ -10 ⁹	10-30	20-40		
Εκροή βιολογικού φίλτρου	10 ⁵ -10 ⁶	3-10	5-20	10-40	
Εκροή ενεργού ιλύος	10 ⁵ -10 ⁶	2-10	5-15	10-30	
Διηθημένη εκροή ενεργού ιλύος	10 ⁴ -10 ⁶	4-8	5-15	6-20	8-30
Εκροή από νιτροποίηση	10 ⁴ -10 ⁶	4-12	6-16	8-18	8-20
Διηθημένη εκροή από νιτροποίηση	10 ⁴ -10 ⁶	4-10	6-12	8-14	8-16
Εκροή μικροδιήθησης	10 ¹ -10 ³	1-3	2-4	2-6	4-10
Αντίστροφη όσμωση	~0	0	0	0	0-2
Εκροή σιπτικής δεξαμενής	10 ⁷ -10 ⁹	20-40	40-60		
Εκροή αμμόφιλτρου διακοπτόμενης λειτουργίας	10 ² -10 ⁴	1-5	2-8	5-10	8-18

Για την εκτίμηση της απαιτούμενης δόσης χλωρίου, λαμβάνονται υπόψη οι ακόλουθες παραδοχές:

- Εκτιμάται πως η συγκέντρωση των ολικών κολοβακτηριδίων στην εκροή μετά την δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης είναι 10⁷/100 mL.
- Από την νομοθεσία η συγκέντρωση των ολικών κολοβακτηριδίων στην εκροή μετά την χλωρίωση πρέπει να είναι 10³/100 mL.
- Απαιτούμενος χρόνος επαφής λυμάτων και χλωρίου $\tau_{\text{επαφής}}=30 \text{ min}$ (τυπικό εύρος 30 -120 min)

Άρα σύμφωνα με τους παραπάνω πίνακες , και δεδομένου ότι έχουμε εκροή ενεργού ιλύος , η δόση χλωρίου που θα χρησιμοποιούμε, θα έχει συγκέντρωση $C = 8 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$.

Υπολογίζουμε λοιπόν το γινόμενο $C * \tau = \left(8 \frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) * (30\text{min}) = 240 \frac{\text{mg} * \text{min}}{\text{L}} > 200 \frac{\text{mg} * \text{min}}{\text{L}}$.

Η μέγιστη απαιτούμενη ικανότητα του χλωριωτή είναι:

$$\frac{\text{Cl}_2}{\text{d}} = \text{dose} * Q_{\text{max}} \Rightarrow \frac{\text{Cl}_2}{\text{d}} = 8 \frac{\text{mg}}{\text{L}} * \frac{1}{10^6} \frac{\text{kg}}{\text{mg}} * 10^3 \frac{\text{L}}{\text{m}^3} * 34495 \frac{\text{m}^3}{\text{day}} \Rightarrow \frac{\text{Cl}_2}{\text{d}} = 276 \frac{\text{kg}}{\text{day}}$$

όπου: dose: Η ημερήσια χρησιμοποιούμενη δόση χλωρίου $\rightarrow \left[\frac{\text{mg}}{\text{L}}\right]$

Q_{max} : η μέγιστη παροχή σχεδιασμού το καλοκαίρι 2047 $\rightarrow \left[Q_{\text{max, θερινό 2047}} = 34496 \frac{\text{m}^3}{\text{day}}\right]$

- Υπολογισμός μέσης μηνιαίας ποσότητας χλωρίου

Η μηνιαία ποσότητα χλωρίου είναι: $\frac{\text{Cl}_2}{\text{month}} = 276 \frac{\text{kg}}{\text{day}} * 30 \text{ day} = 8278.9 \frac{\text{kg}}{\text{month}}$

- **Υπολογισμός απαιτούμενης μηνιαίας ποσότητας υποχλωριώδους νατρίου (NaOCl)**

Η προμήθευση αέριου χλωρίου είναι αρκετά δύσκολη, γι' αυτό η απολύμανση θα γίνει με τη ρίψη υποχλωριώδους νατρίου (NaOCl), το οποίο είναι διαθέσιμο μόνο σε υγρή μορφή και συνήθως περιέχει (12-15) % διαθέσιμο χλώριο. Επιλέγουμε, να δημιουργήσουμε διάλυμα 15 % w/v και η συνολική μάζα του διαλύματος θα είναι βάσει στοιχειομετρίας:

Η απαιτούμενη μηνιαία ποσότητα υποχλωριώδους νατρίου είναι:

$$m_{\text{NaOCl, διάλυματος}} = \frac{8278.9 \text{ kg Cl}_2}{0.15} \rightarrow m_{\text{NaOCl, διάλυματος}} = 55192.5 \text{ kg NaOCl}$$

Με γνωστή την πυκνότητα του NaOCl σε θερμοκρασία 25°C μπορεί να υπολογιστεί ο όγκος του διαλύματος του υποχλωριώδους νατρίου:

$$V_{\text{NaOCl}} = \frac{m_{\text{NaOCl}}}{\rho_{\text{NaOCl}@25^\circ\text{C}}} \Rightarrow V_{\text{NaOCl}} = \frac{55192.5 \text{ kg}}{1.206 \frac{\text{kg}}{\text{L}}} \rightarrow V_{\text{NaOCl}} = 45765 \text{ L} = 45.8 \text{ m}^3 \cong 46 \text{ m}^3$$

όπου: V_{NaOCl} : ο όγκος του διαλύματος του υποχλωριώδους νατρίου NaOCl) $\rightarrow [L_{\text{διάλυματος NaOCl}}]$

m_{NaOCl} : η μάζα του διαλύματος του υποχλωριώδους νατρίου (NaOCl) $\rightarrow [\text{kg NaOCl}]$

$\rho_{\text{NaOCl}@25^\circ\text{C}}$: η πυκνότητα του διαλύματος του υποχλωριώδους νατρίου (NaOCl) στους 25°C

$$\rightarrow \left[1.206 \frac{\text{kg NaOCl}}{\text{L διάλυματος NaOCl}} \right]$$

❖ Διαστασιολόγηση δεξαμενής αποθήκευσης υποχλωριώδους νατρίου NaOCl

- **Υπολογισμός όγκου δεξαμενής αποθήκευσης υποχλωριώδους νατρίου**

Λόγω της πιθανότητας να χάσει μέρος της ισχύος του, το NaOCl, πρέπει να αποθηκεύεται σε δροσερό μέρος, γι' αυτό χρειάζεται η κατασκευή δεξαμενής αποθήκευσης ανθεκτική στη διάβρωση. Ο όγκος της δεξαμενής αποθήκευσης (με ένα συντελεστή ασφαλείας $\sigma=2$) είναι:

$$V_{\Delta\epsilon\chi.\text{Αποθ. NaOCl}} = 2 \cdot 46 \text{ m}^3 = 92 \text{ m}^3$$

- **Υπολογισμός επιφάνειας δεξαμενής αποθήκευσης υποχλωριώδους νατρίου**

$$A_{\Delta\text{Αποθ. NaOCl}} = \frac{V_{\Delta\text{Αποθ. NaOCl}}}{H_{\Delta\text{Αποθ. NaOCl}}} = \frac{92 \text{ m}^3}{1.5 \text{ m}} \rightarrow A_{\Delta\text{Αποθ. NaOCl}} = 61.1 \text{ m}^2$$

όπου:

$A_{\Delta\epsilon\chi.\text{Αποθ.}\text{NaOCl}}$: η επιφάνεια της Δεξαμενής Αποθήκευσης του NaOCl [m^2]

$V_{\Delta\epsilon\chi.\text{Αποθ.}\text{NaOCl}}$: ο όγκος της Δεξαμενής Αποθήκευσης του NaOCl [m^3]

$H_{\Delta\epsilon\chi.\text{Αποθ.}\text{NaOCl}}$: το ύψος της Δεξαμενής Αποθήκευσης του NaOCl [m]

Η Δεξαμενή Αποθήκευση του NaOCl είναι κυλινδρική, με διάμετρο:

$$D_{\Delta\text{.Αποθ.}\text{NaOCl}} = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{\Delta\text{.Αποθ.}\text{NaOCl}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 61.1 \text{ m}^2}{\pi}} \rightarrow D_{\Delta\epsilon\chi.\text{Αποθ.}\text{NaOCl}} = \mathbf{8.8\text{m}}$$

όπου: $D_{\Delta\text{.Αποθ.}\text{NaOCl}}$: η διάμετρος της Δεξαμενής Αποθήκευσης του NaOCl [m]

$A_{\Delta\text{.Αποθ.}\text{NaOCl}}$: η επιφάνεια της Δεξαμενής Αποθήκευσης του NaOCl [m^2]

Πίνακας 57: Σχεδιαστικά Χαρακτηριστικά Δεξαμενής Χλωρίωσης

ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ	
Χρόνος Παραμονής τ	30 min
Επιφάνεια (A)	1198 m^2
Όγκος (V)	719 m^3
Μήκος (L)	60 m
Πλάτος (W)	20 m
Βάθος ροής (D)	0.6 m
Μήκος ροής ($L_{\text{ροής}}$)	420 m
Αριθμός λωρίδων	7
Πλάτος λωρίδας	2.9 m
Μέση Ταχύτητα ροής	2.1 m/min

5.10 ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΝΕΡΟΥ

5.10.1 ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΚΡΟΚΙΔΩΣΗΣ

Κροκίδωση ή θρόμβωση ονομάζεται το φαινόμενο της εξουδετέρωσης του ηλεκτρικού φορτίου των μικκυλίων κολλοειδούς διασποράς, που έχει ως αποτέλεσμα τη συσσωμάτωση και καταβύθισή τους. Το αποτέλεσμα της διεργασίας αυτής είναι η συνένωση των αποσταθεροποιημένων κολλοειδών και η δημιουργία κροκίδων. Επιπλέον, ως **κροκιδωτικό** ορίζεται το χημικό αντιδραστήριο, το οποίο προστίθεται, ώστε να επέλθει η αποσταθεροποίηση των κολλοειδών σωματιδίων από τα υγρά απόβλητα. Τα **κολλοειδή** αιωρούμενα σωματίδια, υπάρχουν στο νερό και στα απόβλητα και είναι συστήματα διασποράς σε μορφή σωματιδίων τάξης μεγέθους $10^{-7} - 10^{-4}$ cm (0.01 - 1.0 μ m) που ονομάζονται μικκύλια. Η σταθερότητα των υδρόφοβων κολλοειδών οφείλεται στις απωστικές ηλεκτρικές δυνάμεις, ενώ των υδρόφιλων οφείλεται περισσότερο στη συγγένεια τους με το νερό. Επιπροσθέτως, η σταθερότητα των κολλοειδών, οφείλεται σε ορισμένες ουσίες που χρησιμοποιούνται ως κροκιδωτικά, όπως το θεικό αργίλιο ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$), ο θεικός σίδηρος ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$), ο επταένυδρος θεικός υποσίδηρος ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), ο χλωριούχος σίδηρος ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), το αργιλικό νάτριο (NaAlO_2), η υδράσβεστος ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), το θεικό οξύ (H_2SO_4), το διοξείδιο του θείου (SO_2) και διάφοροι πολυηλεκτρολύτες.

Τα **μικκύλια** μπορεί να είναι συσσωματώματα μορίων, μικροκρύσταλλοι, ή μεγαλομόρια, ενώ είναι απίθανο να απομακρυνθούν με καθίζηση, καθώς είναι σχετικά μεγάλα και βαριά και απωθούνται αμοιβαία μεταξύ τους, επειδή έχουν εξωτερικά ομοειδές ηλεκτρικό φορτίο. Συνεπώς πρέπει πρώτα να αποσταθεροποιηθούν και στη συνέχεια να συνενωθούν σε μεγαλύτερους σχηματισμούς για αποτελεσματικότερη απομάκρυνση.

Γενικότερα, η **κροκίδωση** και η **συσσωμάτωση** είναι από τις πιο σημαντικές διεργασίες επεξεργασίας των αποβλήτων και απαιτούν το συνδυασμό φυσικών και χημικών φαινομένων για την παραγωγή νερού κατάλληλου για χρήση από τον άνθρωπο. Βασικός σκοπός των διεργασιών κροκίδωση-συσσωμάτωση, είναι η συνένωση μικρών σωματιδίων σε μεγαλύτερα, τα οποία απομακρύνονται στη συνέχεια από το νερό με καθίζηση ή επίπλευση ή διήθηση, ενώ συμβάλλουν στον αποτελεσματικό καθαρισμό του νερού και των αποβλήτων με χαμηλό κόστος επεξεργασίας. Ουσιαστικά είναι τεχνικές επεξεργασίας των αποβλήτων για την απομάκρυνση αιωρούμενων στερεών μικρού μεγέθους (μικρότερα από 10 μ m). Κατά τη διάρκεια της κροκίδωσης γίνεται η προσθήκη χημικών στο υγρό απόβλητο τα οποία κάτω από συνθήκες ταχείας ανάμειξης διασπείρονται σε όλο τον όγκο του υγρού, με αποτέλεσμα να υλοποιείται η αποσταθεροποίηση των σωματιδίων του αρχικού διαλύματος λόγω της εξουδετέρωσης των φορτίων των κολλοειδών.

☞ Συνοπτικά η κροκίδωση είναι μια διεργασία αποσταθεροποίησης των κολλοειδών σωματιδίων έτσι ώστε να λαμβάνει χώρα αύξηση του μεγέθους των σωματιδίων ως αποτέλεσμα των συγκρούσεων μεταξύ αυτών και το κροκιδωτικό είναι το χημικό αντιδραστήριο το οποίο προστίθεται για την αποσταθεροποίηση των κολλοειδών σωματιδίων στα υγρά απόβλητα έτσι ώστε να προκύψει ο σχηματισμός κροκίδων.

Πιο συγκεκριμένα:

- Για τη διαστασιολόγηση της Δεξαμενής Κροκίδωσης επιλέγεται χρόνος παραμονής $\tau_{\text{Δεξ.Κροκ.}} = 2 \text{ min}$ (από το βιβλιογραφικό εύρος 1 – 2 min).
- Χρησιμοποιείται δεξαμενή ταχείας ανάμειξης με προσθήκη PAC (Polyaluminum Chloride, με 17% Al_2O_3), ως κροκιδωτικό, με βέλτιστη δόση Al_2O_3 20 mg/L
- Σχεδιαστική τιμή βαθμίδας ταχύτητας $G = 700 \text{ s}^{-1}$ (όπου $G = 700\text{-}1000 \text{ s}^{-1}$)

ΔΟΣΗ ΚΡΟΚΙΔΩΤΙΚΟΥ

Η βέλτιστη δόση του κροκιδωτικού εκτιμάται, κανονικά, υπό πειραματικές συνθήκες, με το Jar test. Εδώ, η επιλογή της δόσης θα γίνει με βάση τις βιβλιογραφικές τιμές. Μια ικανοποιητική δόση Al_2O_3 , που εξυπηρετεί τις ανάγκες της εγκατάστασης, είναι 20 mg/L (τυπικά όρια 10-20 mg/L Al_2O_3). Το PAC περιέχει 17% Al_2O_3 . Παρακάτω παρουσιάζονται η ημερήσια και μηνιαία δόση κροκιδωτικού PAC, με βάση την περιεκτικότητα του σε Al_2O_3 .

$$\begin{aligned} \text{Ημερήσια Δόση (απαίτηση) } \text{Al}_2\text{O}_3 &: \frac{20\text{mg}}{\text{L}} * Q_{\text{επαναχρ.}} = \frac{0.02\text{kg}}{\text{m}^3} * Q_{\text{επαναχρ.}} = \frac{0.02\text{kg}}{\text{m}^3} * 4907 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \\ &= 98.1 \frac{\text{kg}}{\text{d}} \text{ Al}_2\text{O}_3 \end{aligned}$$

$$\text{Μηνιαία Δόση (απαίτηση) } \text{Al}_2\text{O}_3 : \text{ Ημερήσια Δόση} * 30 \text{ d} = 98.1 \frac{\text{kg}}{\text{d}} * 30 \text{ d} = 2944.1 \frac{\text{kg}}{\text{month}} \text{ Al}_2\text{O}_3$$

Φορτίο εισόδου του κροκιδωτικού PAC:
Το PAC περιέχει 17% Al_2O_3 .

$$m_{\text{PAC}} = \frac{2944.1 \text{ kg Cl}_2}{0.17} \rightarrow m_{\text{PAC}} = 17318.2 \frac{\text{kg}}{\text{month}} \text{ PAC}$$

ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ

- ❖ Επιλέγεται κατασκευή κυλινδρικής δεξαμενής κροκίδωσης
- ❖ Ποσοστό της παροχής που θα κατευθύνεται προς το ρεύμα επαναχρησιμοποίησης = 50%

Προσδιορίζεται η παροχή της δεξαμενής εξισορρόπησης (ή αλλιώς η παροχή που θα κατευθύνεται προς το ρεύμα επαναχρησιμοποίησης), η οποία ανεξαρτήτως των υπόλοιπων παροχών, θα διατηρείται διαρκώς **σταθερή**: $Q_{\text{επαναχρ.}} = 50\% \cdot Q_{\text{μέση θερμική 2017}} = 50\% \cdot 9814 = 49707 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$

Η παροχή αυτή αποτελεί την παροχή εξόδου της προηγούμενης, κατά σειρά, δεξαμενής (Δεξ. Εξισορρόπησης), και κατ' επέκταση, παροχή εισόδου της Δεξαμενής Κροκίδωσης

- Όγκος της Δεξαμενής Κροκίδωσης ($V_{\text{Δεξ.Κροκ.}}$)

$$\tau_{\text{Δεξ.Κροκ.}} = \frac{V_{\text{Δεξ.Κροκ.}}}{Q_{\text{επαναχρ.}}} \rightarrow V_{\text{Δεξ.Κροκ.}} = Q_{\text{επαναχρ.}} * \tau_{\text{Δεξ.Κροκ.}} = 6.82 \text{ m}^3$$

όπου:

$\tau_{\text{Δεξ.Κροκ.}}$ (min): ο χρόνος παραμονής στη Δεξαμενή κροκίδωσης

$Q_{\text{επαναχρ.}}$ ($\frac{\text{m}^3}{\text{day}}$): η παροχή που θα κατευθύνεται προς το ρεύμα επαναχρησιμοποίησης

$V_{\text{Δεξ.Κροκ.}}$ (m^3): Ο όγκος της Δεξαμενής Κροκίδωσης

- **Επιφάνεια της δεξαμενής ($A_{\Delta\epsilon\chi,Κροκ.}$), διάμετρος ($d_{\Delta\epsilon\chi,Κροκ.}$) και ακτίνα ($r_{\Delta\epsilon\chi,Κροκ.}$)**

Εκλέγοντας ύψος δεξαμενής $H_{\Delta\epsilon\chi,Κροκ.} = 2\text{ m}$ υπολογίζεται η επιφάνεια της δεξαμενής:

$$A_{\Delta\epsilon\chi,Κροκ.} = \frac{V_{\Delta\epsilon\chi,Κροκ.}}{H_{\Delta\epsilon\chi,Κροκ.}} = \frac{6.82 \text{ m}^3}{2 \text{ m}}$$

$$A_{\Delta\epsilon\chi,Κροκ.} = 3.41 \text{ m}^2$$

Η διάμετρος της δεξαμενής θα είναι:

$$\begin{aligned} A_{\Delta\epsilon\chi,Κροκ.} &= \pi \cdot \frac{d_{\Delta\epsilon\chi,Κροκ.}^2}{4} \Rightarrow d_{\Delta\epsilon\chi,Κροκ.}^2 \\ &= \frac{4 \cdot A_{\Delta\epsilon\chi,Κροκ.}}{\pi} \Rightarrow d_{\Delta\epsilon\chi,Κροκ.} \\ &= \sqrt{\frac{4 \cdot A_{\Delta\epsilon\chi,Κροκ.}}{\pi}} \\ d_{\Delta\epsilon\chi,Κροκ.} &= \sqrt{\frac{4 \cdot 6.82 \text{ m}^2}{\pi}} = 2.1 \text{ m} \end{aligned}$$

Αντίστοιχα η ακτίνα :

$$r_{\Delta\epsilon\chi,Κροκ.} = \frac{d_{\Delta\epsilon\chi,Κροκ.}}{2} = \frac{2.1 \text{ m}}{2} = 1.04 \text{ m}$$

☞ Πρέπει να ικανοποιείται η συνθήκη **$d:H = 1:1$** . Στην προκειμένη περίπτωση, **$d:H = 1.04$** , που είναι αποδεκτό.

Πίνακας 58: Σχεδιαστικά χαρακτηριστικά Δεξαμενής Κροκίδωσης

ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΚΥΚΛΙΚΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ	
Παροχή σχεδιασμού $Q_{\epsilon\pi\alpha\nu\alpha\chi\rho.} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{day}}\right)$	4907
Χρόνος παραμονής στη Δεξαμενή Κροκίδωσης $\tau_{\Delta\epsilon\chi,Κροκ.} \text{ (min)}$	2
Όγκος Δεξαμενής Κροκίδωσης $V_{\Delta\epsilon\chi,Κροκ.} \text{ (m}^3\text{)}$	6.82
Ύψος Δεξαμενής Κροκίδωσης $H_{\Delta\epsilon\chi,Κροκ.} \text{ (m)}$	2
Επιφάνεια Δεξαμενής Κροκίδωσης $A_{\Delta\epsilon\chi,Κροκ.} \text{ (m}^2\text{)}$	3.41
Διάμετρος Δεξαμενής Κροκίδωσης $d_{\Delta\epsilon\chi,Κροκ.} \text{ (m)}$	2.08
Ακτίνα Δεξαμενής Κροκίδωσης $r_{\Delta\epsilon\chi,Κροκ.} \text{ (m)}$	1.04

☞ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΑΝΑΔΕΥΤΗΡΑ ΤΗΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ ΚΡΟΚΙΔΩΣΗΣ ☞

Ο υπολογισμός της ισχύος του αναδευτήρα αποτελεί μία σημαντικότερη παράμετρο στο σχεδιασμό της δεξαμενής κροκίδωσης, καθώς η αποδοτικότητα της εξαρτάται από την ταχεία ανάμειξη. Ο υπολογισμός της ισχύος P που καταναλώνεται από τον αναδευτήρα στο ρευστό θα γίνει με χρήση του τύπου:

$$P = G^2 \cdot V_{\Delta\epsilon\chi,Κροκ.} \cdot \mu$$

όπου: $P \text{ (W)}$: Η ισχύς του αναδευτήρα της δεξαμενής κροκίδωσης

$G \text{ (sec}^{-1}\text{)}$: η κλίση της ταχύτητας του αναδευτήρα, $G = 700 \text{ sec}^{-1}$

$V_{\Delta\epsilon\chi,Κροκ.} \text{ (m}^3\text{)}$: Ο όγκος της δεξαμενής κροκίδωσης

$\mu \left(\frac{\text{N}\cdot\text{s}}{\text{m}^2}\right)$: το δυναμικό ιξώδες του νερού στους 20°C , $\mu = 1005 \cdot 10^{-3} \frac{\text{N}\cdot\text{s}}{\text{m}^2}$

$$\Rightarrow P = (700 \text{ sec}^{-1})^2 \cdot 6.82 \text{ m}^3 \cdot 0.001005 \frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}^2} = 3356.1 \text{ W} = 3.4 \text{ KW}$$

Ο τύπος αναδευτήρα που επιλέγουμε να χρησιμοποιήσουμε είναι **τουρμπίνα 6 πτερυγίων συνολική διάμετρο ίση με το 1/3 της διαμέτρου της δεξαμενής**.

Διάμετρος τουρμπίνας (φτερωτής) :

$$D_{\varphi} = \frac{1}{3} * d_{\Delta\epsilon\chi.\text{K}\rho\omicron\kappa.} = 0.7 \text{ m}$$

$$\text{και } D_{\varphi} = \sqrt[5]{\frac{P}{N_p \cdot n^3 \cdot \rho_{\lambda\upsilon\mu.}}} = \sqrt[5]{\frac{3356.1 \text{ W}}{3.5 \cdot n^3 \cdot 998 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}} = 0.7 \text{ m} \rightarrow \mathbf{n = 1.8 \text{ rps}}$$

Όπου: D_{φ} (m): Η διάμετρος της τουρμπίνας του αναδευτήρα της δεξαμενής κροκίδωσης

P (W): Η ισχύς του αναδευτήρα της δεξαμενής κροκίδωσης, $P = 3356.1 \text{ W}$

n (rps): Η ταχύτητα περιστροφής του αναδευτήρα της δεξαμενής κροκίδωσης

$\rho_{\lambda\upsilon\mu.} (\frac{\text{kg}}{\text{m}^3})$: Η πυκνότητα του λύματος η οποία θεωρείται ίδια με την πυκνότητα του νερού
 $\rho_{\lambda\upsilon\mu.} = \rho_{\text{H}_2\text{O}} = 998.2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ στους 20°C

N_p (—): αδιάστατη σταθερά με τυπικά εύρη 2-5, $N_p = 3.5$

Τέλος, πραγματοποιείται έλεγχος του αριθμού Reynolds (Re) για να βεβαιωθούμε πως στη δεξαμενή θα επικρατούν συνθήκες τυρβώδους ροής.

Εχουμε δεξαμενή ανάδευσης, οπότε ο προσδιορισμός πραγματοποιείται από τον παρακάτω τύπο

$$\text{Re} = \frac{D_{\varphi}^2 \cdot n \cdot \rho_{\lambda\upsilon\mu.}}{\mu} = (0.7 \text{ m})^2 \cdot 1.8 \text{ rps} \cdot \frac{998.2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{0.001005 \frac{\text{N} \cdot \text{sec}}{\text{m}^2}} = 8.7 * 10^5 \gg 10^4$$

Συμπερασματικά, αφού **$\text{Re} > 10^4$** , η ροή στην δεξαμενή είναι **τυρβώδης**.

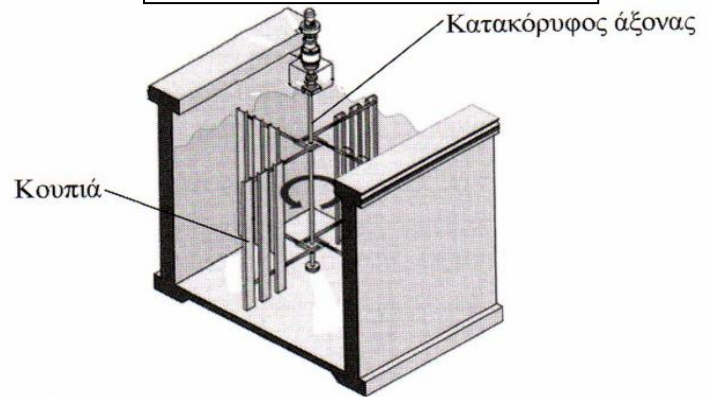
Πίνακας 59: Χαρακτηριστικά Αναδευτήρα

Ισχύς P (KW)	3.4
Διάμετρος τουρμπίνας D_{φ} (m)	0.7
ταχύτητα περιστροφής του αναδευτήρα n (rps)	1.8
κλίση της ταχύτητας του αναδευτήρα G (sec^{-1})	700

5.10.2 ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΣΥΣΣΩΜΑΤΩΣΗΣ

Το στάδιο που ακολουθεί την κροκίδωση είναι αυτό της συσσωμάτωσης. Η συσσωμάτωση όπως και η κροκίδωση αποτελούν **χημικές διεργασίες**, και είναι ζωτικής σημασίας για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων και νερού. Οι δύο αυτές διεργασίες, οι οποίες δρουν σε συνδυασμό και μεταξύ τους, αλλά και με τις υπόλοιπες διεργασίες απομάκρυνσης στερεών, έχουν ως αποτέλεσμα την απομάκρυνση της θολότητας του λύματος, του χρωματισμού, των βακτηρίων, της βιολογικής ύλης, τους διάφορους ιούς και άλλες οργανικές ουσίες φυσικής ή βιομηχανικής προέλευσης.

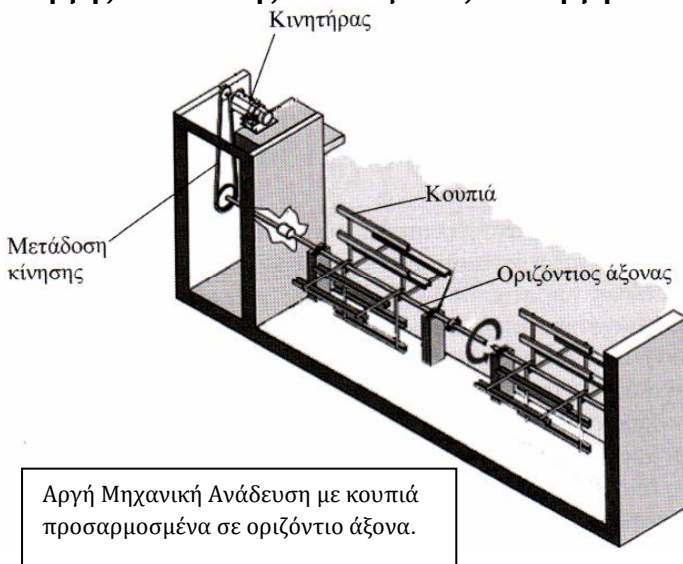
Αργή Μηχανική Ανάδευση με κουπιά
προσαρμοσμένα σε κατακόρυφο άξονα.



Η συσσωμάτωση είναι μια διεργασία **βραδείας ανάδευσης (σε σχέση με την Κροκίδωση)**, όπου οι κροκίδες που έχουν ήδη δημιουργηθεί προηγουμένως, έρχονται σε επαφή και φτιάχνουν ακόμα μεγαλύτερα συσσωματώματα, τους θρόμβους. Σημαντική επίδραση στη δημιουργία των θρόμβων παρουσιάζει η χρήση συνθετικών οργανικών πολυμερών (συσσωματικά), τα οποία επιτυγχάνουν την αποσταθεροποίηση των κολλοειδών.

Η προσθήκη του συσσωματωτικού έχει ως στόχο να ενισχύσει την δημιουργία συσσωματωμάτων (θρόμβων) και κατ' επέκταση να υποβοηθήσει την βαρυτική καθίζηση (η οποία θα συμβεί εξαιτίας του αυξημένου βάρους των μεγάλων σωματιδίων). Τα αποσταθεροποιημένα σωματίδια και κολλοειδή που έχουν δημιουργηθεί συγκρούονται και συγκολλούνται, μέσω δεσμών υδρογόνου ή δυνάμεων Van Der Waals σχηματίζοντας μεγαλύτερα σωματίδια (συσσωματώματα), τα οποία απομακρύνονται στη συνέχεια μέσω της χημικής καθίζησης.

