

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΙΚΡΩΝ ΑΠΟΚΕΝΤΡΩΜΕΝΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ-ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΑΘΩΝΙΚΗ ΠΟΛΙΤΕΙΑ

Όνοματεπώνυμο: Παναγιώτης Γεωργόπουλος
Ηλεκτρονικών Μηχανικών Α.Τ.Ε.Ι ΑΘΗΝΑΣ
&

Μεταπτ.Φοιτητής στην Διαχείριση Αποβλήτων/ΣΘΕΤ,
Ε.Α.Π

Email: pannosgeor@gmail.com/std115489@ac.eap.gr

Όνοματεπώνυμο: Δρ. Ευάγγελος Γιαννακόπουλος &
Καθηγητής Δρ. Ιωάννης Καλαβρουζιώτης

Εργαστήριο Τεχνολογιών Αειφορικής Διαχείρισης
Αποβλήτων

Email: ikalabro@eap.gr, v.giann@yahoo.com

Περίληψη: Στην σύγχρονη εποχή η επεξεργασία των αποβλήτων αποτελεί μείζον θέμα. Με τις αυξημένες ανάγκες του πληθυσμού και κατά συνέπεια την αυξημένη εναπόθεση λυμάτων, προκύπτουν ζητήματα ως προς την αντιμετώπισή τους. Με βάση την Ευρωπαϊκή Νομοθεσία, η προσέγγιση της διαχείρισης των υγρών αποβλήτων βασίζεται στην ιεράρχηση δραστηριοτήτων, μεταξύ των οποίων η πρόληψη είναι η κύρια προτεραιότητα. Αντικείμενο της Μ.Δ.Ε. είναι η αναφορά σε μεμονωμένη περίπτωση επεξεργασίας υγρών αποβλήτων της Αθωνικής πολιτείας στην περιοχή του Αγίου Όρους. Λόγω των ιδιαίτερων συνθηκών που επικρατούν στην τοπική κοινωνία και της ιδιαίτερης γεωμορφίας της περιοχής, επιβάλλεται η μελέτη εγκατάστασης και λειτουργίας μικρών, καινοτόμων, τοπικών συστημάτων επεξεργασίας αποβλήτων. Η λειτουργία των μικρών συστημάτων, σε συνδυασμό με την αειφόρο ανάπτυξη θα αποτελέσει σημαντικό όφελος για την αγιορείτικη κοινωνία και το περιβάλλον της περιοχής.

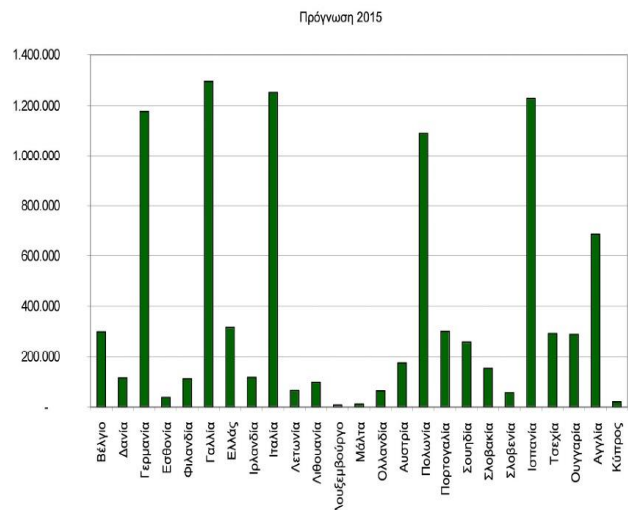
Λέξεις-Κλειδιά:

**Επεξεργασία Υγρών Αποβλήτων/Wastewater Management
Μικρά αποκεντρωμένα συστήματα/Small decentralized
wastewater treatment systems
Τεχνικές αποκεντρωμένης διαχείρισης
αποβλήτων/Techniques of decentralized management of
wastewater**

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ιδέα του σχεδιασμού μικρών αποκεντρωμένων συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων στοχεύει στην εφαρμογή και λειτουργία σε αραιοκατοικημένες περιοχές ή σε μεμονωμένες κατοικίες/οικισμούς, σε κοινότητες μακράν του δικτύου αποχέτευσης και σε οικιστικά συγκροτήματα που βρίσκονται σε σημεία κοντά στην παραγωγή των αποβλήτων.(Bakir.,2001) Η αποκεντρωμένη διαχείριση αποβλήτων, ορίζεται ως η συλλογή, επεξεργασία καθώς και η επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων. (Κοσμοδάκη Μ., 2012).

