



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΟΙΚΙΑΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ: «ΒΙΩΣΙΜΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ»

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΤΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ
ΛΥΜΑΤΩΝ ΣΤΗ ΛΑΡΝΑΚΑ

ΣΙΕΗΤΤΑΝΗ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΑ (Α.Μ 28201)



ΜΕΛΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ

κ. ΑΜΠΕΛΙΩΤΗΣ Κ., Επίκουρος (Επιβλέπων)

κ. ΑΠΟΣΤΟΛΟΠΟΥΛΟΣ Κ., Καθηγητής

κ. ΛΑΖΑΡΙΔΗ Κ., Αναπλ. Καθηγήτρια

ΑΘΗΝΑ 2011

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Μέσα στα πλαίσια της βιώσιμης ανάπτυξης και προστασίας του περιβάλλοντος έχουν αναπτυχθεί διάφοροι μηχανισμοί και εργαλεία. Η Αξιολόγηση Κύκλου Ζωής (Life Cycle Assessment) είναι ένα από τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται για την προστασία του περιβάλλοντος. Η AKZ ενός προϊόντος, διεργασίας ή δραστηριότητας επιτρέπει τον υπολογισμό των περιβαλλοντικών φορτίων του συστήματος βάση επιστημονικών μεθόδων λαμβάνοντας υπόψη όλες τις εισροές και εκροές σε αυτό. Αυτό που καθιστά ξεχωριστή τη χρήση AKZ είναι η ικανότητα λήψης ολόκληρου του κύκλου ζωής του προϊόντος διεργασίας ή δραστηριότητας «από το λίκνο μέχρι τον τάφο» (from cradle to grave).

Η AKZ εφαρμόζεται στην Επεξεργασία Αστικών Υγρών Αποβλήτων και γίνεται μια συνεχής προσπάθεια για την διεξαγωγή αποτελεσμάτων που στοχεύουν στην βελτίωση των μονάδων επεξεργασίας λυμάτων.

Η εφαρμογή της AKZ δεν θεωρείται εύκολο εγχείρημα, λόγω του ότι τα απαραίτητα δεδομένα για την διεκπεραίωση της όλης διαδικασίας είναι πάρα πολλά. Πολλές φορές είναι δύσκολο να γίνει η συλλογή τόσο μεγάλου αριθμού δεδομένων για τις εισροές και εκροές ενός συστήματος όπως οι μονάδες επεξεργασίας λυμάτων.

Με βάση τα παραπάνω, η AKZ εφαρμόστηκε στη μονάδα επεξεργασίας λυμάτων στη πόλη της Λάρνακας. Η μονάδα απαρτίζεται από πρωτοβάθμια, δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια επεξεργασία. Δεν έγινε διαχωρισμός σε υποσυστήματα θεωρήθηκε ως ένα σύστημα όλη η μονάδα. Η λειτουργική μονάδα που επιλέχθηκε είναι η εισροή $7053 \text{ m}^3/\text{day}$ λυμάτων στη μονάδα επεξεργασίας λυμάτων της Λάρνακας. Η επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων έγινε με τη χρήση του προγράμματος Sima Pro 5.1 και τη μεθοδολογία CML2 Baseline 2000.

Εκτός από την AKZ της υφιστάμενης μονάδας αξιολογήθηκαν ακόμη 3 σενάρια. Ονομαστικά αυτά είναι η σύγκριση ύπαρξης μονάδας επεξεργασίας λυμάτων με το σενάριο μη ύπαρξης μονάδας. Έγινε η σύγκριση δυο μελλοντικών σχεδίων που εντάσσονται στην αναβάθμιση της μονάδας το WW Conventional vs. WW MBR και τέλος το σενάριο WW Present vs. WW Present Gas.

Τα κυριότερα συμπεράσματα της μελέτης είναι ότι η χρήση αργού πετρελαίου έχει τεράστια συμβολή στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της μονάδας. Η πρόκληση οικοτοξικότητας στο θαλάσσιο περιβάλλον είναι το μεγαλύτερο πρόβλημα που δημιουργείται σε όλα τα εξεταζόμενα σενάρια (με εξαίρεση το Present vs. Untreated).

ABSTRACT

Within the framework of sustainable development and environmental protection various mechanisms and tools have been developed. Life Cycle Assessment henceforward is one of the tools that is used for environmental protection. Life Cycle Assessment (LCA) of a product, process or an activity allow us, according to scientific methods to estimate the environmental loads of a system taking into account all the inputs and outputs to the system. The importance of using Life Cycle Assessment comes out from the characteristic of taking into account the whole life cycle of a product, process or activity, from cradle to grave.

Life Cycle Assessment is applied for the treatment of municipal wastewater and there is a continuous effort conducting results, aiming at the improvement of wastewater treatment plants.

Life Cycle implementation is not an easy task since the appropriate information is much in number. Quite often it is difficult to collect all the information needed for the inputs and outputs of a wastewater treatment plant.

Based on the above, LCA was applied on a wastewater treatment plant in Larnaca. Primary, secondary and tertiary treatment are the three processes taking place at the wastewater treatment plant. There wasn't any separation into subsystems the whole plant was considered as one system. The functional unit of Larnaca's wastewater plant was the sewage inflow of 7053 m³/day. The LCA was carried out using SimaPro 5.1 software using CML2 Baseline 2000.

Except for the LCA of the current situation another three scenarios were valuated. Namely those are WW Present vs. WW Untreated, WW Conventional vs. WW MBR and WW Present vs. WW Present Gas.

The main conclusions are that the use of crude oil causes huge environmental problems. Marine ecotoxicity was the main problem coming out from the different scenarios (except scenario Present vs. Untreated).

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	7-8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ.....	9
1.1 Εισαγωγή.....	9
1.2 Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής στη διαχείριση αποβλήτων.....	9-10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΥΓΡΩΝ ΑΣΤΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	11
2.1 Ευρωπαϊκή Οδηγία 91/271/ΕΟΚ για τα αστικά λύματα.....	11-13
2.2 Οδηγία 91/271/ΕΟΚ και Εθνικό Πρόγραμμα Εφαρμογής στην Κύπρο.....	13-15
2.3 Εθνικό πρόγραμμα Εφαρμογής της Κύπρου του 2005 (ΠΕ-2005).....	16-18
2.4 Αναθεωρημένο Εθνικό Πρόγραμμα Εφαρμογής του 2008 (ΠΕ-2008).....	18-19
2.5 Τα επακόλουθα μη συμμόρφωσης με την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ.....	19-20
2.6 Η σημασία της Κοινοτικής Οδηγίας 91/271/ΕΟΚ για την Κύπρο.....	20
2.7 Νομοθεσία για τη διάθεση Ιλύος - Οδηγία 86/278/Ε.Κ για τη λυματολάσπη	20-21
2.7.1 Ρυθμιστικό Πλαίσιο στην Κυπριακή Δημοκρατία.....	21-22

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΓΡΩΝ ΑΣΤΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΗΝ
ΕΥΡΩΠΗ.....23**

3.1 Εισαγωγή.....23

3.2 Στατιστικά Στοιχεία για τη Διαχείριση Υγρών Αστικών Αποβλήτων στην Ε.Ε
.....24-25

3.2.1 Ειδική εκτίμηση για τη Νότια Περιφέρεια της
Ευρώπης..... 25-26

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΗΣ ΑΚΖ ΤΗΣ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ27-64**

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΜΟΝΑΔΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ ΣΤΗ ΛΑΡΝΑΚΑ
(ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ).....65**

5.1 Γενικά στοιχεία μονάδας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων στη Λάρνακα
.....65-66

5.2 Περιγραφή λειτουργίας της μονάδας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων στη
Λάρνακα.....67-71

5.3 Αξιολόγηση δεδομένων από τη λειτουργία της μονάδας.....71-83

5.4 Επέκταση Αποχετευτικού Συστήματος Λάρνακας (μονάδας επεξεργασίας υγρών
αποβλήτων).....83

5.4.1 Β' Φάση Αποχετευτικού Συστήματος Λάρνακας.....84-86

5.5 Επεξεργασία – Διάθεση Ιλύος από τη μονάδα επεξεργασίας λυμάτων στην
Λάρνακα86-88

5.5.1 Υφιστάμενη κατάσταση στη μονάδα διαχείρισης λυμάτων Λάρνακας	88-89
5.5.2 Παρούσα πρακτική απόθεση της λυματολάσπης.....	89-91
5.5.3 Επιλογές διαχείρισης ιλύος – Επεξεργασία Ιλύος και τελική διάθεση	91-93
5.5.4 Διασπορά της Ιλύος – Γενικές Εκτιμήσεις.....	94-96
5.5.5 Προϋποθέσεις για εφαρμογή της λυματολάσπης σε γεωργικό έδαφος	96-97
5.5.6 Μελλοντικά σχέδια διαχείρισης της Ιλύος από τη μονάδα επεξεργασίας λυμάτων στη Λάρνακα.....	97
5.6 Επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων	
5.6.1 Εισαγωγή.....	98-100
5.6.2 Επεξεργασμένο νερό στην Κύπρο.....	101-102
5.6.3 Επεξεργασμένο νερό στην μονάδα επεξεργασίας λυμάτων στη Λάρνακα	102-103
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΤΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ ΣΤΗ ΛΑΡΝΑΚΑ.....	104-125
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	126-132
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας με τίτλο «Αξιολόγηση Κύκλου Ζωής της Μονάδας Επεξεργασίας Λυμάτων στη Λάρνακα» έγινε μέσα στα πλαίσια της ολοκλήρωσης του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Βιώσιμη Ανάπτυξη με κατεύθυνση τη Διαχείριση Περιβάλλοντος στο Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο.

Κίνητρο της εργασίας, αποτέλεσε το γεγονός ότι δεν έχει ξαναγίνει παρόμοια έρευνα για την ΑΚΖ γενικά στις μονάδες επεξεργασίας λυμάτων στην Κύπρο. Επίσης λόγω του ότι η χρήση της ΑΚΖ θεωρείται ένα πρωτοποριακό εργαλείο για την ανάπτυξη της βιωσιμότητας και της προστασίας του περιβάλλοντος. Η έρευνα έγινε στη μονάδα επεξεργασίας λυμάτων στη Λάρνακα, στην Κύπρο. Σκοπός της έρευνας ήταν να διερευνήσει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που έχει η λειτουργία της μονάδας στη πόλη της Λάρνακας αλλά και εκτός των ορίων της περιοχής και εν τέλει να παρθεί η καλύτερη απόφαση για το περιβάλλον.

Οι κυριότερες δυσκολίες που αντιμετωπίστηκαν σχετίζονταν με την μοντελοποίηση της μονάδας επεξεργασίας λυμάτων καθώς δεν είχα ξαναδούλεψι με το υπολογιστικό πακέτο SimaPro.

Η εργασία αποτελείται από 7 κεφάλαια, στο πρώτο κεφάλαιο περιγράφεται γενικά η Αξιολόγηση Κύκλου Ζωής, στο δεύτερο κεφάλαιο αναφέρεται το θεσμικό πλαίσιο διαχείρισης αστικών υγρών αποβλήτων. Ακολουθεί το τρίτο κεφάλαιο όπου γίνεται αναφορά στη διαχείριση των υγρών αστικών αποβλήτων στην Ευρώπη. Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η βιβλιογραφική ανασκόπηση της εφαρμογής ΑΚΖ στην επεξεργασία λυμάτων. Στο πέμπτο κεφάλαιο περιγράφεται η μονάδα επεξεργασίας λυμάτων της Λάρνακας. Στη συνέχεια στο κεφάλαιο έξι εφαρμόζεται η ΑΚΖ στη μονάδα επεξεργασίας λυμάτων της Λάρνακας και στο τελευταίο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα.

Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους συνέβαλαν στην ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας. Ένα μεγάλο ευχαριστώ στον κ. Αμπελιώτη Κωνσταντίνο για την καθοδήγηση του, τις συμβουλές του, την υπομονή του και την τεράστια του συμβολή στην ανάλυση και επεξεργασία των δεδομένων της μελέτης.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Αποστολόπουλο Κωνσταντίνο για την υποστήριξη και καθοδήγηση του σε όλα τα χρόνια του Μεταπτυχιακού

Προγράμματος. Ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω στην κ. Λαζαρίδη Κάτια για την υποστήριξη της και όλη τη βοήθεια που μου παρείχε.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες εκφράζονται στον υπεύθυνο εργοστασίου και συντήρησης του αποχετευτικού συστήματος Λάρνακας κ. Βεντούρη Γιαννάκη για όλη του τη συμβολή στην εκπόνηση της διπλωματικής μου εργασίας, τις πατρικές του συμβουλές και την ανιδιοτελή του προσφορά. Τέλος ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω και στη χημικό του συμβουλίου αποχετεύσεων Λάρνακας κ. Ιωαννίδου Ιωάννα.

Τελειώνοντας, εύχομαι η εργασία αυτή να συνεισφέρει στην καλύτερη διαχείριση περιβάλλοντος στην πόλη της Λάρνακας και να συμβάλει στην άμβλυνση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που επιφέρει η μονάδα επεξεργασίας λυμάτων στη Λάρνακα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ

1.1 Εισαγωγή

Η περιβαλλοντική Αξιολόγηση Κύκλου Ζωής (AKZ, Life Cycle Assessment) είναι μια μεθοδολογία η οποία ποσοτικοποιεί τις περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις και συνεπώς τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις στον κύκλο ζωής προϊόντων ή διεργασιών. Η ολοκληρωμένη προσέγγιση της AKZ έχει πλέον αρχίσει να εφαρμόζεται και για την επιστημονική υποστήριξη της λήψης πολιτικών αποφάσεων. Για παράδειγμα σε αποφάσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η AKZ αποτελεί βασικό στοιχείο της ολοκληρωμένης Πολιτικής Προϊόντων. Η AKZ σήμερα είναι τυποποιημένη μέσω των αντίστοιχων προτύπων ISO:14040:2006, 14041:1998, 14042:2000 και 14043:2000. Το ISO:14040:2006 καλύπτει τις μελέτες AKZ και καταλόγους απογραφής κύκλου ζωής (LCI), δεν περιγράφει την τεχνική AKZ λεπτομερώς, καθώς επίσης δεν προσδιορίζει τις μεθοδολογίες για τις επιμέρους φάσεις της AKZ (ISO). Σύμφωνα με τα παραπάνω πρότυπα, η AKZ αποτελείται από 4 στάδια: τον καθορισμό του σκοπού και του αντικειμένου της μελέτης (goal and scope definition), την απογραφή δεδομένων (life cycle inventory), την αξιολόγηση των επιπτώσεων (life cycle impact assessment), και την ερμηνεία των αποτελεσμάτων (life cycle interpretation) (Αμπελιώτης κ.α., 2006).

1.2 Η Αξιολόγηση Κύκλου Ζωής στη διαχείριση αποβλήτων

Τα συστήματα διαχείρισης αποβλήτων θεωρούνται a priori ως φιλικά προς το περιβάλλον. Σήμερα, όμως αναγνωρίζεται ότι η κατασκευή και λειτουργία τους μπορούν να επιφέρουν σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Η AKZ χρησιμοποιείται στη διαχείριση αποβλήτων καθώς ποσοτικοποιεί τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις κάθε μεθόδου επεξεργασίας αλλά κυρίως γιατί μπορεί να συγκρίνει αντικειμενικά τις εναλλακτικές μεθόδους επεξεργασίας. Η AKZ εφαρμόζεται στη διαχείριση των αποβλήτων μέσω δυο προσεγγίσεων: Κατά την πρώτη, η διαχείριση των αποβλήτων βρίσκεται στο προσκήνιο, δηλαδή αποτελεί το κύριο αντικείμενο της μελέτης. Παραδείγματα είναι η διαχείριση των υγρών και στερεών αποβλήτων. Η προσέγγιση αυτού του είδους πηγάζει από το γεγονός ότι η διαχείριση αποβλήτων ως αυτοτελές σύστημα, απαιτεί την κατανάλωση πρώτων υλών και ενέργειας για την κατασκευή και λειτουργία του απαιτούμενου εξοπλισμού. Η εφαρμογή της AKZ

χρησιμοποιείται ως εργαλείο για τη λήψη αποφάσεων με τελικό σκοπό την εύρεση του βέλτιστου σχήματος επεξεργασίας όσον αφορά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Στη δεύτερη προσέγγιση, η διαχείριση των αποβλήτων αντιμετωπίζεται ως υποσύστημα κάποιου άλλου παραγωγικού συστήματος. Η ανακύκλωση ανοικτού βρόγχου (open loop recycling) και η κατανομή των περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων σε διεργασίες με πολλαπλές εισροές (multi-input allocation) αποτελούν τα κυριότερα μεθοδολογικά προβλήματα από την εφαρμογή της AKZ. Το πρόβλημα με την ανακύκλωση ανοικτού βρόγχου προκύπτει από το γεγονός ότι κάποιο από τα απόβλητα μιας διεργασίας αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι μιας δεύτερης διεργασίας. Από την άλλη, τα συστήματα διαχείρισης αποβλήτων αποτελούν εκ φύσεως διεργασίες με πολλαπλές εισόδους. Έτσι η εισροή πολλών ρευμάτων σε μια εγκατάσταση επεξεργασίας αποβλήτων δημιουργεί ζητήματα «δίκαιου» τρόπου κατανομής των περιβαλλοντικών επιπτώσεων σε κάθε ένα ξεχωριστά από τα πολλαπλά εισερχόμενα ρεύματα.

Τα μεγαλύτερα εμπόδια που δυσχεραίνουν την εφαρμογή της AKZ στη διαχείριση των αποβλήτων είναι ο μεγάλος όγκος των απαιτούμενων δεδομένων και ο επιτυχής καθορισμός των ορίων του συστήματος. Η απαίτηση αυτή προκύπτει από την ολιστική φύση της AKZ, η οποία πρέπει να καλύπτει τον κύκλο ζωής κάθε συστατικού. Επίσης, πρέπει να γίνονται οι κατάλληλες παραδοχές λόγω των διαφορών των δεδομένων των συστημάτων διαχείρισης αποβλήτων από τόπο σε τόπο.

Το δεύτερο πρόβλημα, το οποίο πρέπει να αντιμετωπιστεί, είναι η ανάλυση και πιστή αναπαράσταση σε όσο πιο μεγάλο βαθμό γίνεται των συστημάτων διαχείρισης αποβλήτων τα οποία εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τις τοπικές ή εθνικές συνθήκες (Αμπελιώτης κ.α., 2006).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΥΓΡΩΝ ΑΣΤΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

2.1 Ευρωπαϊκή Οδηγία 91/271/ΕΟΚ για τα αστικά λύματα

Η οδηγία, 91/271/ΕΟΚ σχετική με τη διαχείριση αστικών υγρών αποβλήτων, αποβλέπει στην προστασία του περιβάλλοντος από τις δυσμενείς επιπτώσεις της απόρριψης των αστικών υγρών αποβλήτων, καθώς και από τις απορρίψεις από συγκεκριμένους βιομηχανικούς τομείς. Επίσης σχετίζεται με τη συλλογή, διαχείριση και απόρριψη: α) οικιακών λυμάτων, β) μείγματος λυμάτων, γ) λυμάτων που προέρχονται από βιομηχανικούς τομείς.