Η συσσωμάτωση, όπως προαναφέρθηκε, συνήθως επιτυγχάνεται μέσω μιας συνεχούς και αργής ανάδευσης του λύματος. Η αργή ανάδευση επιτυγχάνεται είτε με την προσφορά ισχύος από ένα κινητήρα (μηχανική ανάδευση) είτε με βαρύτητα (υδραυλική ανάδευση).



Υπάρχουν 4 τύποι δεξαμενών αργής ανάδευσης- συσσωμάτωσης:

- α) τύπου αγωγού
- β) μαιανδρικές δεξαμενές οριζόντιες
- γ) μαιανδρικές δεξαμενές κατακόρυφες
- δ) δεξαμενές μηχανικής ανάδευσης (θρόμβωσης)

Στην προκειμένη περίπτωση χρησιμοποιείται 4ου τύπου δεξαμενή, δηλαδή **μηχανικής ανάδευσης**.

ΔΟΣΗ ΣΥΣΣΩΜΑΤΙΚΟΥ

Η βέλτιστη δόση του συσσωματικού εκτιμάται, κανονικά, υπό πειραματικές συνθήκες, με το Jar test. Εδώ, η επιλογή της δόσης θα γίνει με βάση τις βιβλιογραφικές τιμές. Ως συσσωματωτικό μέσο επιλέγεται το συνθετικό οργανικό κατιοντικό πολυμερές πολυαιθυλενοαμίνη. Μια ικανοποιητική δόση συσσωματικού που εξυπηρετεί τις ανάγκες της εγκατάστασης είναι 30 mg/L (Χρυσικόπουλος, 2013).

Φορτίο εισόδου του κροκιδωτικού:

$$\text{Ημερήσια Δόση} : \frac{30\text{mg}}{\text{L}} * Q_{\text{επαναχρ.}} = \frac{0.03\text{kg}}{\text{m}^3} * Q_{\text{επαναχρ.}} = \frac{0.03\text{kg}}{\text{m}^3} * 4906.8 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} = 147.2 \frac{\text{kg}}{\text{d}}$$

$$\text{Μηνιαία Δόση} : \text{Ημερήσια Δόση} * 30 \text{ d} = 147.2 \frac{\text{kg}}{\text{d}} * 30 \text{ d} = 4416.1 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ

Πίνακας 60. Τυπικά Εύρη Σχεδιαστικών χαρακτηριστικών συσσωμάτωσης

Σχεδιαστική Μεταβλητή	Εύρος τιμών
G	25-65 s ⁻¹
G*τ	10 ⁴ -10 ⁵
τ (χρόνος παραμονής)	15-60 min

Η συσσωμάτωση συνήθως λαμβάνει χώρα σε 2 ως 3 ξεχωριστές δεξαμενές, οι οποίες βρίσκονται σε σειρά, με βηματική μεταβολή του G. Στην προκειμένη περίπτωση θα χρησιμοποιηθούν **2** δεξαμενές σε σειρά, με φθίνουσα μέση βαθμίδα ταχύτητας G, με **G = 40s⁻¹** και **G = 30s⁻¹** αντίστοιχα, και **G*τ=5*10⁴** (κοινό και για τις 2 δεξαμενές)

- Ο μέσος χρόνος παραμονής τ σε κάθε δεξαμενή θα είναι (δεδομένου ότι **Gμέσο=35s⁻¹**)

$$\tau_{\text{Δεξ.Συσσ.}} = \frac{G * \tau}{G} = \frac{50000}{35} = 24 \text{ min}$$

- Ο συνολικός όγκος των δεξαμενών συσσωμάτωσης (V_{Δεξ.Συσσ.}(m³)) είναι:

$$V_{\text{Δεξ.Συσσ.}} = Q_{\text{επαν}} * \tau_{\text{Δεξ.Συσσ.}} = 4907 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} * 24\text{min} * \left(\frac{1\text{d}}{1440\text{min}} \right) = 81 \text{ m}^3$$

$$\text{Εφόσον έχουμε δυο ίσες δεξαμενές: } \frac{V_{\text{Δεξ.Συσσ.}}}{2} = V_{\text{Δεξ.Συσσ.1}} = V_{\text{Δεξ.Συσσ.2}} = \frac{81 \text{ m}^3}{2} = 40.5 \text{ m}^3$$

- **Επιφάνεια της κάθε δεξαμενής ($A_{\Delta\epsilon\chi.\Sigma\upsilon\sigma\sigma.}$), διάμετρος ($d_{\Delta\epsilon\chi.\Sigma\upsilon\sigma\sigma.}$) και ακτίνα ($r_{\Delta\epsilon\chi.\Sigma\upsilon\sigma\sigma.}$)**

Εκλέγοντας ύψος δεξαμενής $H_{\Delta\epsilon\chi.\Sigma\upsilon\sigma\sigma.} = 2\text{ m}$, υπολογίζεται η επιφάνεια της κάθε δεξαμενής:

$$A_{\Delta\epsilon\chi.\Sigma\upsilon\sigma\sigma.} = \frac{V_{\Delta\epsilon\chi.\Sigma\upsilon\sigma\sigma.}}{H_{\Delta\epsilon\chi.\Sigma\upsilon\sigma\sigma.}} = \frac{40.5\text{ m}^3}{2\text{ m}} = 20.3\text{ m}^2$$

Η διάμετρος της κάθε δεξαμενής θα είναι:

$$A_{\Delta\epsilon\chi.\Sigma\upsilon\sigma\sigma.} = \pi \cdot \frac{d_{\Delta\epsilon\chi.\Sigma\upsilon\sigma\sigma.}^2}{4} \Rightarrow d_{\Delta\epsilon\chi.\Sigma\upsilon\sigma\sigma.}^2 = \frac{4 \cdot A_{\Delta\epsilon\chi.\Sigma\upsilon\sigma\sigma.}}{\pi} \Rightarrow d_{\Delta\epsilon\chi.\Sigma\upsilon\sigma\sigma.} = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{\Delta\epsilon\chi.\Sigma\upsilon\sigma\sigma.}}{\pi}}$$

$$d_{\Delta\epsilon\chi.\Sigma\upsilon\sigma\sigma.} = \sqrt{\frac{4 \cdot 20.3\text{ m}^2}{\pi}} = 5.1\text{ m}$$

$$\text{Αντίστοιχα η ακτίνα: } r_{\Delta\epsilon\chi.\Sigma\upsilon\sigma\sigma.} = \frac{d_{\Delta\epsilon\chi.\Sigma\upsilon\sigma\sigma.}}{2} = \frac{5.1\text{ m}}{2} = 2.5\text{ m}$$

Πίνακας 61: Σχεδιαστικά χαρακτηριστικά **κάθε** Δεξαμενής Συρρωμάτωσης

ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΚΥΚΛΙΚΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ	
Παροχή σχεδιασμού ($Q_{\epsilon\pi\alpha\nu\alpha\chi\rho.}$) ($\frac{\text{m}^3}{\text{day}}$)	4907
Χρόνος παραμονής $\tau_{\Delta\epsilon\chi.\Sigma\upsilon\sigma\sigma.}$ (min)	2
Όγκος $V_{\Delta\epsilon\chi.\Sigma\upsilon\sigma\sigma.}$ (m^3)	40.5
Υψος $H_{\Delta\epsilon\chi.\Sigma\upsilon\sigma\sigma.}$ (m)	2
Επιφάνεια $A_{\Delta\epsilon\chi.\Sigma\upsilon\sigma\sigma.}$ (m^2)	20.3
Διάμετρος $d_{\Delta\epsilon\chi.\Sigma\upsilon\sigma\sigma.}$ (m)	5.1
Ακτίνα $r_{\Delta\epsilon\chi.\Sigma\upsilon\sigma\sigma.}$ (m)	2.5

☞ Από τη στιγμή, που οι δεξαμενές είναι διατεταγμένες σε **σειρά** και όχι παράλληλα, η παροχή εισόδου δεν μοιράζεται, αλλά κάθε δεξαμενή **δέχεται ολόκληρη την εισερχόμενη παροχή** επαναχρησιμοποίησης ($Q_{\epsilon\pi\alpha\nu\alpha\chi\rho.}$)

⌘ ΑΝΑΔΕΥΣΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ ⌘

- Η απαιτούμενη ισχύς P για κάθε δεξαμενή $P = G^2 \cdot V_{\text{Δεξ.Συσσ.}} \cdot \mu$

όπου: P (W): Η ισχύς του αναδευτήρα της δεξαμενής συσσωμάτωσης

G (sec^{-1}): η βαθμίδα της ταχύτητας του αναδευτήρα,

μ ($\frac{\text{N}\cdot\text{s}}{\text{m}^2}$): το δυναμικό ιξώδες του νερού στους 20°C , $\mu = 1005 \cdot 10^{-3} \frac{\text{N}\cdot\text{s}}{\text{m}^2}$

$$\Rightarrow P_1 = G_1^2 \cdot V_{\text{Δεξ.Συσσ.1}} \cdot \mu = (40 \text{ sec}^{-1})^2 \cdot 40\text{m}^3 \cdot 0.001005 \frac{\text{N}\cdot\text{s}}{\text{m}^2} = 65.2 \text{ W} = 65.2 \frac{\text{N}\cdot\text{m}}{\text{s}}$$

$$\Rightarrow P_2 = G_2^2 \cdot V_{\text{Δεξ.Συσσ.2}} \cdot \mu = (30 \text{ sec}^{-1})^2 \cdot 40\text{m}^3 \cdot 0.001005 \frac{\text{N}\cdot\text{s}}{\text{m}^2} = 36.7 \text{ W} = 36.7 \frac{\text{N}\cdot\text{m}}{\text{s}}$$

- Διαστάσεις πτερυγίων ανάδευσης

➤ Για την 1η δεξαμενή :

Ο άξονας περιστροφής του αναδευτήρα φέρει 4 πτερύγια , με ταχύτητα περιστροφής του κάθε πτερυγίου να είναι $U_p = 0.67\text{m/s}$.

Όμως, η γραμμική ταχύτητα (σχετική ταχύτητα πτερυγίου) στο άκρο του πτερυγίου σε σχέση με το νερό θεωρείται ότι είναι 60% (50-70%) της πραγματική ταχύτητας περιστροφής των πτερυγίων-κουπιών άρα:

$$U_{\text{πτερ.}} = 0.67\text{m/s} \cdot 0.60 = 0.4 \text{ m/s}$$

Η ταχύτητα πρέπει πάντα να είναι μικρότερη του 1 m/s . Επίσης πρέπει πάντα να προβλέπεται απόσταση των κουπιών από τα τοιχώματα της δεξαμενής ίση με 0.3 m . Με αυτό τον τρόπο αποφεύγονται τοπικά οι υψηλές τιμές κλίσης της ταχύτητας.

Από την σχέση που ακολουθεί προσδιορίζεται η επιφάνεια των πτερυγίων ανάδευσης:

$$P = \frac{C_D \cdot A \cdot \rho_{\text{H}_2\text{O}} \cdot U_{\text{πτερ.}}^3}{2}$$

όπου: P (W): Η απαιτούμενη ισχύς της εκάστοτε Δεξαμενής Συσσωμάτωσης

C_D : Ο συντελεστής οπισθέλκουσας (1.8)

A (m^2): Η συνολική επιφάνεια των πτερυγίων σε κάθε Δεξαμενή Συσσωμάτωσης

$\rho_{\text{H}_2\text{O}}$ ($\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$): Η πυκνότητα του νερού ($998.2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ στους 20°C)

$U_{\text{πτερ.}}$ ($\frac{\text{m}}{\text{sec}}$): Η σχετική ταχύτητα του κάθε πτερυγίου της εκάστοτε Δεξαμενής Συσσωμάτωσης

Δεδομένου του ότι έχουμε 4 πτερύγια, $A = 4 \cdot A_p$, όπου A_p η συνολική επιφάνεια του κάθε πτερυγίου.

$$65.2 \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{s}} = \frac{1.8 \cdot 4 \cdot A_{p1} \cdot 998.2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot (0.4 \frac{\text{m}}{\text{s}})^3}{2} \cdot \frac{1 \text{ N} \cdot \text{s}^2}{\text{kg} \cdot \text{m}} \rightarrow A_{p1} = 0.28 \text{ m}^2$$

Για το **πλάτος** του κάθε ενός θα ισχύει: $W_\pi = \frac{A_p}{L_\pi}$ και υποθέτουμε $L_\pi = 1.5 \text{ m}$.

$$\text{Οπότε } W_{\pi1} = \frac{A_{p1}}{L_{\pi1}} = \frac{0.28}{1.5} = 0.2 \text{ m}$$

Η γωνιακή ταχύτητα περιστροφής θα είναι:

$$U_{\pi\tau\epsilon\rho.} = \omega \cdot R \Leftrightarrow \omega = \frac{(0.4 \frac{\text{m}}{\text{s}})}{(\frac{0.2\text{m}}{2}) \cdot (\frac{2\pi}{\text{στροφή}}) \cdot (\frac{1\text{min}}{60\text{s}})} = 40 \text{ rpm}$$

➤ **Για την 2η δεξαμενή :**

Εδώ, η συνολική επιφάνεια των πτερυγίων θεωρείται ίδια, δηλαδή $A_{p1} = A_{p2}$, και κατ'επέκταση και οι διαστάσεις τους. Αυτό που αλλάζει στην δεύτερη δεξαμενή είναι η γραμμική ταχύτητα περιστροφής των πτερυγίων $U_{\pi\tau\epsilon\rho.}$.

$$36.7 \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{s}} = \frac{1.8 \cdot 4 \cdot A_{p2} \cdot 998.2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot (U_{\pi\tau\epsilon\rho2.} \frac{\text{m}}{\text{s}})^3}{2} \cdot \frac{1 \text{ N} \cdot \text{s}^2}{\text{kg} \cdot \text{m}} \rightarrow$$

$$36.7 \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{s}} = \frac{1.8 \cdot 4 \cdot 0.28 \text{ m}^2 \cdot 998.2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot (U_{\pi\tau\epsilon\rho2.} \frac{\text{m}}{\text{s}})^3}{2} \cdot \frac{1 \text{ N} \cdot \text{s}^2}{\text{kg} \cdot \text{m}} \rightarrow$$

$$U_{\pi\tau\epsilon\rho2.} = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot 36.7 \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{s}}}{1.8 \cdot 4 \cdot 0.28 \text{ m}^2 \cdot 998.2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \cdot \left(\frac{1 \text{ N} \cdot \text{s}^2}{\text{kg} \cdot \text{m}}\right)^{-1}} \rightarrow U_{\pi\tau\epsilon\rho2.} = 0.33 \text{ m/s}$$

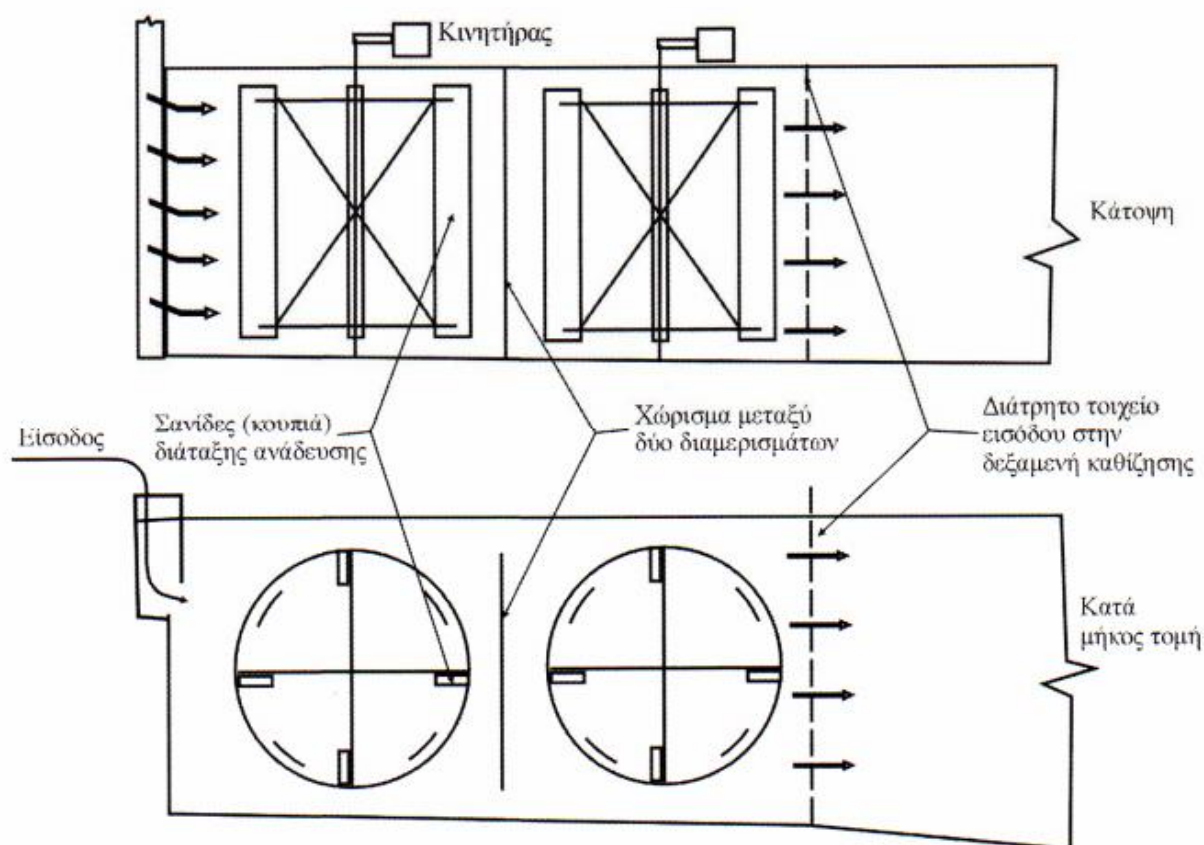
Η γωνιακή ταχύτητα περιστροφής θα είναι:

$$U_{\pi\tau\epsilon\rho2.} = \omega \cdot R \Leftrightarrow \omega = \frac{(0.33 \frac{\text{m}}{\text{s}})}{(\frac{0.2\text{m}}{2}) \cdot (\frac{2\pi}{\text{στροφή}}) \cdot (\frac{1\text{min}}{60\text{s}})} = 33.4 \text{ rpm}$$

Πίνακας 62: Σχεδιαστικά χαρακτηριστικά αναδευτήρα της Δεξαμενής

Βαθμίδα ταχύτητας 1ης δεξαμενής G_1 (sec^{-1})	40
Βαθμίδα ταχύτητας 2ης δεξαμενής G_2 (sec^{-1})	30
Απαίτηση Ισχύος αναδευτήρα 1ης δεξαμενής, P_1 (W)	65.2
Απαίτηση Ισχύος αναδευτήρα 2ης δεξαμενής, P_2 (W)	36.7
Αριθμός Πτερυγίων σε κάθε δεξαμενή	4
Μήκος κάθε Πτερυγίου, $L_{\pi.}$ (m)	1.5
Πλάτος κάθε Πτερυγίου $w_{\pi.}$ (m)	0,2
Απόσταση κάθε Πτερυγίου από το τοίχωμα, (m)	≥ 0.3
Γραμμική ταχύτητα του κάθε Πτερυγίου 1ης δεξαμενής $U_{\pi\tau\epsilon\rho 1}$ ($\frac{\text{m}}{\text{sec}}$)	0.4
Γραμμική ταχύτητα του κάθε Πτερυγίου 2ης δεξαμενής $U_{\pi\tau\epsilon\rho 2}$ ($\frac{\text{m}}{\text{sec}}$)	0.33
Γωνιακή ταχύτητα περιστροφής του κάθε Πτερυγίου 1ης δεξαμενής ω_1 (rpm)	40.6
Γωνιακή ταχύτητα περιστροφής του κάθε Πτερυγίου 2ης δεξαμενής ω_2 (rpm)	33.4

Σχηματική απεικόνιση Δεξαμενών συσσωμάτωσης (μηχανική ανάδευση)



5.10.3 ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΧΗΜΙΚΗΣ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ

Καθίζηση ή καταβύθιση είναι η δημιουργία ενός στερεού σε ένα διάλυμα ή μέσα σε ένα άλλο στερεό κατά τη διάρκεια μιας χημικής αντίδρασης ή με διάχυση σε ένα στερεό. Όταν η αντίδραση συμβαίνει σε ένα υγρό διάλυμα, το σχηματιζόμενο στερεό λέγεται "ίζημα". Το χημικό που προκαλεί τον σχηματισμό στερεού λέγεται 'ίζηματοποιητής'. Χωρίς επαρκή δύναμη βαρύτητας (καθίζηση) για να οδηγήσει τα στερεά σωματίδια μαζί, το ίζημα παραμένει σε αιώρημα.

Η δεξαμενή χημικής καθίζησης αποσκοπεί κυρίως στη μεγιστοποίηση της απόδοσης και της αποτελεσματικότητας των μονάδων επεξεργασίας και αποτελεί κομμάτι της τριτοβάθμιας επεξεργασίας λυμάτων. Αφαιρείται σχεδόν όλο το ποσοστό των παθογόνων, μέσω προσθήκης χημικών όπως θειικός άργιλος, άσβεστος και τριχλωριούχος σίδηρος, για αλλαγή της φυσικής κατάστασης των διαλυμένων και των αιωρούμενων στερεών. Πιο συγκεκριμένα, γίνεται απομάκρυνση των βαρέων μετάλλων, απομάκρυνση του αζώτου και του φωσφόρου, ο οποίος είναι υπεύθυνος για τον ευτροφισμό. Η ιλύς που προκύπτει, οδηγείται στη συνέχεια, στη δεξαμενή πάχυνσης.

Η διαφορά της χημικής από την πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια καθίζηση, είναι ότι σε αυτές, δε γίνεται προσθήκη χημικών μέσων για να αυξηθεί το ποσοστό απομάκρυνσης στερεών και BOD, καθώς και ότι στην πρώτη τα στερεά καθιζάνουν πιο εύκολα σε σχέση με τις άλλες.

Η δεξαμενή Χημικής Καθίζησης, η οποία επιλέγεται είναι **κυλινδροκωνική, με κυλινδρικό σχήμα και οξύ κώνο απομάκρυνσης της ιλύος**.

➤ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ ➤

Για τη διαστασιολόγηση της Δεξαμενής Χημικής Καθίζησης επιλέγεται χρόνος παραμονής $\tau_{\text{Δεξ.Χημ.Καθ}} = 50 \text{ min}$ (από το βιβλιογραφικό εύρος 50 – 100 min).

- Όγκος της Δεξαμενής Χημικής Καθίζησης ($V_{\text{Δεξ.Χημ.Καθ}}$)

$$\tau_{\text{Δεξ.Χημ.Καθ}} = \frac{V_{\text{Δεξ.Χημ.Καθ}}}{Q_{\text{επαναχρ.}}} \rightarrow V_{\text{Δεξ.Χημ.Καθ}} = Q_{\text{επαναχρ.}} \cdot \tau_{\text{Δεξ.Χημ.Καθ.}} = 4907 \frac{\text{m}^3}{\text{day}} \cdot \frac{50 \text{ day}}{60 \cdot 24}$$

$$V_{\text{Δεξ.Χημ.Καθ}} = 170.4 \text{ m}^3$$

όπου: $\tau_{\text{Δεξ.Χημ.Καθ.}}$ (min): ο χρόνος παραμονής στη Δεξαμενή Χημικής Καθίζησης

$Q_{\text{επαναχρ.}}$ ($\frac{\text{m}^3}{\text{day}}$): η παροχή επαναχρησιμοποίησης $\rightarrow \left[4907 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \right]$

- Επιφάνεια της δεξαμενής ($A_{\text{Δεξ.Χημ.Καθ}}$), ύψος ($H_{\text{Δεξ.Χημ.Καθ.}}$), διάμετρος ($d_{\text{Δεξ.Χημ.Καθ}}$) και ακτίνα ($r_{\text{Δεξ.Χημ.Καθ.}}$)

Η επιφανειακή φόρτιση ($E.Φ.$) πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 24 και $72 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{d}}$. Στην προκειμένη περίπτωση επιλέγεται $E.Φ_{\text{Δεξ.Χημ.Καθ.}} = 50 \frac{\text{m}}{\text{day}}$.

$$Ε. Φ_{\Deltaεξ.Χημ.Καθ.} = \frac{Q_{επαναχρ.}}{A_{\Deltaεξ.Χημ.Καθ.}} = 50 \frac{m}{day} \rightarrow A_{\Deltaεξ.Χημ.Καθ.} = \frac{4907 \frac{m^3}{day}}{50 \frac{m}{day}} = 98.1 m^2$$

$$\text{Όσον αφορά το ύψος : } A_{\Deltaεξ.Χημ.Καθ.} = \frac{V_{\Deltaεξ.Χημ.Καθ.}}{H_{\Deltaεξ.Χημ.Καθ.}} \rightarrow H_{\Deltaεξ.Χημ.Καθ.} = \frac{170.4 m^3}{98.1 m^2} = 1.7 m$$

Η διάμετρος της δεξαμενής θα είναι:

$$A_{\Deltaεξ.Χημ.Καθ.} = \pi * \frac{d_{\Deltaεξ.Χημ.Καθ.}^2}{4} \Rightarrow d_{\Deltaεξ.Χημ.Καθ.}^2 = \frac{4 * A_{\Deltaεξ.Χημ.Καθ.}}{\pi} \Rightarrow$$

$$d_{\Deltaεξ.Χημ.Καθ.} = \sqrt{\frac{4 * A_{\Deltaεξ.Χημ.Καθ.}}{\pi}} \Rightarrow d_{\Deltaεξ.Χημ.Καθ.} = \sqrt{\frac{4 * 98.1 m^2}{\pi}} = 11.2 m$$

$$\text{Αντίστοιχα η ακτίνα : } r_{\Deltaεξ.Χημ.Καθ.} = \frac{d_{\Deltaεξ.Χημ.Καθ.}}{2} = \frac{11.2 m}{2} = 5.6 m$$

- Ύψος κώνου απομάκρυνσης ($h_{\Deltaεξ.Χημ.Καθ.}$)

$$h_{\Deltaεξ.Χημ.Καθ.} = \tan 45^\circ * \frac{d_{\Deltaεξ.Χημ.Καθ.}}{2} = 5.6 m$$

Πίνακας 63: Σχεδιαστικά χαρακτηριστικά Δεξαμενής Χημικής Καθίζησης

ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΚΥΚΛΙΚΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΜΕ ΚΩΝΟ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ	
Παροχή σχεδιασμού $Q_{επαναχρ.}$ (m^3/day)	4907
Χρόνος παραμονής στη Δεξαμενή Χημικής Καθίζησης $\tau_{\Deltaεξ.Χημ.Καθ.}$ (min)	50
Όγκος Δεξαμενής Χημικής Καθίζησης $V_{\Deltaεξ.Χημ.Καθ.}$ (m^3)	170.4
Ύψος Δεξαμενής Χημικής Καθίζησης $H_{\Deltaεξ.Χημ.Καθ.}$ (m)	1.7
Επιφάνεια Δεξαμενής Χημικής Καθίζησης $A_{\Deltaεξ.Χημ.Καθ.}$ (m^2)	98.1
Διάμετρος Δεξαμενής Χημικής Καθίζησης $d_{\Deltaεξ.Χημ.Καθ.}$ (m)	11.2
Ακτίνα Δεξαμενής Χημικής Καθίζησης $r_{\Deltaεξ.Χημ.Καθ.}$ (m)	5.6
Ύψος κώνου απομάκρυνσης ($h_{\Deltaεξ.Χημ.Καθ.}$) (m)	5.6
Επιφανειακή φόρτιση δεξαμενής ($Ε.Φ_{\Deltaεξ.Χημ.Καθ.}$) (m/day)	50

Ισοζύγια Μάζας Ιλύος TSS και BOD

Στην εκροή της ΔΔΚ, και κατ' επέκταση στην είσοδο της ΔΧΚ, η συγκέντρωση των TSS είναι $[TSS]_{in}=25 \text{ mg/L}$, ενώ στην έξοδο $[TSS]_{out}=10 \text{ mg/L}$. Τα βιβλιογραφικά όρια για την απομάκρυνση των TSS μέσω της λάσπης είναι 6-10%. Στην προκειμένη περίπτωση επιλέγεται 8%, δηλαδή 8gr TSS σε 100gr ή σε 100ml λάσπης. **$[TSS]_{\lambda\acute{\alpha}\sigma\pi\eta\varsigma} = 80000 \text{ mg/L}$**

- Ισοζύγιο TSS για εύρεση Q_{λ} (παροχή λάσπης)

$$Q_{\varepsilon\pi\alpha\nu\alpha\chi\rho} * [TSS]_{in} = Q_{\varepsilon\pi\alpha\nu\alpha\chi\rho} * [TSS]_{out} + Q_{\lambda} * [TSS]_{\lambda\acute{\alpha}\sigma\pi\eta\varsigma}$$

$$\rightarrow Q_{\lambda} = \frac{Q_{\varepsilon\pi\alpha\nu\alpha\chi\rho} * [TSS]_{in} - Q_{\varepsilon\pi\alpha\nu\alpha\chi\rho} * [TSS]_{out}}{[TSS]_{\lambda\acute{\alpha}\sigma\pi\eta\varsigma}} \rightarrow Q_{\lambda} = 0.9 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$$

$$\text{Μάζα } [TSS]_{\lambda\acute{\alpha}\sigma\pi\eta\varsigma} = Q_{\lambda} * TSS_{\iota\acute{\lambda}\upsilon\omicron\varsigma} = 0.9 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} * 10^{-6} \frac{\text{kg}}{\text{mg}} * 10^3 \frac{\text{L}}{\text{m}^3} * 80000 \frac{\text{mg}}{\text{L}} = 73.6 \frac{\text{kg}}{\text{d}}$$