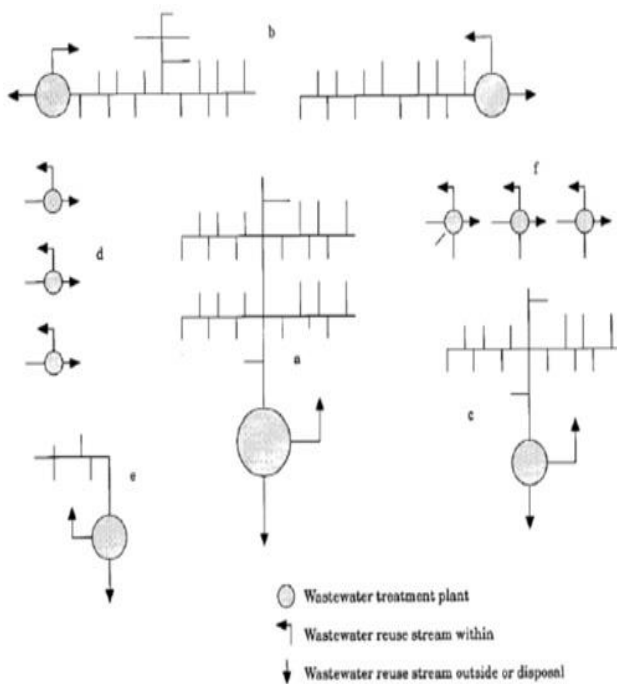
Οι διεθνείς οδηγίες της Ε.Ε σχετικά με τη διαχείριση των αποβλήτων αποσκοπούν στην μείωση των επιπτώσεων των αποβλήτων στο περιβάλλον, στην υγεία και στη βελτίωση της αποδοτικότητας των πόρων της Ε.Ε (Liu et al., 2015).



Σχήμα 1. Αριθμός μικρών εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων στην Ε.Ε. (πηγή: OECD,2015)

Όπως φαίνεται από το παραπάνω σχήμα 1, η Ε.Ε. προσπαθεί να εντάξει τις χώρες της στη λογική της αποκεντρωμένης διαχείρισης αποβλήτων. Η συγκεκριμένη πρόγνωση αφορά την εγκατάσταση μικρών συστημάτων αποκεντρωμένης διαχείρισης αποβλήτων στις εν λόγω χώρες, και αφορά το έτος 2015. Στις υψηλότερες θέσεις βρίσκονται η Γερμανία, η Γαλλία, η Ιταλία, η Πολωνία και η Ισπανία, χώρες οι οποίες έχουν καταφέρει να εντάξουν πολλές μικρές μονάδες αποκεντρωμένης διαχείρισης, αναλογικά με τον πληθυσμό τους. Μέσα στο διάγραμμα παρουσιάζεται και η θέση της Ελλάδας, σχετικά με τη συγκεκριμένη πρακτική. Η Ελλάδα κατά μέσο όρο βρίσκεται σε ένα πρώιμο στάδιο όσον αφορά την υιοθέτηση εξελιγμένων πρακτικών για τα ζητήματα των αποβλήτων.

Παρ' όλα αυτά, η επιστημονική κοινότητα καταβάλλει μεγάλες προσπάθειες και πραγματοποιεί πολλές μελέτες πάνω στα ζητήματα διαχείρισης και επαναχρησιμοποίησης αποβλήτων, για να σημειωθεί πρόοδος στο εγγύς μέλλον και να καταφέρει η Ελλάδα να βρεθεί σε υψηλότερη θέση σε μια πιθανή μελλοντική πρόγνωση. (OECD.,2015)



Σχήμα 2. Σχηματικό διάγραμμα αποκεντρωμένης διαχείρισης λυμάτων a) υποσύστημα για οικιστικό κέντρο b) υποσυστήματα για κατοικίες γειτονίες c) υποσυστήματα για τη βιομηχανική ανάπτυξη d) υποσύστημα για μεμονωμένους χρήστες τόπος κατοικίας; e) υποσύστημα για νέα ανάπτυξη f) υποσυστήματα για τις εγκαταστάσεις ή συστάδες σπιτιών (πηγή: Bakir, 2001).