Σύμφωνα με την Οδηγία η ρύπανση που οφείλεται σε ανεπαρκή επεξεργασία των λυμάτων σε ένα κράτος μέλος συχνά επηρεάζει τα ύδατα άλλων κρατών μελών. Έτσι απαιτείται δράση σε κοινοτικό επίπεδο, σύμφωνα με το άρθρο 130Π , για να αποφεύγονται οι αρνητικές επιδράσεις στο περιβάλλον από τη διάθεση ανεπαρκώς επεξεργασμένων αστικών λυμάτων, απαιτείται συνεπώς η δευτεροβάθμια επεξεργασία τους.

Επίσης στις ευαίσθητες ζώνες είναι ανάγκη να επιβάλλεται αυστηρότερη επεξεργασία και σε ορισμένες λιγότερο ευαίσθητες ζώνες ενδέχεται να επαρκεί η πρωτοβάθμια επεξεργασία. Η διοχέτευση βιομηχανικών αποβλήτων στα δίκτυα αποχέτευσης, καθώς και για την απόρριψη λυμάτων και λυματολάσπης από σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων, πρέπει να ρυθμίζεται από γενικές διατάξεις, κανόνες ή / και να απαιτείται ειδική έγκριση. Για την απόρριψη, από ορισμένους βιομηχανικούς κλάδους, βιοαποικοδομήσιμων βιομηχανικών λυμάτων, που δεν διοχετεύονται σε σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων, πριν από την απόρριψη στα ύδατα, πρέπει να ισχύουν κατάλληλες ρυθμίσεις.

Πρέπει να ενθαρρύνεται η ανακύκλωση της λυματολάσπης που προκύπτει από την επεξεργασία των λυμάτων και πρέπει να σταματήσει σταδιακά η απόρριψη λυματολάσπης στα επιφανειακά ύδατα.

Οι σταθμοί επεξεργασίας λυμάτων, τα ύδατα και η διάθεση της λυματολάσπης πρέπει να παρακολουθούνται, ώστε να διασφαλίζεται η προστασία του περιβάλλοντος από τις αρνητικές επιδράσεις της απόρριψης λυμάτων.

Παράλληλα πρέπει να εξασφαλισθεί η ενημέρωση του κοινού για τη διάθεση των λυμάτων και της λυματολάσπης, με τη μορφή περιοδικών εκθέσεων.

Τα κράτη μέλη πρέπει να εκπονούν και να υποβάλλουν στην Επιτροπή εθνικά προγράμματα για την εφαρμογή της παρούσας οδηγίας και θα πρέπει να συσταθεί επιτροπή, η οποία θα επικουρεί την Επιτροπή σε θέματα εφαρμογής της παρούσας οδηγίας και προσαρμογής της στην τεχνική πρόοδο.

Η οδηγία 91/271/ΕΟΚ απαρτίζεται από 20 άρθρα. Σύμφωνα με το άρθρο 2 επεξηγούνται κάποιοι ορισμοί που χρησιμοποιούνται στο πλαίσιο διαχείρισης αστικών λυμάτων.

Ορισμοί

1. "Αστικά λύματα": τα οικιακά λύματα ή το μείγμα οικιακών με βιομηχανικά λύματα ή / και όμβρια ύδατα.
2. "Οικιακά λύματα": τα λύματα από περιοχές κατοικίας και υπηρεσιών που προέρχονται κυρίως από τον ανθρώπινο μεταβολισμό και τις εμπορικές δραστηριότητες.
3. "Βιομηχανικά λύματα": οποιαδήποτε λύματα που απορρίπτονται από κτίρια και χώρους που χρησιμοποιούνται για οποιαδήποτε εμπορική ή βιομηχανική δραστηριότητα, και τα οποία δεν είναι οικιακά λύματα ή όμβρια ύδατα.
4. "Οικισμοί": οι περιοχές στις οποίες ο πληθυσμός ή / και οι οικονομικές δραστηριότητες είναι επαρκώς συγκεντρωμένα ώστε τα αστικά λύματα να μπορούν να συλλέγονται και να διοχετεύονται σε σταθμό επεξεργασίας αστικών λυμάτων ή σε τελικό σημείο απόρριψης.
5. "Δίκτυο αποχέτευσης": το σύστημα αγωγών που συλλέγει και διοχετεύει τα αστικά λύματα.
6. "1 ι.π. (μονάδα ισοδύναμου πληθυσμού)": το αποικοδομήσιμο οργανικό φορτίο που παρουσιάζει βιομηχανικές ανάγκες σε οξυγόνο πέντε ημερών (BOD 5) ίσες προς 60 γρ. / ημέρα.
7. "Πρωτοβάθμια επεξεργασία": η επεξεργασία των αστικών λυμάτων με φυσική ή / και χημική μέθοδο που περιλαμβάνει την καθίζηση των αιωρούμενων στερεών, ή με άλλες μεθόδους με τις οποίες το BOD₅ των εισερχομένων λυμάτων μειώνεται τουλάχιστον κατά 20 % πριν από την απόρριψη και το συνολικό φορτίο των αιωρούμενων στερεών στα εισερχόμενα λύματα μειώνεται κατά 50 % τουλάχιστον.
8. "Δευτεροβάθμια επεξεργασία": η επεξεργασία των αστικών λυμάτων με μέθοδο που, κατά κανόνα, περιλαμβάνει βιολογική επεξεργασία με δευτεροβάθμια καθίζηση, ή με άλλες μεθόδους, δια των οποίων τηρούνται οι απαιτήσεις που καθορίζονται στον πίνακα 1 του παραρτήματος Ι.

9. "Κατάλληλη επεξεργασία": η επεξεργασία των αστικών λυμάτων με μέθοδο ή / και σύστημα διάθεσης που επιτρέπει στα ύδατα υποδοχής να ανταποκρίνονται στους σχετικούς ποιοτικούς στόχους και στις συναφείς διατάξεις της παρούσας οδηγίας και άλλων κοινοτικών οδηγιών.

10. "Ιλύς": το κατάλοιπο ιλύος, επεξεργασμένο ή όχι, που προέρχεται από σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων.

11. "Ευτροφισμός": ο εμπλουτισμός των υδάτων με θρεπτικές ουσίες, ιδίως ενώσεις αζώτου ή / και φωσφόρου, που προκαλεί την ταχύτερη ανάπτυξη φυκιών και ανωτέρων μορφών φυτικής ζωής, με συνακόλουθη ανεπιθύμητη διαταραχή της ισορροπίας των οργανισμών που ζουν στα ύδατα και υποβάθμιση της ποιότητας των εν λόγω υδάτων.

12. "Εκβολές ποταμών": η μεταβατική ζώνη στο στόμιο ενός ποταμού, μεταξύ γλυκών και παράκτιων υδάτων. Τα κράτη μέλη ορίζουν τα εξωτερικά (προς τη θάλασσα) όρια των εκβολών για τους σκοπούς της παρούσας οδηγίας, στα πλαίσια του εκτελεστέου προγράμματος, σύμφωνα με το άρθρο 17 παράγραφοι 1 και 2.

13. "Παράκτια ύδατα": τα ύδατα πέραν της γραμμής της αμψιτιδας ή του εξωτερικού ορίου των εκβολών ενός ποταμού.

Στο παράρτημα Ι βρίσκονται και τα υπόλοιπα άρθρα (1, 3-20).

2.2 Οδηγία 91/271/ΕΟΚ και Εθνικό Πρόγραμμα Εφαρμογής στην Κύπρο

Στην Κύπρο το Υπουργείο Γεωργίας, Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος (ΥΓ ΦΠΠ) μαζί με το Τμήμα Αναπτύξεως Υδάτων (ΤΑΥ) και τα Συμβούλια Αποχετεύσεων (Υπουργείο Εσωτερικών) έχουν την ευθύνη για την εφαρμογή Κοινοτικής Οδηγίας 91/271/ΕΟΚ για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων, η οποία ως γνωστό συνιστά ένα από τους ακρογωνιαίους λίθους της κοινοτικής πολιτικής για τα νερά.

Το νομικό πλαίσιο γύρω από την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ στην Κύπρο συνδέεται με τους Νόμους 2002-2008 περί ελέγχου της Ρύπανσης των Νερών, Περί Ελέγχου της Ρύπανσης των νερών (Απόρριψη Αστικών Λυμάτων) Κανονισμοί (Κ.Δ.Π 772/2003), το Περί Ελέγχου της Ρύπανσης των Νερών (Ευαίσθητες Περιοχές σε Απορρίψεις Αστικών Λυμάτων) Διάταγμα (Κ.Δ.Π. 111/2004), οι περί Αποχετεύσεως Συστημάτων Νόμοι 1971-2007 (Τροποποιημένος Νόμος Αρ. 108 (Ι)/ 2004), Κώδικας ορθής γεωργικής πρακτικής (Κ.Δ.Π. 263/2007), γενικοί όροι απόρριψης αποβλήτων (Κ.Δ.Π 269/2005). (Υπουργείο Γεωργίας, Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος)

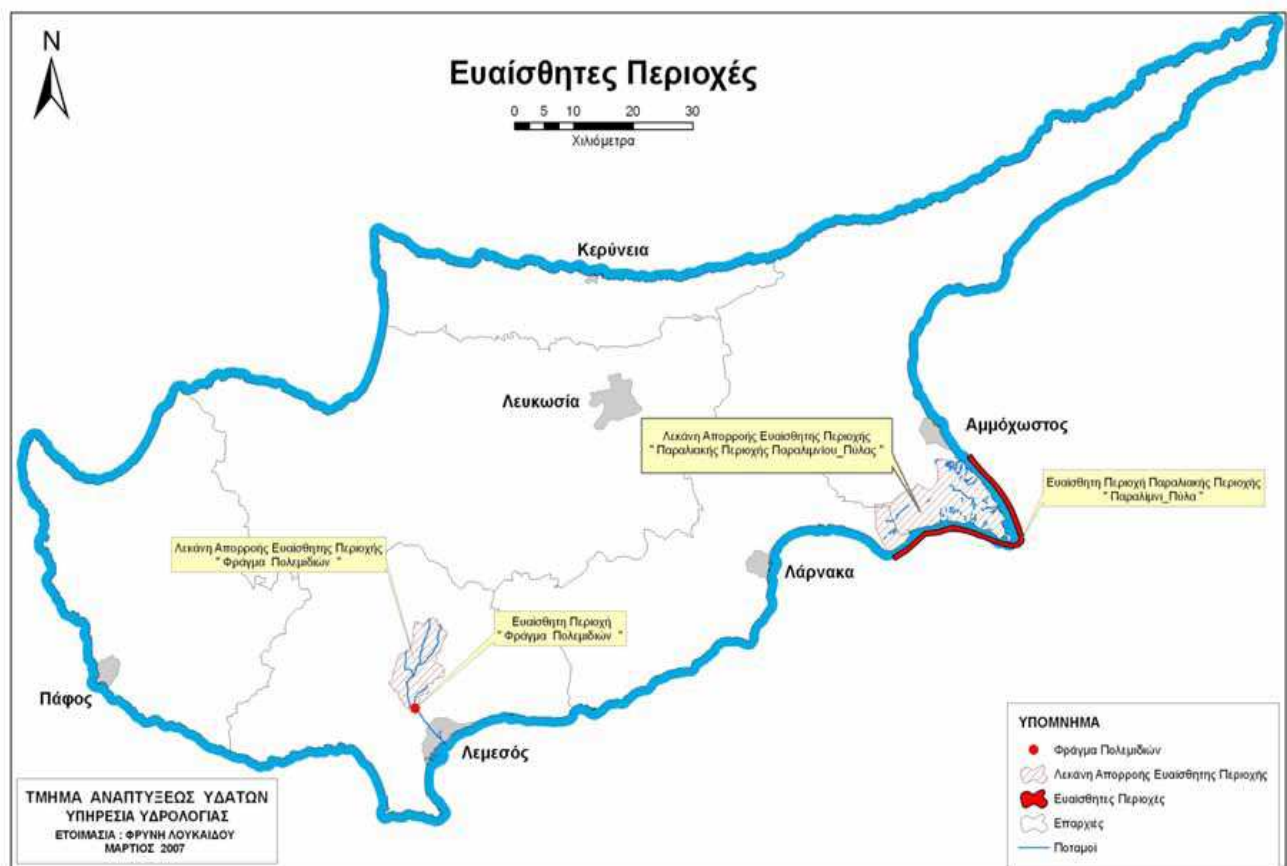
Η κύρια υποχρέωση που έχουν τα κράτη μέλη αφορά την εγκατάσταση κεντρικών αποχετευτικών δικτύων και σταθμών επεξεργασίας λυμάτων σε κοινότητες και δήμους (οικισμούς) με ισοδύναμο πληθυσμό (ι.π) (μόνιμο, εποχιακό πληθυσμό και τουρισμό) μεγαλύτερο από 2.000 άτομα. (Σχήμα 2.1)



Σχήμα 2.1: Βασική υποχρέωση για υποδομή κεντρικών αποχετευτικών δικτύων σύμφωνα με την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ.

Δευτερεύουσες υποχρεώσεις περιλαμβάνουν την παρακολούθηση της ποιότητας του επεξεργασμένου νερού, την έκδοση αδειών και κανονισμών για την απόρριψη του επεξεργασμένου νερού και λάσπης, τον καθορισμό ευαίσθητων περιοχών (Σχήμα 2.2) και την επαναξιολόγηση τους κάθε 4 χρόνια, διασφάλιση της ορθής κατασκευής και λειτουργίας των αποχετευτικών δικτύων και σταθμών επεξεργασίας, θέσπιση ποιοτικών ορίων στις απορρίψεις από σταθμούς επεξεργασίας ανάλογα με τον ι.π. των οικισμό και τον υδάτινο αποδέκτη (ευαίσθητες ή όχι), την υποβολή τριών (3) εκθέσεων προς την Ευρωπαϊκή Επιτροπή (ΕΕ): α) το Πρόγραμμα Εφαρμογής (ΠΕ) της Οδηγίας (Άρθρο 17), β) η Έκθεση κατάστασης κάθε δύο (2) χρόνια (Άρθρο 15) και γ) η Έκθεση για την πληροφόρηση του κοινού (Άρθρο 16).

Η τελική προθεσμία για την εφαρμογή της Οδηγίας για τα πρώτα 15 κράτη-μέλη, όσον αφορά την εγκατάσταση υποδομής αποχετευτικών συστημάτων, έχει ήδη λήξει το 2005. Τα νέα κράτη-μέλη έχουν μεταβατικές προθεσμίες που καθορίζονται ξεχωριστά στις συνθήκες προσχώρησής τους. Η μεταβατική περίοδος της Κύπρου για τις κοινότητες και δήμους της υπαίθρου είναι η 31η Δεκεμβρίου του 2012. Υπάρχουν όμως και ενδιάμεσες ημερομηνίες συμμόρφωσης για τις πόλεις : το 2008 για τη Λεμεσό, το 2009 για τη Λευκωσία, το 2011 για την Πάφο και το **2012 για τη Λάρνακα**.



Σχήμα 2.2: Καθορισμός ευαίσθητων περιοχών στην Κύπρο με βάση την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ.

Έχουν καθοριστεί δυο ευαίσθητες περιοχές με βάση το σχετικό διάταγμα του 2004. Ο υδατοφράκτης Πολεμιδιών και τα παράκτια νερά Κοκκινοχωριών.

2.3 Εθνικό πρόγραμμα Εφαρμογής της Κύπρου του 2005 (ΠΕ-2005)

Το Εθνικό Πρόγραμμα Εφαρμογής (ΠΕ-2005) της Κύπρου είναι η πρώτη έκθεση σχετική με την Οδηγία που υποβλήθηκε στις αρχές του 2005 στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή και σκοπό έχει να καθορίσει τον κατάλογο των οικισμών που εμπίπτουν στις πρόνοιες της Οδηγίας.

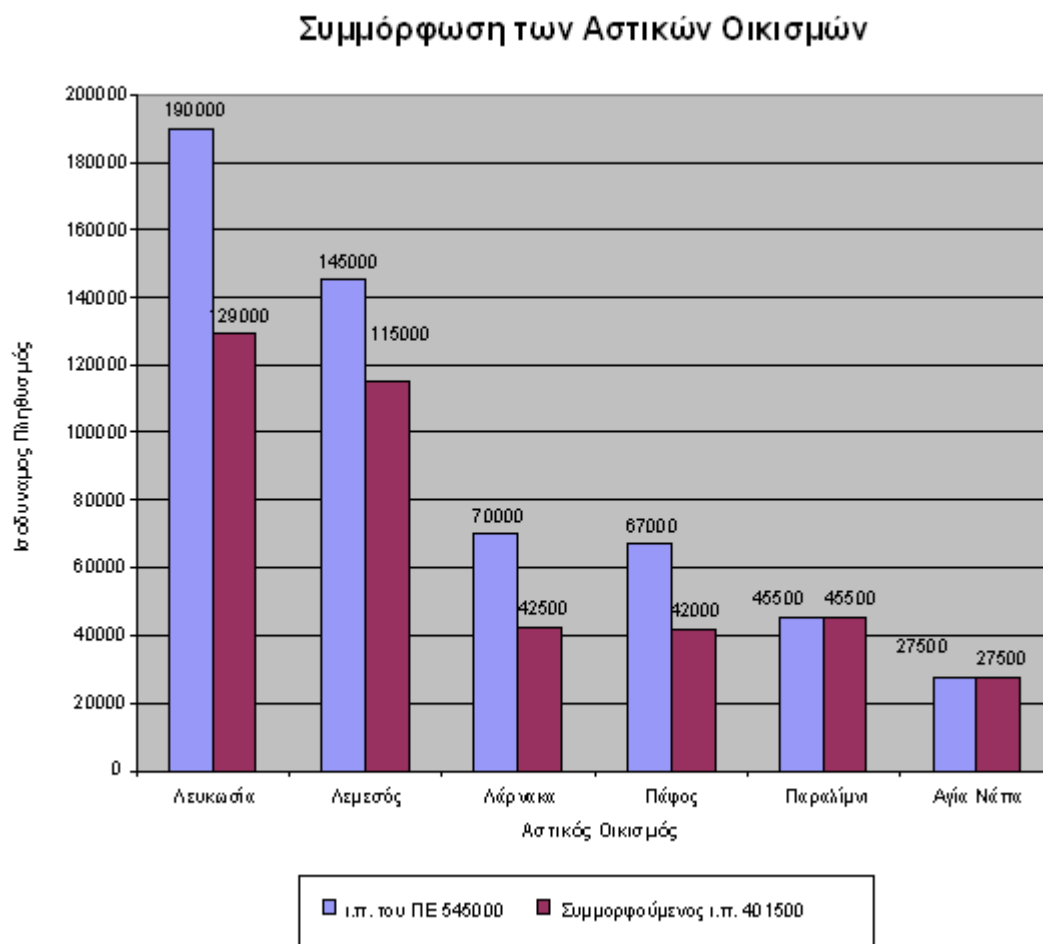
Στο ΠΕ-2005 συμπεριλαμβάνονταν συνολικά 42 οικισμοί με συνολικό ισοδύναμο πληθυσμό (ι.π.) 675.000. Αυτοί ήταν οι 6 Αστικοί Οικισμοί (4 Πόλεις (Λευκωσία, Λεμεσός, **Λάρνακα** και Πάφος) και οι 2 Τουριστικοί Δήμοι Παραλιμνίου και Αγίας Νάπας) και 36 Αγροτικοί Οικισμοί (30 αγροτικές κοινότητες και 6 δήμοι), που σύμφωνα με την καταγραφή πληθυσμού το 2001, ο ισοδύναμος πληθυσμός (ι.π.) τους ήταν μεγαλύτερος των 2.000. (Σχήμα 2.3)



Σχήμα 2.3: Οδηγία Διαχείρισης Αστικών Αποβλήτων στην Κύπρο Πρόγραμμα Εναρμόνισης.