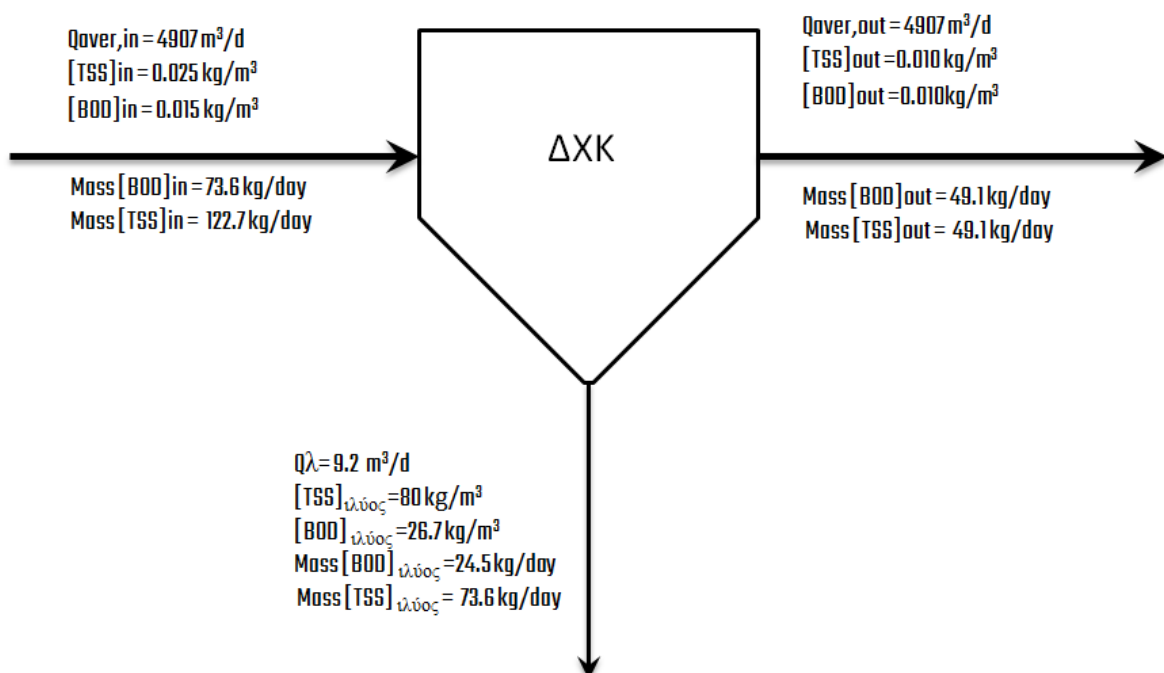
- Αντίστοιχα για το BOD: $[BOD]_{in}=15 \text{ mg/L}$, ενώ στην έξοδο $[BOD]_{out}=10 \text{ mg/L}$

$$Q_{\varepsilon\pi\alpha\nu\alpha\chi\rho} * [BOD]_{in} = Q_{\varepsilon\pi\alpha\nu\alpha\chi\rho} * [BOD]_{out} + Q_{\lambda} * [BOD]_{\lambda\acute{\alpha}\sigma\pi\eta\varsigma}$$

$$\rightarrow [BOD]_{\lambda\acute{\alpha}\sigma\pi\eta\varsigma} = \frac{Q_{\varepsilon\pi\alpha\nu\alpha\chi\rho} * [BOD]_{in} - Q_{\varepsilon\pi\alpha\nu\alpha\chi\rho} * [BOD]_{out}}{Q_{\lambda}} \rightarrow [BOD]_{\lambda\acute{\alpha}\sigma\pi\eta\varsigma} = 26.7 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Μάζα } [BOD]_{\lambda\acute{\alpha}\sigma\pi\eta\varsigma} = Q_{\lambda} * [BOD]_{\lambda\acute{\alpha}\sigma\pi\eta\varsigma} = 0.9 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} * 26.7 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 24.5 \frac{\text{kg}}{\text{d}}$$

Διάγραμμα 12: Ισοζύγιο μάζας και συγκέντρωσης για BOD και TSS στην ΔΧΚ



5.10.4 ΔΙΗΘΗΣΗ (ΑΜΜΟΦΙΛΤΡΟ)

Η διήθηση χώρου είναι φυσική διεργασία, η οποία περιλαμβάνει την απομάκρυνση των διακριτών αιωρούμενων υλικών ενός υγρού, κατά τη διέλευση του από διηθητική κλίνη με κοκκώδες ή συμπίεσιμο διηθητικό μέσο. Σκοπός της διήθησης είναι η επιπλέον απομάκρυνση αιωρούμενων στερεών (Suspended Solids), τα οποία περιλαμβάνουν και σωματιδιακό BOD, ώστε να μειωθεί η μάζα των στερεών που απορρίπτονται και να είναι πιο αποτελεσματική η απολύμανση (UV) της διηθημένης εκροής. Στην παρούσα ΕΕΛ επιλέγεται για τη διήθηση αμμόφιλτρο βαθιάς κλίνης ανοδικής ροής (upflow) συνεχούς αντίστροφης πλύσης. Τα υγρά απόβλητα εισάγονται στο επάνω μέρος της κλίνης διήθησης και τα αιωρούμενα στερεά υλικά απομακρύνονται μέσω του νερού που διαπερνά την κλίνη. Καθώς τα υλικά συσσωρεύονται στα διάκενα του κοκκώδους μέσου της κλίνης, αρχίζει να αναπτύσσεται μια πτώση πίεσης μέσα στο φίλτρο. Μετά από κάποιο χρονικό διάστημα, η πτώση πίεσης του φίλτρου ή η θολότητα της εκροής φτάνει σε μια οριακή τιμή και το φίλτρο χρειάζεται καθαρισμό. Σε ιδανικές συνθήκες, ο χρόνος πτώσης πίεσης του φίλτρου αντιστοιχεί στο χρόνο τελικής ποιότητας αιωρούμενων στερεών εκροής (break through). Όταν προσεγγιστεί η οριακή αυτή τιμή, τερματίζεται η φάση της διήθησης και αρχίζει η διαδικασία της αντίστροφης πλύσης (backwash) για την απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών και τον καθαρισμό της αμμόδους κλίνης του φίλτρου. Τότε, γίνεται αντιστροφή της ροής του νερού πλύσης μέσα στο φίλτρο, για την απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών που βρίσκονται παγιδευμένα σε αυτό. Ένας πλήρης κύκλος διήθησης περιλαμβάνει τη διήθηση και την αντιστροφή πλύση.

Πιο ειδικά, τα υγρά απόβλητα προς διήθηση, εισάγονται από τον πυθμένα του αμμόφιλτρου και μέσω συστήματος σωληνώσεων ακολουθώντας ανοδική ροή, κατανέμονται ομοιόμορφα από μια κωνική διάταξη στην κλίνη άμμου. Στη συνέχεια, το νερό διέρχεται μέσα από το στρώμα άμμου με ανοδική πορεία, πιέζοντας την άμμο προς το κάτω μέρος του φίλτρου. Το καθαρό διηθήμα εξέρχεται από την κλίνη άμμου, βγαίνει από τον υπερχειλιστή και απορρίπτεται από το φίλτρο. Παράλληλα, τα σωματίδια της άμμου με τα παγιδευμένα αιωρούμενα στερεά κινούνται καθοδικά προς το κέντρο του φίλτρου, όπου ρευστοποιούνται. Κατά τη διάρκεια της τυρβώδους ανοδικής ροής του νερού, ξεπλένονται οι ρύποι από τα σωματίδια της άμμου, οι οποίοι κινούνται προς το πάνω μέρος του αγωγού ανύψωσης και διοχετεύονται στον κεντρικό θάλαμο απόρριψης. Ο υπερχειλιστής του διηθήματος βρίσκεται πάνω από τον υπερχειλιστή απόρριψης, ώστε ένα σταθερό ρεύμα καθαρού διηθήματος να ρέει προς τα πάνω κατά αντιστροφή με την κίνηση της άμμου, μέσα στο θάλαμο πλύσης. Έτσι, το ρευστό που ρέει προς τα πάνω απομακρύνει τα αιωρούμενα στερεά και το νερό πλύσης. Η άμμος έχει μεγαλύτερη ταχύτητα καθίζησης από τα απομακρυνόμενα στερεά και παραμένει μέσα στο φίλτρο, έχοντας επιπλέον καθαρισμό μέσω του συστήματος πλύσης, καθώς κινείται προς τα κάτω. Τέλος, η καθαρή άμμος ανακατανέμεται στο επάνω μέρος της κλίνης, επιτρέποντας τη συνεχή και αδιάλειπτη ροή του διηθήματος και του απορριπτόμενου νερού που χρησιμοποιήθηκε για την πλύση.

Οι απαιτήσεις και οι προδιαγραφές σχεδιασμού, όπως αυτές ορίζονται από την Ελληνική νομοθεσία για την **επαναχρησιμοποίηση του ύδατος**, είναι οι εξής:

- Βάθος διυλιστικού μέσου $H \geq 1.40 \text{ m} + 10\%$ για την αιώρηση
- Ενεργή διάμετρος κόκκων άμμου $d_s \approx 1 \text{ mm}$
- Συντελεστής ομοιομορφίας κόκκων άμμου (Σ.Ο.Α.) 1.45-1.60
- Ρυθμός Διήθησης $P.D. \leq 8 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{h}}$ για κανονικές συνθήκες λειτουργίας

Πίνακας 64. Στοιχεία Σχεδιασμού Αμμόφιλτρου

Βάθος κλίνης (H_{ϕ})	1.8 m
Συντελεστής ομοιομορφίας	1.50
Ρυθμός διήθησης	$7 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$
Συντελεστής Σφαιρικότητας (ϕ_s)	0.82
Διάμετρος κόκκων (d_s)	1 mm
Πορώδες (ϵ)	0.35

➤ **Επιφάνεια φίλτρου**

$$\text{Ρυθμος διηθησης} = \frac{Q_{\text{Επαναρχρ.}}}{A_{\phi}} \rightarrow A_{\phi} = \frac{4907 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}}{7 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{h}}} = \frac{4907 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}}{168 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{d}}} = 29 \text{ m}^2$$

➤ **Διάμετρος φίλτρου και κυκλικής δεξαμενής**

$$A_{\phi} = \frac{\pi * d_{\phi}^2}{4} \rightarrow d_{\phi} = \sqrt{\frac{4 * 30 \text{ m}^2}{\pi}} = 6.1 \text{ m} = 6 \text{ m}$$

➤ **Ταχύτητα διήθησης**

$$U_s = \frac{Q_{\text{Επαναρχρ.}}}{A_{\phi}} = \frac{4907 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} * \frac{1 \text{ d}}{24 * 3600 \text{ s}}}{30 \text{ m}^2} = 2 * 10^{-3} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

➤ **Όγκος φίλτρου**

$$V_{\phi} = H_{\phi} * A_{\phi} = 1.8 \text{ m} * 29 \text{ m}^2 = 53 \text{ m}^3$$

➤ **Υπολογισμός ισχύος της αντλίας για την πλύση κατά αντirroή**

Η ισχύς της αντλίας για την ανοδική κίνηση (πλύση κατά αντirroή για τον καθαρισμό του φίλτρου), εξαρτάται από το είδος της ροής του ρευστού μέσα στο φίλτρο. Για αυτό το λόγο, πρέπει αρχικά να προσδιοριστεί ο αριθμός Reynolds (Re), που είναι: $Re = \frac{\phi_s * d_s * \rho_{\text{Λύματος}} * U_s}{\mu}$

όπου: $\phi_s(-)$: ο συντελεστής σφαιρικότητας των κόκκων της άμμου $\rightarrow 0.82$ (για στρογγυλεμένη άμμο)

d_s (m): η διάμετρος των κόκκων της άμμου $\rightarrow 1 \text{ mm}$

$\rho_{\text{Λύματος}} = \rho_{\text{H}_2\text{O}}$ η πυκνότητα του λύματος στους $20^\circ\text{C} \rightarrow 998.2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ (ισούται με την πυκνότητα του νερού στους ίδιους βαθμούς)

$U_s \left(\frac{\text{m}}{\text{sec}} \right)$: η ταχύτητα διήθησης του λύματος διαμέσω του στρώματος άμμου

$\mu \left(\frac{\text{N} \cdot \text{sec}}{\text{m}^2} \right)$: το δυναμικό ιξώδες του ρευστού στους $20^\circ\text{C} \rightarrow 0.001005 \frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}^2} = 0.001005 \text{ Pa} \cdot \text{s}$

$$\Rightarrow Re = \frac{0.82 * 0.001 \text{ m} * 998.2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 2 * 10^{-3} \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0.001005 \frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}^2}} = 1.6 < 6$$

Αφού ο αριθμός Reynolds προκύπτει να είναι **μικρότερος από 6**, θα γίνει χρήση της εξίσωσης **Carman-Kozeny** για τον προσδιορισμό της πτώσης πίεσης του διηθημένου νερού στο αμμόφιλτρο.

Για σωματίδια ακανόνιστου σχήματος του ίδιου όγκου, η ειδική επιφάνεια είναι:

$$\left(\frac{\alpha}{u}\right)_{\text{αμμου}} = \frac{6}{\varphi_s * d_s} = \frac{6}{0.82 * 1 * 10^{-3} \text{m}} = 7.317 * 10^3 \frac{1}{\text{m}}$$

Η άμμος λόγω πτώσης πίεσης του φίλτρου θα κατεβαίνει σε βάθος:

$$\Delta P = H_{\varphi} * \frac{k * \mu}{g * \rho} * \frac{(1 - \varepsilon)^2}{\varepsilon^3} * \left(\frac{\alpha}{u}\right)_{\text{αμμου}}^2 * U_s$$

$\rho_{\text{λύματος}} = \rho_{\text{H}_2\text{O}}$ η πυκνότητα του λύματος στους $20^\circ\text{C} \rightarrow 998.2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ (ισούται με την πυκνότητα του νερού στους ίδιους βαθμούς)

$U_s \left(\frac{\text{m}}{\text{sec}}\right)$: η ταχύτητα διήθησης του λύματος διαμέσω του στρώματος άμμου

$\mu \left(\frac{\text{N} \cdot \text{sec}}{\text{m}^2}\right)$: το δυναμικό ιξώδες του ρευστού στους $20^\circ\text{C} \rightarrow 0.001005 \frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}^2} = 0.001005 \text{ Pa} \cdot \text{s}$

$g \left(\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}\right)$: η επιτάχυνση της βαρύτητας $\rightarrow 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

$\varepsilon_{\text{άμμου}}(-)$: το ενεργό πορώδες της άμμου $\rightarrow 0.35$

$k(-)$: σταθερά διήθησης Kozeny $\rightarrow 5$ με βάση το άνοιγμα των κόσκινων

$H_{\varphi} (\text{m})$: το βάθος κλίνης $\rightarrow 1.8 \text{ m}$

$\left(\frac{\alpha}{u}\right)_{\text{αμμου}} (\text{m}^{-1})$: ειδική επιφάνεια κλίνης $\rightarrow 7.317 * 10^3 \frac{1}{\text{m}}$

$$\Delta P = 1.8 \text{ m} * \frac{5 * 0.001005 \frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}^2}}{998.2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} * \frac{(1 - 0.35)^2}{0.35^3} * \left(7.317 * 10^3 \frac{1}{\text{m}}\right)^2 * 2 * 10^{-3} \frac{\text{m}}{\text{s}} = 0.95 \text{ m} \cong 1 \text{ m H}_2\text{O}$$

⚙ Έκπλυση αμμόφιλτρου ⚙

Με τον τερματισμό της φάσης της διήθησης γίνεται έναρξη της διαδικασίας αντίστροφης πλύσης (backwash) για την απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών και τον καθαρισμό της αμμόδους κλίνης του φίλτρου, με συχνότητα επανάληψης μια φορά την ημέρα. Απαραίτητη για το σχεδιασμό είναι η συνολική παροχή νερού έκπλυσης που απαιτείται, καθώς και ο όγκος της δεξαμενής αποθήκευσης του διυλισμένου νερού.

➤ **Παροχή νερού της αντλίας έκπλυσης**

$$Q_{\text{έκπλυσης}} = A_{\phi} * \frac{Q}{m^2} = 16 \frac{m^3}{m^2 * h} * 29 m^2$$

$$= 467 \frac{m^3}{h} \xrightarrow{t=5 \text{ min, once per day}}$$

$$\frac{Q_{\text{έκπλυσης}}}{\text{day}} = \frac{467 m^3}{12} = 38.9 \sim 39 m^3$$

$\frac{Q}{m^2} \left(\frac{m^3}{m^2 * h} \right)$: Η παροχή νερού ανά τετραγωνικό μέτρο με εύρος τιμών (13 – 20) $\rightarrow 16 \left(\frac{m^3}{m^2 * h} \right)$

➤ **Όγκος δεξαμενής αποθήκευσης διυλισμένου νερού**

Επιλέγεται συντελεστής ασφαλείας ($\sigma = 1.5$) και χρόνος έκπλυσης ($t=5 \text{ min}$)

$$V_{\text{έκπλυσης}} = Q_{\text{έκπλυσης}} * 1.5 * t_{\text{έκπλυσης}}$$

$$= 7.79 \frac{m^3}{\text{min}} * 1.5 * 5 \text{ min}$$

$$= 58 m^3$$

≈ **Ισοζύγιο TSS** ≈

Σύμφωνα με τη νομοθεσία για επαναχρησιμοποίηση νερού, το όριο για τα αιωρούμενα στερεά στην εκροή πρέπει να είναι $\leq 2 \text{ mg/L}$. Ισχύει το ακόλουθο ισοζύγιο μάζας TSS:

$$TSS_{\text{in}} * Q_{\text{Επαναχρ.}} = TSS_{\text{out}} * Q_{\text{Επαναχρ.}} + TSS_{\text{έκπλυσης}} * \frac{Q_{\text{έκπλυσης}}}{\text{day}} \Rightarrow$$

$$TSS_{\text{έκπλυσης}} = \frac{(TSS_{\text{in}} - TSS_{\text{out}}) * Q_{\text{Επαναχρ.}}}{\frac{Q_{\text{έκπλυσης}}}{\text{day}}} = \frac{(10 - 2) \frac{\text{mg}}{\text{L}} * \frac{\text{kg}}{10^6 \text{ mg}} * \frac{10^3 \text{ L}}{m^3} * 4907 \frac{m^3}{d}}{39 \frac{m^3}{d}} = 1 \frac{\text{kg}}{m^3}$$

$$TSS_{\text{έκπλυσης}} = 1008 \frac{\text{g}}{m^3} \rightarrow 1\% \leq TSS_{\text{έκπλυσης}} \leq 3\%$$

Πίνακας 65. Σχεδιαστικά Χαρακτηριστικά Αμμόφιλτρου

Όγκος	53 m ³
Επιφάνεια	29 m ²
Διάμετρος	6 m
Ύψος Κλίνης Ηφ	1.8 m
Πτώση πίεσης φίλτρου	1 m H ₂ O
Παροχή νερού έκπλυσης (ημερήσια)	39 m ³ /d

❖ Διαστασιολόγηση δεξαμενής αποθήκευσης νερού έκπλυσης αμμόφιλτρου

- **Υπολογισμός όγκου δεξαμενής αποθήκευσης νερού έκπλυσης αμμόφιλτρου**

Για την ημερήσια έκπλυση του αμμόφιλτρου είναι απαραίτητη η αποθήκευση του νερού το οποίο ανακυκλώνεται, γι' αυτό χρειάζεται η κατασκευή δεξαμενής αποθήκευσης ανθεκτική στη διάβρωση. Ο όγκος της δεξαμενής αποθήκευσης (με ένα συντελεστή ασφαλείας $\sigma=1.5$) είναι:

$$V_{\text{έκπλυσης}} = 58 \text{ m}^3$$

- **Υπολογισμός επιφάνειας δεξαμενής αποθήκευσης νερού έκπλυσης αμμόφιλτρου**

$$A_{\text{έκπλυσης}} = \frac{V_{\text{έκπλυσης}}}{H_{\text{έκπλυσης}}} = \frac{58 \text{ m}^3}{1.5 \text{ m}} \rightarrow A_{\text{έκπλυσης}} = 39 \text{ m}^2$$

- **Η δεξαμενή αποθήκευσης νερού έκπλυσης αμμόφιλτρου είναι κυλινδρική, με διάμετρο:**

$$D_{\text{έκπλυσης}} = \sqrt{\frac{4 * A_{\text{έκπλυσης}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 * 39 \text{ m}^2}{\pi}} \rightarrow D_{\text{έκπλυσης}} = 7 \text{ m}$$

5.10.5 ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ ΜΕ ΥΠΕΡΙΩΔΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ UV

Μετά το αμμόφιλτρο, το απόβλητο οδηγείται σε έναν αγωγό, ο οποίος στην μέση περιέχει έναν άλλο αγωγό με λάμπες UV. Η επιλογή της λάμπας γίνεται σύμφωνα με τον χρόνο ζωής της, καθώς μετά από κάποιο χρονικό διάστημα πέφτει η δυναμικότητά της. Η απολύμανση πόσιμου νερού με ακτινοβολία UV αποτελεί σήμερα την πλέον ασφαλή για την υγεία τεχνολογία σε συνδυασμό με άλλες χρησιμοποιούμενες σήμερα τεχνολογίες. Διατίθενται συσκευές UV κλίμακος οικιακής και μικρών καταναλωτών, πιστοποιημένες από επίσημους φορείς ή μη, πιστοποιημένες συσκευές για μεσαίες παροχές αστικού ποσίου νερού και συσκευές μέσης πίεσης για πολύ μεγάλα δίκτυα ποσίου νερού.

Η ακτινοβολία UV υποδιαιρείται σε τέσσερις σειρές: υπεριώδεις κενού (*vacuum UV*), UV-A, UV-B και UV-C. Η ακτινοβολία UV-A χαρακτηρίζεται ως ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος (315 nm έως 400 nm) και προκαλεί το μαύρισμα της επιδερμίδας. Η ακτινοβολία UV-B χαρακτηρίζεται ως ακτινοβολία μεσαίου μήκους κύματος (280 nm έως 315 nm) και προκαλεί εγκαύματα ή/και καρκίνο του δέρματος. Η ακτινοβολία UV-C χαρακτηρίζεται ως ακτινοβολία βραχέος (μικρού) μήκους κύματος (100 nm έως 280 nm), είναι η ισχυρότερη των τριών κατηγοριών υπεριώδους ακτινοβολίας και είναι πολύ αποτελεσματική για την αδρανοποίηση των μικροοργανισμών.

Η υπεριώδης ακτινοβολία UV, μπορεί να χρησιμοποιηθεί αντί του χλωρίου, του ιωδίου, ή άλλων χημικών, για την απολύμανση πόσιμου νερού και υγρών αποβλήτων και ουσιαστικά την καταστροφή των βακτηρίων και των ιών. Η απολύμανση με ακτινοβολία UV αποτελεί περισσότερο μια φυσική παρά χημική διαδικασία εφόσον δε χρησιμοποιούνται χημικά και τα επεξεργασμένα ύδατα δεν έχουν

καμία δυσμενή επίδραση στους οργανισμούς μετά τη διάθεσή τους στο περιβάλλον, όπως μπορεί να συμβεί με άλλες μεθόδους. Σημαντικά μειονεκτήματα της απολύμανσης με υπεριώδη ακτινοβολία είναι : η ανάγκη για συχνή συντήρηση και αντικατάσταση λαμπτήρα , η ανάγκη για μια εξαιρετική ποιότητα επεξεργασμένων λυμάτων , η απουσία υπολειμματικής δράσης αλλά και η πιθανότητα παρεμπόδισης της από αιωρούμενα στερεά σωματίδια, τα οποία αντανakλούν, διαθλάσουν και σκεδάζουν την ακτινοβολία UV.

☒ Τύπος αποβλήτου: Θα απολυμανθεί η εκροή του Αμμόφιλτρου που προέρχεται από Δευτεροβάθμια Καθίζηση.

☒ Για το σχεδιασμό της δεξαμενής απολύμανσης με ακτινοβολία UV, θεωρούμε **κλειστού τύπου σύστημα ακτινοβολήσης με κυλινδρικό κέλυφος και λαμπτήρα χαμηλής πίεσης και έντασης.**

☒ Για τον υπολογισμό της έντασης ακτινοβολίας, μελετάται το **κέλυφος** του συστήματος (όντας το πιο απομακρυσμένο σημείο από τον λαμπτήρα) , καθώς λαμβάνει τη **μικρότερη δόση ακτινοβολίας.**

1. Επιφάνεια του εσωτερικού του κελύφους ($A_{\text{εσωτερικού κελύφους}}$):

Οι διαστάσεις του κελύφους θα είναι οι εξής:

- ✓ Μήκος $L_K = 1000 \text{ mm} = 1 \text{ m}$
- ✓ Διάμετρος $D_K = 200 \text{ mm} = 0.2 \text{ m} \rightarrow$ Ακτίνα του εσωτερικού αγωγού $r_K = 0.1 \text{ m}$

$$A_{\text{εσωτερικού κελύφους}} = 2 \cdot \pi \cdot r_K \cdot L_K = 2 \cdot \pi \cdot 0.1 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} = 0.628 \text{ m}^2 \quad A_{\text{εσωτερικού κελύφους}} = 0.628 \text{ m}^2 = 6300 \text{ cm}^2$$

2. Ισχύς προσπίπτουσας ακτινοβολίας στο τέλος ζωής του λαμπτήρα (P_{UV}):

Αναφορικά με το λαμπτήρα θα ισχύει :

- Αποδιδόμενη ισχύς λαμπτήρα: $P_\lambda = 25 \text{ W}$
- Μείωση αποδιδόμενης ισχύος κατά το τέλος της ζωής του λαμπτήρα: $\Delta P_\lambda = 60 \%$
- Διαπερατότητα αποβλήτου: T_{waste} (Transmissivity) = 70 % (καθώς η νομοθεσία δεν επιτρέπει μεγαλύτερη διαπερατότητα από 70%)

Ισχύς: $P_{UV} = P_\lambda \cdot \Delta P_\lambda \cdot T_{\text{waste}} = 25 \text{ W} \cdot 0.6 \cdot 0.72 \Rightarrow P_{UV} = 10.5 \text{ W} = 10500 \text{ mW}$

3. Ένταση ακτινοβολίας (I_{UV}): $I_{UV} = \frac{P_{UV}}{A_{\text{εσωτερικού κελύφους}}} = \frac{10500 \text{ mW}}{6300 \text{ cm}^2}$ $\Rightarrow I_{UV} = 1.67 \frac{\text{mW}}{\text{cm}^2}$	4. Χρόνος επαφής (ακτινοβολήσης) (t_{UV}): Θεωρείται : Ελαχίστη δόση ακτινοβολίας $D_{UV, \min}$: $D_{UV, \min} = 60 \frac{\text{J}}{\text{m}^2} = 60 \frac{\text{mW} \cdot \text{s}}{\text{cm}^2}$ $t_{UV} = \frac{D_{UV, \min}}{I_{UV}} = \frac{60 \frac{\text{mW} \cdot \text{s}}{\text{cm}^2}}{1.67 \frac{\text{mW}}{\text{cm}^2}} \Rightarrow t_{UV} = 36 \text{ s}$
---	---

5. Όγκος διάταξης λαμπτήρα UV ($V_{\text{λαμπτήρα UV}}$): Οι διαστάσεις του λαμπτήρα θα είναι οι εξής ✓ Μήκος $L_{\lambda} = 1000 \text{ mm} = 1 \text{ m}$ ✓ Διάμετρος $D_{\lambda} = 20 \text{ mm} = 0.020 \text{ m} \rightarrow r_{\lambda} = 0.01 \text{ m}$ Συνεπώς, ο όγκος διάταξης του λαμπτήρα, υπολογίζεται ως εξής : $V_{\text{λαμπτήρα UV}} = V_{\text{κελύφους διάταξης λαμπτήρα UV}} - V_{\text{λυχνίας λαμπτήρα UV}}$ $\Rightarrow V_{\text{λαμπτήρα UV}} = \pi \cdot r_{\kappa}^2 \cdot L_{\kappa} - \pi \cdot r_{\lambda}^2 \cdot L_{\lambda}$ $= \pi \cdot 0.1^2 \cdot 1 \text{ m} - \pi \cdot 0.01^2 \cdot 1 \text{ m}$ $\Rightarrow V_{\text{διάταξης λαμπτήρα UV}} = 0.031 \text{ m}^3$	6. Μέγιστη επιτρεπόμενη παροχή ανά διάταξη ($Q_{\text{max,UV}}$): $Q_{\text{max,UV}} = \frac{V_{\text{διάταξης λαμπτήρα UV}}}{t_{\text{UV}}} = \frac{0.031 \text{ m}^3}{36 \text{ s}} \Rightarrow$ $\Rightarrow Q_{\text{max,UV}} = 0.00087 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$ Παροχή αιχμής - επαναχρησιμοποίησης ($Q_{\text{επ.}}$) (Παροχή Αποβλήτου) $Q_{\text{επ.}} = 4907 \frac{\text{m}^3}{\text{day}} = 0.06 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$ 7. Αριθμός διατάξεων: $\text{Αριθμός διατάξεων} = \frac{Q_{\text{επαναχ.}}}{Q_{\text{max,UV}}} = \frac{0.06 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0.00087 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}$ $\Rightarrow \text{Αριθμός διατάξεων} = 65.6 = 66$
--	--

Απαιτούνται , δηλαδή, 66 διατάξεις απολύμανσης τοποθετημένες παράλληλα.

Πίνακας 66: Ποιοτικά Χαρακτηριστικά συστήματος ακτινοβολίας

Τύπος Συστήματος Ακτινοβολίας	Κλειστού τύπου
Διάταξη Συστήματος Ακτινοβολίας	Κυλινδρικό κέλυφος με λαμπτήρα τοποθετημένο ομοαξονικά
Τύπος Λαμπτήρα	Χαμηλής Πίεσης και Χαμηλής Έντασης

Πίνακας 67: Σχεδιαστικά Χαρακτηριστικά απολύμανσης με χρήση Ακτινοβολίας UV

Παροχή επαναχρησιμοποίησης $Q_{\text{επαναχ.}} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{day}} \right)$	4907
Μήκος κελύφους L_{κ} (m)	1
Διάμετρος κελύφους D_{κ} (m)	0.2
Μήκος λαμπτήρα ακτινοβολίας UV L_{λ} (m)	1
Διάμετρος λαμπτήρα ακτινοβολίας UV D_{λ} (m)	0.02

Αποδιδόμενη ισχύς λαμπτήρα ακτινοβολίας UV P_{λ} (W)	25
Μείωση αποδιδόμενης ισχύος κατά το τέλος της ζωής του λαμπτήρα ΔP_{λ} (%)	60
Διαπερατότητα αποβλήτου T_{waste} (Transmissivity) (%)	70
Ελαχίστη δόση ακτινοβολίας UV $D_{\text{UV,min}}$ $\left(\frac{\text{mJ}}{\text{cm}^2} \text{ ή } \frac{\text{mW}\cdot\text{s}}{\text{cm}^2}\right)$	60
Επιφάνεια του εσωτερικού του κελύφους $A_{\text{εσωτερικού κελύφους}}$ (m^2)	0.63
Ισχύς προσπίπτουσας ακτινοβολίας στο τέλος ζωής του λαμπτήρα P_{UV} (W)	10.5
Ένταση ακτινοβολίας I_{UV} $\left(\frac{\text{mW}}{\text{cm}^2}\right)$	1.67
Χρόνος επαφής (ακτινοβολήσης) t_{UV} (s)	36
Όγκος διάταξης λαμπτήρα UV $V_{\text{λαμπτήρα UV}}$ (m^3)	0.031
Μέγιστη επιτρεπόμενη παροχή ανά διάταξη $Q_{\text{max,UV}}$ $\left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)$	0.00087
Αριθμός διατάξεων λαμπτήρων UV	66

5.11 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΙΛΥΟΣ

5.11.1 ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΟΜΟΓΕΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΙΛΥΟΣ

Τα δεδομένα εισόδου λάσπης στην δεξαμενή ομογενοποίησης από κάθε προηγούμενη δεξαμενή καθίζησης φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 68 : Δεδομένα εισόδου Δ.Ο.Ι.