Στο παραπάνω σχήμα 2, παρουσιάστηκαν κάποια συστήματα αποκεντρωμένης διαχείρισης αποβλήτων. Στη λογική της συγκεκριμένης μεθόδου διαχείρισης αποβλήτων εμπίπτουν η απλότητα της λειτουργίας του συστήματος, η συμμόρφωση με τους διεθνείς κανονισμούς, η φιλικότητα προς το περιβάλλον, το χαμηλό κόστος λειτουργίας και συντήρησης και κατάληψη όσο το δυνατόν μικρότερης επιφάνειας χώρου.

Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν, το ιδανικότερο σχηματικό διάγραμμα για την περίπτωση του Αγίου Όρους, θα μπορούσε να αποτελέσει η περίπτωση a, διότι αφορά οικιστικό κέντρο /οικισμό, δεδομένου ότι το Άγιο Όρος συνίσταται από πολλούς μικρούς οικισμούς. (Bakir.,2001)

II. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

A. Βασικές Έννοιες

Υγρά απόβλητα ονομάζονται οι ποσότητες υδάτων που εξαιτίας της χρήσης τους σε ανθρώπινες δραστηριότητες υπέστησαν αλλαγή των φυσικών, χημικών και βιολογικών τους ιδιοτήτων. Κατά συνέπεια δεν μπορούν ή δεν πρέπει να χρησιμοποιηθούν ή να διατεθούν στο περιβάλλον χωρίς επεξεργασία.. Έτσι, συλλέγονται, υπόκεινται σε διεργασίες καθαρισμού και τέλος οδηγούνται σε τοπικούς αποδέκτες όπως για παράδειγμα λίμνες, ποτάμια, θάλασσα κ.ο.κ.. Τα Υ. Α. που προέρχονται από τους οικισμούς του Αγίου Όρους ανήκουν στις κατηγορίες των οικιακών και γεωργικών λυμάτων. (Κοσμαδάκη, Μ.,2012)

Ο όρος «μικρά αποκεντρωμένα συστήματα» αναφέρεται σε μικρά συστήματα καθαρισμού λυμάτων, ειδικότερα σε αποκεντρωμένα συστήματα, κατασκευασμένα για μικρή έκταση που επεξεργάζονται μικρή παροχή αποβλήτων. Βασικά χαρακτηριστικά τους είναι η αξιοπιστία, η απλότητα σε λειτουργία και συντήρηση, η φιλικότητα απέναντι στο περιβάλλον καθώς και η καταλληλότητά τους για οικισμούς και

μικρές μονάδες. Στα μικρά αποκεντρωμένα συστήματα, η επεξεργασία γίνεται περίξ της πηγής των λυμάτων. Ενίοτε γίνεται και μεταφορά σε κεντρικό σημείο ώστε τα λύματα να επεξεργαστούν περαιτέρω και ενδεχομένως να επαναχρησιμοποιηθούν. (Κοσμαδάκη, Μ.,2012)

Ένα αποκεντρωμένο σύστημα επεξεργασίας, περιλαμβάνει συνήθως πρωτοβάθμια επεξεργασία κάποιου είδους και κατόπιν τα λύματα διατίθενται σε υπεδάφιο αποδέκτη. Ενίοτε υπάρχει και σύστημα πιο προχωρημένης επεξεργασίας. Η πρόσθετη επεξεργασία (αν χρειάζεται) περιλαμβάνει ποικίλες μεθόδους (π.χ. αμμοδιυλιστήρια, διεργασίες ενεργού ιλύος, τεχνητούς υγροβιότοπους κ.λπ.). Η αρχική βαθμίδα επεξεργασίας πραγματοποιείται τις περισσότερες φορές σε σηπτική δεξαμενή ή δεξαμενή Imhoff, όπου το ρυπαντικό φορτίο μειώνεται.