Μέχρι το 2005 είχε επιτευχθεί μεγάλη πρόοδος όσον αφορά την κατασκευή των αποχετευτικών συστημάτων στις 4 πόλεις και τα 2 τουριστικά κέντρα

Παραλιμνίου και Αγίας Νάπας. Οι Δήμοι Παραλιμνίου και Αγίας Νάπας είχαν ήδη συμμορφωθεί 100%. Οι 4 πόλεις, βρίσκονταν στο στάδιο σχεδιασμού και κατασκευής των επεκτάσεων των υφιστάμενων σταθμών τους. Το ποσοστό συμμόρφωσης για τους αστικούς οικισμούς όσον αφορά ι.π. ήταν το 2005 στο 74%. (Σχήμα 2.4)



Σχήμα 2.4: Ποσοστό συμμόρφωσης αστικών οικισμών μέχρι το 2005.

Το 2005, από τους 36 αγροτικούς οικισμούς του Εθνικού Προγράμματος Εφαρμογής του 2005, μόνο οι έξι (6) (Αγρός, Κυπερούντα, Πλάτρες, Πελέντρι, Δάλι και Πέρα Χωρίο Νήσου) διέθεταν αποχετευτικά δίκτυα και εξυπηρετούνταν από σταθμό επεξεργασίας λυμάτων. Το ποσοστό συμμόρφωσης για τους οικισμούς της υπαίθρου σε ι.π. ήταν 11% μόνο. Για τους υπόλοιπους 30 αγροτικούς οικισμούς είχαν ολοκληρωθεί από το Τμήμα Αναπτύξεως Υδάτων όλες οι απαραίτητες μελέτες π.χ. σχεδιασμός, μελέτες εκτίμησης επιπτώσεων στο περιβάλλον, οικονομικές μελέτες και υπολογισμός των αποχετευτικών τελών που θα πληρώνουν οι ωφελούμενοι. Για τα έργα των 30 κοινοτήτων / δήμων το Τμήμα Αναπτύξεως Υδάτων (ΤΑΥ) έχει

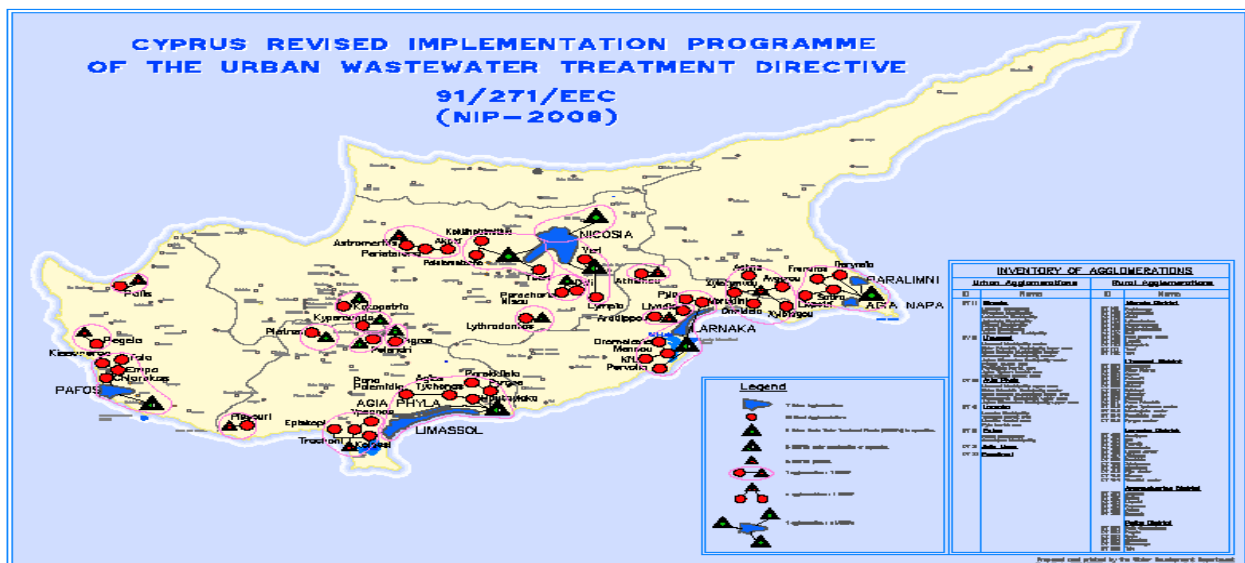
προγραμματίσει τη σταδιακή κατασκευή των αποχετευτικών συστημάτων γύρω στα μέσα του 2009, με την ακόλουθη ιεράρχηση - του Συμπλέγματος Αстроμερίτη - Περιστερώνας - Ακακίου, Δήμου Αθένου, του **Συμπλέγματος 10 Κοινοτήτων Επαρχίας Λάρνακας** και Αμμοχώστου κ.ο.κ. (Τμήμα Αναπτύξεως Υδάτων).

2.4 Αναθεωρημένο Εθνικό Πρόγραμμα Εφαρμογής του 2008 (ΠΕ-2008)

Στις αρχές του 2009 η Κύπρος υπέβαλε προς την Ευρωπαϊκή Επιτροπή το Αναθεωρημένο Εθνικό Πρόγραμμα Εφαρμογής του 2008 (ΠΕ-2008), το οποίο αντανακλά τον αναθεωρημένο κατάλογο οικισμών με ισοδύναμο πληθυσμό μεγαλύτερο των 2.000 ατόμων. Στο ΠΕ-2008 συμπεριλαμβάνονταν συνολικά 57 οικισμοί, 7 Αστικοί οικισμοί (630.000 ι.π.) και 50 Αγροτικοί οικισμοί (230.000 ι.π.) (Πίνακας 2.1, Σχήμα 2.5), με σύνολο ισοδύναμου πληθυσμού 860.000. Το ΠΕ-2008 παρουσιάζει αύξηση σε ισοδύναμο πληθυσμό 21,5%.

Το έργο τούτο κρίνεται μεγαλεπήβολο λόγω του ότι είναι ένα έργο βασικής υποδομής για την ύπαιθρο που θα πρέπει να ολοκληρωθεί μέσα σε στενά χρονικά περιθώρια.

Λόγω του ότι οι μικροί και μεσαίου μεγέθους οικισμοί της υπαίθρου δεν έχουν τις ίδιες δυνατότητες όπως οι αστικές περιοχές, είναι αντιληπτών ότι αντιμετωπίζονται διάφορα προβλήματα, όπως νομοθετικά, οικονομικά, οργανωτικά και θέματα κοινωνικής αποδοχής των επηρεαζόμενων κοινοτήτων για την χωροθέτηση των σταθμών. Το ΥΓ ΦΠΠ καταβάλλει κάθε δυνατή προσπάθεια για τη σύντομη επίλυση τους, έτσι ώστε η συμμόρφωση της Κύπρου με την Οδηγία να είναι εμπρόθεσμη.



Σχήμα 2.5: Οδηγία Διαχείρισης Αστικών Αποβλήτων στην Κύπρο Αναθεωρημένο Πρόγραμμα Εφαρμογής του 2008.

Πίνακας 2.1: Οι 50 Αγροτικοί Οικισμοί που συμπεριλαμβάνονται στο Αναθεωρημένο Εθνικό Πρόγραμμα Εφαρμογής του 2008 (ΠΕ -2008).

**Οι 50 Αγροτικές Κοινότητες / Δήμοι που συμπεριλαμβάνονται στο
Αναθεωρημένο Εθνικό Πρόγραμμα Εφαρμογής του 2008 (ΠΕ – 2008)**

A/A	Κοινότητες / Δήμοι	A/A	Κοινότητες / Δήμοι	A/A	Κοινότητες / Δήμοι
1	Κοκκινотριμιθιά	18	Λειβάδια κέντρο	34	Κολόσσι
2	Παλιομέτοχο	19	Αθηνένου	35	Πελένδρι
3	Αστρομερίτης	-	Λεύκαρα	36	Πλάτρες
4	Περιστερώνα	20	Ξυλοτύμπου	37	Κυπεραούντα
5	Ακάκι	21	Ορμήδεια	38	Αγρός
6	Λύμπια	22	Δερύνειας	39	Πισσούρι
7	Κακοπετριά	23	Σωτήρα	40	Πάνω Πολεμίδα
8	Λυθροδόνας	24	Φρέναρος	41	Άγιος Τύχμνας κέντρο
9	Δάλι	25	Λιοπέτρι	42	Μουτταγιάκα κέντρο
10	Πέρα Χωριό Νήσου	26	Αυγόρου	43	Παρεκκλησιά κέντρο
11	Ταέρι	27	Αχνα	44	Πύργας κέντρο
12	Γέρι	28	Ξυλοφάγου	45	Πέγεια
13	Κίτι	29	Πύλα κέντρο	46	Πόλης Χρυσοχούς
14	Περβόλια	30	Ορόκλινη κέντρο	47	Χλώρακας
15	Μενεού	31	Επισκοπή	48	Κισσόνεργα
16	Δρομολαξιά	32	Τραχώνι	49	Έρπα
17	Αραδίππου	33	Υψωνας	50	Τάλα

2.5 Τα επακόλουθα μη συμμόρφωσης με την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ

Η Ε.Ε παρακολουθεί στενά την πορεία της εφαρμογής της Οδηγίας σε όλα τα κράτη μέλη και εκδίδει συχνά εκθέσεις με λεπτομερές πληροφορίες για την κατάσταση των υποδομών επεξεργασίας λυμάτων, την πρόοδο και τις βελτιώσεις της εφαρμογής της Οδηγίας και την ολοκλήρωση των υποχρεώσεων τους μέχρι τη λήξη της προθεσμίας. Σε περίπτωση αδυναμίας συμμόρφωσης ενός κράτους μέλους με τις διατάξεις της Οδηγίας μέχρι τη λήξη της προθεσμίας του, η Ε.Ε δίνει προειδοποίηση και μία περίοδος χάριτος για συμμόρφωση. Εάν το κράτος μέλος

αδυνατεί να συμμορφωθεί τότε η Ε.Ε κινεί διαδικασίες επί παραβάσει, οι οποίες μπορεί μετά από αιτιολογημένες γνώμες του Ευρωπαϊκού δικαστηρίου να επιβάλουν πρόστιμα. Τα πρόστιμα αυτά μπορεί να είναι είτε σαν ολικό ποσό, είτε σαν ημερήσιο πρόστιμο μέχρι της ημέρα τελικής συμμόρφωσης του κράτους μέλους. Υπήρξε περίπτωση όπου σε ένα κράτος μέλος επιβλήθηκε πρόστιμο μόνο για μία κοινότητα που δεν είχε κατασκευάσει την υποδομή της μέχρι την συγκεκριμένη ημερομηνία της τάξεως του 0,5εκ. Ευρώ σαν ολικό ποσό καθώς επίσης και 20.000 Ευρώ την ημέρα μέχρι την ημερομηνία που συμμορφώθηκε.

2.6 Η σημασία της Κοινοτικής Οδηγίας 91/271/ΕΟΚ για την Κύπρο

Η Οδηγία αποτελεί ιδιαίτερη πρόκληση για την Κύπρο και η σημασία της είναι αναμφίβολα μεγάλη. Τα οφέλη από την εφαρμογή της είναι τα εξής:

- α) Η συλλογή και επεξεργασία λυμάτων, θα διασφαλίσουν την προστασία των υδάτινων πόρων, αφού ως γνωστόν η Κύπρος αντιμετωπίζει πρόβλημα λειψυδρίας και οι υδάτινοι πόροι μειώνονται συνεχώς.
- β) Διασφαλίζεται η προστασία της ανθρώπινης υγείας καθώς και η βελτίωση του βιοτικού επιπέδου στην ύπαιθρο (αποφυγή οχληρίας από βυτιοφόρα, κ.α).
- γ) Επιπρόσθετα, η Οδηγία προωθεί την επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων και λυματολάσπης. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για την Κύπρο, λόγω του ότι αυξάνονται οι υδάτινοι πόροι και η δυνατότητα ανάπτυξης αρδευόμενης γεωργίας. Επίσης η λάσπη χρησιμοποιείται σαν εδαφοβελτιωτικό (λίπασμα). Ενδεικτικά, οι ποσότητες επεξεργασμένου νερού που θα παράγονται από σταθμούς επεξεργασίας λυμάτων το έτος 2012 υπολογίζονται στους 125,000 τόνους/ημερησίως για τους αστικούς οικισμούς και 35,000 τόνους/ημερησίως για τους αγροτικούς οικισμούς. Αναμφίβολα αυτές οι ποσότητες είναι σημαντικές για το υδατικό ισοζύγιο της Κύπρου, όσον επίσης και τα άλλα οφέλη που προσφέρονται με την εφαρμογή της Οδηγίας. (Τμήμα Αναπτύξεως Υδάτων Κύπρου)

2.7 Νομοθεσία για τη διάθεση Ιλύος - Οδηγία 86/278/Ε.Κ για τη λυματολάσπη

Η λυματολάσπη ορίζεται στο Άρθρο 2(α) της Οδηγίας 86/278/Ε.Κ για τη λυματολάσπη ως α) κατάλοιπο λάσπης από εγκαταστάσεις λυμάτων που επεξεργάζονται οικιακά ή αστικά λύματα και από άλλους σταθμούς λυμάτων επεξεργάζονται λύματα με παρόμοια σύνθεση με τα οικιακά και αστικά λύματα, 2) υπόλειμμα λάσπης από σιπτικές δεξαμενές και άλλες παρόμοιες εγκαταστάσεις για

την επεξεργασία λυμάτων , 3) υπόλειμμα λάσπης από σταθμούς λυμάτων άλλων από αυτών που αναφέρθηκαν στο (1) και (2). Σύμφωνα με την έκθεση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής στην εφαρμογή της νομοθεσίας για τα απόβλητα, το 2005 η Ε.Ε παρήγαγε περίπου 8,33 εκατομμύρια τόνους λυματολάσπης (ξηρή ιλύς) από αστικά λύματα. Τελευταίες πληροφορίες για τη διάθεση και ανάκτηση της λάσπης δείχνουν ότι το 55% ανακυκλώνεται στο έδαφος (σε μεγάλο βαθμό στη γεωργία), 19% στην υγειονομική ταφή , 23% αποτεφρώνεται και 3% αποτίθεται στην επιφάνεια του νερού (παρόλο που η μέθοδος αυτή έχει απαγορευθεί από την 1^η Ιανουαρίου του 1999).

Παραδοσιακά, η λάσπη και τα βιολογικά απόβλητα διατίθενται για υγειονομική ταφή, αποτεφρώνονται ή εφαρμόζονται στο έδαφος. Κάθε επιλογή διέπεται από αρκετές Οδηγίες. Η ανασκόπηση σχετικών οδηγιών άλλων Ευρωπαϊκών κρατών και πρακτικών αποκαλύπτει ότι πολύ λίγα στοιχεία στις οδηγίες συγκεκριμένα απευθύνονται σε πρακτικές χρήσης της λάσπης άλλες από την ανακύκλωση στην γεωργία (χρήση στη δασοκομία, σε φυσικά δάση, πράσινες εκτάσεις και απόδοση σε καλλιέργεια). Ωστόσο, η χρήση της λάσπης σε δασικά εδάφη αναφέρεται από τον κανονισμό στη χρήση της λάσπης στο Βέλγιο- Φλάνδρα, Δανία, Γαλλία και Λουξεμβούργο. Επιπλέον, κάποιοι εθνικοί κανονισμοί έχουν απαγορεύσει τη χρήση της λάσπης στη δασοκομία (Γερμανία, Κάτω Χώρες) στα φυσικά δάση (περιοχή της Βαλονίας, Γερμανία) και σε πράσινες εκτάσεις (Γερμανία, Κάτω Χώρες). Συγκεκριμένα, ο κανονισμός στην Πολωνία περιλαμβάνει οριοθετημένες τιμές για τις συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων στη λάσπη που προορίζεται για απόδοση σε καλλιέργειες και σε «μη γεωργικά εδάφη».

Παρομοίως, η αποτέφρωση και η απόδοση της λάσπης στο έδαφος συνήθως καλύπτονται από γενικούς κανόνες που αφορούν την αποτέφρωση ή την υγειονομική ταφή αποβλήτων και όχι από συγκεκριμένες διατάξεις προερχόμενες από εθνικούς κανονισμούς για τη «λάσπη».

2.7.1 Ρυθμιστικό Πλαίσιο στην Κυπριακή Δημοκρατία

Το σχετικό νομικό πλαίσιο στην Κυπριακή Δημοκρατία περιλαμβάνει τα εξής:

- Το Διάταγμα 517/2002 σύμφωνα με το νόμο για τον έλεγχο μόλυνσης των υδάτων, αντιμετωπίζοντας την οδηγία του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου 86/278/ΕΟΚ.