	Q _{in} (m ³ /d)	[TSS] _{in} (kg/m ³)	[BOD] _{in} (kg/m ³)
ΔΠΚ	358	35	9.7
ΔΔΚ	267	19.8	11.9
ΔΧΚ	0.9	80	26.7

- Συνολική παροχή της Δεξαμενής Ομογενοποίησης: $Q_{\Delta\epsilon\chi, \text{Ομογ.}} = Q_{\Delta\text{ΠΚ}} + Q_{\Delta\text{ΔΚ}} + Q_{\Delta\text{ΧΚ}}$

Όπου : $Q_{\Delta\epsilon\chi, \text{Ομογ.}}$ ($\frac{\text{m}^3}{\text{d}}$): Παροχή ιλύος στη Δεξαμενή Ομογενοποίησης

$Q_{\Delta\text{ΠΚ}}$ ($\frac{\text{m}^3}{\text{d}}$): Παροχή ιλύος από τη Δεξαμενή Πρωτοβάθμιας Καθίζησης

$Q_{\Delta\text{ΔΚ}}$ ($\frac{\text{m}^3}{\text{d}}$): Παροχή ιλύος από τη Δεξαμενή Δευτεροβάθμιας Καθίζησης

$Q_{\Delta\text{ΧΚ}}$ ($\frac{\text{m}^3}{\text{d}}$): Παροχή ιλύος από τη Δεξαμενή Χημικής Καθίζησης

$$\Rightarrow Q_{\Delta\epsilon\chi, \text{Ομογ.}} = 358 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} + 267 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} + 0.9 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \Rightarrow Q_{\Delta\epsilon\chi, \text{Ομογ.}} = 626.5 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$$

- Ισοδύναμο Ισοζύγιο Μάζας στην **είσοδο** της Δ.Ο.Ι

- ο TSS

$$Q_{\Delta\epsilon\chi, \text{Ομογ.}} \cdot [\text{TSS}]_{\Delta\epsilon\chi, \text{Ομογ.}} = Q_{\Delta\text{ΠΚ}} \cdot [\text{TSS}]_{\Delta\text{ΠΚ}} + Q_{\Delta\text{ΔΚ}} \cdot [\text{TSS}]_{\Delta\text{ΔΚ}} + Q_{\Delta\text{ΧΚ}} \cdot [\text{TSS}]_{\Delta\text{ΧΚ}}$$

Όπου : $[\text{TSS}]_{\Delta\epsilon\chi, \text{Ομογ.}}$ ($\frac{\text{mg}}{\text{L}}$): Συγκέντρωση Στερεών στο ρεύμα της Δεξαμενή Ομογενοποίησης

$$\Rightarrow 626.5 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \cdot [\text{TSS}]_{\Delta\epsilon\chi, \text{Ομογ.}} = 358 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \cdot 35 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} + 267 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \cdot 19.8 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} + 0.9 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \cdot 80 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\Rightarrow [\text{TSS}]_{\Delta\epsilon\chi, \text{Ομογ.}} = 29 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad \text{και} \quad M_{\text{TSS}_{\Delta\epsilon\chi, \text{Ομογ.}} \text{in}} = Q_{\Delta\epsilon\chi, \text{Ομογ.}} \cdot [\text{TSS}]_{\Delta\epsilon\chi, \text{Ομογ.}} = 18155.3 \frac{\text{kg}}{\text{d}}$$

- ο BOD

$$Q_{\Delta\epsilon\chi, \text{Ομογ.}} \cdot [\text{BOD}]_{\Delta\epsilon\chi, \text{Ομογ.}} = Q_{\Delta\text{ΠΚ}} \cdot [\text{BOD}]_{\Delta\text{ΠΚ}} + Q_{\Delta\text{ΔΚ}} \cdot [\text{BOD}]_{\Delta\text{ΔΚ}} + Q_{\Delta\text{ΧΚ}} \cdot [\text{BOD}]_{\Delta\text{ΧΚ}}$$

Όπου : $[BOD]_{\Delta\epsilon\chi,0\mu\omicron\gamma.} \left(\frac{mg}{L}\right)$: Συγκέντρωση BOD στο ρεύμα της Δεξαμενή Ομογενοποίησης

$$\Rightarrow 626.5 \frac{m^3}{d} \cdot [BOD]_{\Delta\epsilon\chi,0\mu\omicron\gamma.} = 358 \frac{m^3}{d} \cdot 9.7 \frac{kg}{m^3} + 267 \frac{m^3}{d} \cdot 11.9 \frac{kg}{m^3} + 0.9 \frac{m^3}{d} \cdot 26.7 \frac{kg}{m^3}$$

$$\Rightarrow [BOD]_{\Delta\epsilon\chi,0\mu\omicron\gamma.} = 10.7 \frac{kg}{m^3} \quad \text{και} \quad M_{BOD_{\Delta\epsilon\chi,0\mu\omicron\gamma.in}} = Q_{\Delta\epsilon\chi,0\mu\omicron\gamma.} \cdot [BOD]_{\Delta\epsilon\chi,0\mu\omicron\gamma.} = 6679.4 \frac{kg}{d}$$

❧ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ Δ.Ο.Ι. ❧

Επειδή στη Δ.Ο.Ι. γίνεται η αραίωση της παροχής της ιλύος, η οποία καταλήγει στην πάχυνση πρέπει να ληφθεί υπόψιν στο σχεδιασμό η παροχή του νερού αραίωσης, η οποία απαιτείται. Οι υπολογισμοί για την παροχή του νερού αραίωσης γίνονται στη διεργασία της πάχυνσης, επομένως εδώ δίνεται μόνο το τελικό νόμμερο που χρησιμοποιήθηκε στη διαστασιολόγηση της Δ.Ο.Ι.

Όγκος Δεξαμενής : $V_{\Delta\epsilon\chi,0\mu\omicron\gamma.} = Q_{\text{απαιτούμενη}} \cdot \text{χρόνος παραμονής} \cdot \text{συντελεστής ασφαλείας}$

$$\text{Θέτοντας συντελεστή ασφαλείας} = 2 \rightarrow V_{\Delta\epsilon\chi,0\mu\omicron\gamma.} = \frac{3361 m^3}{d} \cdot \frac{1}{6} d \cdot 2 = 1210.4 m^3$$

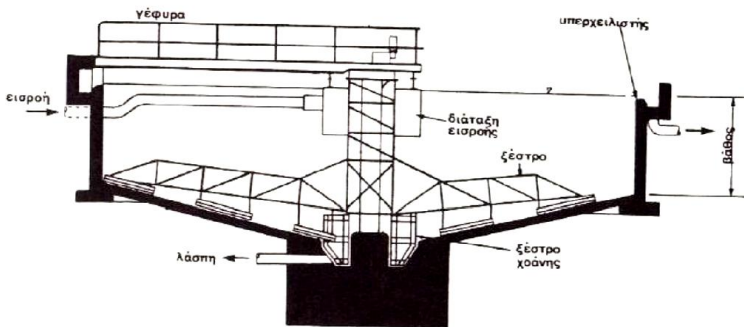
Σχεδιάζεται ορθογώνια δεξαμενή τετραγωνικής διατομής με επιλεγόμενο μήκος $L_{\Delta\epsilon\chi,0\mu\omicron\gamma.} = 15 \text{ m}$ και πλάτος $W_{\Delta\epsilon\chi,0\mu\omicron\gamma.} = 15 \text{ m}$. Το ύψος $H_{\Delta\epsilon\chi,0\mu\omicron\gamma.}$ υπολογίζεται παρακάτω:

$$H_{\Delta\epsilon\chi,0\mu\omicron\gamma.} = \frac{V_{\Delta\epsilon\chi,0\mu\omicron\gamma.}}{L_{\Delta\epsilon\chi,0\mu\omicron\gamma.} \cdot W_{\Delta\epsilon\chi,0\mu\omicron\gamma.}} = \frac{1210.4 m^3}{15 m \cdot 15 m} = 5.4 m$$

Πίνακας 69. Τεχνικά Χαρακτηριστικά Δεξαμενής Ομογενοποίησης Ιλύος

ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ			
$Q_{\Delta\epsilon\chi,0\mu\omicron\gamma.}$	626.5 m ³ /d	$H_{\Delta\epsilon\chi,0\mu\omicron\gamma.}$	5.4 m
$L_{\Delta\epsilon\chi,0\mu\omicron\gamma.}$	15 m	$V_{\Delta\epsilon\chi,0\mu\omicron\gamma.}$	1210.4 m ³
$W_{\Delta\epsilon\chi,0\mu\omicron\gamma.}$	15 m	Χρόνος παραμονής	1/6 d

5.11.2. ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΒΑΡΥΤΙΚΗΣ ΠΑΧΥΝΣΗΣ



Η πάχυνση είναι μια διεργασία που έχει ως σκοπό την αύξηση του ποσοστού των στερεών στη λάσπη απομακρύνοντας μέρος του υγρού κλάσματος. Το περιεχόμενο σε στερεά της λάσπης που παράγεται στα διάφορα στάδια επεξεργασίας (πρωτοβάθμια, δραστική λάσπη, χαλικοδιυλιστήρια κλπ) ποικίλει σημαντικά, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της λάσπης, τις μονάδες επεξεργασίας της λάσπης και τα αντλητικά συστήματα, καθώς και τις μεθόδους λειτουργίας. Η πάχυνση αποτελεί πλεονέκτημα για επόμενες διεργασίες, όπως

η χώνευση και επιτυγχάνεται σε όλες τις μονάδες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, όπως, στους πρωτοβάθμιους διαυγαστές, στους χωνευτήρες λάσπης ή σε ειδικά σχεδιασμένες ξεχωριστές μονάδες.

Η πάχυνση με βαρύτητα είναι μία από τις πιο κοινές μεθόδους και πραγματοποιείται σε δεξαμενές, συνήθως κυλινδρικές, ενώ η τροφοδοσία της αραιωμένης ιλύος γίνεται από ένα πηγάδι που βρίσκεται στο κέντρο των δεξαμενών. Η ιλύς που εισέρχεται καθιζάνει και συμπυκνώνεται και στη συνέχεια η παχυμένη ιλύς απομακρύνεται από τον κωνικό πυθμένα της δεξαμενής. Ακόμη, κατά τη διαδικασία αυτή, η ιλύ αναδεύεται ελαφρώς, με τη βοήθεια συμβατικών μηχανισμών συγκέντρωσης ιλύος με βαθιά πλέγματα ή κατακόρυφες ράβδους, με αποτέλεσμα τη δημιουργία καναλιών απομάκρυνσης του νερού και κατέκταση τη διευκόλυνση της πάχυνσης. Το νερό που διαφεύγει, είναι τα στραγγίσματα ή διαφορετικά η ροή υπερχειλίσης, η οποία επιστρέφει είτε στη δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης, είτε στην εισροή της μονάδας επεξεργασίας, είτε στη δεξαμενή πρωτοβάθμιας ανακυκλοφορίας. Τέλος, είναι απαραίτητο να υπάρχει χώρος αποθήκευσης ιλύος, καθώς γίνεται επιλογή πραγματοποίησης, ανάλογα με τις απαιτήσεις, χώνευσης ή αφυδάτωσης της ιλύος που προκύπτει.

ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ

- Υπολογισμός της επιφάνειας της δεξαμενής, έλεγχος φόρτισης στερεών και έλεγχος επιφανειακής φόρτισης

Τα βιβλιογραφικά όρια της φόρτισης στερεών είναι $24-82 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{d}}$. Επιλέγεται $80 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{d}}$.

- Επιφάνεια της δεξαμενής: $A_{\text{παχ}} = \frac{Q_{\text{Δεξ.Ομογ.}} \cdot [\text{TSS}]_{\text{Δεξ.Ομογ.}}}{U_{\text{στερεων}}} = \frac{17904.5 \frac{\text{kg}}{\text{d}}}{80 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{d}}} = 227 \text{ m}^2$
- Διάμετρος της δεξαμενής: $A_{\text{παχ}} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \rightarrow d = 17 \text{ m}$
- Έλεγχος επιφανειακής φόρτισης (τυπικά όρια Ε.Φ. $16-32 \frac{\text{m}}{\text{d}}$)

$$\text{Ε. Φ.} = \frac{Q_{\text{ομ}}}{A_{\text{παχ}}} = \frac{626.5 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}}{227 \text{ m}^2} = 2.8 \frac{\text{m}}{\text{d}} < 16 \frac{\text{m}}{\text{d}}$$

Επειδή η Ε.Φ. είναι μικρότερη του κατώτερου ορίου, η λάσπη στην εισροή πρέπει να αραιωθεί. Η αραιώση θα πραγματοποιείται με νερό από την εγκατάσταση. Εκλέγεται η κατώτερη απαιτούμενη επιφανειακή φόρτιση $16 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{d}}$, έτσι ώστε να μην υπάρχουν μεγάλες απώλειες στερεών στην υπερχειλίση του πυκνωτή

$$\text{Απαιτούμενη παροχή: } Q_{\text{απαιτούμενη}} = 16 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{d}} * 223.8 \text{ m}^2 = 3631 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$$

$$\text{Άρα, για την αραιώση στην εκροή, απαιτείται παροχή: } Q_{\text{νερού}} = 3631 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} - 626.5 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} = 3005 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}.$$

- **Ύψος κώνου απομάκρυνσης ($h_{\Delta\epsilon\chi.\Pi\alpha\chi.}$)**

$$h_{\Delta\epsilon\chi.\Pi\alpha\chi.} = \tan 45^\circ * \frac{d}{2} = 8.5 \text{ m}$$

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα δεδομένα λάσπης από κάθε προηγούμενη δεξαμενή

	$Q_{\text{in}} \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$	$[\text{TSS}]_{\text{in}} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	$[\text{BOD}]_{\text{in}} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
ΔΠΚ	358	35	9.7
ΔΔΚ	267	19.80	11.88
ΔΧΚ	0.9	80	26.7

	$Q_{\text{in}} \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$	$[\text{TSS}]_{\text{in}} \frac{\text{kg}}{\text{d}}$	$[\text{BOD}]_{\text{in}} \frac{\text{kg}}{\text{d}}$
ΔΠΚ	358	12789.52	3479.53
ΔΔΚ	267	5292.16	3175.3
ΔΧΚ	0.9	73.60	24.53

- **Έλεγχος της συγκέντρωσης των στερεών στο αραιωμένο μίγμα εισροής**

$$\frac{12789.52 \frac{\text{kg}}{\text{d}} + 5292.16 \frac{\text{kg}}{\text{d}} + 73.60 \frac{\text{kg}}{\text{d}}}{3631 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}} * 1000 = 5070 \frac{\text{mg}}{\text{L}} = 0.507 \%$$

- **Υπολογισμός βάθους και έλεγχος χρόνου παραμονής**

✓ Επιλογή βάθους πυκνωτή: $H=3.5 \text{ m}$ (όρια: 3.0-3.7 m)

✓ Υπολογισμός όγκου πυκνωτή: $V = A_{\text{παχ}} * H = 227 \text{ m}^2 * 3.5 \text{ m} = \mathbf{794.3 \text{ m}^3}$

✓ Χρόνος παραμονής: $\tau = \frac{V}{Q_{\text{απαιτ}}} = \frac{794.3 \text{ m}^3}{3631 \text{ m}^3/\text{d}} = 0.22 \text{ d} = \mathbf{5.25 \text{ h}}$

- **Υπολογισμός ροπής ξέστρου**

Επιλογή $W = 40 \text{ kg/m}$ (για πρωτοβάθμια + περ.ΕΙ, πίνακας 9.2, σελ. 152 από το βιβλίο «**Βασικές Αρχές & Σχεδιασμός Συστημάτων Επεξεργασίας Αποβλήτων**», Αναστάσιου Ι. Στάμου & Ζηνόβιου Σ. Βογιατζή).

✓ Ροπή ξέστρου: $T = W * R^2 = 40 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * (8.5 \text{ m})^2 = 2890 \text{ kg} \cdot \text{m}$

✓ Επιλογή γραμμικής ταχύτητας ξέστρου $u=2 \text{ m/min}$ και απόδοση $n=0.5$

✓ Ισχύς ξέστρου: $P = \frac{T \cdot g \cdot u}{R \cdot n} = (2890 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \frac{9.81 \text{ m}}{\text{s}^2} \cdot \frac{2 \text{ m}}{\text{min}} \cdot \frac{\text{min}}{60 \text{ sec}}) / (8.5 \text{ m} \cdot 0.5) = 222.3 \text{ W}$

≈ Ισοζύγια BOD και TSS ≈

❖ Εισροή

Η μάζα των στερεών και BOD₅ στο υγρό από την εκροή της εγκατάστασης που χρησιμοποιείται για αραίωση θεωρείται αμελητέα οπότε τα στερεά της εισροής είναι:

TSS πριν την αραίωση

$$M_{\text{TSS}} = M_{\text{TSS}_{\Delta\epsilon\chi\sigma\mu\omicron\gamma.\text{in}}} = 18155.3 \frac{\text{kg}}{\text{d}}, \text{ με}$$

$$Q = Q_{\text{ομ}} = 626.5 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$$

TSS μετά την αραίωση

$$M_{\text{TSS}} = 18155.3 \frac{\text{kg}}{\text{d}}, \text{ με } Q = 3631 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$$

❖ Πυκνωμένη λάσπη

Υπολογισμός παροχής της πυκνωμένης λάσπης (Q_π).

- επιλογή συγκέντρωσης πυκνωμένης λάσπης 5 % (με όρια 4-7) ($50000 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$)
- επιλογή συγκέντρωσης στερεών υπερκείμενου υγρού 500 mg/L.

Ισοζύγιο μάζας στερεών στον πυκνωτή :

- Μάζα προς τον παχυντή (εισροή) = μάζα πυκνωμένης λάσπης + μάζα υπερχειλίσσης (εκροή)

$$18155.3 \frac{\text{kg TSS}}{\text{d}} = Q_{\pi} \cdot \frac{50000 \text{ TSS}}{1000} + (3631 - Q_{\pi}) \cdot \frac{500 \text{ TSS}}{1000} \Rightarrow Q_{\pi} = 330 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$$

- Μάζα των στερεών της πυκνωμένης λάσπης και το ποσοστό απομάκρυνσης της:

$$\text{Μάζα TSS}_{\text{λάσπης}} = 330 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \cdot 50000 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \cdot \frac{10^3 \text{ L}}{\text{mg}} \cdot \frac{\text{kg}}{10^6 \text{ mg}} = 16504.5 \frac{\text{kg}}{\text{d}}$$

$$\text{Ποσοστό απομάκρυνσης} = \frac{(\text{Μάζα TSS}_{\text{λάσπης}})}{\text{TSS}_{\text{εισροής}}} = \frac{16504.5 \frac{\text{kg}}{\text{d}}}{18155.3 \frac{\text{kg}}{\text{d}}} = 0.91 \text{ ή } 91\%$$

❖ Υπερχείλιση

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι στη ροή υπερχειλίσσης συμπεριλαμβάνεται και το νερό που προστίθεται για αραίωση, το οποίο βελτιώνει την απόδοση της πάχυνσης καθώς και της αφυδάτωσης, αφού απομακρύνει κάποιες διαλυτές ενώσεις (ανόργανες και οργανικές) που καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες χημικών σταθεροποίησης που χρησιμοποιούνται στην αφυδάτωση.

$$\text{Παροχή : } Q_{\text{υπ}} = Q_{\text{απαιτούμενη}} - Q_{\text{π}} = 3631 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} - 330 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} = 3301 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \text{ και}$$

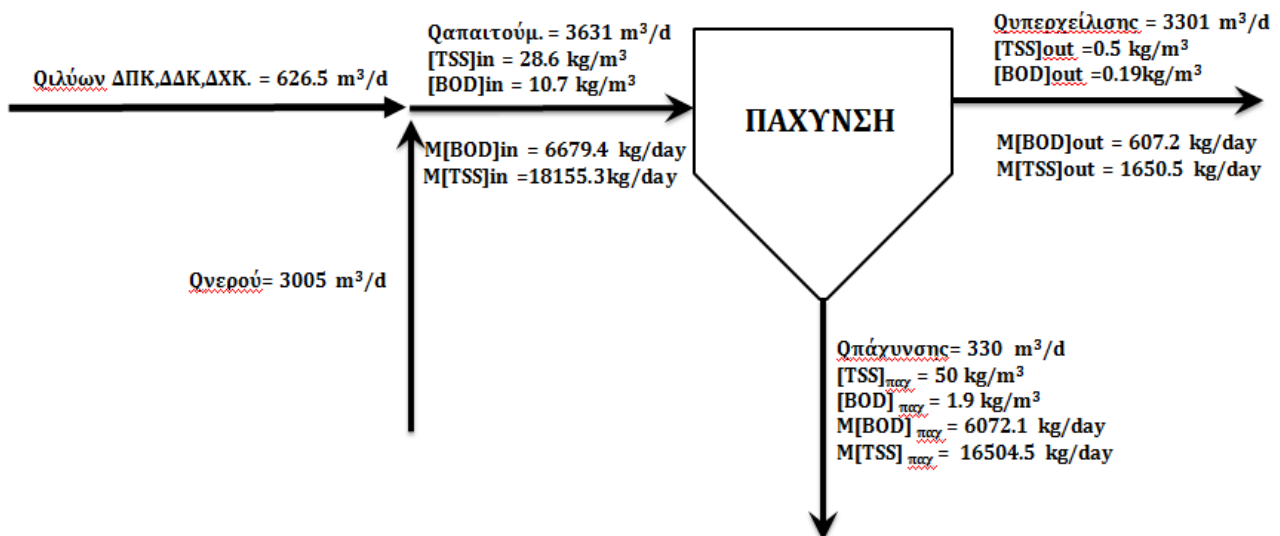
$$\text{Μάζα TSS}_{\text{υπερχ.}} = 3301 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} * \frac{500 \text{ kg}}{1000 \text{ m}^3} = 1650.5 \frac{\text{kg}}{\text{d}}$$

Το διαλυμένο BOD₅ στα 18155.3 $\frac{\text{kg}}{\text{d}}$ της λάσπης είναι αμελητέο σε σχέση με αυτό των στερεών της και η απομάκρυνση του στον παχυντή είναι ανάλογη αυτής των στερεών. Δεν πραγματοποιείται καμία βιολογική διεργασία στον παχυντή, οπότε **το BOD₅ στην υπερχειλίση είναι:**

$$\text{Μάζα BOD}_5 = 6679.4 \frac{\text{kg}}{\text{d}} * (1 - 0.91) = 607.2 \frac{\text{kg}}{\text{d}}$$

Πίνακας 70: Στοιχεία σχεδιασμού δεξ. Πάχυνσης.

ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ	
Όγκος δεξαμενής V	794.3m ³ /d
Εμβαδόν δεξαμενής A	227 m ²
Επιφανειακή φόρτιση	2.8 m/d
Βάθος H	3.5 m
Διάμετρος δεξαμενής D	17 m
Ύψος κώνου Απομάκρυνσης h _{Δεξ.Παχ.}	8.5 m
Ροπή ξέστρου T	2890 kg*m
Συγκέντρωση πυκνωμένης λάσπης	5%
Παροχή πυκνωμένης λάσπης Q _π	330 m ³ /d
Απαιτούμενη παροχή Q _{υπ} στην εκροή	331 m ³ /d
Χρόνος παραμονής τ	5.25 h



Διάγραμμα 13: Ισοζύγιο μάζας και συγκέντρωσης για BOD και TSS στην ΔΠ

5.11.3 ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ (ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗ ΙΛΥΟΣ)

Σκοπός της σταθεροποίησης της λάσπης είναι η μείωση των παθογόνων μικροοργανισμών, των οσμών και της σπητικότητας της. Οι κυριότερες μέθοδοι σταθεροποίησης είναι:

- Η αναερόβια χώνευση
- Η αερόβια χώνευση
- Οι λίμνες σταθεροποίησης
- Η επεξεργασία με ασβέστη ή με χλώριο
- Η θερμική επεξεργασία

Από τις παραπάνω μεθόδους επιλέχθηκε, ως βέλτιστη για την παρούσα μονάδα, αυτή της αναερόβιας χώνευσης, η οποία αποτελείται από μια σειρά πολύπλοκων βιολογικών διεργασιών που γίνονται από διάφορους μικροοργανισμούς. Επιπλέον, το βασικό πλεονέκτημα της είναι η παραγωγή αερίου που καλύπτει τις ενεργειακές ανάγκες της χώνευσης, όπως για παράδειγμα της θέρμανσης, και μπορεί και να χρησιμοποιηθεί και για άλλες ανάγκες της εγκατάστασης, η μείωση των στερεών κατά 25-40% η δυνατότητα υψηλών φορτίσεων στερεών στους χωνευτές και η παραγωγή σταθεροποιημένης λάσπης για τον εμπλουτισμό του εδάφους. Γενικά, μπορεί να περιγραφεί από 2 φάσεις: α) Στην πρώτη φάση, ειδικά αερόβια - αναερόβια βακτήρια, τα οποία ονομάζονται και σχηματιστές οξέων, μετατρέπουν τις πολύπλοκες οργανικές ενώσεις σε οργανικά οξέα. β) Στη δεύτερη φάση, αναερόβιοι μόνο μικροοργανισμοί, τα μεθανοβακτηρίδια, μετατρέπουν τα οργανικά οξέα που σχηματίστηκαν από την πρώτη φάση, σε μεθάνιο, διοξείδιο του άνθρακα και άλλα τελικά σταθερά προϊόντα.

Τα βασικά είδη της αναερόβιας χώνευσης είναι δύο:

- Χαμηλής φόρτισης, το οποίο είναι το πιο απλό και παλιό είδος αναερόβιας χώνευσης. Δεν υπάρχει ανάμιξη και δεν υπάρχει και θέρμανση για την επιτάχυνση της διαδικασίας. Έτσι, ο χωνευτής είναι ουσιαστικά απλά ένας χώρος αποθήκευσης της λάσπης. Το είδος αυτό χρησιμοποιείται πλέον πολύ σπάνια, καθώς έχει αρκετά μειονεκτήματα και κυρίως λόγω του ότι δεν αξιοποιεί πλήρως τον όγκο του χωνευτή.
- Υψηλής φόρτισης, όπου έχει ως κύρια χαρακτηριστικά την πλήρη ανάμιξη, τη θέρμανση, την ομοιόμορφη τροφοδοσία λάσπης στην εισροή και τη συνεχή λειτουργία. Όλα αυτά έχουν ως αποτέλεσμα την αποδοτικότερη λειτουργία της χώνευσης.

☛ Θα χρησιμοποιηθεί **αναερόβιος χωνευτή υψηλής φόρτισης**. Ο χωνευτής αυτός θα είναι κυλινδρικού τύπου με θολωτή οροφή, αναερόβιος πλήρους ανάμιξης και μεσοφιλικής θερμοκρασίας $T=36^{\circ}\text{C}$ (εύρος $30^{\circ}\text{C} - 36^{\circ}\text{C}$).

☛ Στην αναερόβια χώνεψη θα εισέλθει η εκροή ιλύος από την βαρυτική πάχυνση (παροχή πυκνωμένης λάσπης).

Πίνακας 71: Χαρακτηριστικά Εισόδου Δεξαμενής Αναερόβιας Χώνευσης

Q_{in}	330 m ³ /d
[TSS]_{in}	50000 mg/L
MTSS_{in}	1650.4 kg/d

➤ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ ➤

- Όγκος $V_{ανχ}$

Θεωρείται χρόνος παραμονής $SRT = 20d$

$$Q_{in} = \frac{V_{ανχ}}{SRT} \Rightarrow V_{ανχ} = Q_{in} * SRT = 330 \frac{m^3}{d} * 20d = 6602 m^3$$

- Επιφάνεια δεξαμενής $A_{ανχ}$, διάμετρος και ακτίνα

Εκλέγεται βάθος $H = 10m$:

$$A_{ανχ} = \frac{V_{ανχ}}{H} = \frac{6602 m^3}{10m} = 660.2 m^2$$

$$\text{Η διάμετρος: } d_{ανχ} = \sqrt{\frac{4 * 660.2 m^2}{\pi}} = 29 m \text{ και αντίστοιχα η ακτίνα: } r_{ανχ} = \frac{d_{ανχ}}{2} = 14.5 m$$

- Υπολογισμός μείωσης TSS και της ημερήσιας παραγόμενης ποσότητας βιοαερίου

Τα ολικά στερεά διακρίνονται σε πτητικά στερεά (VSS) και μη πτητικά στερεά (NVSS) .

Πριν την αναερόβια χώνευση, σε 1 kg υλός (ξηρή βάση) υπάρχουν 0.7 kg VSS και 0.3 kg μη πτητικά στερεά NVSS. Μετά την αναερόβια χώνευση το 60% των VSS μειώνεται - καταστρέφεται (VSSd) ενώ τα NVSS παραμένουν σταθερά.

$$VSSd = 13.7 * \ln(SRT) + 18.9 = 13.7 * \ln(20) + 18.9 = 60 \%$$

όπου: VSSd → VSSdestroyed, δηλαδή, η ποσότητα των VSS που καταστρέφονται κατά τη διάρκεια της αναερόβιας χώνευσης

➤ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΜΑΖΑΣ ➤

ΕΙΣΡΟΗ:

$$MVSS_{in} = 0.7 * MTSS_{in} = 0.7 * 16504.8 \text{ kg/d} = 11553.4 \text{ kg/d}$$

$$MNVSS_{in} = 0.3 * MTSS_{in} = 0.3 * 16504.8 \text{ kg/d} = 4951.4$$

Τα ολικά στερεά στην είσοδο της διεργασίας (MTSS_{in}) θα είναι ίσα με το άθροισμα των πτητικών και μη πτητικών στερεών .