Τα αποκεντρωμένα συστήματα διαχείρισης λυμάτων διαθέτουν κάποια σημαντικά πλεονεκτήματα όπως:

1. Η επί τόπου επεξεργασία των λυμάτων
 2. Χωριστικό σύστημα κατασκευής
 3. Χαμηλό κόστος κατασκευής
 4. Χαμηλό κόστος λειτουργίας
 5. Σχετικά χαμηλό κόστος συντήρησης
 6. Απλότητα σχεδιασμού της μονάδας
 7. Δυνατότητα επέκτασης της μονάδας
 8. Μείωση των επιπτώσεων στο περιβάλλον
 9. Δυνατότητα εφαρμογής κυκλικής οικονομίας
 10. Δυνατότητα κατασκευής του έργου σιγά σιγά ανά στάδιο
 11. Δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης των προϊόντων που προέκυψαν από την επεξεργασία.
- (Κοσμαδάκη, Μ.,2012)

B. Υφιστάμενη Διαχείριση Υγρών Αποβλήτων

Στη σύγχρονη εποχή, κατά κύριο λόγο επικρατεί η χρήση συστημάτων βιολογικού καθαρισμού των υγρών αποβλήτων.

Οι γενικοί στόχοι της πρακτικής αυτής είναι:

1. Να μετατρέψει, δηλαδή να οξειδώσει, διαλυμένα και σωματιδιακά βιοαποικοδομήσιμα συστατικά σε αποδεκτά τελικά προϊόντα.
2. Να συλλέξει και να ενσωματώσει αιωρούμενα και μη καθιζάνοντα κολλοειδή στέρεα σε ένα βιολογικό συσσωμάτωμα ή βιοφίλμ.
3. Να μετατρέψει ή να απομακρύνει θρεπτικά, όπως άζωτο και φώσφορο.
4. Σε μερικές περιπτώσεις, να απομακρύνει συγκεκριμένα ίχνη οργανικών συστατικών και ενώσεων.

Παρακάτω παρουσιάζονται ονομαστικά 4 διαφορετικά συστήματα βιολογικών καθαρισμών. Η κύρια τους διαφορά βρίσκεται στον τρόπο που γίνεται η βιολογική επεξεργασία των λυμάτων.

- Αντιδραστήρες κινούμενης κλίνης (MBBR)
- SBR διακοπτόμενης λειτουργίας ενεργού ιλύος
- Μονάδες προσκολλημένης βιομάζας με πληρωτικό υλικό τύπου πορώδους υφάσματος
- Βιολογικοί δίσκοι (RBC) (Κοσμαδάκη, Μ., 2012)

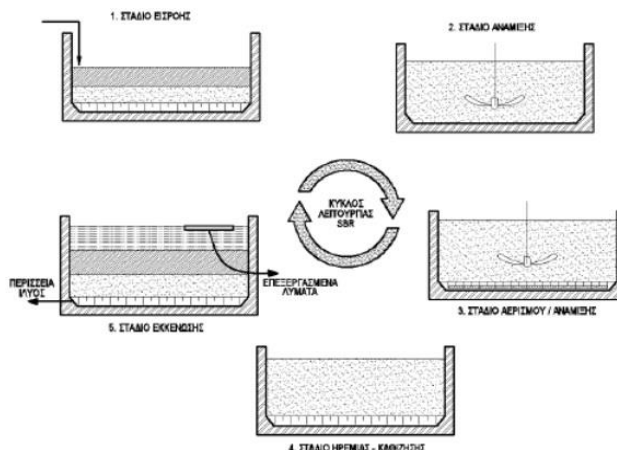
Ακολουθεί ο Πίνακας 1, με τις κυρίες διαφορές των συστημάτων ενεργού ιλύος καθώς και τα Πλεονεκτήματα/Μειονεκτήματα τους.