- Το Διάταγμα 157/2003 σύμφωνα με το Νόμο 215 του 2002 που αφορά στερεά και επικίνδυνα απόβλητα. Το παράρτημα με το κατάλογο διαφόρων τύπων αποβλήτων, περιλαμβάνει τη λάσπη από οικιακά επεξεργασμένα λύματα στα μη επικίνδυνα απόβλητα.
- Το διάταγμα 263/2007 σύμφωνα με το Νόμο ελέγχου της μόλυνσης των υδάτων, μεταφέροντας της Ευρωπαϊκή Οδηγία της 21^{ης} Μαΐου 1991 σχετικά με την επεξεργασία λυμάτων (91/271/ΕΟΚ). Το άρθρο 16 αναφέρεται στην απόθεση λάσπης προερχόμενη από αστικά λύματα.
- Το διάταγμα 263/2007 σύμφωνα με το Νόμο ελέγχου μόλυνσης των υδάτων, μεταφέροντας την Οδηγία 91/676/ΕΟΚ του Συμβουλίου στις 12 Δεκεμβρίου 1991 όσον αφορά την προστασία των υδάτων από τη μόλυνση που προκαλείται από νιτρικά από γεωργικές πηγές, γνωστά ως Οδηγία για Νιτρικά. Το 5^ο μέρος του επισυναπτόμενου κώδικα της πρακτικής για γεωργικές δραστηριότητες για μείωση της μόλυνσης, αναφέρεται στη χρήση της λυματολάσπης από οικιακά λύματα στη γεωργία.
- Υπουργείο Γεωργίας, Φυσικοί Πόροι και Περιβάλλον, Κώδικας Καλής Γεωργικής Πρακτικής, 5^ο Μέρος: Κώδικας Πρακτικής για γεωργική χρησιμοποίηση της λυματολάσπης από οικιακά λύματα, περιγράφοντας τους γενικούς όρους για διασπορά της λάσπης, οι περιορισμοί έλεγχοι που έχουν ασκηθεί όταν εφαρμόζεται (applying) σε γεωργικά εδάφη.

Στις 8 Δεκεμβρίου του 2006, το Περιβαλλοντικό Τμήμα (Υπουργείο Γεωργίας, Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος) έθεσε τις προϋποθέσεις. Αυτές περιλαμβάνουν:

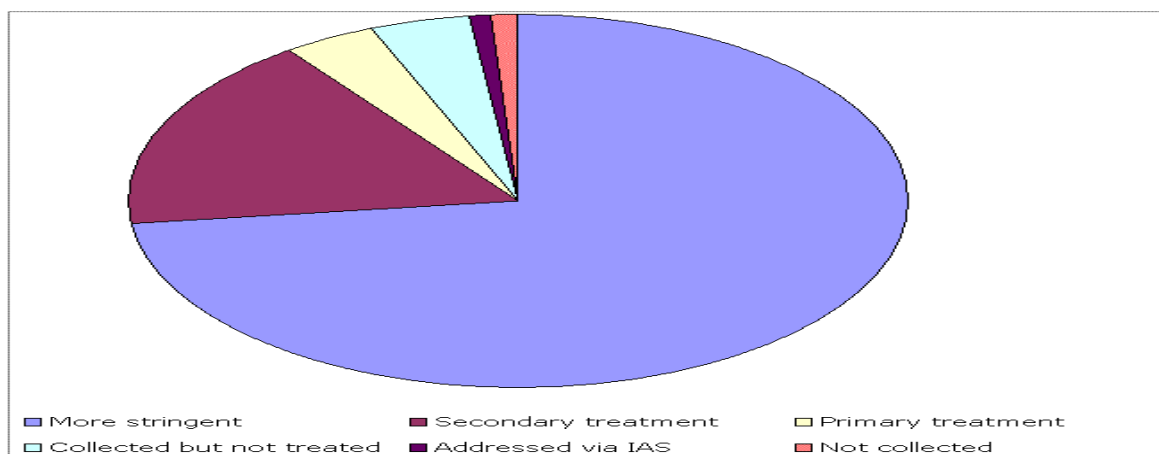
- Η χρήση επεξεργασμένης λυματολάσπης για γεωργικούς σκοπούς πρέπει να ακολουθεί το Κώδικα Καλής Γεωργικής Πρακτικής στο Διάταγμα 407/2002, (το οποίο αντικαταστάθηκε από το Διάταγμα 263/2007 μετά από την έκδοση των όρων για περιβαλλοντική προστασία).
- Περιβαλλοντική αξιολόγηση επιπτώσεων πρέπει να διεκπεραιωθεί για τη διαχείριση της επεξεργασμένης λάσπης.
- Το ΣΑΛ πρέπει να διασφαλίσει άδεια απόρριψης για την παραγόμενη λάσπη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΓΡΩΝ ΑΣΤΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ

3.1 Εισαγωγή

Περίπου 80% του πληθυσμού είναι συνδεδεμένο με μονάδες επεξεργασίας λυμάτων στη Βόρεια και Νότια Ευρώπη. Ο βαθμός σύνδεσης χωρών στην Κεντρική Ευρώπη είναι ακόμη πιο υψηλός, στο 90%. Με βάση τα δεδομένα που καταγράφηκαν το 2006-2007, περίπου 65% του συνολικού πληθυσμού των Ανατολικών Ευρωπαϊκών χωρών είναι συνδεδεμένο με τους σταθμούς επεξεργασίας λυμάτων. Ο μέσος βαθμός σύνδεσης στις Βορειοανατολικές Ευρωπαϊκές χώρες (Τουρκία, Βουλγαρία και Ρουμανία) είναι περίπου 40%.

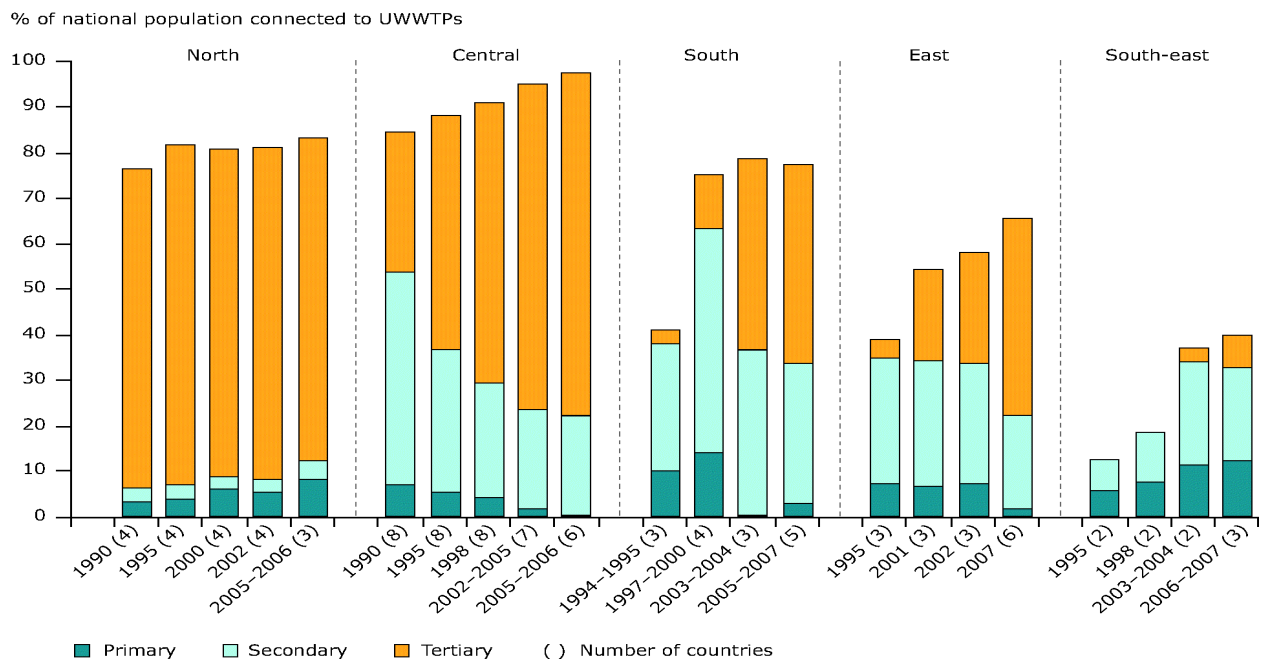
Περισσότερο από το 70% του πληθυσμού στη Βόρεια και Κεντρική Ευρώπη είναι συνδεδεμένο με μια μονάδα επεξεργασίας λυμάτων που εμπερικλείει το στάδιο της τριτοβάθμιας επεξεργασίας και ουσιαστικά γίνεται αφαίρεση θρεπτικών και οργανικών ουσιών. Περισσότερο από 40% των παραγόμενων λυμάτων στη Βόρεια και Κεντρική Ευρώπη περνούν από τριτοβάθμια επεξεργασία. Τα τελευταία πέντε χρόνια υπήρξε αύξηση της τάξεως του 20%. Στη Βορειοανατολική Ευρώπη το ποσοστό των κατοίκων που είναι συνδεδεμένοι με τριτοβάθμια επεξεργασία είναι χαμηλό της τάξεως του 8,5%, με ποσοστό 21% του πληθυσμού να είναι συνδεδεμένο με δευτεροβάθμια επεξεργασία (Σχήμα 3.1) (Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος).



Σχήμα 3.1: Αριθμός Ευρωπαϊκών Οικισμών με αριθμό μεγαλύτερο από 150 000 ισοδύναμο πληθυσμό, ανά βαθμό επεξεργασίας (31 Δεκεμβρίου 2005/2006).

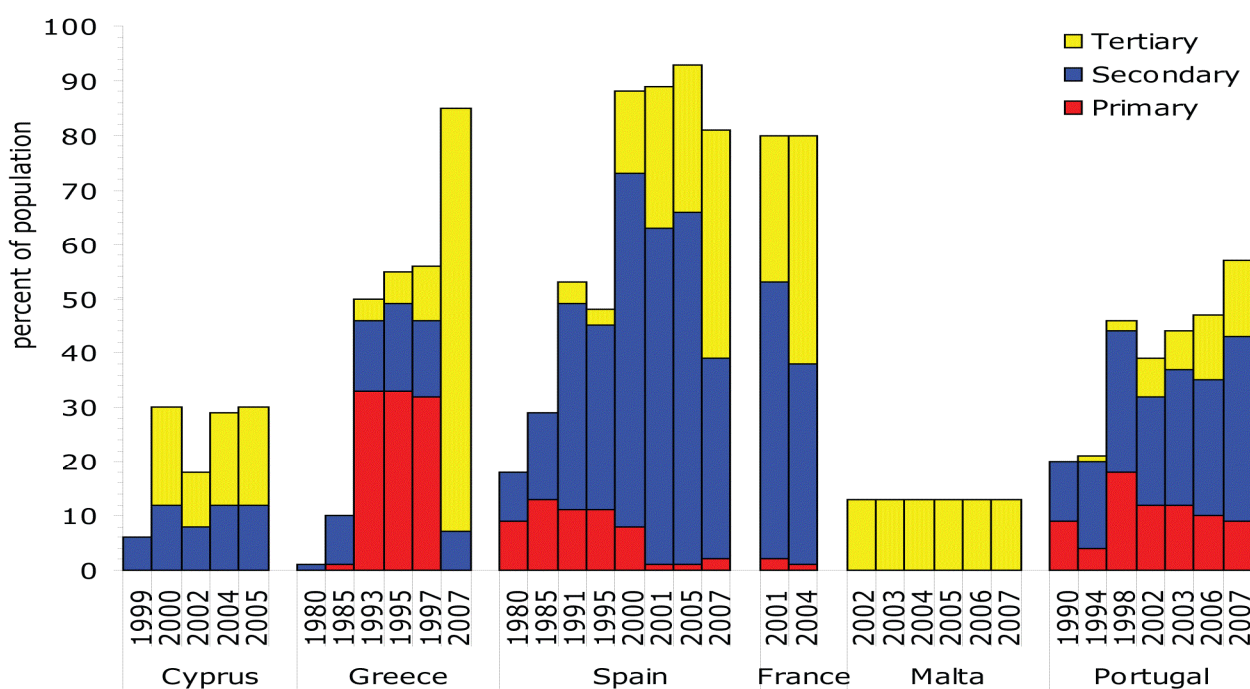
3.2 Στατιστικά Στοιχεία για τη Διαχείριση Υγρών Αστικών Αποβλήτων στην Ευρώπη

Η επεξεργασία λυμάτων σε όλα τα μέρη της Ευρώπης έχει βελτιωθεί κατά τη διάρκεια των τελευταίων 15-20 χρόνων. Το ποσοστό του συνδεδεμένου πληθυσμού στα νότια, νοτιοανατολικά και δυτικά της Ευρώπης έχει αυξηθεί τα τελευταία δέκα χρόνια, αλλά ακόμη είναι μικρότερο το ποσοστό σε σχέση με την κεντρική και βόρεια Ευρώπη. Στο παρακάτω διάγραμμα βλέπουμε το ποσοστό του συνδεδεμένου πληθυσμού στην Ευρώπη με Αστικές Μονάδες επεξεργασίας λυμάτων από το 1990 – 2007. Επίσης απεικονίζεται η σύνδεση με πρωτοβάθμια, δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια επεξεργασία. Η πρωτοβάθμια απεικονίζεται με το πράσινο σκούρο, η δευτεροβάθμια με το πράσινο ανοικτό και η τριτοβάθμια με το πορτοκαλί χρώμα. Στην Κεντρική και Νότια Ευρώπη το συνδεδεμένο ποσοστό με την τριτοβάθμια επεξεργασία είναι πάρα πολύ μεγάλο. Στη Νότια Ευρώπη το ποσοστό αυξήθηκε μετά το 2003, όπως επίσης και στο Ανατολικό κομμάτι. Στο Νοτιοανατολικό κομμάτι της Ευρώπης οι ρυθμοί είναι πιο αργοί και η δευτεροβάθμια επεξεργασία υπερισχύει της τριτοβάθμιας (Σχήμα 3.2) (Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος).



Σχήμα 3.2: Αλλαγές στο συνδεδεμένο ποσοστό πληθυσμού στις μονάδες επεξεργασίας λυμάτων (τρία στάδια επεξεργασίας) σε περιοχές της Ευρώπης από το 1990-2007.

Στο παρακάτω σχήμα 3.3 περιλαμβάνονται η Κύπρος, η Ελλάδα, η Ισπανία, η Γαλλία, η Μάλτα και η Πορτογαλία. Η Κύπρος, σύμφωνα με το σχήμα, είχε τις πρώτες αλλαγές στο ποσοστό του συνδεδεμένου πληθυσμού με τους σταθμούς επεξεργασίας λυμάτων το 1999 και συγκεκριμένα στη δευτεροβάθμια επεξεργασία που απεικονίζεται με το μπλε χρώμα. Στη συνέχεια υπήρξαν αλλαγές τα έτη 2000, 2002, 2004 και 2005 στο ποσοστό του πληθυσμού που συνδέθηκαν στη δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια επεξεργασία αντίστοιχα.



Σχήμα 3.3: Αλλαγές στις μονάδες επεξεργασίας λυμάτων στις Νότιες Ευρωπαϊκές χώρες ανάμεσα στο 1980 και 2007.

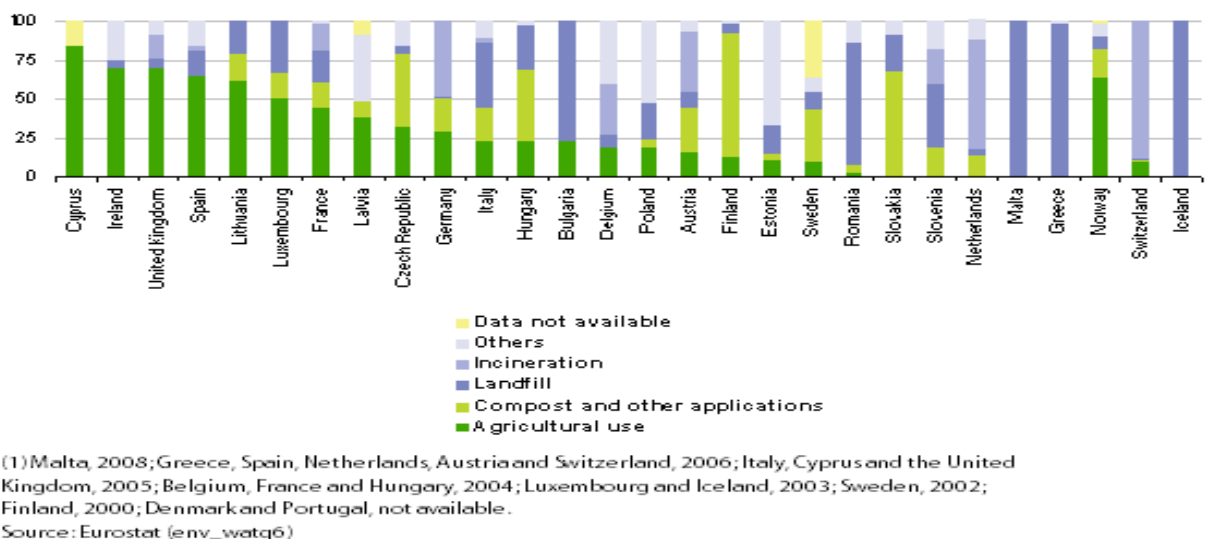
Σημείωση: Ποσοστό του πληθυσμού συνδεδεμένο σε διαφορετικούς τύπους επεξεργασίας λυμάτων.

3.2.1 Ειδική εκτίμηση για τη Νότια Περιφέρεια της Ευρώπης

Σε μια ειδική εκτίμηση για τη Νότια Περιφέρεια της Ευρώπης το συνολικό ποσοστό του πληθυσμού που είναι συνδεδεμένο με μονάδες επεξεργασίας λυμάτων κυμαίνεται από 13% με 85%. Το μεγαλύτερο ποσοστό κατέχει η Ελλάδα με 85% και η Ισπανία με 81% και το χαμηλότερο η Μάλτα με 13%. Η τριτοβάθμια επεξεργασία χρησιμοποιείται στις μονάδες σε μεγαλύτερο βαθμό στην Ελλάδα και Ισπανία με

ποσοστά 78% και 42% αντίστοιχα. Σε άλλες χώρες του Ευρωπαϊκού Νότου το ποσοστό του πληθυσμού συνδεδεμένο με τρίτοβάθμια επεξεργασία είναι λιγότερο από 20%.