- Το 60% των VSS καταστρέφεται οπότε: $MVSSd = 0.6 * 11553.4 \text{ kg/d} = 6932 \text{ kg/d}$

ΕΚΡΟΗ:

$$MVSS_{out} = 0.4 * 11553.4 \text{ kg/d} = 4621.3 \text{ kg/d}$$

$$MNVSS_{out} = MNVSS_{in} = 4951.4 \text{ kg/d (αφού παραμένουν σταθερά)}$$

Τα ολικά στερεά στην έξοδο της διεργασίας (MTSSout) θα είναι ίσα με το άθροισμα των πτητικών και μη πτητικών στερεών :

$$MTSS_{out} = MVSS_{out} + MNVSS_{out} = 9572.8 \text{ kg/d}$$

$$\text{Ποσοστιαία μείωση των TSS: } \% \text{Μείωση TSS} = \frac{MTSS_{in} - MTSS_{out}}{MTSS_{in}} = 42\%$$

- Το υπόλοιπο 60% που χάνεται παράγει **βιοαέριο** σε αναλογία $\frac{1 \text{ m}^3 \text{βιοαερίου}}{1 \text{ kg MVSSd}}$
- Οπότε, το παραγόμενο βιοαέριο, σύμφωνα με τα παραπάνω, είναι **6932 m³/d**, επειδή $MVSSd = 6932 \text{ kg/d}$.
- Επίσης, το βιοαέριο αποτελείται από 70% CH₄ και 30% CO₂, δηλαδή, αποτελείται από $0.7 * 6932 \text{ m}^3 = 4852.4 \text{ m}^3 \text{CH}_4$ και $0.3 * 6932 \text{ m}^3 = 2080 \text{ m}^3 \text{CO}_2$.

Δεδομένου ότι απαιτείται περαιτέρω χώρος στην δεξαμενή για το βιοαέριο, θα ληφθεί υπόψη ο όγκος της ημερήσιας παραγόμενης ποσότητας του, 6932 m³, και θα προστεθεί στον όγκο που βρέθηκε παραπάνω (Vανχ). Αφού ουσιαστικά ο όγκος αυτός θα είναι προέκταση του Vανχ, η διάμετρος και κατ'επέκταση και η διατομή του, θα είναι ίδιες με αυτές του Vανχ. Αυτό που θα υπολογιστεί θα είναι το νέο ύψος (βάθος) ολόκληρης της δεξαμενής.

$$A_{ανχ} = 660.2 \text{ m}^2 = \frac{6932 \text{ m}^3}{H'} \rightarrow H' = 10.5 \text{ m}$$

$$\text{Οπότε : ο τελικός όγκος της δεξαμενής θα είναι } V_{\text{δεξ.αν.χ.}} = V_{\text{βιοαερίου}} + V_{\text{ανχ}} = 6932 \text{ m}^3 + 6602 \text{ m}^3 \rightarrow V_{\text{δεξ.αν.χ.}} = 13534 \text{ m}^3$$

$$\text{Και το τελικό βάθος (ύψος) της δεξαμενής : } H_{\text{δεξ.αν.χ.}} = H' + H = 10.5 \text{ m} + 10 \text{ m} = 20.5 \text{ m}$$

• Υπολογισμός παραγόμενης ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας

Για τη θέρμανση της λάσπης μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε σπειροειδείς εναλλάκτες θερμότητας μέσα στον χωνευτή, είτε λέβητας για θέρμανση του νερού. Στην παρούσα εγκατάσταση η θέρμανση θα πραγματοποιείται με την **θέρμανση νερού με χρήση λέβητα**. Η εξαγόμενη ποσότητα μεθανίου θα τροφοδοτεί μονάδα συμπαραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας η οποία θα παράγει **3.5 kWh/m³ CH₄ ηλεκτρικής ενεργείας** και **5.0 kWh/m³ CH₄ θερμικής ενέργειας**. Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια θα "μπαίνει" στο δίκτυο, ενώ όπως προαναφέρθηκε, η παραγόμενη θερμική ενέργεια θα χρησιμοποιείται για την θέρμανση της λάσπης κυρίως, αλλά και για θέρμανση άλλων χώρων της εγκατάστασης.

- **Ηλεκτρική ενέργεια:** ημερησίως παράγονται **4852.4 m³CH₄**

$$\text{Ηλεκτρική ενέργεια} = 4852.4 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} * 3.5 \frac{\text{KWh}}{\text{m}^3} = 16983.4 \frac{\text{KWh}}{\text{d}}$$

- **Θερμική ενέργεια:** ημερησίως παράγονται $4852.4 \text{ m}^3 \text{CH}_4$

$$\text{Θερμική ενέργεια} = 4852.4 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} * 5 \frac{\text{KWh}}{\text{m}^3} = 24262.1 \frac{\text{KWh}}{\text{d}}$$

- **Υπολογισμός απαιτούμενης ενέργειας ανάμειξης**

Απαιτείται Ισχύς ανάδευσης $P = 0.005 \frac{\text{KW}}{\text{m}^3}$, οπότε:

$$\text{Ενέργεια ανάμειξης} = 0.005 \frac{\text{KW}}{\text{m}^3} * 6602 \text{ m}^3 = 33 \text{ KW}$$

Ημερησίως θα απαιτηθούν $33 \text{ KW} * 24 \text{ h} = 792.2 \text{ kwh/d}$

Το kWh δεν είναι πραγματική μονάδα, αλλά ένα μέγεθος που περιγράφει πόση ενέργεια χρησιμοποιήθηκε ή παράχθηκε από μία συσκευή κατά τη διάρκεια μιας ώρας (h).

Άρα η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από το βιοαέριο επαρκεί για να καλύψει τις ενεργειακές απαιτήσεις της ανάμειξης.

Πίνακας 72: Σχεδιαστικά Χαρακτηριστικά Δεξαμενής Αναερόβιας Χώνευσης

ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΚΥΚΛΙΚΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ	
Χρόνος παραμονής SRT	20 d
Όγκος (V)	13534 m ³
Επιφάνεια (A)	660.2 m ²
Διάμετρος (d)	29 m
Βάθος (H)	20.5 m

Πίνακας 73: Ποσοτικά Χαρακτηριστικά Δεξαμενής Αναερόβιας Χώνευσης

Παραγωγή βιοαερίου	6932 m ³ /d
Παραγωγή CH₄ (μεθανίου)	4852.4 m ³ /d
Παραγωγή CO₂ (διοξ. άνθρακα)	2079.6 m ³ /d
Ηλεκτρική ενέργεια	16983.4 KWh/d
Θερμική ενέργεια	24262 KWh/d
Ενέργεια ανάμειξης	33 KWh/d

☞ Θερμικές απαιτήσεις αναερόβιας χώνεψης ☜

- **Απαιτήσεις θέρμανσης ιλύος**

Η θερμότητα που απαιτείται για την ανύψωση της θερμοκρασίας της ιλύος από τους 15 °C στους 36°C υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$q = Q * (T_{\chi} - T_{\lambda}) * C_s$$

Όπου: Q: μάζα λάσπης (kg/d) = $MTSS_{in} / 0.05$ γιατί τα στερεά βρίσκονται σε 5% περιεκτικότητα στην λάσπη . Η μάζας της λάσπης αποτελείται από την μάζα των στερεών και νερό. Άρα $Q = 16504.8 / 0.05 = 330096.1 \text{ kg/d}$

Cs: ειδική θερμότητα λάσπης (4200 J/kg °C) για 5%-10% TSS

T_χ: θερμοκρασία λάσπης στον χωνευτή (36 °C για μεσοφιλική διεργασία)

T_λ: θερμοκρασία λάσπης στην εισροή (15°C)

$$q = 330096.1 \frac{\text{kg}}{\text{d}} * (36 - 15) ^\circ\text{C} * 4200 \text{ J}/(\text{kg} * ^\circ\text{C}) = 2.9 * 10^{10} \text{ J/d} = 336973 \text{ J/s} = 337 \text{ KW}$$

- **Υπολογισμός απωλειών θερμότητας**

Απώλειες από τις διάφορες επιφάνειες του χωνευτή

$$q = U * A * (T_{\chi} - T_{\pi})$$

Όπου, U: συντελεστής μεταφοράς θερμότητας (W/(m²*°C))

A: επιφάνεια (m²)

T_χ: θερμοκρασία λάσπης στον χωνευτή (36 °C για μεσοφιλική διεργασία)

T_π: θερμοκρασία περιβάλλοντος (10 °C)

Για τις απώλειες από τα τοιχώματα και τον πυθμένα έχει σημασία αν βρίσκονται πάνω ή κάτω από την επιφάνεια του εδάφους αν είναι σε επαφή με τον υδροφόρο ορίζοντα και αν είναι μονωμένα. Για τα καπάκια σημασία έχει η κατασκευή τους, η τυχόν μόνωση, το πάχος τους και το αν βρίσκονται σε επαφή με τη λάσπη ή με το αέριο (κινητά καπάκια) . Επίσης, η μισή δεξαμενή θα είναι κάτω από την επιφάνεια του εδάφους.

Πίνακας 74: Χαρακτηριστικές τιμές του συντελεστή μεταφοράς θερμότητας U

	$U, W/m^2, ^\circ C$
Τοίχωμα από σκυρόδεμα (πάνω από το έδαφος)	
Πάχος 300 mm με μόνωση στρώματος αέρα και εξωτ. επίχρισμα	1,8-2,4
Πάχος 300 mm με μόνωση	0,6-0,8
Πάχος 300 mm σε επαφή με τον αέρα	4,88
Πάχος 300 mm με μόνωση στρώματος αέρα πάχους 25 mm και 100 mm τούβλα	1,53
Τοίχωμα από σκυρόδεμα (κάτω από το έδαφος*)	
Γενικά σε υγρό έδαφος	1,1-1,4
Πάχος 300 mm υγρό έδαφος	0,62
Πυθμένος 300 mm υγρό έδαφος	0,68-0,85
Γενικά σε ξηρό έδαφος	0,57-0,68
Πάχος 300 mm ξηρό έδαφος	0,34
Καπάκια (σταθερά) σκυρόδεμα	
Πάχος 100 mm χωρίς μόνωση	4-5
Πάχος 100 mm με μόνωση πάχους 25 mm	1,2-1,6
Πάχος 150 mm	2,84
Πάχος 300 mm	3,29
Καπάκια (σταθερά, χάλυβας)	
Πάχος 6 mm	5,2
Καπάκια (κινητά)	
Χωρίς μόνωση με 35 mm ξύλινο επικάλυμμα	4-5
Με μόνωση πάχους 25 mm	0,9-1,0

❖ Τοιχώματα:

Επιφάνεια Τοιχωμάτων Δεξαμενής: $A = 2 * \pi * \left(\frac{d}{2}\right) * H = 2 * \pi * 14.5 * 20.5 = 1867.2 \text{ m}^2$

✓ Τα τοιχώματα κάτω από το ξηρό έδαφος θα έχουν **πάχος 300 mm**. Από τον παραπάνω πίνακα $U=0.34 \text{ W}/(\text{m}^2 * ^\circ C)$

$$q_1 = \left(\frac{0.34 \text{ W}}{\text{m}^2 * ^\circ C}\right) * \frac{(1867.2 \text{ m}^2)}{2} * (36 - 10)^\circ C = 8.3 \text{ KW}$$

✓ Τα τοιχώματα πάνω από το έδαφος θα έχουμε **πάχος 300 mm με μόνωση**. $U = 0.8 \text{ W}/\text{m}^2 \text{ } ^\circ C$

$$q_2 = \left(\frac{0.8 \text{ W}}{\text{m}^2 * ^\circ C}\right) * \frac{(1867.2 \text{ m}^2)}{2} * (36 - 10)^\circ C = 19.4 \text{ KW}$$

❖ Οροφή:

Το καπάκι από σκυρόδεμα θα έχει πάχος **100 mm με μόνωση πάχους 25 mm**. $U=1.6 \text{ W}/\text{m}^2 \text{ } ^\circ C$

Επιφάνεια Καπακιού Δεξαμενής : $A = \pi * \left(\frac{d}{2}\right)^2 = 660 \text{ m}^2$

$$q_3 = \left(\frac{1.6 \text{ W}}{\text{m}^2 * ^\circ C}\right) * 660 * (36 - 10)^\circ C = 27.5 \text{ KW}$$

❖ Πυθμένας:

Ο πυθμένας σε **υγρό έδαφος** θα έχει πάχος **300 mm**. $U=0.85 \text{ W/m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}$

$$\text{Επιφάνεια Πυθμένα Δεξαμενής : } A = \pi * \left(\frac{d}{2}\right)^2 = 660 \text{ m}^2$$

$$q_4 = \left(\frac{0.85 \text{ W}}{\text{m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}}\right) * 660 * (36 - 10)^{\circ}\text{C} = 14.6 \text{ KW}$$

❖ Ολικές απώλειες: $q_{\text{ολ απωλ}} = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 = 70 \text{ KW}$

Δηλαδή η ολική **απαίτηση σε θερμότητα** θα είναι: $q_{\text{th}} = q + q_{\text{ολ απωλ}} = 337 \text{ KW} + 70 \text{ KW} = 407 \text{ KW}$

Για να υπολογίσουμε τις ολικές ενεργειακές ανάγκες της δεξαμενής , χρειάζεται να προσθέσουμε σε αυτό την ενέργεια που απαιτείται για ανάμιξη.

Δηλαδή οι ολικές ανάγκες σε ενέργεια τις δεξαμενής αναερόβιας χώνευσης θα είναι:

$$E = q_{\text{th}} + E_{\text{αναδ.}} = 407 \text{ KW} + 33 \text{ KW} = 440 \text{ kW}$$

$$\text{Ημερησίως: } 440 \text{ kW} * 24 \text{ h} = 10560 \text{ KWh/d}$$

Είναι εφικτό, λοιπόν, να καλύψουμε όλες τις ανάγκες τις δεξαμενής (θερμικές και ηλεκτρικές) από την παραγωγή βιοαερίου και να διαθέσουμε το ηλεκτρικό ρεύμα στο δίκτυο καθώς και θερμική ενέργεια σε χώρους της εγκατάστασης που απαιτούν θερμότητα.

5.11.4 ΑΦΥΔΑΤΩΣΗ

Αποτελεί μια φυσική διεργασία που χρησιμοποιείται για να μειώσει την περιεχόμενη υγρασία της ιλύος και των βιοστερεών. Μερικές μέθοδοι αφυδάτωσης είναι οι εξής:

1. Χρήση τυμπάνων φυγοκέντρησης στερεών
2. Ταινιοφιλτρόπρεσσα
3. Φιλτρόπρεσσες με δίσκους
4. Κλίνες ξήρανσης ιλύος
5. Λίμνες ιλύος

Στην δεδομένη εγκατάσταση θα χρησιμοποιηθεί η 2η μέθοδος. Οι ταινιοφιλτρόπρεσσες ,που αποτελούνται από **ιμάντες ανάμεσα στις οποίες διέρχεται η λάσπη και συμπιέζεται**, είναι το επικρατέστερο μέσο αφυδάτωσης. Ένα μέρος του νερού της λάσπης μέσω της διήθησης, απομακρύνεται υπό μορφή στραγγισμάτων και το υπόλοιπο συμπιέζεται ανάμεσα στις ταινίες. Τα βασικά πλεονεκτήματά τους η χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και οι υψηλές αποδόσεις σε υψηλές πιέσεις. Τα βασικά μειονεκτήματά τους είναι ότι, πρώτον, η απόδοση επηρεάζεται σημαντικά από τα χαρακτηριστικά της λάσπης, δεύτερον, η μειωμένη υδραυλική ικανότητα και τρίτον, ότι παρουσιάζουν φθορά του διηθητικού μέσου μεγαλύτερη από τα άλλα μηχανικά μέσα. Η αφυδατωμένη λάσπη καταλήγει σε μεταφορική ταινία που βρίσκεται στην έξοδο ταινιοφιλτρόπρεσσας η οποία αποθηκεύεται σε έναν ειδικό χώρο. Τέλος, η εναπομένουσα ιλύς , κομποστοποιείται σε έναν ειδικό χώρο και στη συνέχεια εναποτίθεται σε επιλεγμένες καλλιέργειες .

☞ Η έξοδος της διεργασίας της αναερόβιας χώνευσης αποτελεί την είσοδο της διεργασίας της αφυδάτωσης .

Πίνακας 75: Χαρακτηριστικά Εισόδου στη Διεργασία της Αφυδάτωσης

$Q_{in}=Q_{out}@_{αν.χων.}$	330 m ³ /d
$MTSS_{in} = MTSS_{out}@_{αν.χων.}$	9573 kg/d

Πίνακας 76: Τυπικά δεδομένα απόδοσης της αφυδάτωσης από ταινιοφιλτρόπρεσες για διάφορους τύπους ιλύος και βιοστερεών. (πίνακας 14.43 Metcalf)

Τύπος ιλύος	Τροφοδοσία ξηρών στερεών, %	Φορτίο ανά μέτρο μήκους της ταινίας		Ξηρό πολυμερές, ^β g/kg ξηρών στερεών	Στερεά της αφυδατωμένης ιλύος, %	
		L/s	Kg/h		Τυπικά	Εύρος
Ανεπεξέργαστη πρωτοβάθμια	3-7	1.8-3.2	360-550	1-4	28	26-32
Περίσσεια ενεργός ιλύς (WAS)	1-4	0.7-2.5	45-180	3-10	15	12-20
Πρωτοβάθμια + WAS (50:50) ^γ	3-6	1.3-3.2	180-320	2-8	23	20-28
Πρωτοβάθμια + WAS (40:60) ^γ	3-6	1.3-3.2	180-320	2-10	20	18-25
Πρωτοβάθμια + Κλίνες ξήρανσης	3-6	1.3-3.2	180-320	2-8	25	23-30
Αναερόβια χωνεμένη:						
Πρωτοβάθμια	3-7	1.3-3.2	360-550	2-5	28	24-30
WAS	3-4	0.7-2.5	45-135	4-10	15	12-20
Πρωτοβάθμια + WAS	3-6	1.3-3.2	180-320	3-8	22	20-25
Αερόβια χωνεμένη:						
Πρωτοβάθμια + WAS, χωρίς πάχυνση	1-3	0.7-3.2	135-225	2-8	16	12-20
Πρωτοβάθμια + WAS, με πάχυνση	4-8	0.7-3.2	135-225	2-8	18	12-25
Ενεργή WAS οξυγονωμένη	1-3	0.7-2.5	90-180	4-10	18	15-23

WAS = περίσσεια ενεργού ιλύος.

^α WEF (1998)

^β Ανάγκες πολυμερών βάσει πολυμερούς υψηλού μοριακού βάρους (100% ισχύος, σε ξηρή βάση)

^γ Λόγος βάσει των ξηρών στερεών ή της πρωτοβάθμιας και της WAS

Από τον παραπάνω πίνακα, επιλέγεται: Φορτίο ανά μέτρο μήκους ταινίας 250 kg/(m*h) γιατί η ιλύς είναι αναερόβια χωνευμένη, από πρωτοβάθμια, με περίσσεια ενεργού ιλύος (WAS).

- ✓ Παροχή νερού πλύσης $R = 50 \frac{L}{min \cdot m}$
- ✓ Συγκέντρωση ολικών αιωρούμενων στερεών στο διήθημα $900 \frac{mg}{L}$
- ✓ Απόδοση ολικών στερεών στην αφυδατωμένη λάσπη: 20%
- ✓ Στραγγίσματα : 80%
- ✓ Λαμβάνεται υπόψιν ως ειδικό βάρος της τροφοδοσίας της ιλύος, της αφυδατωμένης ιλύος και του διηθήματος 1.02 kg/L , 1.07 kg/L και 1.01 kg/L αντίστοιχα

- **Ο μέσος εβδομαδιαίος ρυθμός παραγωγής ιλύος:**
(ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ ΔΙΕΡΓΑΣΙΑΣ)

$$\text{Υγρά βιοστερεά} = 330 \frac{m^3}{d} * 7 \frac{d}{\text{week}} * 1.02 \frac{kg}{L} * 1000 \frac{L}{m^3} = 2356886 \frac{kg}{\text{week}}$$

$$\text{Ξηρά στερεά} = 9573 \frac{kg}{d} * 7 \frac{d}{\text{week}} = 67009 \frac{kg}{\text{week}}$$

Για τον υπολογισμό του ημερήσιου και ωριαίου ρυθμού των ξηρών στερεών, της ημερήσιας παροχής Ιλύος και της παροχής νερού πλύσης, λαμβάνουμε υπόψη ότι **η ταινιοφιλτρόπρεσσα θα λειτουργεί 5 ημέρες την εβδομάδα και 8 ώρες την ημέρα :**

$$\text{Ημερήσιος ρυθμός παραγωγής ξηρών στερεών} = 67009 \frac{\text{kg}}{\text{week}} * \frac{\text{week}}{5\text{d}} = 13402 \frac{\text{kg}}{\text{d}}$$

$$\text{Ωριαίος Ρυθμός παραγωγής ξηρών στερεών} = 13402 \frac{\text{kg}}{\text{d}} * \frac{\text{d}}{8\text{h}} = 1675 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

- Για το πλάτος της ταινιοφιλτρόπρεσσας ισχύει:

$$\text{Πλάτος ταινιοφιλτρόπρεσσας} = \frac{\text{Ωριαίος Ρυθμός ξηρών στερεών}}{\text{Φορτίο ανά μέτρο μήκους ταινίας}}$$

$$\text{Πλάτος ταινιοφιλτρόπρεσσας} = \frac{1675 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}{250 \frac{\text{kg}}{\text{m} * \text{h}}} = 6.60 \text{ m}$$

≈ ΗΜΕΡΗΣΙΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΣΤΕΡΕΩΝ ≈

Στερεά στην Τροφοδοσία = Στερεά στην Αφυδατωμένη Ιλύ + Στερεά στο Διήθημα

$$13402 \frac{\text{kg}}{\text{d}} = S * 1.07 \frac{\text{kg}}{\text{L}} * 0.2 + F * 1.01 \frac{\text{kg}}{\text{L}} * \frac{0.09}{100} \rightarrow$$

$$13402 \frac{\text{kg}}{\text{d}} = (S * 0.214 + 0.0009 * F) \frac{\text{kg}}{\text{d}} \text{ ①}$$

Όπου, F: η παροχή του διηθήματος (L/d)

S: η παροχή της αφυδατωμένης ιλύος (L/d)

≈ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΠΑΡΟΧΗΣ ≈

$$\text{Ημερήσια Παροχή Ιλύος} = 330 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} * \frac{7\text{d}}{5\text{d}} * \frac{1000\text{L}}{\text{m}^3} = 462134.5 \frac{\text{L}}{\text{d}} = 462.1 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$$

$$\begin{aligned} \text{Παροχή νερού πλύσης} &= R * \text{πλάτος ταινιοφιλτρόπρεσσας} = 50 \frac{\text{L}}{\text{min} * \text{m}} * \frac{60 \text{ min}}{\text{h}} * \frac{8\text{h}}{\text{d}} * 6.7 \text{ m} \\ &= 160822.8 \frac{\text{L}}{\text{d}} = 161 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \end{aligned}$$

$$\rightarrow \text{Παροχή νερού πλύσης} = 160822.8 \frac{\text{L}}{\text{d}} = 161 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$$

Παροχή Διηθήματος + Παροχή Αφυδατωμένης Ιλύος
= ημερήσια Παροχή Ιλύος + Παροχή Νερού Πλύσης

$$S + F = 462134.5 \frac{L}{d} + 160822.8 \frac{L}{d}$$

$$\rightarrow F = 462134.5 \frac{L}{d} + 160822.8 \frac{L}{d} - S \text{ ②}$$

Οπότε από ① και ② προκύπτει:

$$13402 \frac{kg}{d} = S * 0.214 + 0.0009 * (462134.5 \frac{L}{d} + 160822.8 \frac{L}{d} - S) \frac{kg}{d} \rightarrow$$

$$\rightarrow S = 60260 \frac{L}{d} = 60.3 \frac{m^3}{d} [\text{παροχή της αφυδατωμένης ιλύος } (\frac{L}{d})]$$

$$\text{Και } F = 562698 \frac{L}{d} = 563 \frac{m^3}{d} [\text{παροχή του διηθήματος } (\frac{L}{d})]$$

Η παγίδευση των στερεών υπολογίζεται ως εξής:

Στερεά στο διήθημα
= Παροχή διηθήματος (F) * ειδικό βάρος του διηθήματος
*** Συγκέντρωση ολικών αιωρούμενων στερεών στο διήθημα**

$$\text{Στερεά στο διήθημα} = 562698 \frac{L}{d} * 1.01 * \frac{900 \text{ mg}}{L} = 562698 \frac{L}{d} * 0.0009 \frac{kg}{L} = 511.5 \frac{kg}{d}$$

$$\text{Παγίδευση Στερεών} = \frac{\text{Στερεά στην τροφοδοσία} - \text{Στερεά στο διήθημα}}{\text{Στερεά στην τροφοδοσία}}$$

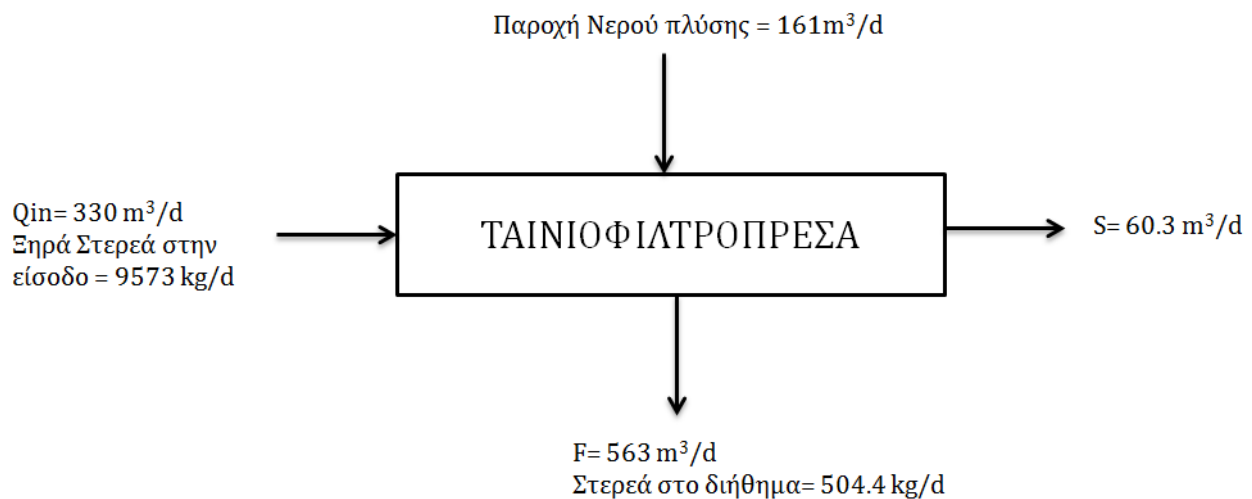
$$= \frac{13402 \frac{kg}{d} - 511.5 \frac{kg}{d}}{13402 \frac{kg}{d}} * 100\% = 96\%$$

Πίνακας 77: Ποιοτικά χαρακτηριστικά ταινιοφιλτρόπρεσσας

Πλάτος	6.7 m
Ημέρες λειτουργίας την εβδομάδα	5
Ώρες λειτουργίας την ημέρα	8h

Πίνακας 78: Ποσοτικά χαρακτηριστικά της διεργασίας αφυδάτωσης

Παράμετρος	Τιμή
Μέσος εβδομαδιαίος ρυθμός παραγωγής υγρών βιοστερεών (τροφοδοσία διεργ.)	$2356886 \frac{\text{kg}}{\text{week}}$
Μέσος εβδομαδιαίος ρυθμός παραγωγής ξηρών βιοστερεών (τροφοδοσία διεργ.)	$67009.4 \frac{\text{kg}}{\text{week}}$
Ημερήσιος ρυθμός παραγωγής ξηρών στερεών (τροφοδοσία διεργ.)	13402 $\frac{\text{kg}}{\text{d}}$
Ωριαίος Ρυθμός παραγωγής ξηρών στερεών (τροφοδοσία διεργ.)	$1675.2 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$
Ημερήσια Παροχή Ιλύος	$462.1 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$
Παροχή νερού πλύσης	$161 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$
Παροχή διηθήματος F	$563 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$
Παροχή αφυδατωμένης ιλύος S	$60.2 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$
Στερεά στο Διήθημα	$511.5 \frac{\text{kg}}{\text{d}}$
Παγίδευση Στερεών	96%



Διάγραμμα 14: Ισοζύγιο μάζας για την διεργασία της αφυδάτωσης

5.11.5 ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ

Ως **κομποστοποίηση** ορίζεται η αερόβια βιολογική (οξειδωτική) διαδικασία αποικοδόμησης και σταθεροποίησης των οργανικών υλικών, που πραγματοποιείται υπό τις φυσικές και χημικές εκείνες συνθήκες που ευνοούν τη διαδοχή συγκεκριμένων θερμοφίλων, θερμοανθεκτικών και μεσόφιλων μικροβιακών πληθυσμών. Καθώς το οργανικό υλικό της ιλύος αποσυντίθεται το κόμποστ θερμαίνεται σε θερμοκρασίες εντός του εύρους της παστεριοποίησης από 50 έως 70 °C και καταστρέφονται οι εντερικοί παθογόνοι μικροοργανισμοί. Οι υψηλές θερμοκρασίες είναι εξαιρετικά χρήσιμες διότι εκτός του ότι εξολοθρεύονται όλοι οι παθογόνοι μικροοργανισμοί συγχρόνως μας δημιουργούν ένα ενεργό περιβάλλον γρήγορης βιοαποδόμησης ενός μεγάλου αριθμού επικίνδυνων ουσιών. Σημαντικό είναι όμως οι θερμοκρασίες να μην υπερβούν τους 70°C διότι υπάρχει κίνδυνος αυτανάφλεξης του μείγματος. Τα βακτήρια, οι μύκητες και άλλα μικρόβια είναι οι "εργάτες" της κομποστοποίησης. Αυτοί υποβοηθούνται κι από πολλούς άλλους μεγαλύτερους οργανισμούς. Κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης, αυτά τα μικρόβια παράγουν διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), θερμότητα και νερό καθώς αποικοδομούν τα οργανικά υλικά του σωρού. Το τελικό αποτέλεσμα είναι το κόμποστ (πλούσιο, σκούρο, θριφτό και άοσμο), τέλειο λίπασμα για τον κήπο. Για την αποτελεσματική κομποστοποίηση χρειάζονται:

1. Οργανικό μίγμα υλικών (σε σωστές αναλογίες)
2. Αερισμός
3. Ελεγχόμενη μέγιστη δυνατή σχετική υγρασία
4. Μικρό μέγεθος υλικών

Ως προϊόν διόγκωσης για το παρόν έργο επιλέγονται τα ροκανίδια, φυσικό προϊόν χωρίς χημικά πρόσθετα μειωμένο σε υγρασία που είναι ικανό να αυξήσει το ποσοστό των βιοστερεών στο 60%. Ο χρόνος που απαιτείται για την ωρίμανση και την τελική σταθεροποίηση του κόμποστ είναι περίπου ένας μήνας. Μετά την ωρίμανση του κόμποστ, ακολουθεί το «κοσκίνισμα» με στόχο την παραλαβή ενός τελικού προϊόντος,, το οποίο θα έχει υποστεί μείωση στο περίπου 70% από την αρχική μάζα και θα έχει μια ποσότητα στερεών γύρω στο 20% . Αυτό, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εδαφοβελτιωτικό στη γεωργία ή και σε κηπουρικές εφαρμογές. Για αποτελεσματικότερη κομποστοποίηση απαραίτητη είναι η διόγκωση του προϊόντος με πριονίδια, ώστε η ποσότητα των στερεών να φτάσει στο 60%.