Πίνακας 1: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα μερικών συστημάτων ενεργού ιλύος (πηγή: Χατζηγαγάπη Β., 2017)			
-----	Συμβατικό Σύστημα	Σύστημα SBR	Σύστημα MBBR
Κατανάλωση ενέργειας	Σχετικά χαμηλή	Σχετικά υψηλή	Χαμηλή
Απόδοση σε μείωση BOD	Υψηλή	Υψηλή	Σχετικά υψηλή
Απομάκρυνση αζώτου	Συχνά πλήρης	Ικανοποιητική	Συχνά Ικανοποιητική
Απομάκρυνση Φωσφόρου	Ναι	Ικανοποιητική	--
Απαίτηση σε έκταση	Σχετικά μικρή	Μικρή	Μικρή
Κατά/αστικό κόστος	Υψηλό	Σχετικά χαμηλό	Σχετικά υψηλό
Λειτουργικό κόστος	Υψηλό	Σχετικά μικρό	Σχετικά υψηλό
Εξειδικευμένο προσωπικό	Ναι	Ελάχιστο	Ναι
Ευαισθησία σε τοξικές ουσίες	Σχετικά ναι	Όχι	--
Απαίτηση για περαιτέρω επεξεργασία ιλύος	Ναι	Ναι	Χαμηλή
Προβλήματα διάγνωσης ιλύος	Ναι	Όχι	Όχι
Ευαισθησία στις μεταβολές φορτίων εισόδου	Ναι	Όχι	Όχι
Άλλα	--	Δεξαμενή εξיסορ/σης	Μεγάλη ευελιξία

- Η λειτουργία της εγκατάστασης είναι απλή, αυτόματη και σταθερή. Δεν απαιτείται συνεχής ή εξειδικευμένη επίβλεψη.
- Μπορεί να διαχειριστεί μεγάλες διακυμάνσεις στον όγκο των αποβλήτων. (Wilderer P.A, et al., 2001)

Ένα μείζονος σημασίας μειονέκτημα αποτελεί η σχετικά υψηλή κατανάλωση ενέργειας, η απαίτηση σύγχρονου μηχανολογικού εξοπλισμού και συστημάτων αυτοματισμού. Αναγκαία είναι, επίσης, η κατασκευή δεξαμενής εξισορρόπησης.

Η λειτουργία του αντιδραστήρα SBR παρουσιάζεται συνοπτικά στην παρακάτω εικόνα 1.



Εικόνα 1: Αντιδραστήρας SBR (πηγή: Νταρακάς Ε., 2010)

C. Αντιδραστήρας εναλλασσόμενων λειτουργιών- Sequencing Batch Reactor (SBR)

Η μέθοδος αυτή είναι κατάλληλη για μικρούς οικισμούς χάρη στην απλότητά της. Μπορεί να ανταποκρίνεται πολύ καλά στις μεγάλες διακυμάνσεις παροχών και ρυπαντικών φορτίων που διακρίνουν τους μικρούς οικισμούς. Το προαναφερθέν σύστημα είναι διακοπτόμενης λειτουργίας, δηλαδή η ροή στο εσωτερικό του δεν είναι συνεχής. Η μέθοδος στην οποία βασίζεται η λειτουργία του είναι αυτή της ενεργού ιλύος. Πρόκειται για αερόβια επεξεργασία, όπου με χρήση αέρα (οξυγόνου), αναπτύσσονται οι κατάλληλοι αερόβιοι μικροοργανισμοί για την αποικοδόμηση του οργανικού φορτίου. Βασικό χαρακτηριστικό του συστήματος είναι ο συνδυασμός σε κοινή δεξαμενή δύο λειτουργιών που εναλλάσσονται. Συγκεκριμένα, οι λειτουργίες του βιολογικού αντιδραστήρα ενεργού ιλύος και της δεξαμενής δευτεροβάθμιας καθίζησης διαδέχονται η μία την άλλη. Με τη βοήθεια ενός αυτοματισμού ο οποίος είναι σχετικά απλός, εναλλάσσονται οι φάσεις λειτουργίας. Τονίζεται ότι όλες οι φάσεις λαμβάνουν χώρα στην ίδια δεξαμενή. Έτσι, τα υγρά απόβλητα επεξεργάζονται σε μία ή δύο δεξαμενές. (Wilderer P.A, et al., 2001)

Η βασική διαφορά του αντιδραστήρα SBR από ένα συμβατικό σύστημα ενεργού ιλύος έγκειται στο γεγονός ότι στον αντιδραστήρα SBR η διακριτοποίηση των βιοχημικών αντιδράσεων και της φυσικής διεργασίας της καθίζησης είναι χρονική και όχι είναι χωρική (όπως στο σύστημα ενεργού ιλύος).