Το κατάλοιπο από την επεξεργασία λυμάτων είναι η λυματολάσπη. Ενώ το κατά κεφαλήν ποσοστό παραγόμενης λάσπης εξαρτάται από πολλούς παράγοντες και ως εκ τούτου διαφοροποιείται στις διάφορες χώρες, η φύση της λάσπης (πλούσια σε θρεπτικά) συχνά περιέχει μεγάλες ποσότητες ρύπων, όπως βαρέα μέταλλα. Αυτό οδήγησε τα κράτη στην αναζήτηση διαφορετικών οδών απόρριψης της, όπως αποτυπώνεται στο σχήμα 3.4. Τυπικά, τέσσερις διαφορετικοί τρόποι διάθεσης συνθέτουν ένα σημαντικό μέρος του συνολικού όγκου της επεξεργασμένης λάσπης. Περισσότερα από τα δυο τρίτα του συνόλου χρησιμοποιήθηκαν ως εδαφοβελτιωτικό για τη γεωργία στην **Κύπρο**, Ιρλανδία και Ηνωμένο Βασίλειο, ενώ άλλα πέντε κράτη μέλη (Ισπανία, Λιθουανία, Λουξεμβούργο, Γαλλία και Λετονία) ανέφεραν αγροτική χρήση της λάσπης σε ποσοστό ένα και δυο τρίτα του συνόλου της διαθέσιμης λάσπης. Σε αντίθεση, περισσότερο από το 40% της λυματολάσπης αποτεφρώθηκε στην Φιλανδία, Σλοβακία, Ουγγαρία και Τσεχία. Εναλλακτικές λύσεις που μειώνουν ή εξαλείφουν την εξάπλωση ρύπων στη γεωργία ή σε κηπευτικά εδάφη εμπερικλείουν αποτέφρωση και υγειονομική ταφή. Ενώ οι Κάτω Χώρες, Γερμανία, Αυστρία και Ελβετία ανέφεραν την αποτέφρωση ως πρώτη μέθοδο για διάθεση της λάσπης. Η απόθεση της σε ελεγχόμενους χώρους υγειονομικής ταφής ασκήθηκε ως βασική διάθεσης στην Ιταλία και Βουλγαρία και χρησιμοποιήθηκε σε αποκλειστικότητα από τη Μάλτα, Ελλάδα και Ισλανδία. (Eurostat)



Σχήμα 3.4: Τρόποι διάθεσης ιλύος στην Ευρωπαϊκή ένωση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΗΣ ΑΚΖ ΤΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Ανάλυση Κύκλου Ζωής Μονάδων Επεξεργασίας Λυμάτων

Ο αυξανόμενος ρυθμός βιομηχανοποίησης, αστικοποίησης και αύξησης του πληθυσμού που έχει αντιμετωπίσει ο πλανήτης μας τα τελευταία 100 χρόνια έχει αυξήσει σημαντικά την περιβαλλοντική ρύπανση επηρεάζοντας αρνητικά την ποιότητα του νερού, του αέρα και του εδάφους. Στο πλαίσιο αυτό, η επεξεργασία λυμάτων έχει καταστεί ως ένα από τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά θέματα, δεδομένου ότι συμβάλει στη μείωση της μόλυνσης των φυσικών πηγών νερού - π.χ. εσωτερικά επιφανειακά ύδατα, υπόγεια ύδατα, μεταβατικά ύδατα και παράκτια ύδατα, προωθεί τη βιώσιμη ανακύκλωση του νερού, προστατεύει το υδάτινο περιβάλλον και βελτιώνει τα υδατικά οικοσυστήματα. Παρ' όλα αυτά η επεξεργασία λυμάτων βασίζεται σε διάφορες διεργασίες με νέες περιβαλλοντικές επιπτώσεις λόγω της κατανάλωσης ενέργειας, χρήσης χημικών αντιδραστηρίων, παραγωγής ιλύος και περιβαλλοντικών εκπομπών. Συνεπώς, είναι αναγκαία η περιβαλλοντική ανάλυση του συστήματος για τον καθορισμό της συνολικής ρύπανσης/ μόλυνσης που σχετίζεται με τις δραστηριότητες αυτές. Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής (ΑΚΖ) αποδείχτηκε χρήσιμο εργαλείο για την εκτίμηση των περιβαλλοντικών αποδόσεων των εγκαταστάσεων των συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων (Xavier et. al., 2010).

Τα συστήματα επεξεργασίας λυμάτων έχουν σχεδιαστεί για τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων εκροών ακατέργαστων λυμάτων. Διαφορετικές επιλογές επεξεργασίας λυμάτων, έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά απόδοσης και επίσης διαφορετικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Κάποια συστήματα έχουν υψηλή κατανάλωση ενέργειας, κάποια χρησιμοποιούν υλικά με υψηλή ενσωματωμένη ενέργεια (π.χ. πλαστικά), άλλα καταλαμβάνουν μεγάλη έκταση γης. Εάν η ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων είναι μια από τις κύριες λειτουργίες των συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων τότε θα πρέπει να σχεδιάζονται ώστε η συνολική τους επίπτωση στο περιβάλλον να μειωθεί. Όλος ο κύκλος ζωής του συστήματος πρέπει να ληφθεί υπόψη (Dixon et. al., 2003)

Η Ευρώπη τις τελευταίες δυο δεκαετίες έχει αντιμετωπίσει μεγάλα προβλήματα λειψυδρίας όχι μόνο υπό την έννοια έλλειψης νερού αλλά και υποβάθμισης της ποιότητας του. Το γεγονός αυτό οδήγησε τους δήμους στην

αναζήτηση αποδοτικότερων τρόπων χρήσεως των πηγών νερού, με μεγαλύτερη ανεκτικότητα και αποδοχή των πρακτικών επαναχρησιμοποίησης του νερού. Η επαναχρησιμοποίηση νερού δεν θα πρέπει να θεωρηθεί απλά ως μια μέθοδος ανάκτησης νερού, αλλά να θεωρηθεί ως μια μέθοδος που θα ενισχύσει τα υπόγεια ύδατα και τη γεωργία (Ortiz et. al., 2007).

Σε διάφορα επιστημονικά άρθρα εξετάστηκαν και μελετήθηκαν μονάδες επεξεργασίας λυμάτων που βρίσκονταν στην Ευρώπη. Το μέγεθος των μονάδων ήταν διαφορετικό υπό την έννοια του δυναμικού εξυπηρέτησης ισοδύναμου πληθυσμού και έκτασης. Η ΑΚΖ των μονάδων μέσα από τα άρθρα μελετήθηκε από πολλές όψεις, όπως για παράδειγμα από την περιβαλλοντική απόδοση των μονάδων καθώς και από τη χρήση διαφόρων τεχνολογιών για να καταλήξουμε τελικά στο τι εξυπηρετεί καλύτερα την κάθε μονάδα.

Αρχικά με τη μελέτη των Lundin et. al. (2002) περιγράφεται μια διαδικασία για την επιλογή των κατάλληλων δεικτών που αντιπροσωπεύουν την περιβαλλοντική βιωσιμότητα για τα αστικά συστήματα επεξεργασίας νερού. Η αναλυτική βάση για την επιλογή δεικτών είναι η ΑΚΖ. Δυο μελέτες περιπτώσεων επιλέχθηκαν για την αξιολόγηση των δεικτών σε μια ανεπτυγμένη και μια αναπτυσσόμενη περιοχή. Αντικείμενο της μελέτης είναι η διερεύνηση των αλλαγών στα αστικά συστήματα επεξεργασίας νερού κατά τη διάρκεια του χρόνου και η πρόσβαση στα σημερινά δεδομένα. Το αστικό σύστημα επεξεργασίας νερού διαχωρίστηκε σε τέσσερα περιβαλλοντικά και τεχνικά συστήματα: 1) Ανάληψη γλυκού νερού, 2) Παραγωγή, διανομή και χρήση πόσιμου νερού, 3) Συλλογή και επεξεργασία λυμάτων, 4) Διαχείριση υποπροϊόντων όπως λυματολάσπη, βιοαέριο και θερμότητα. Για κάθε σύστημα Δείκτες Περιβαλλοντικής Βιωσιμότητας διατυπώθηκαν για την περιβαλλοντική απόδοση και πίεση που δέχεται το περιβάλλον όπως τα χημικά, η χρήση ενέργειας, αποδοτικότητα των επεξεργασιών, απόρριψη σε υδάτινα οικοσυστήματα και ανακύκλωση θρεπτικών στοιχείων.

Στην πρώτη μελέτη περίπτωσης, το σετ δεικτών περιβαλλοντικής βιωσιμότητας εφαρμόσθηκε στο σύστημα επεξεργασίας νερού στο Goteborg, ένα δήμο με πληθυσμό περίπου 450.000 κατοίκους και έκταση 450 km². Δυο δημοτικές επιχειρήσεις είναι υπεύθυνες για την διαχείριση του νερού. Τα όρια του συστήματος περιελάμβαναν το τεχνικό σύστημα για την παραγωγή και διανομή πόσιμου νερού και τη διαχείριση λυματολάσπης καθώς επίσης και τις πηγές γλυκού νερού. Ο χρονικός ορίζοντας ήταν 20-25 χρόνια. Η δεύτερη μελέτη περίπτωσης αφορά το Ανατολικό

Ακρωτήρι μια επαρχιακή περιοχή στην Νότια Αφρική. Στη μελέτη συμπεριλήφθηκαν η πόλη King William's και οι δήμοι Breidbach και Ginsberg με συνολικό πληθυσμό 35.000 κατοίκους. Οι κάτοικοι ήταν χαμηλά αμειβόμενοι και αναμένεται ανάπτυξη με ρυθμό 3% ετησίως. Δυο πηγές γλυκού νερού τροφοδοτούν την περιοχή με πόσιμο νερό, αφού αυτό πρώτα έχει διέλθει το στάδιο επεξεργασίας. Τα λύματα οδηγούνται σε μια από τις δυο εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων. Τα όρια του συστήματος είναι τα ίδια με την πρώτη μελέτη περίπτωσης. Οι πληροφορίες ήταν διαθέσιμες τα τελευταία τρία με πέντε χρόνια.

Τα αποτελέσματα από τις μελέτες περιπτώσεων των δυο διαφορετικών περιοχών υπό μελέτη βοήθησαν στην αποκάλυψη κενών που υπάρχουν στην πληροφόρηση και αφορούν τη διαθεσιμότητα και ποιότητα των πληροφοριών. Η AKZ βοήθησε στον προσδιορισμό προτεραιοτήτων και στον προσδιορισμό δεικτών περιβαλλοντικής βιωσιμότητας, που δεν ήταν ξεκάθαροι όπως η ανακύκλωση θρεπτικών και η ανάκτηση ενέργειας.

Στην επόμενη μελέτη η αξιολόγηση των επιπτώσεων οριοθετήθηκε μέχρι την λειτουργία των μονάδων στην περιοχή της Καταλονίας και δεν συμπεριλήφθηκε η ενέργεια και οι φυσικοί πόροι που χρειάστηκαν για να κατασκευαστούν οι μονάδες επεξεργασίας (Vidal et. al., 2002). Στη μελέτη συμπεριλαμβάνονται τρία διαφορετικά σενάρια. Η λειτουργική μονάδα ήταν 1 τόνος επεξεργασμένων λυμάτων. Η μονάδα που επιλέχθηκε ως σενάριο αναφοράς λειτουργεί με σύστημα ενεργού ιλύος. Για τη μείωση των συγκεντρώσεων αζώτου στις εκροές, δυο εναλλακτικά συστήματα που περιλαμβάνουν διαρθρωτικές αλλαγές στο σενάριο αναφοράς λήφθηκαν υπόψη: το Ludzack-Ettinger και η δεξαμενή αερισμού (Oxidation Ditch). Το σύστημα Ludzack-Ettinger περιλαμβάνει ανοξική δεξαμενή που ακολουθείται από δευτεροβάθμια δεξαμενή αερισμού. Το σύστημα δεξαμενής αερισμού (Oxidation Ditch) περιλαμβάνει ωοειδή δεξαμενή αερισμού απ' όπου τα λύματα και η ενεργή ιλύς αντλούνται. Έγινε η υπόθεση ότι οι εισροές είναι ίσες και στα τρία σενάρια, χρησιμοποιώντας τις μέσες τιμές από τη μονάδα επεξεργασίας λυμάτων στην περιοχή της Καταλονίας. Στη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για κάθε ένα από τα τρία σενάρια, οι εκπομπές και η χρήση φυσικών πόρων κατά τη διάρκεια της λειτουργίας της μονάδας έχουν εκτιμηθεί. Οι εκπομπές και η κατανάλωση ενέργειας από τη λειτουργία της μονάδας λήφθηκαν από τα αποτελέσματα της προσομοίωσης. Οι φυσικοί πόροι που συμπεριλήφθηκαν στη μελέτη αυτή ήταν το φυσικό αέριο, το αργό πετρέλαιο, ο γαιάνθρακας και το ουράνιο. Όλα χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή

ενέργειας κατά τη λειτουργία της μονάδας, λαμβανομένου υπόψη ότι το φυσικό αέριο και το αργό πετρέλαιο καταναλώθηκαν, επίσης, για την παραγωγή πετρελαίου για τη μεταφορά της λάσπης.

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι τιμές κατανάλωσης για τους πόρους αυτούς ήταν υψηλότερες για το σύστημα Ludzack-Ettinger σε σχέση με το αναφερόμενο σενάριο. Σε αντίθεση το σύστημα με την δεξαμενή αερισμού (Oxidation Ditch) δεν διέφερε σημαντικά από το αρχικό σενάριο. Ένα μικρό κομμάτι των φυσικών πόρων, που καταναλώθηκαν κατά τη διάρκεια μεταφοράς της λάσπης, ήταν χαμηλότερο σε σχέση με αυτό που καταναλώθηκε στην διαδικασία επεξεργασίας νερού σε όλα τα σενάρια που μελετήθηκαν. Μεγάλες διαφορές στην κατανάλωση φυσικών πόρων συσχετίστηκαν με τη διαδικασία επεξεργασίας νερού.

Οι εκπομπές στην ατμόσφαιρα και το νερό δημιουργήθηκαν α) από τις διαδικασίες παραγωγής ενέργειας και πετρελαίου, β) από τις διαδικασίες επεξεργασίας νερού και γ) από την μεταφορά της λάσπης. Το σύστημα Ludzack-Ettinger, όσον αφορά την κατανάλωση πόρων, είχε υψηλότερες τιμές για τις περισσότερες εκπομπές αερίων στην ατμόσφαιρα, με εξαίρεση το CO_2 που παραγόταν από μεταβολικές δραστηριότητες μικροοργανισμών στο οποίο η δεξαμενή αερισμού είχε τις υψηλότερες τιμές. Η μεταφορά της λάσπης συμβάλλει κυρίως στις αέριες εκπομπές NO_x και η συμβολή προς τις υδάτινες εκπομπές είναι σχεδόν ανύπαρκτη, με εξαίρεση τις φαινόλες.

Τα σενάρια, τα οποία μελετήθηκαν, επίσης διαφέρουν από τους όρους εκπομπών στο νερό δια μέσου των υγρών αποβλήτων της μονάδας και συγκεκριμένα ως προς τις τιμές αζώτου. Τα δυο διαμορφωμένα σενάρια είχαν χαμηλότερες τιμές στις εκπομπές αζώτου ($\text{TKN} + \text{NO}_3^-$) παρά το αναφερόμενο σενάριο. Παρόλα αυτά οι εκπομπές αζώτου ήταν υψηλότερες για το Ludzack-Ettinger.

Για την εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων η κατανάλωση φυσικών πόρων και οι εκπομπές κατηγοριοποιήθηκαν σε πέντε κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων, εξάντληση αβιοτικών πόρων, ευτροφισμός, παγκόσμια υπερθέρμανση, οξίνιση και επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία. Ανάμεσα στους παράγοντες που μελετήθηκαν, το αργό πετρέλαιο και φυσικό αέριο είναι τα μόνα που συνεισφέρουν σε μεγαλύτερο βαθμό στη καταστροφή μη ανανεώσιμων πόρων. Το NH_3 (είτε απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρά είτε στο νερό) και το NH_4^+ είναι οι κύριοι συντελεστές του ευτροφισμού. Παρομοίως, το CO_2 (από βιοτικές ή αβιοτικές διεργασίες), η εκπομπή NH_3 στην ατμόσφαιρα και NO_x αποτελούν τους

σημαντικότερους παράγοντες επηρεασμού των περιβαλλοντικών επιπτώσεων όπως η παγκόσμια υπερθέρμανση, οξίνιση και επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία αντίστοιχα.

Οι σημαντικότερες διαφορές ανάμεσα στα σενάρια είναι η μείωση του ευτροφισμού στα δυο τελευταία σενάρια. Το φαινόμενο του ευτροφισμού μειώθηκε κατά 68% για το σύστημα Ludzack-Ettinger και κατά 75% στο σύστημα με τη δεξαμενή αερισμού.

Τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής δείχνουν ότι οι μεγάλες διαφορές που υφίστανται ανάμεσα στις μονάδες επεξεργασίας λυμάτων σχετίζονται με τις επιπτώσεις που προκαλούνται από τη διαδικασία επεξεργασίας λυμάτων παρά από τη μεταφορά της λάσπης. Ανάμεσα σε όλες τις πιθανές επιπτώσεις που προκλήθηκαν από τη λειτουργία των τριών σεναρίων που μελετήθηκαν, η επίπτωση του ευτροφισμού είναι η μεγαλύτερη. Παρόλαυτα, αποτελέσματα από την AKZ φανερώνουν ότι οι επιπτώσεις στην καταστροφή μη ανανεώσιμων πόρων και η παγκόσμια υπερθέρμανση μπορούν επίσης να σχετίζονται, αλλά η επίπτωση τους είναι μικρότερη σε σχέση με τον ευτροφισμό. Συνεχίζοντας η συμπερίληψη του μηχανισμού αφαίρεσης αζώτου στη διαμόρφωση της μονάδας μειώνει την επίπτωση της μονάδας στον ευτροφισμό. Τα διαμορφωμένα σενάρια έχουν υψηλότερες απαιτήσεις σε οξυγόνο για να επιτευχθεί η μείωση του αζώτου. Συνεπώς, οι ενεργειακές απαιτήσεις είναι μεγαλύτερες από το αναφερόμενο σενάριο ενώ παράλληλα η χρήση φυσικών πόρων και οι εκπομπές αυξάνονται. Λαμβάνοντας υπόψη όλες τις επιπτώσεις μαζί, οι δεξαμενές αερισμού θα προκαλούσαν λιγότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις από ότι το σύστημα Ludzack-Ettinger.

Σε μια μελέτη τους οι Gallego et. al. (2008) συμπεριέλαβαν 13 μονάδες επεξεργασίας λυμάτων με ισοδύναμο πληθυσμό μικρότερο των 20.000. Οι μονάδες βρίσκονταν στη Γαλικία (ΒΔ Ισπανία). Η AKZ εφαρμόστηκε με στόχο την ανάλυση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την εφαρμογή διαφορετικών τεχνολογιών για την επεξεργασία λυμάτων σε μικρούς πληθυσμούς. Κάθε μονάδα επεξεργασίας λυμάτων χωρίζονταν σε 4 υποσυστήματα τα οποία περιελάμβαναν την προεπεξεργασία και πρωτοβάθμια επεξεργασία (υποσύστημα 1), τη δευτεροβάθμια επεξεργασία (υποσύστημα 2), γραμμή παραγωγής λυματολάσπης (υποσύστημα 3) και την παραγωγή και χρήση της λάσπης (υποσύστημα 4). Από τεχνολογικής πλευράς η μεγαλύτερη διαφορά είναι ο τύπος τεχνολογίας που χρησιμοποιήθηκε για τη δευτεροβάθμια επεξεργασία. Οι τεχνολογίες είναι ο παρατεταμένος αερισμός (extended aeration), bionipho, αερόβια-ανοξική (aerobic-anoxic). Όλα τα

υποσυστήματα που αναφέρθηκαν περιλαμβάνουν την κατανάλωση ηλεκτρισμού και χημικών. Το λογισμικό SimaPro 6.0 χρησιμοποιήθηκε για την περιγραφή των συστημάτων. Οι βάσεις δεδομένων που επιλέχθηκαν ήταν το IDEMAT(2001) και Ecoinvent (1996). Οι κατηγορίες επιπτώσεων που λήφθηκαν υπόψη ήταν καταστροφή μη ανανεώσιμων πόρων, παγκόσμια υπερθέρμανση, οξίνιση, ευτροφισμός, καταστροφή στρατοσφαιρικού όζοντος και φωτοχημικό νέφος.