Ως μέθοδος κομποστοποίησης επιλέγεται η κομποστοποίηση σε σειράδια λόγω του χαμηλού κόστους λειτουργίας της και της ικανοποιητικής απόδοσης σε σχέση με την παροχή λάσπης.

- ✓ Για υψηλή απόδοση της διεργασίας απαιτούνται 40% οργανικά στερεά .
- ✓ Η παροχή της αφυδατωμένης ιλύος από την διεργασία της αφυδάτωσης είναι S= 59.4 m³/d.
- ✓ Επιλέγεται τιμή 3 m³ κλαδιά/ tn υγρής ιλύος, (από εύρος 2.6-3.4 m³ κλαδιά/ tn υγρής ιλύος (20% TSS)).
- ✓ Πραγματοποιείται ανάκτηση του οργανικού υλικού (με εύρος τιμών 50-70%), με επιλεγόμενη τιμή ανάκτησης 60%.
- ✓ Το τελικό προϊόν αναμένεται να έχει περιεκτικότητα περίπου 60% σε στερεά,
- ✓ Επιλέγεται τιμή 400 m² ιλύος/tn υγρής ιλύος (εύρος τιμών 323 – 576 m² ιλύος/tn υγρής ιλύος)
- ✓ Επιλέγεται τιμή 0.5 m³ κόμποστ/tn υγρής ιλύος (εύρος τιμών 0.31-0.36 m³ κόμποστ/tn υγρής ιλύος) ή 1 m³ κόμποστ /tn ξηρής ιλύος (εύρος 0.7-2 m³ κόμποστ/tn ξηρής ιλύος).

- **Η ημερήσια παροχής μάζας ιλύος εισόδου (Q_{mass, in})**

Θεωρώντας το ειδικό βάρος αφυδατωμένης ιλύος ίσο με 1.07 kg/L, είναι:

$$Q_{\text{mass, in}} = S * 1.07 \frac{\text{kg}}{\text{L}} = 60260 \frac{\text{L ιλύος}}{\text{d}} * 1.07 \frac{\text{kg}}{\text{L}} = 64477.4 \frac{\text{kg}}{\text{d}}$$

- **Η ημερήσια απαιτούμενη επιφάνεια ιλύος (A_{ιλύος})**

Με επιλεγόμενη τιμή 400 m² ιλύος/tn υγρής ιλύος, θα είναι :

$$A_{\text{ιλύος}} = 400 \frac{\text{m}^2 \text{ ιλύος}}{\text{tn υγρής ιλύος}} * Q_{\text{mass, in}} * 1 \text{ day} =$$

$$400 \frac{\text{m}^2 \text{ ιλύος}}{\text{tn υγρής ιλύος}} * 64.477 \frac{\text{tn}}{\text{d}} * 1 \text{ day} \rightarrow A_{\text{ιλύος}} = 25791 \text{ m}^2 = 25.8 \text{ στρέμματα}$$

- **Η ημερήσια παροχή κλαδιών (bulk) (Q_{mass, bulk})**

Για 3 m³ bulking/ tn υγρής ιλύος, θα είναι:

$$Q_{\text{mass, bulk}} = Q_{\text{mass, in}} * 3 \frac{\text{m}^3 \text{ bulking}}{\text{tn υγρής ιλύος}} \rightarrow$$

$$Q_{\text{mass, bulk}} = 64.477 \frac{\text{tn}}{\text{d}} * 3 \frac{\text{m}^3 \text{ bulking}}{\text{tn υγρής ιλύος}} = 193 \frac{\text{m}^3 \text{ bulk}}{\text{day}}$$

- **Η πραγματική ημερήσια παροχή μάζας κλαδιών (Q_{mass real, bulk}) :**

Με 60% ανάκτηση

$$Q_{\text{mass real, bulk}} = 0.4 * Q_{\text{mass, bulk}} = 0.4 * 191 \frac{\text{m}^3 \text{ bulk}}{\text{day}} = 77.4 \frac{\text{m}^3 \text{ bulk}}{\text{day}}$$

- **Η ημερήσια παροχή του παραγόμενου κόμποστ (Q_{κόμποστ}):**

Με απόδοση 0.5 m³ κόμποστ/tn υγρής ιλύος θα είναι:

$$Q_{\text{κόμποστ}} = Q_{\text{mass, in}} * 0.5 \frac{\text{m}^3}{\text{tn}} = 64.477 \frac{\text{tn}}{\text{d}} * 0.5 \frac{\text{m}^3}{\text{tn}} = 32 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$$

- **Ο όγκος των του μείγματος ιλύος - κλαδιών που απαιτείται (Vολικό):**

Εάν θεωρήσουμε ότι για την ολοκλήρωση της διαδικασίας κομποστοποίησης απαιτούνται **55 ημέρες** (30 ημέρες ωρίμανση και 25 χρόνο κομποστοποίησης) ο όγκος των του μείγματος ιλύος - κλαδιών που απαιτείται είναι:

$$V_{\text{ολικό}} = (S + Q_{\text{mass real, bulk}} - 2 * Q_{\text{κόμποστ}}) * 55 \text{ d} \rightarrow$$

$$V_{ολικό} = \left(60.2 \frac{m^3 \text{ ιλύος}}{d} + 77.4 \frac{m^3 \text{ bulk}}{\text{day}} - 32 \frac{m^3}{d} \right) * 55 d = 5797 m^3$$

- **Επιφάνεια και ο όγκος του κάθε σειραδίου :**

Για τον υπολογισμό κάθε σειραδίου ,θεωρούμε **μήκος σειραδίου $L_{σειρ.} = 18 \text{ m}$** , **ύψος σειραδίου $H_{σειρ.} = 2.2 \text{ m}$** ,**πλάτος μεγάλης βάσης σειραδίου $B_{1σειρ.} = 4 \text{ m}$** και **πλάτος μικρής βάσης σειραδίου $B_{2σειρ.} = 1.5 \text{ m}$** .

Η επιφάνεια κάθε σειραδίου θα είναι:

$$A_{σειρ.} = \frac{B_{1σειρ.} + B_{2σειρ.}}{2} * H_{σειρ} = \frac{1.5 \text{ m} + 4 \text{ m}}{2} * 2.2 \text{ m} = 6 m^2$$

Ο όγκος κάθε σειραδίου θα είναι:

$$V_{σειρ.} = \frac{1}{2} * L_{σειρ.} * [B_{1σειρ.} + B_{2σειρ.}] * H_{σειρ} = \frac{1}{2} * 18 \text{ m} * [1.5 \text{ m} + 4 \text{ m}] * 2.2 \text{ m} \rightarrow$$

$$V_{σειρ.} = 109 m^3$$

- **Απαιτούμενος χρόνος δημιουργίας κάθε σειραδίου:**

$$\tau = \frac{V_{σειρ.}}{(Q_{\text{mass, bulk}} + S)} = \frac{109 m^3}{(193 \frac{m^3}{d} + 60.2 \frac{m^3}{d})} = 0.43 d \approx 10 h$$

- **Αριθμός των σειραδίων ανά ημέρα και ανά περίοδο κομποστοποίησης :**

$$N_{σειρ} = \frac{V_{ολικό}}{V_{σειρ.}} = \frac{5797 m^3}{109 m^3} = 54$$

Πίνακας 79: Σχεδιαστικά Χαρακτηριστικά Κομποστοποίησης

Παροχή μάζας αφυδατωμένης ιλύος ($Q_{\text{mass, in}}$)	64477.4 kg/day
Απαιτούμενη επιφάνεια ιλύος ($A_{\text{ιλύος}}$)	25791 m²
Παροχή κλαδιών ($Q_{\text{mass real, bulk}}$)	77.4 m ³ /day
Όγκος ιλύος - κλαδιών κομποστοποίησης ($V_{\text{ολικό}}$)	5797 m ³
Παροχή κόμποστ ($Q_{\text{κομποστ}}$)	32 m ³ /day
Επιφάνεια σειραδίου ($A_{\text{σειραδίου}}$)	6 m ²
Όγκος σειραδίου ($V_{\text{σειραδίου}}$)	109 m ³
Χρόνος δημιουργίας σειραδίου (τ)	10 h
Αριθμός σειραδίων (N)	54

5.11.6 . ΕΞΟΔΟΣ & ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΝΕΡΟΥ

Όπως έχει ήδη αναφερθεί στη Μελέτη Κατασκευής, το νερό που εξέρχεται από την ΕΕΛ, θα επαναχρησιμοποιηθεί για την άρδευση χώρων αστικού πρασίνου. Μετά την ολοκλήρωση των διεργασιών ανάκτησης νερού και συγκεκριμένα την απολύμανση με ακτινοβολία UV, το επεξεργασμένο νερό οδηγείται μέσω αντλιοστασίου στο κεντρικό δίκτυο σωλήνων άρδευσης χώρων περιαστικού πρασίνου. Το νερό που απολυμαίνεται μόνο με τη διεργασία της χλωρίωσης καταλήγει στον κοντινότερο υδάτινο αποδέκτη, τη θάλασσα δίπλα στην ΕΕΛ, εφόσον πληρεί τα επιτρεπόμενα νομοθετικά όρια. Και σε αυτή την περίπτωση απαιτείται η δημιουργία συστήματος σωλήνων (αντλιοστάσιο), το οποίο θα μεταφέρει το επεξεργασμένο νερό στην έξοδο της ΕΕΛ και μετά στη θάλασσα, στο σημείο εκροής.

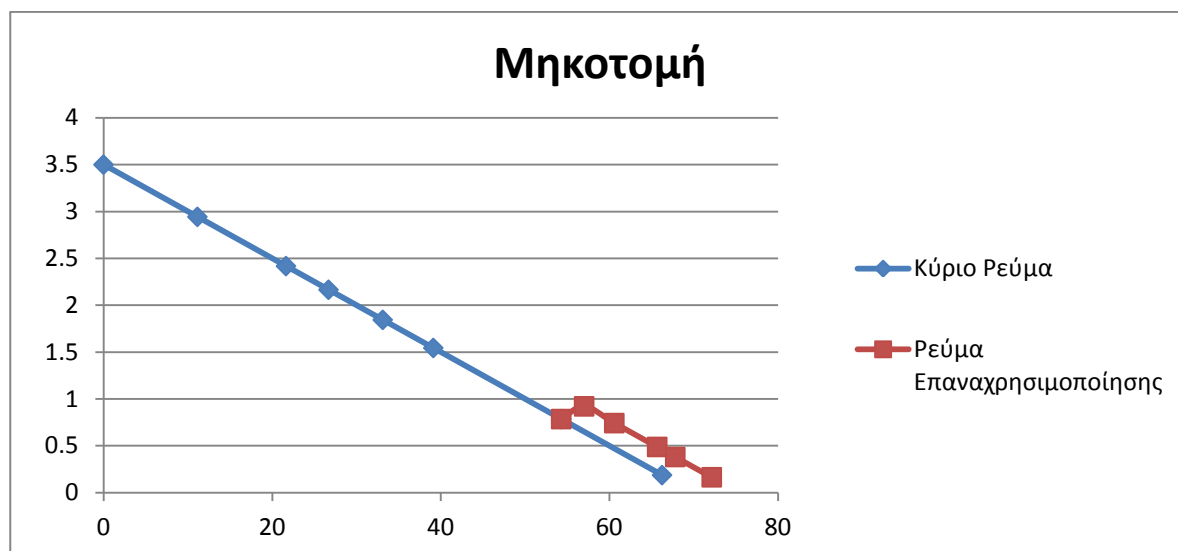
6. Κάτοψη ΕΕΛ

Πίνακας 80: Υπόμνημα Κάτοψης

1	Δεξαμενή Βοθρολυμάτων	13	Αμμόφιλτρο
2	Δεξαμενή Υποδοχής λυμάτων δικτύου	14	UV
3	Εσχάρωση	15	Δεξαμενή Ομογενοποίησης
4	Εξάμμωση	16	Δεξαμενή Πάχυνσης
5	ΔΠΚ	17	Δεξαμενή Αναερόβιας Χώνεψης
6	Δεξαμενή Αερισμού	18	Αφυδάτωση
7	ΔΔΚ	19	Σειράδια Κομποστοποίησης
8	Δεξαμενή εξισορρόπησης	20	Εγκαταστάσεις Γραφείων και εργαστηρίων
9	Χλωρίωση	21	Εγκατάσταση Παραγωγή Ενέργειας από βιοαέριο
10	Δεξαμενή Κροκίδωσης	22	Δεξαμενή Συλλογής στραγγισμάτων
11	Δεξαμενή Συσσωμάτωσης	23	Δεξαμενή Αποθήκευσης Νερού έκπλυσης αμμόφιλτρου
12	ΔΧΚ	24	Δεξαμενή αποθήκευσης υποχλωριώδους νατρίου [NaOCl]

7. Μηκοτομή

Για λόγους εξοικονόμησης ενέργειας και μείωσης του κόστους λειτουργίας στην ΕΕΛ, προτιμάται η φυσική βαρυτική ροή των λυμάτων στην κάθε δεξαμενή, κατά τη διάρκεια των διάφορων διεργασιών επεξεργασίας. Έτσι, με κατάλληλη τοποθέτηση του συνόλου των δεξαμενών στην διαθέσιμη έκταση, εξασφαλίζεται η μικρότερη δυνατή χρήση αντλιών και η βέλτιστη λειτουργία της εγκατάστασης. Επειδή οι διαστάσεις και τα υδραυλικά ύψη του νερού στο εσωτερικό κάθε δεξαμενής είναι διαφορετικά, είναι αναγκαία η ανύψωση ή η εκσκαφή και τοποθέτηση στο υπέδαφος των περισσότερων δεξαμενών. Η κλίση με την οποία θα τοποθετηθούν οι δεξαμενές επιλέχθηκε στο 5% για το σύνολο της ΕΕΛ. Ακολουθεί το διάγραμμα μηκοτομής.



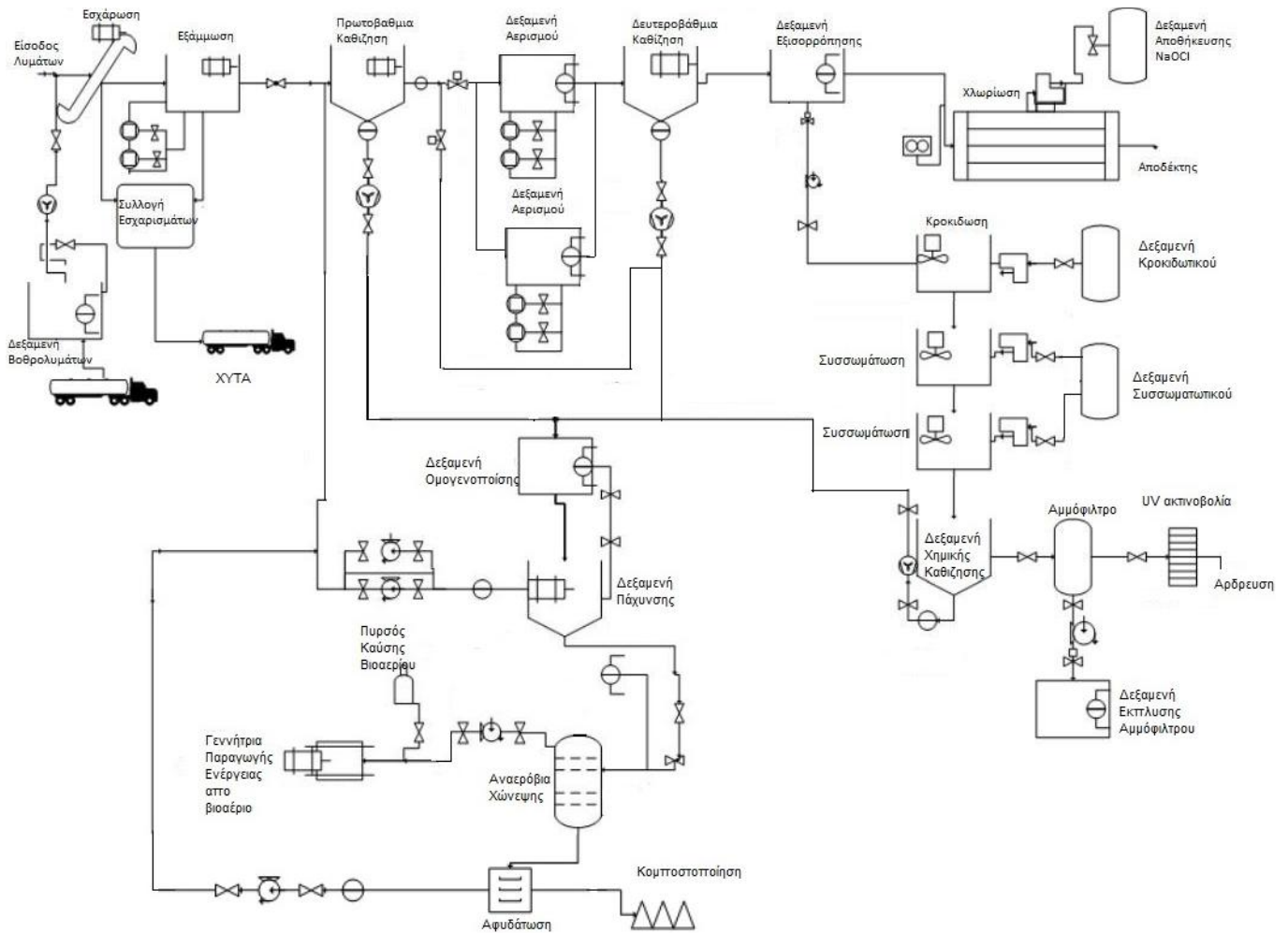
Διάγραμμα 16: Μηκοτομή ΕΕΛ

Αρχικά, όλα τα λύματα μεταφέρονται μετά την είσοδο τους (τα ΑΣΑ μέσω του συστήματος αποχέτευσης και τα βοθρολύματα με φορτηγά μεταφοράς) στην ΕΕΛ, στη δεξαμενή ανάμειξης ΑΣΑ και βοθρολυμάτων, η οποία επιλέγεται να απέχει 3.5 μέτρα από το έδαφος. Για τα ΑΣΑ χρησιμοποιείται κοχλίας μεταφοράς ενώ για τα βοθρολύματα αντλία μεταφοράς από τη δεξαμενή υποδοχής στο κεντρικό ρεύμα ανάμειξης. Από την δεξαμενή βοθρολυμάτων επιτυγχάνεται φυσική βαρυτική ροή λυμάτων με κλίση 5% για την κάθε δεξαμενή μέχρι τη διεργασία απολύμανσης με ακτινοβολία UV, για την οποία απαιτείται αντλία ανύψωσης. Για τις διεργασίες επεξεργασίας της λάσπης κρίνεται απαραίτητη η χρήση αντλιών μεταφοράς μεταξύ των δεξαμενών, ανεξάρτητα από την κλίση. Ακολουθεί ο πίνακας με τα υδραυλικά ύψη, την εκσκαφή ή ανύψωση κάθε δεξαμενής και το νέο ύψος της.

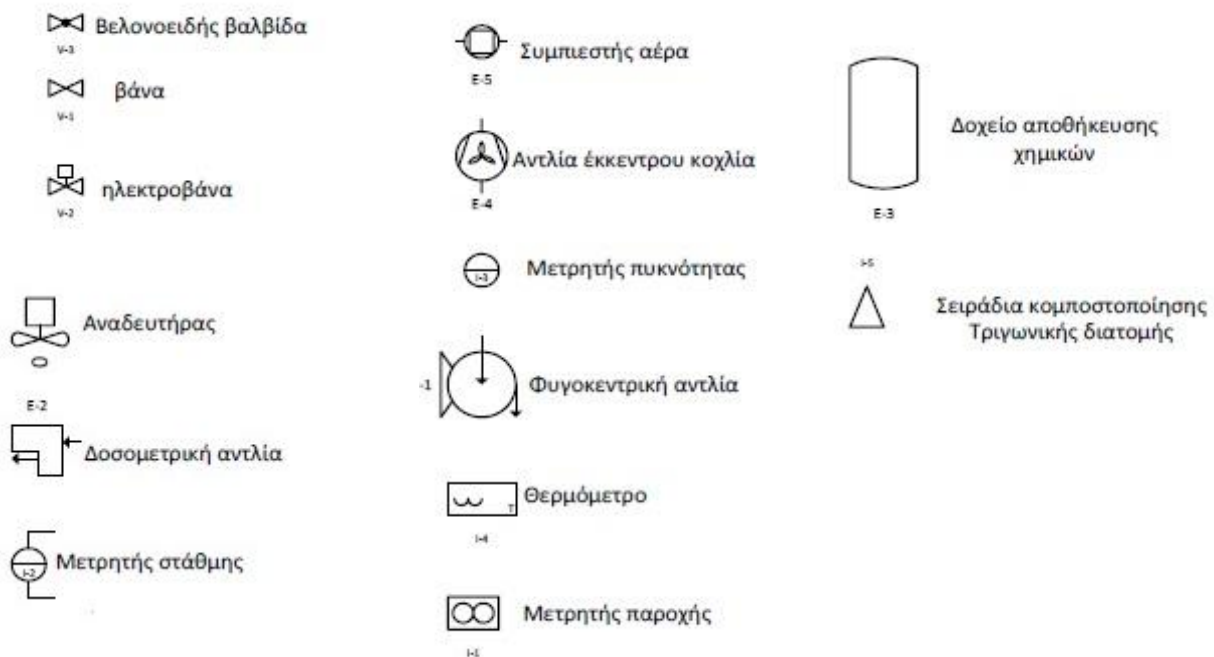
Πίνακας 81: Οριζόντιες Αποστάσεις δεξαμενών

ΚΥΡΙΩΣ ΡΕΥΜΑ							
Δεξαμενή	Αποστάσεις Δεξαμενών (m)	Αθροιστικές αποστάσεις Δεξαμενών (m)	Ύψος ροής max (m)	Κλίση- Απόσταση Δεξαμενών	Νέο ύψος (m)	Εκσκαφή- Ανύψωση (m)	Ενέργεια
Δεξαμενή Βοθρολυμάτων	0	0	3.5	0	3.5	0	καμία ενέργεια
Εσχάρωση	11.14	11.14	0.6	0.6	2.9	2.32	επιχωμάτωση
Εξάμωση	10.51	21.65	2.5	0.5	2.4	-0.08	εκσκαφή
ΔΠΚ	5.05	26.7	3	0.3	2.2	-0.81	εκσκαφή
Δεξαμενή Αερισμού	6.43	33.13	4.5	0.3	1.8	-2.66	εκσκαφή
ΔΔΚ	6	39.13	4.5	0.3	1.5	-2.30	εκσκαφή
Δεξαμενή εξισορροπησης	15.18	54.31	25	0.8	0.8	-24.22	εκσκαφή
Χλωρίωση	11.96	66.27	0.6	0.6	0.2	-0.41	εκσκαφή
ΡΕΥΜΑ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ							
Δεξαμενή	Αποστάσεις Δεξαμενών (m)	Αθροιστικές αποστάσεις Δεξαμενών (m)	Ύψος ροής max (m)	Κλίση- Απόσταση Δεξαμενών	Νέο ύψος (m)	Εκσκαφή- Ανύψωση (m)	Ενέργεια
Δεξαμενή εξισορροπησης	13	54.31	25	0.65	0.78	-24.22	εκσκαφή
Δεξαμενή Κροκίδωσης	2.72	57.03	2	0.14	0.92	-1.08	εκσκαφή
Δεξαμενή Συσσωμάτωσης	3.58	60.61	2	0.18	0.74	-1.26	εκσκαφή
ΔΧΚ	5.09	65.7	7.3	0.25	0.49	-6.84	εκσκαφή
Αμμόφιλτρο	2.14	67.84	1.8	0.11	0.40	-1.42	εκσκαφή
UV	4.33	72.17	0	0.22	0.16	0.16	επιχωμάτωση

8. Διάγραμμα P&I



Πίνακας 82: Υπόμνημα Κάτοψης



9. Εγκαταστάσεις

9.1 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ

Ανάλογα με τις προμελετημένες συνθήκες πίεσης, θερμοκρασίας και ταχύτητας ροής όπου θα δημιουργηθούν κατά την λειτουργία της ΕΕΛ, γίνεται ο σχεδιασμός του δικτύου σωληνώσεων με τα απαιτούμενα υλικά κατασκευής. Έτσι, επιλέγονται σωλήνες από ανοξείδωτο χάλυβα ανθεκτικοί σε διάβρωση και οξείδωση. Αυτοί λειτουργούν στη μέγιστη αναμενόμενη πίεση λειτουργίας, εξασφαλίζοντας ότι δεν θα προκύψουν σκασίματα σωληνώσεων λόγω πίεσης και ότι δεν θα υπάρχουν διαρροές στο δίκτυο μεταφοράς των λυμάτων. Επιπλέον, τοποθετούνται παρακαμπτήριοι σωλήνες στις διεργασίες καθίζησης (πρωτοβάθμιας, δευτεροβάθμιας και χημικής), για την εξασφάλιση συνεχούς και ασφαλούς λειτουργίας της ΕΕΛ. Προληπτικά, υπάρχει πρόβλεψη και για χρήση παρακαμπτήριων σωλήνων, οι οποίοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε περίπτωση βλάβης ή επισκευής ή προγραμματισμένης συντήρησης των δεξαμενών ή του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού.

Η μεταφορά των σωλήνων στη μονάδα ΕΕΛ πρέπει να είναι προσεκτική, ώστε να αποφευχθούν τα ατυχήματα και να μην υπάρξει καταστροφή των υλικών τους στη διάρκεια της φορτοεκφόρτωσης. Όσες από τις σωληνώσεις έχουν υποστεί βλάβες πρέπει να απορριφθούν ή να επιστραφούν στους προμηθευτές για αντικατάσταση. Σε περίπτωση παύσης εργασιών, το εσωτερικό των σωλήνων πρέπει να διατηρείται καθαρό από ξένα σώματα, χρώματα και νερό ή τυχών διαβρωτικές ουσίες. Ακόμα, χρειάζεται να αποφεύγεται οποιαδήποτε κρούση των σωληνώσεων κατά την κατάβαση ή ανάβαση στον χώρο τοποθέτησης. Απαραίτητη είναι η αποθήκευση των σωλήνων σε επίπεδους χώρους, στους οποίους θα αποκλείονται από την επαφή με διαβρωτικά υλικά και την έκθεση σε ηλιακή ακτινοβολία. Τα εξαρτήματα των σωληνώσεων πρέπει να φυλάσσονται στα κιβώτια συσκευασίας τους έως την χρήση.

Κατά τη δημιουργία παράλληλων δικτύων σωληνώσεων χρειάζεται να τηρούνται οι ελάχιστες **αποστάσεις ασφαλείας** μεταξύ των σωλήνων, οι οποίες είναι: **Μεταξύ σωλήνων 40 mm, απόσταση από τοίχους 25 mm, από οροφές 100 mm και από δάπεδα 150 mm**. Τέλος, πριν τη λειτουργία της ΕΕΛ είναι αναγκαίος ο καθαρισμός των εσωτερικών επιφανειών για απομάκρυνση όλης της σκουριάς, σκόνης, υπολειμμάτων και μεταλλικών ουσιών από τις συγκολλήσεις στο εργοτάξιο.

Κατά τη διεργασία της εσχάρωσης, τα λύματα εισέρχονται στον αγωγό με ταχύτητα $U_{min} = 0.43 \text{ m/s}$ και μέση παροχή ίση με $Q_{aver} = 14373 \text{ m}^3/\text{day}$ ή $Q_{aver} = 0.094 \text{ m}^3/\text{s}$. Η διάμετρος του σωλήνα που απαιτείται είναι:

$$Q_{aver} = u * A \Rightarrow A = \frac{Q_{aver}}{u} = \frac{0.094 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0.43 \frac{\text{m}}{\text{s}}} \Rightarrow A = 0.22 \text{ m}^2$$
$$A = \frac{\pi * d^2}{4} \Rightarrow d = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 * 0.22 \text{ m}^2}{\pi}} \Rightarrow d = 0.528 \text{ m}$$

Έτσι, επιλέγεται για λόγους ασφαλείας σωλήνας διαμέτρου **d=530 mm** ή εάν δεν υπάρχει διαθέσιμο στο εμπόριο, η αμέσως μεγαλύτερη σε μέγεθος διάμετρος σωλήνα.

9.2. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

9.2.1. Δεξαμενή υποδοχής βοθρολυμάτων

Για την μεταφορά των βοθρολυμάτων από την δεξαμενή υποδοχής στην είσοδο της ΕΕΛ στο ρεύμα ανάμειξης χρησιμοποιείται φυγοκεντρική αντλία με κοπτήρες υγρού τύπου μοντέλου UMBRA PVA 120. Η ισχύς της είναι 0.9 kW και το κόστος της μαζί με τον ηλεκτροκινητήρα, ανέρχεται στα 480 Ευρώ. Για λόγους ασφαλείας θα τοποθετηθούν δυο όμοιες αντλίες με **συνολικό κόστος 960 Ευρώ**.



***Εικόνα 1:** Φυγοκεντρική αντλία*

9.2.2. Διεργασία Εσχάρωσης

Κατά την εσχάρωση απαιτείται η χρήση 2 μηχανικά αυτοκαθαριζόμενων ξέστρων για την ομαλή λειτουργία της ΕΕΛ σε περίπτωση βλάβης ή προγραμματισμένης συντήρησης. Οι σχάρες περιλαμβάνουν ενσωματωμένο κοχλία απομάκρυνσης των εσχαρισμάτων και μηχανικό σύστημα αυτοκαθαρισμού ισχύος 2.5 kW, με υλικό κατασκευής χάλυβα SS 304. Το κόστος κάθε ξέστρου ανέρχεται στα 12500 Ευρώ, άρα το **συνολικό κόστος είναι 25000 Ευρώ**.