Η μέθοδος αυτή θεωρείται πλέον κατάλληλη για την επεξεργασία των λυμάτων στην περίπτωση μας, όπως και σε οικισμούς και κοινότητες, διότι:

- Το παραγόμενο νερό είναι πολύ καλής ποιότητας και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πότισμα δένδρων.
- Η μονάδα δεν επιβαρύνει με μικρόβια την ατμόσφαιρα του περιβάλλοντα χώρου και δεν παράγει οσμές κατά τη λειτουργία της.
- Παράγεται μικρή ποσότητα βιολογικής ιλύος.
- Οι πάγιες δαπάνες αλλά και τις δαπάνες λειτουργίας της είναι χαμηλές.

III. ΜΕΛΕΤΗ ΑΘΩΝΙΚΗΣ ΠΟΛΙΤΕΙΑΣ ΚΑΙ ΑΠΟΒΛΗΤΑ

A. Γενική Επισκόπηση

Όσον αφορά την υφιστάμενη κατάσταση στην περιοχή του Αγίου Όρους, στην παρούσα χρονική περίοδο, δεν υπάρχει κεντρικό δίκτυο συλλογής υγρών αποβλήτων στους οικισμούς της Αθωνικής πολιτείας. Το ίδιο συμβαίνει και με το δίκτυο ύδρευσης, καθώς οι κατοικούντες προμηθεύονται νερό από πηγές και πηγάδια στη γύρω περιοχή. Η διαχείριση των λυμάτων προς το παρόν πραγματοποιείται με πρόχειρο τρόπο, καθώς δεν υφίστανται οι υποδομές. Κατά συνέπεια, το περιβάλλον επιβαρύνεται και η κοινότητα δεν συμμορφώνεται με την ισχύουσα νομοθεσία της Ε.Ε. (ΥΠΕΚΑ, 2012)

B. Εκτιμώμενες ποσότητες αποβλήτων

Οι παραγόμενες ποσότητες αστικών λυμάτων υπολογίζονται με βάση τον πληθυσμό της περιοχής. Θεωρούμε ότι ο τρόπος ζωής στους οικισμούς του Αγίου Όρους και η εφαρμοζόμενη πολιτική διαχείρισης των εισερχόμενων υδάτων δεν ευνοεί την υπερκατανάλωση και κατά συνέπεια την παραγωγή υγρών αποβλήτων. Έτσι, η μέση παραγωγή υγρών αποβλήτων κάθε μέρα ανά κάτοικο είναι περίπου 160 έως 170 λίτρα.

Θεωρώντας ως παραγόμενη την μέγιστη ποσότητα δηλαδή τα 170 λίτρα ανά κάτοικο και ανά ημέρα, η ποσότητα αυτή για τον μέγιστο πληθυσμό υπολογίζεται σε $2400 * 170 = 408000$ λίτρα = $408m^3/ημέρα$. Με βάση αυτό, διαιρώντας για τις 20 μονές λαμβάνουμε ως μέγιστη ημερήσια παροχή για ένα μέσο οικισμό δηλαδή μία μονή και τα εξαρτώμενα από αυτή κτίσματα, θεωρώντας ότι αυτά βρίσκονται σε μικρή απόσταση από το κύριο κτίσμα, τα $20,4 m^3/ημέρα$ (κατά μέσο όρο). Σύμφωνα με την παραπάνω μοντελοποίηση ένας «μέσος» μοναστηριακός

οικισμός που έχει 120 κατοίκους (μοναχούς και επισκέπτες) και παράγει απόβλητα 20,4 m³/ημέρα.

Όπως αναφέρθηκε, το Άγιο Όρος έχει 1811 έως 2400 κατοίκους. Έτσι μέση πυκνότητα μόνιμου πληθυσμού είναι 5,3 κάτοικοι ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο και υπολογίζοντας και τους επισκέπτες, είναι περίπου 7,1 κάτοικοι ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο. Με βάση και τα προηγούμενα, απαιτείται η χρήση μικρών αποκεντρωμένων συστημάτων και όχι ενός κεντρικού αποχετευτικού συστήματος συλλογής και κεντρικής εγκατάστασης επεξεργασίας των Υ.Α.

Στον παρακάτω πίνακα 2, παρουσιάζονται οι παροχές και τα ρυπαντικά φορτία των λυμάτων που αφορούν ένα σύνολο 120 ανθρώπων ενός οικισμού.