Τα βασικά αποτελέσματα της μελέτης μετά από τη σύγκριση των δεκατριών μονάδων και της περιβαλλοντικής τους απόδοσης έχει ως εξής, το φαινόμενο του ευτροφισμού και μια μικρότερου βαθμού εκτεταμένη εδαφική οικοτοξικότητα εντοπίστηκαν ως οι κύριες κατηγορίες επιπτώσεων στις μονάδες επεξεργασίας λυμάτων που αναλύθηκαν. Όσον αφορά τη χρήση ηλεκτρισμού, εκπομπές θρεπτικών στο νερό και εφαρμογή λυματολάσπης για γεωργικούς σκοπούς έχουν εντοπιστεί ως οι κύριοι συντελεστές στην παγκόσμια επίπτωση όλων των εξεταζόμενων εγκαταστάσεων. Σχετικά με τη σύγκριση των τεχνολογιών, biodepho (WWTPs 1 και 10) και αερόβια-ανοξική επεξεργασία (WWTPs 5 και 9) βρέθηκαν να είναι οι λιγότερο ζημιογόνες επιλογές για τη δευτερογενή επεξεργασία, καθώς πετυχαίνουν υψηλότερη αφαίρεση $N-NH_4$ (+) και $P-PO_4$ (3-) από την επεξεργασία με χρήση παρατεταμένου αερισμού (extended aeration) που αφορά τις μονάδες WWTPs 2-4, 6-8 και 11-13 όπου χρησιμοποιούνται χαμηλές-μεσαίες τιμές ηλεκτρισμού και παράγονται παρόμοια ποσοστά λάσπης. Με τη σύγκριση διαφορετικών μονάδων αφαίρεσης νερού από τη λυματολάσπη (filter band, φυγοκεντρητής) δεν βρέθηκαν σχετικές διαφορές από περιβαλλοντικής απόψεως.

Ο βαθμός επίπτωσης της λειτουργίας της μονάδας σε παγκόσμιο επίπεδο παρατηρήθηκε. Στην περίπτωση των μονάδων που χρησιμοποίησαν την biodepho τεχνολογία (WWTPs 1 και 10) και αερόβια-ανοξική επεξεργασία (WWTPs 5 και 9), η επίπτωση της λειτουργίας τους δεν ήταν σημαντική, παρόμοιες τιμές κατανάλωσης, αφαίρεσης ρύπων και περιβαλλοντικών επιπτώσεων είχαν ληφθεί. Στην περίπτωση των μονάδων που χρησιμοποιούσαν παρατεταμένο αερισμό (extended aeration) (WWTPs 2-4, 6-8 και 11-13), η λειτουργία τους επηρέασε την περιβαλλοντική απόδοση, με διακυμάνσεις στην κατανάλωση ηλεκτρισμού και τα επίπεδα εξυγίανσης επηρεάζοντας τις συσχετιζόμενες περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Με σκοπό να υπολογιστούν κατά προσέγγιση τα αποτελέσματα που λήφθηκαν σε άλλες τοποθεσίες, ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δοθεί στην ποιότητα των λυμάτων (θρεπτικά) και την τελική διάθεση της λάσπης. Εάν η μελέτη επικεντρωθεί

στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, τη μείωση των αβιοτικών πόρων ή οξίνιση, προσοχή θα πρέπει να δοθεί στην παραγωγή ηλεκτρισμού.

Σε μια άλλη μελέτη που αφορούσε μονάδα επεξεργασίας λυμάτων σε μια μικρή πόλη στην Ισπανία με ισοδύναμο πληθυσμό 13.200 οι Ortiz et. al. (2007) εφαρμόζουν περιβαλλοντική ανάλυση σε ένα συμβατικό σύστημα ενεργοποιημένου ιλύος (Conventional Activate Sludge System, CAS) καθώς και σε κάποιες πρόσθετες πιθανές τριτοβάθμιες επεξεργασίες που επιτρέπουν την επαναχρησιμοποίηση νερού (UF-Ultra filtration Membranes, Εξωτερικό σύστημα Βιοαντιδραστήρα Μεμβρανών - MBR). Το λογισμικό SimaPro 5.1 χρησιμοποιήθηκε και οι μέθοδοι που περιέχονται στο λογισμικό που είναι CML 2 baseline 2000, Eco-Points 97, Eco-Indicator 99.

Ως λειτουργική μονάδα χρησιμοποιήθηκε η παραγωγή 3000 κ.μ/ημέρα για 25 χρόνια, λαμβάνοντας υπόψη την αλλαγή των μεμβρανών ανά 7 χρόνια.

Οι διαδικασίες που περιλαμβάνονται στο συμβατικό σύστημα ενεργού ιλύος (CAS) είναι η προ-επεξεργασία, όπου γίνεται ο διαχωρισμός των στερεών σε δυο φάσεις (λεπτά και χοντρά). Το στάδιο αυτό περιλαμβάνει, επίσης, τον καθαρισμό από την άμμο, χαλίκια, πετρέλαιο και λίπη. Ακολουθούν η βιολογική επεξεργασία ενεργού ιλύος, ο καθαρισμός των εκροών και η πάχυνση της ιλύος.

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι το συμβατικό σύστημα ενεργού ιλύος (CAS) σύστημα με χρήση τριτοβάθμιας επεξεργασίας προκαλεί τα υψηλότερα περιβαλλοντικά φορτία, όπως ήταν αναμενόμενο. Ο εμβυθιζόμενος εξωτερικός Βιοαντιδραστήρας μεμβρανών (MBR) έχει παρόμοιες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, παρόλο που η εξωτερική MBR τεχνολογία έχει υψηλότερη κατανάλωση ενέργειας. Καθώς όλες αυτές οι διεργασίες απαιτούν ενέργεια, το περιβαλλοντικό φορτίο που σχετίζεται με το λειτουργικό στάδιο είναι μεγαλύτερο από αυτό που σχετίζεται με το στάδιο κατασκευής της μονάδας, συντήρησης και τελικής απόρριψης. Χρησιμοποιώντας τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (αιολική και ηλιακή) ή αξιοποιώντας την παραγόμενη λυματολάσπη προκειμένου να κερδίσουμε το βιοαέριο για παραγωγή ενέργειας στη μονάδα, ουσιαστικά λαμβάνουμε μορφές ενέργειας που συμβάλλουν στη μείωση του περιβαλλοντικού φορτίου σε σχέση με την κατανάλωση ενέργειας.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι διαφορετικά ποιοτικά χαρακτηριστικά περιέχονται στις εκροές' έτσι επιτρέπεται η ανάλυση του περιβαλλοντικού φορτίου όσον αφορά την βελτίωση του. Αναφορικά με την ποιότητα των επεξεργασμένων εκροών, ο Βιοαντιδραστήρας μεμβρανών (MBR) πληροί τα αυστηρότερα κριτήρια απόρριψης

και συχνά οι εκροές θεωρούνται κατάλληλες για άμεση επαναχρησιμοποίηση, χώρια από άλλα επιπρόσθετα τεχνικά πλεονεκτήματα.

Τελικά, σκεφτόμενοι την προέκταση των αποτελεσμάτων και σε άλλες μονάδες λυμάτων και τριτοβάθμιες επεξεργασίες, η ποιότητα των εισροών θα πρέπει να είναι όμοια με τα λύματα που συλλέχθηκαν στην Tauste (Ισπανία, 13,200 ισοδύναμο πληθυσμό) και ότι η ποιότητα εξαρτάται από τις συνήθειες του πληθυσμού καθώς και τις γεωργικές και βιομηχανικές δραστηριότητες γύρω από το χωριό.

Σε μια άλλη μελέτη περίπτωσης εξετάζεται μια κλασσική μονάδα επεξεργασίας λυμάτων με 140.000 ισοδύναμο πληθυσμό από τους Renou et. al. (2008). Ο σκοπός της μελέτης είναι η διερεύνηση της χρήσης της AKZ ως εργαλείο για την εξακρίβωση των περιβαλλοντικών αποδόσεων των μονάδων επεξεργασίας λυμάτων. Χρησιμοποιήθηκαν πέντε μέθοδοι αξιολόγησης κύκλου ζωής: CML 2000, Eco Indicator 99, EDIP 96 και EPS Ecopoints 97. Ως λειτουργική μονάδα είναι ο όγκος επεξεργασμένων λυμάτων για ένα χρόνο.

Τα εισερχόμενα λύματα ήταν μείγμα οικιακών και βιομηχανικών λυμάτων και πρώτα περνούσαν από το στάδιο της προ-επεξεργασίας. Η άμμος ξελυνόταν και ακολούθως κατέληγε στην υγειονομική ταφή. Τα λίπη εξαλείφονταν βιολογικά με κατανάλωση αζώτου και φωσφόρου και τα υπολείμματα επέστρεφαν στην προ-επεξεργασία. Η επεξεργασία του νερού περνάει από διαδικασία χαμηλού φορτίου ενεργού ιλύος για αφαίρεση άνθρακα και αζώτου. Πριν από αυτό το βήμα αυτό προηγείται η αναερόβια διαδικασία για την βιολογική επεξεργασία του φωσφόρου. Στο στάδιο ταξινόμησης, το επεξεργασμένο νερό διαχωρίζεται από τη λυματολάσπη και αποτίθεται σε ένα κοντινό ποτάμι. Η επεξεργασία της λυματολάσπης γίνεται από μονάδα επίπλευσης (dissolved air flotation) που ακολουθείται από αφύγρανση και φιλτράρισμα για μείωση του περιεχόμενου νερού και μείωσης του όγκου. Ακολουθείται χημική σταθεροποίηση, ώστε να μειωθούν τα παθογόνα. Η λυματολάσπη μετά την επεξεργασία αποτίθεται σε γεωργικά εδάφη. Η μονάδα είναι εξοπλισμένη με μονάδες απόσμησης χρησιμοποιώντας θειικό οξύ, σόδα και χλωρίνη.

Τα αποτελέσματα από τη χρήση AKZ στην επεξεργασία λυμάτων της μελέτης αυτής καταδεικνύουν ότι επιπτώσεις όπως το φαινομένου του θερμοκηπίου, η οξίνιση, ο ευτροφισμός ή εξάντληση πόρων, η επιλογή μιας από τις άλλες μεθόδους αξιολόγησης επιπτώσεων που είναι διαθέσιμες στο πρόγραμμα AKZ δεν αποτελεί κριτικό ζήτημα καθώς τα αποτελέσματα που δίνονται είναι παρόμοια. Περισσότερη δουλειά απαιτείται στους ανθρώπινους δείκτες και δείκτες υγείας του

οικοσυστήματος για να πειστούν οι ενδιαφερόμενοι καθώς οι τρέχουσες μέθοδοι αξιολόγησης επιπτώσεων δεν καλύπτουν παρόμοια αποτελέσματα. Θα ήταν πολύ χρήσιμο για τους ειδικούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων εάν συγκεκριμένες πληροφορίες που σχετίζονται με την επεξεργασία λυμάτων και επαναχρησιμοποίηση όπως για παράδειγμα παθογόνα, φαρμακευτικά και ατομικά προϊόντα φροντίδας (PPCPs) μπορούσαν να εισαχθούν στις βάσεις δεδομένων. Τελικά, η AKZ θα πρέπει να συνδυαστεί με άλλα εργαλεία όπως την ανάλυση χημικού και μικροβιακού κινδύνου (που χρησιμοποιούνται από τοπικές αρχές για να θέσουν τα όρια εκροών) και αξιολόγηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων (η οποία απαιτείται για μεγάλες μονάδες επεξεργασίας λυμάτων), για να παρέχει μια αξιόπιστη ολοκληρωμένη βιώσιμη αξιολόγηση των συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων.

Συνεχίζοντας με την ανάλυση μονάδων επεξεργασίας λυμάτων μικρής κλίμακας η μελέτη των Dixon et. al. (2003) διαφοροποιείται από τις υπόλοιπες εφόσον αναλύει εκτός από τους συμβατικούς τρόπους επεξεργασίας και φυσικούς τρόπους επεξεργασίας. Οι φυσικοί τρόποι επεξεργασίας όπως το σύστημα στρώματος καλαμιών (Reed Bed System) μπορούν να έχουν μειωμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε όλο τον κύκλο ζωής τους συγκρίνοντάς με τεχνικά συστήματα που εμπερικλείουν τη φιλοσοφία χρήσης υλικών. Οι συγγραφείς περιγράφουν τον κύκλο ζωής δυο μονάδων επεξεργασίας λυμάτων μικρής κλίμακας. Οι επεξεργασίες που περιγράφονται είναι το σύστημα οριζόντιας ροής συστήματος καλαμιών (reedbed system) και το σύστημα βίο-διήθησης. Η μελέτη περιορίζεται στις επιπτώσεις από την κατασκευή και λειτουργία της μονάδας. Σκοπός της μελέτης είναι να παρέχει γνώσεις για την περιβαλλοντική απόδοση του σχεδιασμού, κατασκευή και λειτουργία του συστήματος καλαμιών (reedbed system) και να συγκριθεί με το προϋπάρχον συμβατικό σύστημα επεξεργασίας λυμάτων. Η επιλογή των δυο αυτών συστημάτων βασίζεται στο να πληρούν τα κριτήρια για την ίδια ποιότητα νερού και την ίδια λειτουργική μονάδα. Η περίοδος σύγκρισης καθορίστηκε στα 10 χρόνια. Η μελέτη εστιάζει σε περιορισμένο εύρος περιβαλλοντικών πτυχών που είναι η χρήση ενέργειας, εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, εκπομπές στερεών, χρήση γης (όπως χρησιμοποιείται απευθείας από τα συστήματα).

Τα συμπεράσματα καταλήγουν στο ότι συνολικά τα δυο συστήματα έχουν παρόμοια γενική εικόνα υπό την έννοια της ενσωματωμένης ενέργειας. Το reed bed σύστημα είχε σημαντικά χαμηλότερες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα σε σχέση με το συμβατικό σύστημα, λόγω της απορρόφησης του CO₂ από το σύστημα καλαμιών

(reed bed). Το reed bed σύστημα παρήγαγε περισσότερα στερεά απόβλητα συνολικά απ' ό,τι το συμβατικό σύστημα. Το ανορυσσόμενο έδαφος και η λάσπη από τη σηπτική δεξαμενή ήταν οι κύριοι συντελεστές στερεών αποβλήτων και στα δυο συστήματα. Το ανορυσσόμενο έδαφος για το reed bed γίνεται αναλογικά σημαντικότερο σε μεγαλύτερες κλίμακες, αν και η λάσπη που παράχθηκε από τις συμβατικές μονάδες ήταν ο σημαντικότερος παράγοντας στα στερεά απόβλητα για τα συστήματα εκείνα. Το reed bed είχε ενδεικτικά το μεγαλύτερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα απ' ό,τι τα συμβατικά συστήματα.

Η ανάλυση κύκλου ζωής έδειξε ότι σημαντικό μερίδιο της ενσωματωμένης ενέργειας και εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα προερχόνταν από τις μεταφορές των υλικών και των μετακινήσεων από και προς τοποθεσίες με σκοπό να πραγματοποιηθεί η συντήρηση. Επιπλέον, οι προϋποθέσεις άντλησης ενός συστήματος ήταν σημαντικές. Στην περίπτωση του συμβατικού συστήματος η άντληση ήταν κυρίαρχο στοιχείο του κύκλου ζωής του. Άλλα σημαντικά μέρη του συστήματος τα οποία ήταν φτιαγμένα από πλαστικό π.χ σηπτική δεξαμενή, μονάδα diamond και uPVC σωλήνες. Το σκυρόδεμα επίσης είχε σημαντικό μερίδιο στην ενσωματωμένη ενέργεια και στο διοξείδιο του άνθρακα. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι οι καθαρές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα του συστήματος καλαμιών μειώθηκαν όταν ο χρόνος λειτουργίας αυξήθηκε δέκα χρόνια.

Σε μια πολύ πρόσφατη μελέτη η AKZ εστιάζει στην σύγκριση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των τεχνητών υγροτόπων με κάθετη και οριζόντια ροή (Fuchs et. al., 2011). Στόχος της AKZ είναι ο προσδιορισμός της καλύτερης επιλογής ανάμεσα στους δυο τεχνητούς υγροτόπους αναφορικά με την περιβαλλοντική τους απόδοση σε όλο τον κύκλο ζωής τους και κατά πόσον μπορούν να υπάρξουν συμβιβασμοί στις επιπτώσεις (π.χ αέρας vs ποιότητα νερού).

Το πεδίο εφαρμογής περιλαμβάνει πρωτοβάθμια επεξεργασία με σηπτικό σύστημα και δευτεροβάθμια επεξεργασία με τεχνητό υγρότοπο περιλαμβάνοντας χρήση γης, εδάφους, βλάστησης, σωληνώσεων, συλλογή λυμάτων και συστήματα μεταφοράς. Η λειτουργική μονάδα είναι η επεξεργασία λυμάτων για 400 άτομα (ισοδύναμο πληθυσμό) ενός συστήματος με διάρκεια ζωής 50. Γίνεται η υπόθεση ότι ένα άτομο ισοδύναμου πληθυσμού παράγει 150L/day λυμάτων με περιεχόμενο 60 γρ. BOD₅, 13 γρ. N και 2,5 γρ. P. Μέρος της πρωτοβάθμιας επεξεργασίας των υγροτόπων είναι μια σηπτική δεξαμενή προκειμένου να γίνει η αφαίρεση στερεών (με καθίζηση) και να είναι εφικτή η μετατροπή οργανικού αζώτου σε αμμωνία. Η σηπτική δεξαμενή

ενώνεται με μια αντλία για τη μεταφορά των λυμάτων στον τεχνητό υγρότοπο. Η αναγκαία έκταση για την επεξεργασία 60.000 L/d λυμάτων προς 5 mg/L $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ στον υγρότοπο οριζόντιας ροής είναι 5049 τ.μ. Στον τεχνητό υγρότοπο κάθετης ροής επεξεργάζονται 60.000 L/d προς $\text{NH}_4^+ - \text{N} < 5 \text{ mg/L}$ σε μια έκταση των 1280 τ.μ.