***Εικόνα 2:** Μηχανικό αυτοκαθαριζόμενο ξέστρο*

9.2.3. Διεργασία Εξάμμωσης

Για την εξάμμωση, απαιτούνται δυο φυσητήρες αερισμού και ένας διαχωριστής άμμου. Επιλέγεται φυσητήρας της εταιρείας HPE μοντέλο HPE4019 ισχύος 1.6 kW για να καλυφθεί η απαιτούμενη παροχή αέρα (για παροχή αέρα $0.3 \text{ m}^3/(\text{m} \cdot \text{min})$ σε μήκος 9,2 m του εξαμμωτή η ολική παροχή ανέρχεται σε $2.76 \text{ m}^3/\text{min} = 165 \text{ m}^3/\text{h}$), ενώ διαχωριστής άμμου είναι SES μοντέλο SES20 ισχύος 1,1KW. Το κόστος κάθε φυσητήρα είναι 600 Ευρώ και ο διαχωριστής άμμου τιμάται στα 200 Ευρώ. Άρα, το **συνολικό κόστος αντιστοιχεί σε 1400 Ευρώ.**



Εικόνα 3: Φυσητήρας αερισμού



Εικόνα 4: Διαχωριστής άμμου

9.2.4. Διεργασία πρωτοβάθμιας καθίζησης

Η μονάδα της πρωτοβάθμιας καθίζησης περιλαμβάνει μηχανισμό κίνησης, περιστρεφόμενη γέφυρα, ξέστρο πυθμένα, επιφανειακό ξέστρο με χοάνη απόρριψης επιπλεόντων, ανοξείδωτο ηλεκτρικό πίνακα, οδοντωτό υπερχειλιστή, τύμπανο μείωσης ενέργειας και φράγμα επιπλεόντων. Η ιλύς που συγκρατείται στον πυθμένα μεταφέρεται με χρήση αντλίας στη δεξαμενή ομογενοποίησης.



Εικόνα 5: Αντλία έκκεντρου κοχλία



Εικόνα 6: Μονάδα πρωτοβάθμιας καθίζησης με κινητή γέφυρα

Για την πρωτοβάθμια καθίζηση, απαιτούνται δυο αντλίες έκκεντρου κοχλία και ένας μηχανισμός κινητής γέφυρας. Επιλέγεται σύστημα για την κίνηση της γέφυρας με ισχύ 0.9 kW και τιμή που ανέρχεται στα 17500 Ευρώ. Για την μεταφορά της ιλύος στην δεξαμενή ομογενοποίησης της λάσπης επιλέγεται αντλία έκκεντρου κοχλία (monopump), μοντέλο K-NU 20 με παροχή $Q_{\text{ιλύος}} = 14.9 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$ και ισχύ 2 kW. Το κόστος κάθε αντλίας μαζί με ηλεκτροκινητήρα είναι 1900 Ευρώ. Άρα, το **συνολικό κόστος αντιστοιχεί σε 21300 Ευρώ.**

9.2.5. Σύστημα ενεργού ιλύος – Δεξαμενή αερισμού

Για τη δεξαμενή αερισμού, απαιτείται σύστημα αερισμού με πορώδεις σωληνοειδείς διαχυτήρες λεπτής φυσαλίδας. Επιλέγεται το μοντέλο HPE93290 (204F) της εταιρίας HPE με ισχύ 25 kW και **συνολικό κόστος 8200 Ευρώ.**



***Εικόνα 7:** Σωληνοειδείς διαχυτήρες λεπτής φυσαλίδας*

Επειδή υπάρχει πρόβλεψη για δυο δεξαμενές αερισμού στην παρούσα ΕΕΛ, υπολογίζεται ένα ξεχωριστό σύστημα αερισμού για την κάθε μια. Δηλαδή **το κόστος και για τις δυο ανέρχεται στα 16400 Ευρώ.**

9.2.6. Διεργασία δευτεροβάθμιας καθίζησης

Όπως στην πρωτοβάθμια καθίζηση, η μονάδα δευτεροβάθμιας καθίζησης περιλαμβάνει μηχανισμό κίνησης, περιστρεφόμενη γέφυρα, ξέστρο πυθμένα, επιφανειακό ξέστρο με χοάνη απόρριψης επιπλεόντων, ανοξείδωτο ηλεκτρικό πίνακα, τύμπανο μείωσης ενέργειας και φράγμα επιπλεόντων (Ισχύος συνολικά 0,7KW). Η ιλύς που συγκρατείται στον πυθμένα μεταφέρεται μέσω αντλίας στη δεξαμενή ομογενοποίησης.



***Εικόνα 8:** Δεξαμενή 1^η β βάρθμιας καθίζησης με κινητή γέφυρα*



Εικόνα 9: Αντλία έκκεντρου κοχλία

Για τη δευτεροβάθμια καθίζηση, απαιτούνται δυο αντλίες έκκεντρου κοχλία και ένας μηχανισμός κινητής γέφυρας. Επιλέγεται σύστημα για την κίνηση της γέφυρας με ισχύ 0.7 kW (μικρότερη ισχύς από αυτή του συστήματος της πρωτοβάθμιας) και τιμή που ανέρχεται στα 12500 Ευρώ. Για την μεταφορά της ιλύος στην δεξαμενή ομογενοποίησης της λάσπης επιλέγεται αντλία έκκεντρου κοχλία (monopump), μοντέλο K-NU 20 με παροχή $Q_{\text{ιλύος}} = 11.13 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$ και ισχύ 2 kW. Το κόστος κάθε αντλίας μαζί με ηλεκτροκινητήρα είναι 1900 Ευρώ. Άρα, το **συνολικό κόστος αντιστοιχεί σε 16300 Ευρώ.**

9.2.7. Διεργασία χλωρίωσης

Η παροχή της απαραίτητης δόσης χλωρίου στη διαδικασία της χλωρίωσης θα γίνει με περισταλτική αντλία της εταιρείας ISMATEC, μοντέλο ISM 726 και ισχύ 120 Watt. Στην παρούσα ΕΕΛ η απαιτούμενη δόση χλωρίου είναι $276 \frac{\text{kg}}{\text{day}}$ και επιλεγμένο μέσο χλωρίωσης το υποχλωριώδες νάτριο (NAOCl). Η αντλία είναι ρυθμιζόμενης παροχής, με δυνατότητα αλλαγής κεφαλής και χρήση επιλεγμένου μεγέθους σωλήνων Sadoprenne, ώστε να αποφεύγεται ανεπιθύμητη χλωρίωση και φθορά στα κοινά σωληνάκια. Το κόστος της είναι 700 Ευρώ. Επίσης, θα αγοραστεί και εφεδρική περισταλτική αντλία, σε περίπτωση βλάβης της κύριας, για την συνεχή λειτουργία της διεργασίας χλωρίωσης, της εταιρείας Watson Marlow, μοντέλο 302 S, ισχύ 120 Watt και κόστος 550 Ευρώ. **Το συνολικό κόστος της περισταλτικής και της εφεδρικής αντλίας ανέρχεται στα 1250 Ευρώ.**



Εικόνα 10: Περισταλτική αντλία

9.2.8. Διεργασία κροκίδωσης

Για την απαιτούμενη ανάδευση κατά την διεργασία της κροκίδωσης επιλέγεται μηχανικός αναδευτήρας ρυθμιζόμενης ταχύτητας περιστροφής μοντέλο IKA RW20, ρυθμιζόμενης ισχύος 75Watt με εύρος 60-2000 rpm και κόστος 750 Ευρώ.



Εικόνα 11: Μηχανικοί αναδευτήρες κροκίδωσης

Η παροχή της απαραίτητης δόσης κροκιδωτικού θα γίνει με περισταλτική αντλία της εταιρείας ISMATEC, μοντέλο ISM 726, ισχύος 120 Watt. Στην παρούσα ΕΕΛ η απαιτούμενη δόση Al_2O_3 είναι $98.1 \frac{\text{kg}}{\text{day}}$ και επιλεγμένο μέσο κροκίδωσης το PAC. Η αντλία είναι ρυθμιζόμενης παροχής, με δυνατότητα αλλαγής κεφαλής και χρήση επιλεγμένου μεγέθους σωλήνων Sadoprenne, ώστε να αποφεύγεται ανεπιθύμητη φθορά στα κοινά σωληνάκια. Το κόστος της είναι 700 Ευρώ. Επίσης, θα αγοραστεί και εφεδρική περισταλτική αντλία, σε περίπτωση βλάβης της κύριας, για την συνεχή λειτουργία της διεργασίας κροκίδωσης, της εταιρείας Watson Marlow, μοντέλο 302 S, ισχύ 120 Watt και κόστος 550 Ευρώ.



Εικόνα 12: Περισταλτική αντλία

Τέλος για την μεταφορά της παροχής στο ρεύμα επαναχρησιμοποίησης θα χρησιμοποιηθούν στην δεξαμενή εξισορρόπησης μερισμού δυο φυγοκεντρικές αντλίες μοντέλο UMBRA PVA 150, ισχύος 1.1 kW και κόστους 445 Ευρώ. Το **τελικό κόστος ανέρχεται στα 2890 Ευρώ.**



Εικόνα 13: Φυγοκεντρική αντλία

9.2.9. Διεργασία συσσωμάτωσης

Για την απαιτούμενη ανάδευση κατά την διεργασία της συσσωμάτωσης στις δυο δεξαμενές επιλέγονται δυο μηχανικοί αναδευτήρες ρυθμιζόμενης ταχύτητας περιστροφής, μοντέλο IKA GUROSTAR, ρυθμιζόμενης ισχύος 75 Watt με εύρος 50-2000 rpm και κόστος 550 Ευρώ.



Εικόνα 14: Μηχανικός αναδευτήρας συσσωμάτωσης

Η παροχή της απαραίτητης δόσης συσσωματικού θα γίνει με δυο περισταλτικές αντλίες (μία για κάθε δεξαμενή) της εταιρείας ISMATEC, μοντέλο ISM 726, ισχύος 120 Watt. Στην παρούσα ΕΕΛ η απαιτούμενη δόση συσσωματικού είναι $147.2 \frac{\text{kg}}{\text{day}}$ και επιλεγμένο συσσωματωτικό μέσο το συνθετικό οργανικό κατιοντικό πολυμερές πολυαιθυλενοαμίνη. Οι αντλίες είναι ρυθμιζόμενης παροχής, με δυνατότητα αλλαγής κεφαλής και χρήση επιλεγμένου μεγέθους σωλήνων Sadoprenne και το κόστος τους είναι 700 Ευρώ. Επίσης, θα αγοραστεί και εφεδρική περισταλτική αντλία, σε περίπτωση βλάβης της κύριας, για την συνεχή λειτουργία της διεργασίας κροκίδωσης, της εταιρίας Watson Marlow, μοντέλο 302 S, ισχύ 120 Watt και κόστος 550 Ευρώ. Το **τελικό κόστος ανέρχεται στα 3050 Ευρώ.**



Εικόνα 15: Περισταλτική αντλία

9.2.10. Διεργασία χημικής καθίζησης

Για την μεταφορά της υλούς στην δεξαμενή ομογενοποίησης της λάσπης επιλέγονται δυο αντλίες έκκεντρου κοχλία (monopump), μοντέλο K-NU 15 με παροχή $Q_{\text{υλούς}} = 0.04 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$ και ισχύ 2 kW. Το κόστος κάθε αντλίας μαζί με ηλεκτροκινητήρα είναι 1400 Ευρώ. Άρα, το **συνολικό κόστος αντιστοιχεί σε 2800 Ευρώ.**



Εικόνα 16: Αντλία έκκεντρου κοχλία

9.2.11. Διεργασία διήθησης

Για τη διαδικασία της διήθησης, επιλέγεται αμμόφιλτρο της εταιρείας Everfilt, μοντέλο SKH 85-54 ανοδικής ροής κατασκευασμένο από χαλυβοσίδηρο, 304 και 316 ανοξείδωτο ατσάλι, το οποίο παρέχει τη δυνατότητα αυτόματης ή χειροκίνητης λειτουργίας. Παραλαμβάνεται συναρμολογημένο και έτοιμο για εγκατάσταση και χρήση μαζί με τον απαιτούμενο εξοπλισμό (μετρητή πίεσης και σωληνώσεις) και το κόστος του είναι 10000 Ευρώ.



Εικόνα 17: Αμμόφιλτρο

Για την έκπλυση του αμμόφιλτρου απαιτείται φυγοκεντρική αντλία για τη μεταφορά της απαιτούμενης παροχής, η οποία αντιστοιχεί για χρόνο έκπλυσης 5 λεπτών σε $7.8 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$. Επιλέγεται το μοντέλο FTM 310 με ισχύ 2.2 kW και κόστος 750 Ευρώ μαζί με ηλεκτροκινητήρα. Μια επιπλέον φυγοκεντρική αντλία είναι απαραίτητη για την παροχέτευση της ποσότητας των λυμάτων που απομακρύνονται μετά το πέρας της πλύσης. Επιλέγεται το μοντέλο FORAS SD80/2T με ισχύ 0.6 kW και κόστος 200 Ευρώ μαζί με ηλεκτροκινητήρα. Το **συνολικό κόστος του εξοπλισμού** ανέρχεται στα **10950 Ευρώ**.



Εικόνα 18: Φυγοκεντρική αντλία

9.2.12. Διεργασία απολύμανσης με ακτινοβολία UV

Για το σύστημα απολύμανσης με υπεριώδη ακτινοβολία, επιλέγεται από την εταιρία SITA ΙΤΑΛΙΑΣ το μοντέλο 440 RM LCD με μέγιστη παροχή ανά διάταξη ίση με $3.6 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$. Το υλικό κατασκευής του είναι AISI 316L, η μέγιστη πίεση λειτουργίας 9 bar, το εύρος θερμοκρασίας (2 – 40) °C, η ακτινοβολία του μεγαλύτερη από 400 J/m^2 , ο αριθμός λαμπτήρων είναι 66 και η τάση λειτουργίας του στα 220V-50Hz. Η ισχύς του συστήματος είναι 220 watt, η διάρκεια ζωής των λαμπτήρων φτάνει τις 9.000 ώρες και ο βαθμός προστασίας είναι IP55, ενώ διαθέτει αυτόματο χειροκίνητο σύστημα καθαρισμού. Η διάταξη συνοδεύεται από μεταλλικό πίνακα ηλεκτρονικού ελέγχου ο οποίος περιλαμβάνει γενικό διακόπτη, πολυλειτουργική οθόνη LCD με ωρομετρητή, ένδειξη κανονικής λειτουργίας και σφάλματος, συνεχή έλεγχο της κάθε λυχνίας, οπτικό συναγερμό και δύο εξόδους (μία ελεύθερη NO/NC και μία 220V/5A). Το **συνολικό κόστος του εξοπλισμού** για 66 λαμπτήρες ανέρχεται στα **9900 Ευρώ**.



Εικόνα 19: Απολύμανση με ακτινοβολία UV

9.2.13. Διεργασία ομογενοποίησης ιλύος

Στη δεξαμενή ομογενοποίησης ιλύος πραγματοποιείται ανάδευση, για την οποία επιλέγεται φυσητήρας παροχής αέρα $0.5 \frac{\text{m}^3}{\text{m} \cdot \text{min}}$ για τα 15 m μήκος της δεξαμενής που συνολικά ανέρχεται σε $7,5 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$. Επιλέγεται το μοντέλο HPE 83086, ισχύος = 7.5 kW και με κόστος 3500 Ευρώ.



Εικόνα 20: Φυσητήρας αέρα

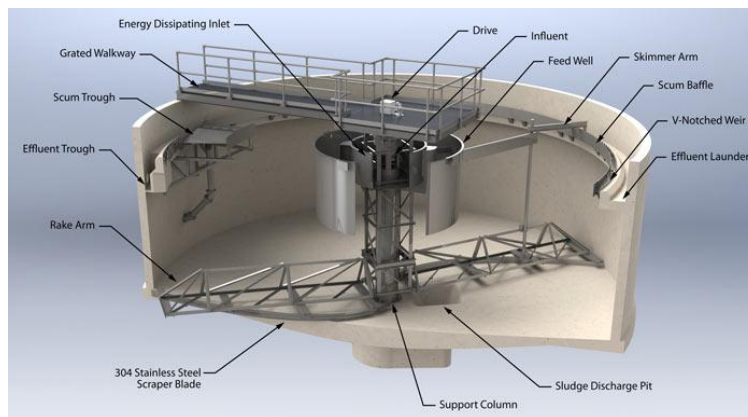
Για την μεταφορά της ιλύος στην δεξαμενή πάχυνσης της λάσπης επιλέγονται δυο αντλίες έκκεντρου κοχλία (monopump), μοντέλο K-NU 20 με παροχή $Q_{\text{ιλύος}} = 26.1 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$ και ισχύ 2 kW. Το κόστος κάθε αντλίας μαζί με ηλεκτροκινητήρα είναι 1900 Ευρώ. Άρα, το **συνολικό κόστος αντιστοιχεί σε 7300 Ευρώ**.



Εικόνα 21: Αντλία έκκεντρου κοχλία

9.2.14. Διεργασία πάχυνσης

Για την μεταφορά της ιλύος στην δεξαμενή αναερόβιας χώνευσης επιλέγονται δυο αντλίες έκκεντρου κοχλία (monopump), μοντέλο K-NU 20 με παροχή $Q_{\text{ιλύος}} = 13.8 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$ και ισχύ 2 kW. Το κόστος κάθε αντλίας μαζί με ηλεκτροκινητήρα είναι 1900 Ευρώ. Κατά την πάχυνση απαιτείται η χρήση μιας μηχανικής σχάρας-ξέστρου στον πυθμένα της δεξαμενής με κόστος 8000 Ευρώ. Τέλος, απαραίτητο είναι ένα σύστημα για την κίνηση της γέφυρας με ισχύ 0.7 kW και τιμή που ανέρχεται στα 12500 Ευρώ. Το **συνολικό κόστος είναι 24300 Ευρώ**.



Εικόνα 22: Κυκλική δεξαμενή πάχυνσης με ξέστρο και κινητή γέφυρα

9.2.15. Διεργασία αναερόβιας χώνευσης

Για την μεταφορά της ιλύος στη διεργασία της αφυδάτωσης με ταινιοφιλτρόπρεσσα επιλέγονται δυο αντλίες έκκεντρου κοχλίας (monopump), μοντέλο K-NU 20 με παροχή $Q_{\text{ιλύος}} = 26.1 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$ και ισχύ 2 kW. Το κόστος κάθε αντλίας μαζί με ηλεκτροκινητήρα είναι 1900 Ευρώ. Ακόμα, χρειάζεται ένας εναλλάκτης θερμότητας για τη θέρμανση του ρεύματος της ιλύος ώστε, κατά τη διεξαγωγή της αναερόβιας χώνευσης. Επιλέγεται από την εταιρία ORAN το μοντέλο ORZ2 – 13 INOX, ισχύος 450 KW ενώ η απαίτηση ισχύος για τη θέρμανση της λάσπης είναι 407 KW και κόστος 12000 Ευρώ. Επιπλέον, για την ανάδευση της ιλύος στη δεξαμενή αναερόβιας χώνευσης επιλέγεται φυσητήρας κατάλληλος να καλύψει την απαιτούμενη παροχή βιοαερίου όπου έχει υπολογιστεί ότι ανέρχεται σε 33 kW. Κατάλληλο είναι το μοντέλο HPE 4015(42F), ισχύος 35 kW και κόστους 15000 Ευρώ. Το **συνολικό κόστος είναι 30800 Ευρώ**.



Εικόνα 23: Εναλλάκτης θερμότητας



Εικόνα 24: Φυσητήρας αέρα

9.2.16. Διεργασία αφυδάτωσης - ταινιοφιλτρόπρεσσα

Σκοπός της ταινιοφιλτρόπρεσσας είναι η παραγωγή τελικού προϊόντος αρκετά υψηλού σε στερεά, μέσω της αφαίρεσης σημαντική ποσότητα νερού το οποίο εξακολουθεί να περιέχεται μέχρι και εκείνη τη στιγμή στην ιλύ όπου υπόκειται επεξεργασία. Για την αγορά της επιλέγεται η εταιρεία ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ ΚΟΥΤΣΟΥΚΟΣ Α.Ε., η οποία επιπρόσθετα με την ταινιοφιλτρόπρεσσα προμηθεύει και σύστημα εισαγωγής πολυμερούς. Το συγκεκριμένο μοντέλο περιλαμβάνει μια φυγοκεντρική αντλία πλύσης πρέσσας πολυβάθμια (εν ξηρό) και ένα αεροσυμπιεστή τροφοδότησης πνευματικών συστημάτων τύπου εμβολοφόρου θετικής εκτόπισης. Επίσης, περιέχει ένα σύστημα αποθήκευσης τροφοδοσίας πολυηλεκτρολύτη όπου συμπεριλαμβάνει ανοξείδωτο αναδευτήρα παρασκευής χημικών (μαζί με τον ηλεκτροκινητήρα του), ανοξείδωτο δοχείο παρασκευής χημικών καθώς και δοσομετρικό σύστημα. Τέλος, υπάρχει ένας κοχλία μεταφοράς αφυδατωμένης λάσπης ανοξείδωτου χάλυβα με τον ηλεκτροκινητήρα του και μια υποβρύχια αντλία μεταφοράς στραγγιγίων ταινιοφιλτρόπρεσσας. **Η συνολική τιμή φτάνει τα 50000 ευρώ.**



Εικόνα 25: Ταινιοφιλτρόπρεσσα

9.3. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Παρακάτω φαίνονται οι υπολογισμοί για τον προσδιορισμό της απαιτούμενης ποσότητας σκυροδέματος στην κατασκευή των επιμέρους δεξαμενών.

9.3.1. Δεξαμενή βοηθολυμάτων και Δεξαμενή υποδοχής λυμάτων δικτύου

- Δεξαμενή Βοθρολυμάτων

Ύψος H [m] 3.5

Μήκος L [m] 5.6

Πλάτος W[m] 4

Πάχος [m] 0.3

$$V = 2 \cdot (\text{πλάτος} \cdot \text{μήκος} \cdot \text{πάχος}) + 2 \cdot (\text{πλάτος} \cdot \text{ύψος} \cdot \text{πάχος}) + 2 \cdot (\text{ύψος} \cdot \text{μήκος} \cdot \text{πάχος}) \Rightarrow V = 33.5\text{m}^3$$

- Δεξαμενή Υποδοχής λυμάτων δικτύου

Ύψος H [m] 3.5

Μήκος L [m] 6

Πλάτος W[m] 4

Πάχος [m] 0.3

$$V = 2 \cdot (\text{πλάτος} \cdot \text{μήκος} \cdot \text{πάχος}) + 2 \cdot (\text{πλάτος} \cdot \text{ύψος} \cdot \text{πάχος}) + 2 \cdot (\text{ύψος} \cdot \text{μήκος} \cdot \text{πάχος}) \Rightarrow V = 35.4 \text{ m}^3$$

9.3.2. Εσχάρωση

Πλάτος σχάρας = 0.5m

Μήκος καναλιού = 2m

Ύψος καναλιού = 0.4m

$$V = (\text{πλάτος} \cdot \text{μήκος} \cdot \text{πάχος}) + 2 \cdot (\text{ύψος} \cdot \text{μήκος} \cdot \text{πάχος}) \Rightarrow V = 1 \text{ m}^3$$

Επειδή θα έχουμε 2 μηχανικά καθαριζόμενες σχάρες θα χρειαστούν 2 όμοια κανάλια οπότε συνολικά :

9.3.3. Εξάμμωση

Ύψος H [m] 2.5

Μήκος L [m] 9.2

Πλάτος W[m] 6

Πάχος [m] 0.3

$$V = (\text{πλάτος} \cdot \text{μήκος} \cdot \text{πάχος}) + 2 \cdot (\text{πλάτος} \cdot \text{ύψος} \cdot \text{πάχος}) + 2 \cdot (\text{ύψος} \cdot \text{μήκος} \cdot \text{πάχος}) \Rightarrow V = 39.3 \text{ m}^3$$

9.3.4. Δεξαμενή Πρωτοβάθμιας καθίζησης

Εσωτερική διάμετρος = 19.5m

Εξωτερική διάμετρος = 19.9m

Ύψος εσωτερικού κυλίνδρου = 3 m

Ύψος εξωτερικού κυλίνδρου = 3.2 m

Όγκος εσωτερικού κυλίνδρου = 891 m³

Όγκος εξωτερικού κυλίνδρου = 990 m³

Όγκος εσωτερικού κώνου = 310 m³

Όγκος εξωτερικού κώνου = 329 m³

Ύψος εσωτερικού κώνου = 9.8 m

$$V = \text{Όγκος εξωτερικού κύκλου} - \text{Όγκος εσωτερικού κύκλου} + \text{Όγκος εξωτερικού κώνου} - \text{Όγκος εσωτερικού κώνου} + \text{Όγκος καπακιού} \Rightarrow V = 161.8 \text{ m}^3$$

Ύψος εξωτερικού κώνου = 10 m

Όγκος καπακιού = 62.4 m³

Πάχος = 0.2 m

- Επίσης όσον αφορά το αντλιοστάσιο Α' βάθμιας ιλύος

Ύψος H [m] 5

$$V = 2 \cdot (\text{πλάτος} \cdot \text{μήκος} \cdot \text{πάχος}) + 2 \cdot (\text{πλάτος} \cdot \text{ύψος} \cdot \text{πάχος}) +$$

Μήκος L [m] 5

$$+ 2 \cdot (\text{ύψος} \cdot \text{μήκος} \cdot \text{πάχος}) \Rightarrow V = 33\text{m}^3$$

Πλάτος W[m] 3

Πάχος [m] 0.3

9.3.5. Δεξαμενή Αερισμού

Ύψος H [m] 4.5

$$V = (\text{πλάτος} \cdot \text{μήκος} \cdot \text{πάχος}) + 2 \cdot (\text{πλάτος} \cdot \text{ύψος} \cdot \text{πάχος}) +$$

Μήκος L [m] 61.6

$$+ 2 \cdot (\text{ύψος} \cdot \text{μήκος} \cdot \text{πάχος}) \Rightarrow V = 600.8\text{m}^3$$

Πλάτος W[m] 20.5

Πάχος [m] 0.3

9.3.6. Δεξαμενή Δευτεροβάθμιας καθίζησης

Εσωτερική διάμετρος = 38.5m

Εξωτερική διάμετρος = 38.9 m

Ύψος εσωτερικού κυλίνδρου = 4.5 m

Ύψος εξωτερικού κυλίνδρου = 5.7 m

Όγκος εσωτερικού κυλίνδρου = 5229 m³

Όγκος εξωτερικού κυλίνδρου = 5575.6 m³

Όγκος εσωτερικού κώνου = 2371.2 m³

Όγκος εξωτερικού κώνου = 2446m³

Ύψος εσωτερικού κώνου = 19.2 m

Ύψος εξωτερικού κώνου = 19.4 m

Όγκος καπακιού = 237.3 m³

Πάχος = 0.2 m

$$\begin{aligned} V &= \text{Όγκος εξωτερικού κύκλου} - \text{Όγκος εσωτερικού κύκλου} \\ &+ \text{Όγκος εξωτερικού κώνου} \\ &- \text{Όγκος εσωτερικού κώνου} + \text{Όγκος καπακιού} \\ &\Rightarrow V = 584 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Επίσης όσον αφορά το αντλιοστάσιο Β' βάθμιας ιλύος

Ύψος H [m]	5
Μήκος L [m]	5
Πλάτος W[m]	3
Πάχος [m]	0.3

$$V = 2 \cdot (\text{πλάτος} \cdot \text{μήκος} \cdot \text{πάχος}) + 2 \cdot (\text{πλάτος} \cdot \text{ύψος} \cdot \text{πάχος}) + 2 \cdot (\text{ύψος} \cdot \text{μήκος} \cdot \text{πάχος}) \Rightarrow V = 33\text{m}^3$$

- Όσον αφορά την δεξαμενή υποδοχής προσωρινής αποθήκευσης Α' βάθμιας και Β' βάθμιας ιλύος

Ύψος H [m]	3
Μήκος L [m]	3
Πλάτος W[m]	3
Πάχος [m]	0.3

$$V = 2 \cdot (\text{πλάτος} \cdot \text{μήκος} \cdot \text{πάχος}) + 2 \cdot (\text{πλάτος} \cdot \text{ύψος} \cdot \text{πάχος}) + 2 \cdot (\text{ύψος} \cdot \text{μήκος} \cdot \text{πάχος}) \Rightarrow V = 16.2\text{m}^3$$

9.3.7. Δεξαμενή Εξισορρόπησης

Ύψος H [m]	25
Μήκος L [m]	32.8
Πλάτος W[m]	25
Πάχος [m]	0.3

$$V = (\text{πλάτος} \cdot \text{μήκος} \cdot \text{πάχος}) + 2 \cdot (\text{πλάτος} \cdot \text{ύψος} \cdot \text{πάχος}) + 2 \cdot (\text{ύψος} \cdot \text{μήκος} \cdot \text{πάχος}) \Rightarrow V = 1114\text{m}^3$$

9.3.8. Δεξαμενή Χλωρίωσης

Υψος Μαιανδρου [m]	0.6
Μηκος Μαιανδρου[m]	59
Πλατος Μαιανδρου [m]	0.15
Αριθμος Μαιανδρων [m]	6
Ύψος H [m]	0.6

Αριθμός Μαιάνδρων = 6

Όγκος μαιάνδρων = Αριθμός Μαιάνδρων · (μήκος · πλάτος · ύψος μαιάνδρου) = 32 m³

$$V = (\text{πλάτος} \cdot \text{μήκος} \cdot \text{πάχος}) + 2 \cdot (\text{πλάτος} \cdot \text{ύψος} \cdot \text{πάχος}) + 2 \cdot (\text{ύψος} \cdot \text{μήκος} \cdot \text{πάχος}) \Rightarrow V = 388.1\text{m}^3$$