Πίνακας 2: Τιμές παροχής και χαρακτηριστικών των αποβλήτων (πηγή: Χουχούμης Γ., 2013)			
ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ		ΤΙΜΕΣ	
Αριθμός ατόμων		120	
Ειδικό ρυπαντικό φορτίο/Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (BOD ₅)		60 gr/άτομο ανά ημέρα	
Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (COD)		130 gr/άτομο ανά ημέρα	
Αιωρούμενα Στερεά (S.S)		80 gr/άτομο ανά ημέρα	
Ολικό Άζωτο (N)		10 gr/άτομο ανά ημέρα	
Ημερήσια παροχή λυμάτων		25 m ³ ανά ημέρα	
Φορτίο BOD ₅ (L ₁ BOD ₅)		7,2 kg ανά ημέρα	
Φορτίο COD (L ₁ COD)		15,6 kg ανά ημέρα	
Φορτίο SS (L ₁ SS)		9,6 kg ανά ημέρα	
Φορτίο N (L ₁ N)		1,2 kg ανά ημέρα	
Ειδικό ρυπαντικό φορτίο/Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (BOD ₅) max	Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (COD) max	Αιωρούμενα Στερεά (S.S) max	Ολικό Άζωτο (N) max
360 mg/l	780 mg/l	480 mg/l	60 mg/l

Αντίστοιχοι υπολογισμοί μπορούν να εφαρμοστούν και στην περίπτωση των οικισμών του Αγίου Όρους, σε πληθυσμό 48 ανθρώπων σε έναν οικισμό, ή ακόμη και σε πληθυσμό 10 ανθρώπων σε έναν οικισμό.

C. Εκτιμώμενο κόστος έργου

Το ευρύτερο έργο εγκατάστασης μιας Μονάδας Επεξεργασίας Αποβλήτων είναι σχεδιασμένο ώστε να περιλαμβάνει τα εξής στάδια: (αναφέρονται ονομαστικά)

1. Προεπεξεργασία
2. Δεξαμενή εξισορρόπησης
3. Δεξαμενή παρατεταμένου αερισμού (SBR)
4. Δεξαμενή Χλωρίωσης
5. Δεξαμενή αποθήκευσης επεξεργασμένων αποβλήτων
6. Δεξαμενή αποθήκευσης ιλύος

Στην περίπτωση της Αθωνικής Πολιτείας, το έργο περιορίζεται στην κατασκευή δεξαμενής SBR, λόγω της μικρής πληθυσμιακής πυκνότητας η οποία καλύπτεται μόνο από τη λειτουργία αυτής της δεξαμενής. (εξού και ο όρος «μικρά αποκεντρωμένα συστήματα»)

Για τις μεγάλες δεξαμενές SBR που εξυπηρετούν πληθυσμό 120 κατοίκων, το κόστος κατασκευής εκτιμάται στο περίπου 25.000€ έως 35.000€, ανάλογα και με τα έργα που θα χρειαστούν, το μήκος των σωληνώσεων, τις εκσκαφές κ.λ.π. Επιπλέον, λαμβάνοντας μια μέση τιμή, το κόστος μπορεί να θεωρηθεί ίσο με 30.000€. Στο κόστος συμπεριλαμβάνεται το κόστος των εκσκαφών και άλλων απαραίτητων έργων, το κόστος κατασκευής, το κόστος της δεξαμενής (εκτιμάται σε

18.000€ περίπου), το κόστος αγοράς εξοπλισμού (π.χ. αντλίες) και των συστημάτων ελέγχου κλπ. Το κόστος αυτό σημαίνει ότι κάθε κάτοικος που θα εξυπηρετείται από την εγκατάσταση, θα επιβαρυνθεί με 250€ για την κατασκευή του συστήματος. Σημειώνεται ότι το έργο προορίζεται να έχει μεγάλη διάρκεια ζωής. Για παράδειγμα ένας κατασκευαστής δίνει εγγύηση λειτουργίας της δεξαμενής στα 20 χρόνια και το ποσό αυτό εκτιμάται στο συνολικό ποσό του έργου. Τελικά η προσέγγιση αυτή δίνει 12,5€/κάτοικο και ανά έτος. (Jafarinejad S., 2015)