Στην ανάλυση δεδομένων ένας αριθμός υλικών και διαδικασιών βασίζεται σε Ευρωπαϊκά, Αμερικανικά και δεδομένα από όλο τον κόσμο προερχόμενα από διαφορετικές βάσεις δεδομένων. Στην AKZ οι αέριες εκπομπές από τις διαδικασίες επεξεργασίας των λυμάτων δεν συμπεριλαμβάνονται επειδή υπάρχει μεγάλο εύρος τιμών για τις εκπομπές N_2O , CO_2 και CH_4 από κατασκευασμένους υγροτόπους. Οι τιμές από μια περιληπτική μελέτη χρησιμοποιούνται με συνέπεια για την ανάλυση αυτή. Η αξιολόγηση διεκπεραιώθηκε με τη χρήση του Simapro 7.0, δυο μέθοδοι χρησιμοποιήθηκαν το Ecoindicator 99 και CML 2 Baseline 2000. Η χρήση και των δυο μεθόδων παλαιότερα σε AKZ επεξεργασίας λυμάτων έδειξε ότι η συνολική διαφορά ανάμεσα στις μεθόδους αξιολόγησης του Simapro είναι μικρή, για αυτό το λόγο μπορεί να γίνει η επιλογή μεθόδου αξιολόγησης βάση την κατηγορία επίπτωσης/ ζημιάς που υπολογίζεται. Η μέθοδος Ecoindicator υπολογίζει 11 κατηγορίες επιπτώσεων στον κύκλο ζωής. Η κατηγορία οξίνισης και ευτροφισμού στο Ecoindicator 99 λαμβάνει υπόψη τις αέριες εκπομπές αλλά όχι τις υδατικές. Επειδή η επεξεργασία λυμάτων μπορεί να επηρεάσει σε σημαντικό βαθμό την δυνατότητα δημιουργίας ευτροφισμού μέσω των απορρίψεων στο νερό, το CML 2 Baseline 2000 χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό της δυνατότητας δημιουργίας ευτροφισμού σε διάφορα σενάρια επεξεργασίας υγροτόπων. Το Ecoindicator 99 υπολογίζει συνολική ζημιά στην ανθρώπινη υγεία, την ποιότητα του οικοσυστήματος και των πόρων.

Τα αποτελέσματα της μελέτης σύγκρισης των δυο τεχνητών υγροτόπων δείχνουν ότι ο υγρότοπος κάθετης ροής είναι μια αποδοτική τεχνολογία έχοντας εξαιρετική δυνατότητα για απονιτροποίηση. Επίσης απαιτούν σημαντικά μικρότερη έκταση απ' ότι οι υγρότοποι οριζόντιας ροής και επιτυγχάνουν ποιοτικότερο νερό με λιγότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Η τεχνολογία επεξεργασίας λυμάτων και η διαχείριση τους χρειάζεται να λάβει υπόψη το νερό, την ενέργεια, τα θρεπτικά ως ανακυκλώσιμες πηγές παρά ως απόβλητα για διαχωρισμό. Οι τεχνητοί υγρότοποι μπορεί να είναι μια ιδανική λύση για επανάκτηση φυσικών πηγών και μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Σκοπός της έρευνας των Hospido et. al. (2004) είναι η εκτίμηση των πιθανών περιβαλλοντικών επιπτώσεων μιας εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων και ο προσδιορισμός κύριων στοιχείων που σχετίζονται με τη διαδικασία αυτή. Στη μελέτη η μεθοδολογία του Κέντρου Περιβαλλοντικής Επιστήμης του πανεπιστημίου του Leiden χρησιμοποιήθηκε για την ποσοτικοποίηση των πιθανών περιβαλλοντικών επιπτώσεων του υπό μελέτη συστήματος. Η AKZ έγινε με το Sima Pro 5.0 και συγκεκριμένα το CML 2002.

Η λειτουργική μονάδα στην εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων δεν είναι η ίδια για όλο το έτος. Έχει ληφθεί υπόψη το γεγονός ότι η μονάδα λειτουργεί κάτω από χειμερινές και καλοκαιρινές συνθήκες έτσι αντίστοιχα η λειτουργική μονάδα την περίοδο υγρασίας (Οκτώβριο-Απρίλιο) είναι 57,349 κ.μ / ημέρα και την εποχή ξηρασίας (Μάιο-Σεπτέμβριο) είναι 49,214 κ.μ / ημέρα.

Η εγκατάσταση καταλαμβάνει μια περιοχή 14.000 τ.μ και έχει μέγιστη ικανότητα επεξεργασίας για 90.000 κατοίκους. Έχει τρεις διαφορετικές γραμμές παραγωγής: νερό, λυματολάσπη και βιοαέριο. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις περιλαμβάνουν την παγκόσμια υπερθέρμανση, την καταστροφή του στρατοσφαιρικού όζοντος, την οξίνιση, τον ευτροφισμό, το φωτοχημικό νέφος, καταστροφή μη ανανεώσιμων πόρων, επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και εδαφική τοξικότητα.

Κατά τη διάρκεια δύο χρόνων συλλογής εμπειρικών δεδομένων από το νερό, λυματολάσπη και βιοαέριο τα αποτελέσματα έχουν ως εξής. Στο πρώτο στάδιο προσδιορισμού στόχων και σκοπού της μελέτης καθορίστηκαν δυο λειτουργικές μονάδες. Τα αποτελέσματα της περιβαλλοντικής ανάλυσης απέδειξαν ότι δεν ήταν αναγκαία μια τέτοια διαφοροποίηση. Στη συνέχεια τα αποτελέσματα μας οδηγούνε στο συμπέρασμα ότι η απόρριψη του νερού και η εφαρμογή της λάσπης στο έδαφος αποδείχτηκαν να είναι οι κύριοι συντελεστές στην περιβαλλοντική απόδοση της λειτουργίας της μονάδας επεξεργασίας λυμάτων. Η σύνδεση του συστήματος νιτροποίησης-απονιτροποίησης με βιολογική αεροβική επεξεργασία για αφαίρεση αζώτου οδηγεί σε μειωμένη περιβαλλοντική επίδραση και με αναφορά στα τελευταία έχοντας κατά νου τη μελλοντική νομοθεσία, τα βαρέα μέταλλα όπως επίσης και οι παθογόνοι οργανισμοί θα πρέπει να αποτελούν τη βασική παράμετρο για τον καθορισμό των στρατηγικών επεξεργασίας της παραγόμενης λυματολάσπης.

Στην Αλεξάνδρεια της Αιγύπτου η βιωσιμότητα μιας αστικής μονάδας επεξεργασίας λυμάτων μελετήθηκε μέσω της AKZ. Οι Mahgoup et. al. (2010)

αξιολόγησαν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του αστικού συστήματος υδάτων Αλεξάνδρειας με τη χρήση της ΑΚΖ. Η Αλεξάνδρεια λαμβάνει γλυκό νερό από τον ποταμό Νείλο. Το νερό επεξεργάζεται σε επτά μονάδες επεξεργασίας υδάτων με συνολική χωρητικότητα 2,3 εκατομμύρια κυβικά μέτρα ανά ημέρα. Ακολουθώς το νερό από την οικιακή χρήση και τα προ-επεξεργασμένα βιομηχανικά λύματα συλλέγονται και μεταφέρονται σε 4 μονάδες επεξεργασίας λυμάτων με συνολική ικανότητα περίπου 835.000 κυβικά μέτρα ανά ημέρα. Οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας χρησιμοποιούν το ίδιο σύστημα που αποτελείται από 4 βήματα: 1) Άντληση ακατέργαστου νερού, 2) Κροκίδωση και Προ χλωρίωση, 3) Ταχεία διήθηση άμμου, 4) Άντληση καθαρού νερού και χλωρίωση. Το επεξεργασμένο νερό απορρίπτεται στη λίμνη Mariout και αντλείται στη Μεσόγειο θάλασσα. Επί πλέον περίπου 47.000 κ.μ/ημέρα βιομηχανικών λυμάτων καταλήγουν απευθείας στη λίμνη Mariout ανεπεξέργαστα. Η λυματολάσπη από τη μονάδα επεξεργάζεται και επαναχρησιμοποιείται (με τη μέθοδο της διασποράς στα γεωργικά εδάφη). Η μεθοδολογία τους περιελάμβανε τη χρήση του λογισμικού SimaPro χρησιμοποιώντας το Eco-Indicator 99, σύμφωνα με το ISO-14040-1997 για να εκτιμηθούν τα περιβαλλοντικά φορτία που απορρέουν από το σύστημα και για να εκτιμηθούν διάφορα σενάρια για την βελτίωση του συστήματος. Η κύρια λειτουργική μονάδα που χρησιμοποιήθηκε στην έρευνα είναι η διανομή ενός κυβικού μέτρου πόσιμου νερού ή ένα κυβικό μέτρο λυμάτων.

Τα αποτελέσματα της έρευνας αποκάλυψαν ότι η εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων είναι το πιο προβληματικό μέρος του συστήματος διότι αντιπροσωπεύει περίπου ποσοστό 68% των συνολικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων του συστήματος. Η επίπτωση της μονάδας επεξεργασίας λυμάτων οφείλεται στη χαμηλή ικανότητα απομάκρυνσης των θρεπτικών. Η επίπτωση από τις μονάδες επεξεργασίας λυμάτων και της μεταφοράς νερού και λυμάτων οφειλόταν κυρίως στη χρήση ορυκτών καυσίμων για παραγωγή ενέργειας. Μια σημαντική επίπτωση από το ακατέργαστα λύματα αναφέρθηκε, παρόλ αυτά, η επεξεργασία των ακατέργαστων λυμάτων με τη χρήση του τωρινού συστήματος δεν θα μειώσει σε μεγάλο βαθμό την περιβαλλοντική επίπτωση, λόγω της αδυναμίας απομάκρυνσης των θρεπτικών. Οι επιπτώσεις από τις μονάδες επεξεργασίας λυμάτων διαφοροποιούνται λόγω των ποικίλων χαρακτηριστικών των λυμάτων και λόγω των διαφορετικών επεξεργασιών σε κάθε μονάδα. Οι τρεις κυριότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις των μονάδων επεξεργασίας λυμάτων ήταν ο ευτροφισμός λόγω της παρουσίας θρεπτικών στις

τελικές εκροές, η τοξικότητα λόγω της διασποράς της ιλύος η οποία περιέχει βαρέα μέταλλα και η κλιματική αλλαγή λόγω της κατανάλωσης ενέργειας και χρήσεως ορυκτών καυσίμων. Ανάμεσα στα προτεινόμενα σενάρια, η παραδειγματική στροφή στις αποκεντρωμένες υποδομές βρέθηκε να είναι το καλύτερο σενάριο για τη βελτίωση του συστήματος, εν τούτοις, θα ήτανε δύσκολο να εφαρμοσθεί σε τόσο μικρό χρονικό διάστημα και χρειάζεται περαιτέρω έρευνα. Επιπλέον, συνδυάζοντας περισσότερα από ένα σενάρια υπάρχει η δυνατότητα να επιτευχθούν υψηλότερες μειώσεις ως προς τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Η AKZ χρησιμοποιήθηκε για τη σύγκριση διαφορετικών σεναρίων επαναχρησιμοποίησης λυμάτων (Munoz et. al., 2009). Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στην τοξικότητα ως κατηγορία επιπτώσεων. Η μελέτη βασίζεται σε πειράματα όπου εφαρμόζεται όζον και όζον σε συνδυασμό με υπεροξειδίο υδρογόνου σε εκροές λυμάτων σε μια εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων στην Ισπανία. Δυο εναλλακτικά αντιπροσωπευτικά μοντέλα έχουν χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό της τοξικότητας χημικών ουσιών, συγκεκριμένα τα USES-LCA και EDIP97. Τέσσερα εναλλακτικά σενάρια έχουν καθοριστεί: απόρριψη λυμάτων με πρόσθετο εξοπλισμό αφαλάτωσης, επαναχρησιμοποίηση λυμάτων χωρίς τριτοβάθμια επεξεργασία, επαναχρησιμοποίηση λυμάτων μετά την εφαρμογή τριτοβάθμιας επεξεργασίας με χρήση οζονισμού και επαναχρησιμοποίηση λυμάτων μετά τον οζονισμό σε συνδυασμό με υπεροξειδίο υδρογόνου. Η λειτουργική μονάδα που επιλέχθηκε για τη σύγκριση των σεναρίων είναι ο εφοδιασμός 1 κ.μ (m³) για αρδευτικούς σκοπούς στη γεωργία.

Τα συμπεράσματα της μελέτης αυτής οδηγούνε στο γεγονός ότι κανένα από τα τέσσερα σενάρια δεν βρέθηκε να είναι ταυτόχρονα η καλύτερη επιλογή σύμφωνα με όλες τις κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων, αλλά τα αποτελέσματα μας επιτρέπουν να σκιαγραφήσουμε κάποια γενικά συμπεράσματα, όπως επίσης να προσδιορίσουμε τα περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Το πρώτο θέμα που επισημαίνεται είναι η σημαντικότητα της συμπερίληψης ρύπων από τα λύματα στην ανάλυση κύκλου ζωής (AKZ) των συστημάτων επεξεργασίας υπολογίζοντας την τοξικότητα. Σε αυτή τη μελέτη περίπτωσης η συμβολή των ρύπων που βρίσκονται στα λύματα στη συνολική τοξικότητα μπορεί να ξεπεράσει το 90% σε κάποιες κατηγορίες επιπτώσεων. Σημαντικοί ρύποι εδώ δεν είναι μόνο τα βαρέα μέταλλα καθώς και άλλοι ρύποι με μεγάλη βαρύτητα, αλλά επίσης και ρύποι που δεν υπάγονται σε κανονισμούς όπως φαρμακευτικά προϊόντα και προϊόντα προσωπικής

φροντίδας. Στην οικοτοξικότητα, τα αποτελέσματα που αποκτήθηκαν μέσω των μοντέλων USES-LCA και EDIP97 υποδεικνύουν ότι σενάρια που περιλαμβάνουν επαναχρησιμοποίηση λυμάτων μετά από τριτογενή επεξεργασία προκύπτουν ως προτιμητέα επιλογή από μια ολοκληρωμένη διάσταση ως προς την υδατική και εδαφική τοξικότητα, εφόσον το σενάριο μη επαναχρησιμοποίησης εμπερικλείει αυξημένη επίπτωση στην υδατική τοξικότητα, λαμβανομένου υπόψη ότι η απευθείας επαναχρησιμοποίηση αποδίδει παρόμοια αποτελέσματα υπό την προοπτική της εδαφικής τοξικότητας. Όταν γίνεται σύγκριση των τριτοβάθμιων επεξεργασιών, παρατηρείται ότι ο οζονισμός έχει χαμηλότερα ποσοστά τοξικότητας από ότι ο οζονισμός σε συνδυασμό με το υπεροξειδίο υδρογόνου, παρόλαυτά οι διαφορές είναι μικρές και την ίδια στιγμή η αβεβαιότητα είναι μεγάλη. Όσον αφορά τις επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, τα αποτελέσματα δεν είναι τόσο πειστικά όσο αυτά για την οικοτοξικότητα, από τη στιγμή που οι διαφορές ανάμεσα στα σενάρια είναι μικρές, και η αβεβαιότητα κρίνεται να είναι μεγάλη. Σύμφωνα με τα USES-LCA, σενάρια τα οποία εμπερικλείουν επαναχρησιμοποίηση λυμάτων είναι καλύτερα, ιδιαίτερα όταν δεν εφαρμόζεται κάποια εξελιγμένη επεξεργασία. Σύμφωνα με το EDIP97, η επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων είναι επίσης μια καλύτερη επιλογή, αλλά η επιλογή ενός συγκεκριμένου σεναρίου επαναχρησιμοποίησης εξαρτάται κατά πόσο οι επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία προκαλούνται δια μέσου του εδάφους ή των υδάτων. Οι διαφορές μεταξύ του οζονισμού και οζονισμού με υπεροξειδίο οξυγόνου δεν είναι εμφανείς. Είναι επίσης σημαντικό να επισημανθεί ότι στο σενάριο όπου δεν γίνεται επαναχρησιμοποίηση, η έμμεση εισφορά της αφαλάτωσης στην οίκο- και ανθρώπινη τοξικότητα διαμέσου της ενέργειας και της ζήτησης βοηθητικών υλικών είναι σημαντική.

Εκτός από τις επιπτώσεις οικοτοξικότητας και στην ανθρώπινη υγεία, το δυναμικό παγκόσμιας υπερθέρμανσης έχει επίσης ερευνηθεί. Η απευθείας επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων είναι η καλύτερη επιλογή, από τη στιγμή που ούτε τριτοβάθμια επεξεργασία χρειάζεται ούτε εναλλακτική τεχνολογία παραγωγής νερού χρειάζεται. Ο οζονισμός καθώς και ο οζονισμός με υπεροξειδίο οξυγόνου συνεισφέρουν 85% στη μείωση των εκπομπών σε σύγκριση με την αφαλάτωση. Εν τούτοις, οι μειώσεις αυτές δεν μπορούν να βρουν εφαρμογή σε περιοχές όπου λιγότερη εντατική ενέργεια χρησιμοποιείται σε τεχνολογίες για παραγωγή πόσιμου νερού ή όταν η αφαλάτωση τροφοδοτείται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Τελικά πρέπει να έχουμε στο μυαλό μας το γεγονός ότι σε αυτή τη μελέτη περίπτωσης αμελήθηκαν άλλα θέματα τα οποία μπορεί να είναι σημαντικά όταν συγκρίνονται με τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των σεναρίων που μελετήθηκαν. Η εξοικονόμηση του νερού για παράδειγμα, δεν έχει εκτιμηθεί και θα πρέπει να είναι η πρώτη προτεραιότητα για τους αγρότες, βιομηχανίες και νοικοκυριά. Ακόμη ένα σημαντικό ζήτημα είναι οι απαιτήσεις για μικροβιολογική ποιότητα, κάτω από τις οποίες πιθανόν η απευθείας χρήση να μην είναι αποδεκτή επιλογή για συγκεκριμένες εφαρμογές που εμπεριέχουν την ανθρώπινη έκθεση, όπως άρδευση φρέσκων-αναλώσιμων καλλιεργειών τροφίμων, δημόσιους κήπους κτλ. Με αυτά τα συμφραζόμενα, μια τριτοβάθμια επεξεργασία που χρησιμοποιεί οζόνωση θα ήταν χρήσιμη όχι μόνο για αφαίρεση των χημικών ρύπων, αλλά επίσης και για απολύμανση.