Μήκος L [m]	60
Πλάτος W[m]	20
Πάχος [m]	0.3

- **Δεξαμενής αποθήκευσης υποχλωριώδους νατρίου NaOCl**

$$\text{Πάχος} = 0.3\text{m}$$

$$\text{Εσωτερική διάμετρος} = 8.8\text{m}$$

$$\text{Εξωτερική διάμετρος} = 9.4\text{ m}$$

$$\text{Ύψος εσωτερικού κυλίνδρου} = 1.5\text{ m}$$

$$\text{Ύψος εξωτερικού κυλίνδρου} = 2.1\text{ m}$$

$$\text{Όγκος εσωτερικού κυλίνδρου (V} = \pi \cdot r^2 \cdot h) = 91.6\text{ m}^3$$

$$\text{Όγκος εξωτερικού κυλίνδρου (V} = \pi \cdot r^2 \cdot h) = 146.3\text{ m}^3$$

$$\text{Όγκος καπακιού} = \text{Όγκος Πάτου} = 21\text{ m}^3$$

$$V = \text{Όγκος εξωτερικού κυλίνδρου}$$

$$- \text{Όγκος εσωτερικού κυλίνδρου} + 2 * 21$$

$$= 96.5\text{ m}^3$$

9.3.9. Δεξαμενή Κροκίδωσης

$$\text{Πάχος} = 0.3\text{m}$$

$$\text{Εσωτερική διάμετρος} = 2.1\text{m}$$

$$\text{Εξωτερική διάμετρος} = 2.7\text{ m}$$

$$\text{Ύψος εσωτερικού κυλίνδρου} = 2\text{ m}$$

$$\text{Ύψος εξωτερικού κυλίνδρου} = 2.6\text{ m}$$

$$\text{Όγκος εσωτερικού κυλίνδρου (V} = \pi \cdot r^2 \cdot h) = 6.8\text{ m}^3$$

$$\text{Όγκος εξωτερικού κυλίνδρου (V} = \pi \cdot r^2 \cdot h) = 14.7\text{ m}^3$$

$$\text{Όγκος καπακιού} = \text{Όγκος Πάτου} = 1.7\text{ m}^3$$

$$V = \text{Όγκος εξωτερικού κυλίνδρου}$$

$$- \text{Όγκος εσωτερικού κυλίνδρου} + 2 * 1.7$$

$$= 11.3\text{ m}^3$$

9.3.10. Δεξαμενή Συσσωμάτωσης

Στην διεργασία της συσσωμάτωσης θα χρησιμοποιηθούν 2 όμοιες δεξαμενές.

$$\text{Πάχος} = 0.3\text{m}$$

$$\text{Εσωτερική διάμετρος} = 5.1\text{m}$$

Εξωτερική διάμετρος = 5.7 m

Ύψος εσωτερικού κυλίνδρου = 2 m

Ύψος εξωτερικού κυλίνδρου = 2.6 m

Όγκος εσωτερικού κυλίνδρου ($V = \pi \cdot r^2 \cdot h$) = 40.6 m³

Όγκος εξωτερικού κυλίνδρου ($V = \pi \cdot r^2 \cdot h$) = 66 m³

Όγκος καπακιού = Όγκος Πάτου = 7.6 m³

$V = \text{Όγκος εξωτερικού κυλίνδρου}$

$-\text{Όγκος εσωτερικού κυλίνδρου} + 2 \cdot 7.6$
 $= 40.6 \text{ m}^3$

και $\text{Νολικό} = 2 \cdot V = 81.1 \text{ m}^3$

9.3.11. Δεξαμενή Χημικής καθίζησης

Εσωτερική διάμετρος = 11.2m

Εξωτερική διάμετρος = 11.6m

Ύψος εσωτερικού κυλίνδρου = 1.7 m

Ύψος εξωτερικού κυλίνδρου = 1.9 m

Όγκος εσωτερικού κυλίνδρου = 170.4m³

Όγκος εξωτερικού κυλίνδρου = 203.8m³

Όγκος εσωτερικού κώνου = 58.2m³

Όγκος εξωτερικού κώνου = 64.7m³

Ύψος εσωτερικού κώνου = 5.6m

Ύψος εξωτερικού κώνου = 5.8m

Όγκος καπακιού = 21.1m³

Πάχος = 0.2 m

$V = \text{Όγκος εξωτερικού κύκλου} - \text{Όγκος εσωτερικού κύκλου}$

$+ \text{Όγκος εξωτερικού κώνου}$

$- \text{Όγκος εσωτερικού κώνου} + \text{Όγκος καπακιού}$

$\Rightarrow V = 54.7 \text{ m}^3$

- Επίσης όσον αφορά το αντλιοστάσιο Χημικής ιλύος

Ύψος H [m] 3

Μήκος L [m] 3

Πλάτος W[m] 3

Πάχος [m] 0.3

$V = 2 \cdot (\text{πλάτος} \cdot \text{μήκος} \cdot \text{πάχος}) + 2 \cdot (\text{πλάτος} \cdot \text{ύψος} \cdot \text{πάχος}) +$

$+ 2 \cdot (\text{ύψος} \cdot \text{μήκος} \cdot \text{πάχος}) \Rightarrow V = 16.2 \text{ m}^3$

9.3.12. Δεξαμενή αποθήκευση απαιτούμενου νερού για την πλύση του αμμόφιλτρου

Ύψος H [m]	5	$V = (\text{πλάτος} \cdot \text{μήκος} \cdot \text{πάχος}) + 2 \cdot (\text{πλάτος} \cdot \text{ύψος} \cdot \text{πάχος}) +$
Μήκος L [m]	4.6	$+ 2 \cdot (\text{ύψος} \cdot \text{μήκος} \cdot \text{πάχος}) \Rightarrow V = 25\text{m}^3$
Πλάτος W[m]	2.5	
Πάχος [m]	0.3	

9.3.13. Δεξαμενή Ομογενοποίησης Λάσπης

Ύψος H [m]	5.4	$V = (\text{πλάτος} \cdot \text{μήκος} \cdot \text{πάχος}) + 2 \cdot (\text{πλάτος} \cdot \text{ύψος} \cdot \text{πάχος}) +$
Μήκος L [m]	15	$+ 2 \cdot (\text{ύψος} \cdot \text{μήκος} \cdot \text{πάχος}) \Rightarrow V = 164.3\text{m}^3$
Πλάτος W[m]	15	
Πάχος [m]	0.3	

9.3.14. Δεξαμενή Πάχυνσης

Εσωτερική διάμετρος = 17m

Εξωτερική διάμετρος = 17.4m

Ύψος εσωτερικού κυλίνδρου = 3.5 m

Ύψος εξωτερικού κυλίνδρου = 3.7 m

Όγκος εσωτερικού κυλίνδρου = 794.3m^3

Όγκος εξωτερικού κυλίνδρου = 879.7m^3

Όγκος εσωτερικού κώνου = 204.7m^3

Όγκος εξωτερικού κώνου = 220m^3

Ύψος εσωτερικού κώνου = 8.5 m

Ύψος εξωτερικού κώνου = 8.7 m

Όγκος καπακιού = 47.6m^3

Πάχος = 0.2 m

$$\begin{aligned} V &= \text{Όγκος εξωτερικού κύκλου} - \text{Όγκος εσωτερικού κύκλου} \\ &+ \text{Όγκος εξωτερικού κώνου} \\ &- \text{Όγκος εσωτερικού κώνου} + \text{Όγκος καπακιού} \\ &\Rightarrow V = 133.1\text{m}^3 \end{aligned}$$

9.3.15. Δεξαμενή Αναερόβιας χώνευση

Πάχος = 0.3m

Εσωτερική διάμετρος = 29 m

Εξωτερική διάμετρος = 30 m

Ύψος εσωτερικού κυλίνδρου = 20.5 m

Ύψος εξωτερικού κυλίνδρου = 21.1 m

Όγκος εσωτερικού κυλίνδρου ($V = \pi \cdot r^2 \cdot h$) = 13533.9 m³

Όγκος εξωτερικού κυλίνδρου ($V = \pi \cdot r^2 \cdot h$) = 14512.6 m³

Όγκος καπακιού = Όγκος Πάτου = 206.3 m³

$V = \text{Όγκος εξωτερικού κυλίνδρου}$

$-\text{Όγκος εσωτερικού κυλίνδρου} + 2 \cdot 206.3$
 $= 1391.3 \text{ m}^3$

9.3.16. Βιομηχανικά κτήρια : Απολύμανσης , Αφυδάτωσης , Παραγωγής Ενέργειας από βιοαέριο και Κτήρια Διοίκησης-Γραφεία-Εργαστήρια

Ενδεικτική τιμή κατασκευής βιομηχανικών κτηρίων-κτηριακών εγκαταστάσεων ανέρχεται περί τα 500 Ευρώ/ m² συμπεριλαμβάνοντας το σύνολο των εργασιών, πρώτων υλών και θεμελιώσεων.

- Κτήριο απολύμανσης UV

Ύψος H [m] 3

Επιφάνεια κτιρίου απολύμανσης UV = 30m²

Μήκος L [m] 6

Τιμή = 12m² · 500Ευρώ/m² = 1500 Ευρώ

Πλάτος W[m] 5

- Κτήριο αφυδάτωσης (ταινιοφιλτρόπρεσσα)

Ύψος H [m] 3

Επιφάνεια κτιρίου στέγασης ταινιοφιλτροπρεσσας = 70 m²

Μήκος L [m] 10

Τιμή = 70 m² · 500Ευρώ/m² = 3500 Ευρώ

Πλάτος W[m] 7

- Εγκατάσταση Παραγωγή Ενέργειας από βιοαέριο

Ύψος H [m]	3	Επιφάνεια κτιρίου στέγασης ταινιοφιλτροπεσσας = 66 m ²
Μήκος L [m]	10	Τιμή = 70 m ² · 500Ευρώ/m ² = 3300 Ευρώ
Πλάτος W[m]	6.60	

- Κτηρια Διοίκησης – Γραφεία – Εργαστήρια

Ύψος H [m]	3	Ύψος H [m]	3	Ύψος H [m]	3
Μήκος L [m]	25	Μήκος L [m]	10.6	Μήκος L [m]	15
Πλάτος W[m]	6	Πλάτος W[m]	7	Πλάτος W[m]	6
Επιφάνεια [m ³]	150	Επιφάνεια [m ³]	74.2	Επιφάνεια [m ³]	90
Τιμή (Ευρώ)	75000	Τιμή (Ευρώ)	37100	Τιμή (Ευρώ)	45000

Συνολικη Επιφάνεια [m³] 314.2

Συνολικη Τιμη (Ευρώ) **157100**

9.3.17. Θεμελιώσεις

Για επιλεγμένο ύψος θεμελίων 0.4 m η συνολική απαίτηση σκυροδέματος παρατίθεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 82: Απαίτηση Σκυροδέματος για την θεμελίωση των επιμέρους δεξαμενών της εγκατάστασης

Διεργασία	Επιφάνεια (m ²)	Ύψος θεμελίων (m)	Όγκος θεμελίωσης (m ³)
Υποδοχή Βοθρολυμάτων	22.3	0.4	8.9
Εξάμμωση	55.1	0.4	22.0
ΔΠΚ	300	0.4	119.8
Δεξ Αερισμού	2527.4	0.4	1011
ΔΔΚ	1162	0.4	464.8
Δεξ Εξισσορόπισης	821.1	0.4	328.4
Χλωρίωση	1144.8	0.4	457.9
Δεξαμενή αποθήκευσης NaOCl	61	0.4	24.4
Δεξ, Υποδοχής λυμάτων δικτύου	24	0.4	9.6
Δεξ Αποθ νερού για την πλύση	39	0.4	15.6
Δεξ Ομογεν/σης Λάσπης	225	0.4	90
Πάχυνση	227	0.4	90.8
Αναερόβια Χώνευση	660.2	0.4	264.1
Κροκιδωση	3.4	0.4	1.34
Συσσωμάτωση	40.6	0.4	16.2
Σύνολο			2925

10. Κοστολόγηση

10.1. Κοστολόγηση σκυροδέματος

Προκειμένου να εκτιμήσουμε το κόστος του σκυροδέματος αναφερόμαστε στα εξής:

Το σκυρόδεμα αποτελεί υλικό το οποίο συνηθίζεται να κοστολογείται στα **70** ευρώ ανά κυβικό μέτρο μπετόν, η κατασκευή του καλουπιού και η χύτευση του σκυροδέματος αποτελούν δραστηριότητες που σχετίζονται με τα εργατικά του σκυροδέματος και κοστολογούνται περίπου στα **65** ευρώ ανά κυβικό μέτρο. Όσο αναφορά τον οπλισμό, ο χάλυβας αποτελεί μια περίπλοκη παράμετρος στην διαδικασία της κοστολόγησης επειδή δεν διατίθεται στη αγορά σε κυβικά μέτρα αλλά σε τόνους (η κιλά), γεγονός που οδηγεί στο συμπέρασμα ότι πρέπει να καθοριστεί η ποσότητα του χάλυβα από κιλά σε κυβικά μέτρα μπετόν αρμέ. Εξαιτίας του γεγονότος ότι δεν διατίθεται η ίδια ποσότητα χάλυβα στα διάφορα σημεία της οικοδομής καταλαβαίνουμε ότι η προκειμένη κατάσταση δεν είναι ιδιαίτερα εύκολη. Οι πλάκες έχουν περιεκτικότητα σε χάλυβα η οποία συνηθίζεται να είναι λιγότερη από 100 κιλά ανά κυβικό μέτρο, ενώ οι κολόνες και τα δοκάρια έχουν περιεκτικότητα που συχνά ξεπερνά τα 200 κιλά ανά κυβικό μπετόν. Το σκυρόδεμα εξυγιάνσεως η αλλιώς μπετόν καθαριότητας, δεν έχει καθόλου οπλισμό ενώ το μπετό που απλώνουμε στο χώμα είναι ελαφρά οπλισμένο με 10 η 20 κιλά ανά κυβικό μέτρο σκυροδέματος. Σύμφωνα με τα παραπάνω υποθέτουμε ότι για όλη την οικοδομή διαθέτουμε 100 κιλά ανά κυβικό μέτρο μπετόν, επομένως το κόστος μας θα είναι **75** ευρώ ανά κυβικό. Σχετικά με τα εργατικά του οπλισμού, στα οποία περιλαμβάνονται τα σίδερα που πρόκειται να τοποθετηθούν στα καλούπια, η χρέωση πραγματοποιείται συναρτήσει του βάρους, επομένως προτείνουμε την κοστολόγηση του σιδερώματος στα **15** ευρώ ανά κυβικό. Επιπρόσθετα, υποθέτουμε για τις περιπτώσεις καλουπωμάτων (όπως είναι οι σκάλες), κούτελων και τις φαλτσογωνιών που ποικίλουν αναλόγως το οικοδομικό σχέδιο κοστολόγηση της τάξης **12** ευρώ ανά κυβικό μέτρο. Εν συνεχεία, υλικά όπως είναι οι αποστάτες και οι ρευστοποιητές δεν χρεώνονται ανά κυβικό αλλά με το μέτρο και με το κιλό αντίστοιχα, στην παρούσα περίπτωση, γνωρίζοντας πως τα παραπάνω υλικά δεν χρησιμοποιούνται σε όλες τις περιπτώσεις, υποθέτουμε μια τιμή της τάξης των **2** ευρώ ανά κυβικό για την συγκεκριμένη κατηγορία. Τέλος, αναφερόμαστε στα ένσημα που ενδέχεται να κοστίσει στην οικοδόμηση ο μηχανικός και υποθέτουμε την τιμή των **35** ευρώ ανά τετραγωνικό.

Το σύνολο της κοστολόγησης όλων των παραπάνω είναι:

$$70 + 65 + 75 + 15 + 12 + 2 + 35 = 274 \text{ ευρώ} / \text{m}^3.$$

Στον παρακάτω πίνακα παρατίθεται το κόστος για τη σκυροδέτηση συμπεριλαμβανομένου του κόστους των κτιρίων που προαναφέρθηκαν στο παραπάνω κεφάλαιο.

Πίνακας 83: Κόστος σκυροδέτησης δεξαμενών και κτηρίων της εγκατάστασης

Διεργασία	Όγκος (m ³)	Τελική Τιμή (ευρώ)
Κτίριο Διοίκησης		157100
Υποδοχή βοθρολυμάτων	33.5	9181.25

Κανάλι Εσχάρωσης	2.	554.277
Εξάμμωση	39.3	10769.1
ΔΠΚ	161.8	44340.4
Δεξ Αερισμού	1201.6	329226
ΔΔΚ	584.0	160026
Δεξ Εξισσορόπισης	1113.7	305227
Χλωρίωση	420	115049
Κροκίδωση	11.3	3089.56
Συσσωμάτωση	81.1	22232.7
ΔΧΚ	54.7	14994.9
Δεξαμενή αποθήκευσης NaOCl	96.5	26430
Δεξ Αποθ νερού για την πλύση	25	6850
Δεξ Ομογεν/σης Λάσπης	164.3	45025.9
Πάχυνση	133.1	36475
Αναερόβια Χώνευση	1391.3	381222
Δεξ. Υποδοχής λυμάτων δικτύου	35.4	9699.6
Κτήριο απολύμανσης UV		15000
Κτήριο ταινιοφιλτρόπρεσσας		35000
Εγκατάσταση παραγωγής ενέργειας από βιοαεριο		33000
Σύνολο		1760492 €

Επίσης το **κόστος για τις θεμελιώσεις** με όγκο σκυροδέματος 2925 m³ θα ανέρχεται σε $2925 \text{ m}^3 \cdot 274 \text{ Ευρώ/m}^3 = \mathbf{801416.2 \text{ Ευρώ}}$

Συνολικά λοιπόν το **κόστος σκυροδέτησης** ανέρχεται σε $1760492 + 801416.2 = \mathbf{2561908 \text{ Ευρώ}}$.

Ως κόστος σωληνώσεων λαμβάνεται υπόψη ένα ποσοστό της τάξης του 25% του κόστους σκυροδέτησης. Συνεπώς το κόστος σωληνώσεων θα ανέρχεται σε $0.25 \cdot 2561908 = \mathbf{640477 \text{ Ευρώ}}$

10.2. Κόστος εκσκαφών

Για ποσότητα χώματος ενός κυβικού μέτρου (1 m³) το κόστος είναι 4 ευρώ, με υπολογισμένες τις μεταφορές, τις εκσκαφές και το εργατικό δυναμικό. Για την επίτευξη φυσικής ροής υπολογίζεται μέσω του υπολογισμού της μηκοτομής, ο όγκος του χώματος που πρέπει να αφαιρεθεί. Επίσης λαμβάνουμε υπόψη και τις απαραίτητες επιχωματώσεις με ίδιο κόστος επιχωμάτωσης ανά κυβικό μέτρο χώματος.

Η δεξαμενή βοθρολυμάτων παραμένει στο ύψος στου εδάφους, (0 m εκσκαφή/ανύψωση), γι' αυτό δεν περιλαμβάνεται στον παρακάτω πίνακα.

Για τις εκσκαφές/επιχωματώσεις θα ισχύει :

Πίνακας 84: Εκσκαφές-Επιχωματώσεις			
Δεξαμενή	Εκσκαφή/Ανύψωση(m)	Επιφάνεια Δεξαμενής(m²)	Όγκος Χώματος(m³)
Εσχάρωση	2,34	60,00	140,58
Εξάμμωση	-0,08	55,10	-4,55
ΔΠΚ	-0,81	299,44	-243,04
Δεξ Αερισμού (2)	-2,66	2527,44	-6714,14
ΔΔΚ	-2,96	1162,00	-3435,45
Δεξ Εξισορρόπησης	-24,21	821,07	-19882,70
Χλωρίωση	-0,41	1197,75	-495,27
Κροκίδωση	-1,08	3,41	-3,68
Συσσωμάτωση (2)	-1,26	40,57	-51,05
ΔΧΚ	-6,84	98,14	-671,08
Αμμόφιλτρο	-1,42	29,21	-41,47
UV	0,16	30,00	4,91

Με αρνητικό πρόσημο περιγράφεται η εκσκαφή ενώ με θετικό η ανύψωση.

Συνεπώς οι **συνολικές ανάγκες** για εκσκαφή και ανύψωση ανέρχονται σε :

Συνολ Εκσ/φή(m³)	31542,44
Συνολ επιχ/ση(m³)	145,49

Με κόστος :

Κόστος Εκσ/φής(Ευρώ)	126169,74
Κόστος Επιχ/σης(Ευρώ)	581,94

10.3. Κόστος ηλεκτρομηχανικού εξοπλισμού

Πίνακας 85: Συνολικό κόστος του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού της εγκατάστασης

Διεργασία	Εξοπλισμός	Κόστος(Ευρώ)
Υποδοχή βοθρολυμάτων	2xΦυγοκεντρική ανλία	960
Εσχάρωση	2xΜηχανικά μηχανικά καθαριζόμενες εσχάρες	25000
Εξάμμωση	2xΦυσητήρες	1200
	Διαχωριστής Άμμου	200
ΔΠΚ	Σύστημα ξέστρων	17500
	2xΑντλία έκκεντρου κοχλία	3800
Αερισμός (2)	Αεροσυμπιεστής	8200 * (2)
ΔΔΚ	Σύστημα ξέστρων	12500
	2xΑντλία έκκεντρου κοχλία	3800
Χλωρίωση	Περισταλτική αντλία	700
	Περισταλτική αντλία(εφεδρική)	550
Εξισορρόπηση	2xΦυγοκεντρική αντλία	890
Κροκίδωση	Μηχανικός αναδευτήρας	750
	Περισταλτική αντλία	700
	Περισταλτική αντλία(εφεδρική)	550
Συσσωμάτωση	2xΜηχανικός αναδευτήρας	1100
	2xΠερισταλτική αντλία	1400
	Περισταλτική αντλία(εφεδρική)	550
Χημική Καθίζηση	2xΑντλία έκκεντρου κοχλία	2800
Αμμόφιλτρο	Αμμόφιλτρο	10000
	Φυγ/κη Αντλία για πλύση	750
	Φυγ/κη Αντλία για παροχέτευση λύμ/τος	200
UV	66xΔιατάξεις	9900
Ομογενοποίηση	Φυσητήρας	3500
	2xΑντλία έκκεντρου κοχλία	3800
Πάχυνση	Ξέστρο +κινητή γέφυρα	20500
	2xΑντλία έκκεντρου κοχλία	3800
Αναερόβια Χώνευση	Φυσητήρας	15000
	2xΑντλία έκκεντρου κοχλία	3800
	Έναλλάκτης θερμότητας	12000
Αφυδάτωση	Ταινιοφιλτρόπρεσσα	50000
	18xΔίοδες χειροκίνητες βάνες	9000
	Σύνολο	232350

Επιπλέον για τις απαραίτητες εργασίες (μεταφορά-εναπόθεση αφυδατωμένης ιλύος και διαμόρφωση του χώρου) κομποστοποίησης θα αγοραστούν **δυο τρακτέρ με φορτωτήρα μάρκας Kubota BX1800 με τιμή στα 8.000 ευρώ το ένα.**

Άρα σύνολο $232350 + 2 \cdot 8000 = 248350$ Ευρώ.

Συνυπολογίζοντας έργα διασύνδεσης (60%) έχουμε $0.6 \cdot 248350 = 149010$ Ευρώ

10.4. Κόστος αναλώσιμων

Στο κτίριο διοίκησης στεγάζεται και το χημικό εργαστήριο της ΕΕΛ, στο οποίο θα πραγματοποιούνται όλοι οι απαραίτητοι έλεγχοι για την αποτελεσματικότητα και ομαλή λειτουργία της εγκατάστασης. Η προμήθεια των απαραίτητων οργάνων-συσκευών για την λειτουργία του εν λόγω εργαστηρίου με το αντίστοιχο κόστος του παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα :

Πίνακας 86: Εργαστηριακός εξοπλισμός

Είδος	Τεμάχια	Κόστος Τεμαχίου(Ευρώ)	Συνολικός Κόστος
Φωτόμετρο	1	400	400
Συσκευή μέτρησης BOD	1	3000	3000
Φορητό αγωγιμόμετρο	1	540	540
pH-μετρο	2	200	400
Πιπέτες	4	100	400
O ₂ meter	4	220	880
Ηλεκτρόδιο	4	110	440
Μικροσκόπιο	1	1700	1700
Εργαστηριακό θερμόμετρο	3	180	540
Εργαστηριακός ζυγός	1	330	330
Θολόμετρο	1	1000	1000
Σύνολο			9630

Συνεπώς το συνολικό κόστος για την προμήθεια των οργάνων του εργαστηρίου ανέρχεται σε 9630 Ευρώ.

Για την προμήθεια των απαραίτητων χημικών για τις διεργασίες της χλωρίωσης, κροκίδωσης και συσσωμάτωσης τα οποία είναι υποχλωριώδες νάτριο για την χλωρίωση, κροκιδωτικό PAC και συσσωματωτικό, θα πραγματοποιείται ετήσια δαπάνη όπου παρατίθεται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 87: Χρησιμοποιούμενα Χημικά

Χημικό	Απαίτηση (kg/day)	Τιμή Ευρώ/kg	Ημερ Κόστος(Ευρώ)	Ετήσιο Κόστος(Ευρώ)
Υποχλ Νάτριο	1840	0,25	460	167877,3
Κροκιδωτ(PAC)	577,3	0,35	202	73746,8
Συσ/τικό)	147,2	3	442	161189,4
Σύνολο				402813,6

Επίσης για τις δαπάνες μισθοδοσίας σε ετήσια βάση για το απαραίτητο προσωπικό που απαιτείται για την ομαλή λειτουργία της εγκατάστασης περιλαμβάνει τις υπηρεσίες μηχανικού, χημικού, εργατών και φύλακα. Για την επιλογή του αριθμού των εργαζομένων λαμβάνεται βεβαίως υπόψη η κλίμακα-δυναμικότητα της εν λόγω εγκατάστασης. Πιο συγκεκριμένα τα στοιχεία παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα :

Πίνακας 88: Μισθοδοσία

Ειδικότητα Προσωπικού	Αριθμός	Μηνιαία Μισθοδοσία(Ευρώ)	Ετήσια Μισθοδοσία(Ευρώ)
Μηχανικοί	2	1400	33600
Χημικοί	1	1200	14400
Εργάτες	5	800	48000
Φύλακες	1	800	9600
Σύνολο			105600

Τέλος ακολουθεί μία εκτίμηση για την κατανάλωση ενέργειας της εγκατάστασης σε ετήσια βάση αναφορικά με τις κύριες διεργασίες και την συνολική ισχύ του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού τους για τις επιμέρους διεργασίες στον παρακάτω πίνακα :

Πίνακας 89: κατανάλωση ενέργειας της εγκατάστασης

Διεργασία	Ισχύς(KW)	Ώρες λειτουργ/ημέρα	Ώρες/Έτος	Ενέργεια KWh
Υποδοχή Βοθρολυμάτων	1,2	10	3650	4380
Εσχάρωση	2,8	12	4380	12264
Εξάμωση	3,2	24	8760	28032
ΔΠΚ	3,7	24	8760	32412
Δεξαμενή Αερισμού (2)	384,5	24	17520	6736547
ΔΔΚ	3,5	24	8760	30660
Δεξ Εξισορρόπησης	1,3	24	8760	11388
Χλωρίωση	1,5	24	8760	13140
Κροκίδωση	3,4	24	8760	29784
Συσσωμάτωση	0,1	24	8760	893
Χημική Καθίζηση	1,3	12	4380	5694
Ανάγκες Αμμοφίλτρου	2,8	10	3650	10220
UV	7,2	24	8760	63072

Ομογενοποίηση ιλύος	9,5	24	8760	83220
Πάχυνση	2,2	12	4380	9636
Αναερόβια Χώνευση	439,7	12	4380	1925925
Αφυδάτωση	8,6	8	2920	25112
Σύνολο				9022379

Με τιμή κιλοβατώρας(KWh) για βιομηχανικές εγκαταστάσεις να ανέρχεται σε **0.15 Ευρώ/KWh** το ετήσιο κόστος ενέργειας θα ανέρχεται σε $9022379 \text{ KWh} \cdot \frac{0,15 \text{ Ευρώ}}{\text{KWh}} = \mathbf{1353357}$ Ευρώ ετησίως για κατανάλωση ενέργειας.

Συνοψίζοντας και λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω υπολογίζεται το συνολικό κόστος εγκατάστασης :

Κόστος Κατασκευής	Ευρώ
Κόστος σκυροδέματος	2561908
Κόστος εκσκαφών	126170
Κόστος επιχωμάτων	582
Κόστος σωληνώσεων	640477
Κόστος ηλεκτρομηχ/κου εξοπλισμού	248350
Έργα διασύνδεσης	149010
Κόστος εξοπλισμού εργαστηρίου	9630
Σύνολο	3736127

Στο παραπάνω κόστος προσθέτουμε τέλος και ένα ποσό 10% για **απρόβλεπτα κόστη** όπου ανέρχεται σε $0.1 \cdot 3736127 = 373613$ Ευρώ.

Άρα το **συνολικό τελικό κόστος κατασκευής της εγκατάστασης** ανέρχεται σε **3736127 + 373613 = 4109739 Ευρώ**

Επιπλέον για το **συνολικό ετήσιο κόστος λειτουργίας** λαμβάνοντας υπόψη ομοίως τα παραπάνω στοιχεία :

Ετήσιο Κόστος λειτουργίας	Ευρώ
Προμήθεια χημικών	402814
Δαπάνες μισθοδοσίας	105600
Κατανάλωση ενέργειας	1353357
Σύνολο	1861770

Άρα το **συνολικό ετήσιο κόστος λειτουργίας της εγκατάστασης** ανέρχεται σε **1861770 Ευρώ**. Σε αυτό το σημείο της μελέτης κατασκευής της ΕΕΛ, αξίζει να σημειωθεί ότι αναμένονται έσοδα για την εγκατάσταση, από τη μονάδα παραγωγής βιοαερίου στη διεργασία της αναερόβιας χώνευσης, τα οποία μπορούν να μειώσουν δραστικά τα ετήσια έξοδα της χρηματικά ή ενεργειακά.

Βιβλιογραφία

- ✓ "Βασικές αρχές και σχεδιασμός συστημάτων επεξεργασίας αποβλήτων", Αναστάσιος Στάμου
- ✓ «Εισαγωγή στις διεργασίες καθαρισμού , νερού και λυμάτων» Κ. Χρυσικοπουλος
- ✓ Τα πληθυσμιακά στοιχεία βρέθηκαν από τη ελληνική στατιστική αρχή, www.statistics.gr.
- ✓ Τα ξενοδοχεία και τα ενοικιαζόμενα δωμάτια βρέθηκαν από τον Σύλλογο ξενοδοχειακών υπαλλήλων
- ✓ Οι επιχειρήσεις εστίασης βρέθηκαν από το www.xo.gr και www.vrisko.gr
- ✓ Τα σχολεία και οι δημόσιες υπηρεσίες μετά από επικοινωνία με τον Δήμο Νεας Κυδωνίας
- ✓ «Wastewater treatment plants: planning, design, and operation, Qasim, Syed R., 1999».
- ✓ Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των αστικών λυμάτων και τις διαδικασίες των διεργασιών από: «Διεργασίες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων» Ευθύμιος Νταρακάς
- ✓ Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των αστικών λυμάτων για επαναχρησιμοποίηση ή διάθεση (νομοθεσία) από την οδηγία 91/271/ΕΟΚ και την Κ.Υ.Α. 5673/400/1997 .
- ✓ «Μηχανική Υγρών Αποβλήτων Επεξεργασία & Επαναχρησιμοποίηση, Metcalf & Eddy»
- ✓ Σημειώσεις Φυσικών διεργασιών Ε. Διαμαντόπουλος