Το λειτουργικό κόστος της εγκατάστασης αφορά κυρίως το κόστος του ηλεκτρικού ρεύματος, το κόστος συντήρησης της εγκατάστασης και το κόστος αποκομιδής της λάσπης. Επιπλέον, κόστος είναι το κόστος αγοράς χημικών (π.χ. χλώριο απολύμανσης). Σε μια πρώτη προσέγγιση, το κόστος για την εγκατάστασή μας εκτιμάται από 2.100€ έως 3.000€. Επίσης ως τιμή εντός εύρους λαμβάνεται το ποσό των 2.600€/έτος. Σημειώνεται ότι στο ποσό αυτό ενσωματώνεται και ένα ποσό για έκτακτες δαπάνες. Ωστόσο το ακριβές ποσό που θα απαιτηθεί για τις έκτακτες δαπάνες είναι δύσκολο να υπολογιστεί χωρίς σφάλματα. Ενδεικτικά, μια αντλία λυμάτων στοιχίζει από 300€ έως 800€ και δεδομένου ότι η διάρκεια ζωής της είναι 8 χρόνια, τότε είναι 37,5-100€ το χρόνο για κάθε αντλία. (Jafarinejad S., 2015)

Αντίστοιχα, με βάση το παραπάνω μοντέλο, είναι δυνατό να υπολογιστεί το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας μιας SBR δεξαμενής που να εξυπηρετεί πληθυσμό 48 ατόμων και 10 ατόμων, αριθμοί που αντιστοιχούν στους κατοίκους των οικισμών του Αγίου Όρους.

IV. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Για την ολοκληρωμένη διαχείριση των υγρών αποβλήτων για τους μικρούς οικισμούς του Αγίου Όρους, έγινε περιγραφή του συστήματος διακοπτόμενης λειτουργίας (SBR)- Αντιδραστήρας εναλλασσόμενων λειτουργιών. Οι προτεινόμενες εγκαταστάσεις επιτυγχάνουν αξιολογή μείωση των τιμών των δεικτών BOD, TSS και COD. Με αυτόν τον τρόπο, τα λύματα, αφού περάσουν από την μονάδα επεξεργασίας μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν για άρδευση ή άλλες χρήσεις, και με βάση και την ισχύουσα νομοθεσία. Επιπλέον, η έκταση που απαιτείται για την κατασκευή είναι μικρή και επομένως είναι πολύ εύκολο να εξευρεθεί.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Bakir H.A., 2001, Sustainable Wastewater Management for Small Communities in the Middle East and North Africa, Journal of Environmental Management, 61, 319-328.
- Jafarinejad S., 2015, Cost estimation and economical evaluation of three configurations of activated sludge process for a wastewater treatment plant (WWTP) using simulation.
- Liu, A., Ren, F., Lin, W.Y., & Wang, J.Y., 2015, A review of municipal solid waste environmental standards with a focus on incinerator residues, International Journal of Sustainable Built Environment, 4(2), 165-188.
- OECD, Environmental key indicators 2004, OECD Environment Directorate Paris, France.
- Wilderer P.A., Robert L., Irvine and Mervyn C., Goronszy, eds. Sequencing batch reactor technology. IWA publishing, 2001.
- Κοσμαδάκη Μ., 2012. Αξιολόγηση Αποκεντρωμένων Συστημάτων Βιολογικών Καθαρισμών στην Κρήτη, μεταπτυχιακή διατριβή, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα

Μηχανικών Περιβάλλοντος, Διατμηματικό
Μεταπτυχιακό Έλεγχος Ποιότητας Και Διαχείριση
Περιβάλλοντος.
Νταρακάς Ε., 2010. Διεργασίες επεξεργασίας υγρών
αποβλήτων, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο
Θεσσαλονίκης.
Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής
Αλλαγής-ΥΠΕΚΑ, Ειδική Γραμματεία Υδάτων,

Κείμενο Κατευθυντήριων Γραμμών για τη Διαχείριση
Λυμάτων Μικρών Οικισμών, Απρίλιος 2012, σελ. 61-
65.
Χουχούμης Γ., 2013, Βελτιστοποίηση Εγκατάστασης
Επεξεργασίας Λυμάτων Αρμένων. (Λειτουργία
μονάδας DAF), διπλωματική εργασία, Πολυτεχνείο
Κρήτης.