Συνεχίζοντας οι Munoz et. al. (2008) μέσω της Αξιολόγησης Επιπτώσεων (Life cycle impact assessment) μέρος της μεθοδολογίας AKZ ποσοτικοποιούν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της οικοτοξικότητας και στην ανθρώπινη τοξικότητα των λυμάτων με priority and emerging ρύπους. Σε λίγες μελέτες προσπάθησαν να συμπεριλάβουν μικρορύπους στην AKZ των συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων. Δεν πραγματοποιείται πλήρης AKZ (ούτε στην επεξεργασία λυμάτων αλλά ούτε στα χημικά), αλλά χημική ανάλυση 98 ρύπων που βρίσκονται στα λύματα. Οι εισροές και εκροές των λυμάτων που αναλύθηκαν είναι δείγματα από μια Ισπανική μονάδα επεξεργασίας λυμάτων που βρίσκεται στη Μεσογειακή ακτή. Η μελετώμενη μονάδα επεξεργασίας λυμάτων αυτή τη στιγμή απορρίπτει τις επεξεργασμένες εκροές στη θάλασσα. Η μελέτη αυτή εστιάζει στη δοκιμή μεθοδολογίας για την εκτίμηση των επιπτώσεων των λυμάτων σε διαφορετικά σενάρια. Για το λόγο αυτό δεν μελετάται μόνο η πιθανή επίπτωση των τωρινών εκροών στο θαλάσσιο περιβάλλον αλλά επίσης οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις στα οικοσυστήματα γλυκού νερού, τα εδαφικά οικοσυστήματα και στην ανθρώπινη υγεία από την απόρριψη λυμάτων σε ένα ποτάμι ή από την επαναχρησιμοποίηση σε αγροτικά εδάφη.

Οι συντελεστές χαρακτηρισμού έχουν υπολογιστεί με τη χρήση των μεθοδολογιών EDIP97 και USES-LCA για εκπομπή ουσιών σε γλυκό, θαλασσινό νερό και το έδαφος. Οι κατηγορίες επιπτώσεων κατατάσσονται στο δυναμικό οικοτοξικότητας του γλυκού νερού από την εκπομπή ουσιών στο γλυκό νερό, δυναμικό θαλάσσιας οικοτοξικότητας από ουσίες που απορρίπτονται στο θαλάσσιο

νερό, το δυναμικό εδαφικής οικοτοξικότητας και το δυναμικό ανθρώπινης τοξικότητας από εκπεμπόμενες ουσίες στο έδαφος.

Η εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων βρίσκεται στη νότια Ισπανία και συγκεκριμένα στην Αλμερία. Η μονάδα επεξεργάζεται αστικά λύματα που περιέχουν ουσίες από θερμοκήπια, πλαστικά από βιομηχανίες που επίσης σχετίζονται με τα θερμοκήπια και ουσίες από τοπικά νοσοκομεία. Τα εισερχόμενα λύματα υφίστανται φυσική πρωτοβάθμια επεξεργασία για την απομάκρυνση στερεών μεγάλου μεγέθους και λαδιών. Επίσης γίνεται πρωτοβάθμια καθίζηση σωματιδίων και ακολουθεί η δευτεροβάθμια επεξεργασία με ενεργό ίλη μετά την οποία το νερό απορρίπτεται στη θάλασσα.

Η εφαρμογή των συντελεστών χαρακτηρισμού είχε ως σκοπό τον υπολογισμό της μείωσης των πιθανών περιβαλλοντικών επιπτώσεων των επεξεργασμένων λυμάτων σε μια Ισπανική μονάδα επεξεργασίας λυμάτων και την αναγνώριση των ρύπων εκείνων που συμβάλουν στο σύνολο των επιπτώσεων. Η εφαρμογή χαρακτηρισμού μετά την επεξεργασία σε εκροές και εκροές οδηγεί σε ουσιαστική μείωση της οικοτοξικότητας και ανθρώπινης τοξικότητας (μεταξύ του 42% και 85% ανάλογα με την κατηγορία επίπτωσης). Αυτή η μείωση παρατηρείται είτε εάν τα λύματα απορρίπτονται σε υδάτινο αποδέκτη ή εάν χρησιμοποιηθούν για γεωργικούς σκοπούς. Η τοξικότητα για τις εισροές και εκροές σύμφωνα με τα μοντέλα προκαλείται κυρίως από τα φαρμακευτικά προϊόντα και προϊόντα προσωπικής φροντίδας και όχι από τους priority ρύπους, με εξαίρεση την οικοτοξικότητα στο θαλάσσιο νερό. Από τις 80 ενώσεις που βρέθηκαν στα δείγματα λυμάτων μόνο 16 είχαν σημαντική επίπτωση όπου 10 από αυτές ήταν από προϊόντα προσωπικής φροντίδας. Όταν το ποσοστό της μείωσης των επιπτώσεων των επεξεργασμένων εκροών ποσοτικοποιείται, τα μοντέλα οδηγούνε στην εδαφική οικοτοξικότητα. Επίσης η σύγκριση των εκροών και των επεξεργασμένων λυμάτων δείχνει ότι το 2^ο έχει μικρότερη περιβαλλοντική επίπτωση και ότι τα προϊόντα προσωπικής φροντίδας καθιστούνται σημαντικοί παράγοντες στα λύματα αυτά.

Αυτή η μελέτη περίπτωσης έδειξε πως οι συντελεστές χαρακτηρισμού της AKZ μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση των πιθανών περιβαλλοντικών επιπτώσεων των ρύπων στα λύματα σε διαφορετικά σενάρια.

Σε μια άλλη μελέτη ξεφεύγοντας από τα Ευρωπαϊκά όρια οι Zhang et. al. (2010) αξιοποιούνε την AKZ προκειμένου να φέρουν στο φως τα πλεονεκτήματα της διαχείρισης υγρών αποβλήτων και της επαναχρησιμοποίησης. Το υπό μελέτη έργο

βρίσκεται στην πόλη Xi' an στην Κίνα. Το έργο επεξεργασίας λυμάτων υλοποιήθηκε σε δυο επίπεδα το πρώτο είναι η δευτεροβάθμια επεξεργασία υγρών αποβλήτων και το δεύτερο είναι η μονάδα τριτοβάθμιας επεξεργασίας η οποία πρωτολειτούργησε το 1996 με την οποία ξεκίνησε και η τροφοδότηση με ανακυκλωμένο νερό για οικιακή και βιομηχανική χρήση το 2002. Στη δευτεροβάθμια επεξεργασία περιλαμβάνεται το σύστημα ενεργού ιλύος χρησιμοποιώντας δεξαμενές αερισμού και στη τριτοβάθμια επεξεργασία ακολουθείται συμβατική χημική πήξη (coagulation) και διήθηση άμμου. Αυτές οι διαδικασίες είναι σύνηθες για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων και επαναχρησιμοποίηση. Η AKZ που διεξήχθη στην μελέτη ακολούθησε τις αρχές του ISO και τις γενικές μεθόδους του Eco-Indicator 99. Για το χαρακτηρισμό και ποσοτικοποίηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων το μοντέλο SETAC και αναλυτικές διαδικασίες ιεραρχίας εφαρμόστηκαν. Όσον αφορά τα όρια του συστήματος ορίστηκαν η δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια επεξεργασία παρόλο που οι δυο αυτές επεξεργασίες έχουν μια συνέχεια στη λειτουργία τους δεν προστέθηκαν υπό συστήματα μεταξύ τους με σκοπό την αποφυγή δυσκολιών στην διαδικασία της AKZ.

Ακολουθώντας τον ορισμό σκοπού και στόχου σύμφωνα με το ISO14041 η ανάλυση απογραφής δεδομένων έγινε κυρίως για τα υλικά, κατανάλωση ενέργειας (για 20 χρόνια) κατά την κατασκευή, λειτουργία και κατεδάφιση της μονάδας. Η μονάδα μέτρησης ενέργειας ήταν το kj και η κατανάλωση υλικών μετρήθηκε σύμφωνα με την ποσότητα τους και μετά μετατράπηκε στο μέγεθος ενέργειας που καταναλώθηκε για την παραγωγή των υλικών. Η κύρια βάση δεδομένων για την κατασκευή υλικών και κατανάλωση ενέργειας ήταν κινέζικα στατιστικά από ετήσια ενημερωτικά έγγραφα.

Ως αποτέλεσμα της ανάλυσης AKZ η κατανάλωση ενέργειας για τη δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια επεξεργασία λυμάτων έχει υπολογιστεί. Για τη δευτεροβάθμια επεξεργασία από τα $1,5 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{d}$ το σύνολο ενέργειας που καταναλώθηκε στον κύκλο ζωής υπολογίστηκε ως $2065,28 \times 10^9 \text{ kj}$. Η διαίρεση στις φάσεις κατασκευής, λειτουργίας και κατεδάφισης είναι $246,87 \times 10^9 \text{ kj}$ (12,8%), $1777,03 \times 10^9 \text{ kj}$ (86,0%) και $41,38 \times 10^9$ (1,2%) αντιστοίχως. Συγκρίνοντας με αυτό, το σύνολο κατανάλωσης ενέργειας στον κύκλο ζωής της τριτογενούς επεξεργασίας για τα $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ήταν $1042,82 \times 10^9 \text{ kj}$ με κατανομή σε τρία στάδια, $42,01 \times 10^9 \text{ kj}$ (4,0%), $990,86 \times 10^9$ (95%) και $9,95 \times 10^9 \text{ kj}$ (1,0%) αντιστοίχως. Για την επεξεργασία λυμάτων, μεγαλύτερα ποσοστά ενέργειας θα καταναλωθούν στη

διάρκεια κύκλου ζωής κατά τη φάση λειτουργίας (20 χρόνια στην περίπτωση αυτή) παρά στις φάσεις κατασκευής και κατεδάφισης. Η λειτουργία της τριτοβάθμιας επεξεργασίας θα είναι περισσότερο ενεργοβόρα απ' ό,τι η δευτεροβάθμια επεξεργασία είτε από την πλευρά ποσοστού κατανάλωσης ενέργειας (95% vs. 86%) ή από την πλευρά της κατανάλωσης ενέργειας της μονάδας σε όλο το κύκλο ζωής ($19,82 \times 10^6$ kJ ανά m^3/d vs. $11,85 \times 10^6$ kJ ανά m^3/d).

Το όφελος στο κύκλο ζωής από την επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων της τριτοβάθμιας επεξεργασίας έχει υπολογιστεί. Το όφελος από τη μείωση των υγρών απορροών από τη δευτεροβάθμια επεξεργασία αξιολογήθηκε ως $74,2 \times 10^9$ kJ λαμβάνοντας υπόψη ένα μέσο όρο εκροής BOD5 της συγκέντρωσης των 20 mg/l, ημερήσια μείωση των εκροών $5 \times 10^4 m^3/d$, σε κύκλο ζωής 20 χρόνια και μέση εξοικονόμηση ενέργειας των 10,286 kJ/kg BOD5. Συγκρίνοντας με αυτό, περισσότερο κέρδος θα υπήρχε από τη εξοικονόμηση ίσου όγκου νερού βρύσης όπου διαφορετικά θα το χρησιμοποιούσανε για τον ίδιο σκοπό. Το υπολογιζόμενο όφελος στο κύκλο ζωής από την εξοικονόμηση νερού είναι $1598,4 \times 10^9$ kJ. Κάνοντας μια σύγκριση καταλαβαίνουμε ότι το συνολικό όφελος ενέργειας σε όλο τον κύκλο ζωής από την επαναχρησιμοποίηση των υγρών απορροών της τριτογενούς επεξεργασίας είναι πολύ υψηλότερο από την κατανάλωση ενέργειας στον κύκλο ζωής της τριτοβάθμιας επεξεργασίας που αντιστοιχεί στα $1042,82 \times 10^9$ kJ. Αυτό αποδεικνύει ότι η εφαρμογή της τριτοβάθμιας επεξεργασίας είναι αποτελεσματική. Εάν επίσης υπολογίσουμε την κατανάλωση ενέργειας για τη δευτερογενή επεξεργασία λυμάτων, μια σύγκριση μπορεί να γίνει αναφορικά με το όφελος στον κύκλο ζωής κατανάλωσης για την επεξεργασία και επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων ανά m^3/d . Μπορεί να δει κανείς ότι η διαφορά μεταξύ της μοναδιαίας ωφέλειας στο κύκλο ζωής και του συνόλου των μονάδων κατανάλωσης στον κύκλο ζωής για τη δευτερογενή και τριτογενή επεξεργασία είναι πολύ μικρή, υποδεικνύουν ότι το όφελος που κερδίζεται περίπου αντισταθμίζει το σύνολο της κατανάλωσης της δευτερογενούς επεξεργασίας και της παραγωγής επαναχρησιμοποιήσιμου επεξεργασμένου νερού. Τα συστήματα επεξεργασίας λυμάτων έχουν καθοριστικό ρόλο σε μια ΑΚΖ όσον αφορά τα αποτελέσματα.

Σε μια άλλη μελέτη οι Tillman et. al. (1998) απαντούν σε ερωτήματα όπως ποιες θα ήταν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την αλλαγή συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων στο Hamburgsund ένα παράκτιο χωρίο με περίπου 900 κάτοικους όλο το έτος και στο Bergsjon ένα προάστιο του Goteborg στη Σουηδία με

12,600 κατοίκους. Τα υφιστάμενα συστήματα λυμάτων αποτελούνται από κεντρικά συστήματα επεξεργασίας λυμάτων περιλαμβάνοντας μηχανική, βιολογική και χημική επεξεργασία. Η θερμότητα των λυμάτων στο Bergsjon ανακτάται για το κεντρικό σύστημα θέρμανσης.

Η AKZ στη μελέτη αυτή είναι μέρος ενός μεγαλύτερου έργου με τίτλο ECO-GUIDE που ως στόχο έχει την ανάπτυξη και εφαρμογή περιβαλλοντικής ανάλυσης. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν για τη διεκπεραίωση της μελέτης ήταν η AKZ, Ανάλυση Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων και για το τελευταίο μέρος της μελέτης χρησιμοποιήθηκαν μεθοδολογικές συγκρίσεις βασισμένες σε μελέτες περιπτώσεων που εκτελέστηκαν. Ως λειτουργική μονάδα χρησιμοποιήθηκε η επεξεργασία των λυμάτων από ένα ισοδύναμο άτομο κατά τη διάρκεια ενός έτους. Ο χρονικός ορίζοντας είναι μερικές δεκαετίες από τη στιγμή που η μελέτη έχει να κάνει με μακρόβια στοιχεία.

Μια παραδοχή για το Goteborg είναι ότι από τη στιγμή που το κεντρικό σύστημα επεξεργασίας λυμάτων επεξεργάζεται όλους τους τύπους λυμάτων (βιομηχανικά, όμβρια ύδατα), τα περιβαλλοντικά φορτία που αποδίδονται στα οικιακά λύματα υπολογίστηκαν με βάση τα δεδομένα της μονάδας επεξεργασίας και τα δεδομένα σύμφωνα με τη σύνθεση των λυμάτων προερχόμενα από τα νοικοκυριά.

Τα συμπεράσματα δείχνουν ότι οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τις επενδύσεις στα συστήματα ήταν σε μεγάλο βαθμό συνδεδεμένες με την κατανάλωση ορυκτών καυσίμων. Η ενέργεια για λειτουργία του κεντρικού συστήματος περιελάμβανε κυρίως ηλεκτρισμό για άντληση και επεξεργασία λυμάτων. Η κατανάλωση ηλεκτρισμού μειώθηκε με την αύξηση των εκτάσεων των τοπικών επεξεργασιών και διαχωρισμό των πηγών αλλά αντικαταστήθηκε εν μέρει από την κατανάλωση ορυκτών καυσίμων για την μεταφορά. Η σύγκριση μεταξύ επενδύσεως και λειτουργίας έδειξε ότι για παραμέτρους που περιέγραφαν τις εκπομπές προς τα ύδατα και την κατανάλωση ενέργειας, η επίπτωση της λειτουργίας ήταν μεγαλύτερη από ότι της επενδύσεως.

Στα εκτεταμένα συστήματα ο διαχωρισμός ουρίας βρέθηκε να είναι προτιμότερος με επεξεργασία σε κλίνη με φίλτρα άμμου (sand filter beds), η οποία με τη σειρά της βρέθηκε να είναι προτιμότερη απ' ότι στο υφιστάμενο σύστημα. Μπορούμε επίσης να συμπεράνουμε ότι μπορεί να υπάρξει μεγάλη βελτίωση δυνατοτήτων στο υπάρχον σύστημα, π.χ. διαμέσου ανάκτησης της λάσπης από στη γεωργία.

Στο Bergson, η εικόνα ήτανε περιπλοκότερη. Εξετάζοντας τις εκπομπές στα ύδατα, είναι ξεκάθαρο ότι ο διαχωρισμός ουρίας είναι μια αποτελεσματική μέθοδος μείωσης της απόρριψης αμμωνίας στα ύδατα. Όσον αφορά την κατανάλωση πόρων, το υπάρχον σύστημα είναι μικτός προμηθευτής ενέργειας και το εναλλακτικό filter bed καταναλώνει το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας. Η ανακύκλωση φωσφόρου είναι υψηλή και για τα τρία εναλλακτικά σενάρια, παρόλο που ο διαχωρισμός ουρίας ως εναλλακτική μέθοδος είναι ελαφρώς καλύτερη από τις άλλες. Οι εκπομπές στην ατμόσφαιρα είναι υψηλότερες για το υπάρχον σύστημα.

Οι εκπομπές διοξειδίου ευνοούν ξεκάθαρα την 2^η εναλλακτική (διαχωρισμός ουρίας) παρά την 1^η εναλλακτική (filter beds) η οποία ευνοείται από το υπάρχον σύστημα. Όσον αφορά τις εκπομπές αμμωνίας στα ύδατα, ο διαχωρισμός ουρίας ως εναλλακτική είναι προτιμότερη παρά τη κλίνη με φίλτρα άμμου (sand filter beds). Περιληπτικά, η εναλλακτική μέθοδος διαχωρισμού ουρίας δείχνει την ελάχιστη περιβαλλοντική επίπτωση για όλες τις παραμέτρους που επισημάνθηκαν από την ανάλυση επιπτώσεων, με εξαίρεση την κατανάλωση ορυκτών καυσίμων και απελευθέρωση του φωσφόρου.

Οι εναλλακτικές περιπτώσεις ιεραρχήθηκαν χρησιμοποιώντας αυτές τις προϋποθέσεις και υποκειμενικές εκτιμήσεις ότι οι εκπομπές διοξειδίου θεωρήθηκαν σημαντικότερες από την μείωση των φυσικών πόρων και οι απορρίψεις στα ύδατα θεωρήθηκαν σημαντικότερες από τις εκπομπές στην ατμόσφαιρα για τα συστήματα επεξεργασίας λυμάτων. Για αυτούς τους λόγους, ο διαχωρισμός ουρίας καθορίστηκε ως προτιμότερη μέθοδος από την υπάρχουσα εναλλακτική όπου με τη σειρά της ήταν προτιμότερη σε τοπική επεξεργασία στα filter beds.

Μια καινοτόμα μελέτη από τους Munoz et. al. (2006) αξιοποιεί την AKZ για συγκριτικούς σκοπούς σε δυο ηλιακές προηγμένες διεργασίες οξείδωσης συνδεδεμένες με βιολογική επεξεργασία. Ονομαστικά Ετερογενής Φωτοκαταλυτική Οξείδωση και Ομογενής Φωτοκαταλυτική Οξείδωση (photo-Fenton). Σκοπός της μελέτης είναι η σύγκριση των δυο τεχνολογιών με την εφαρμογή τους σε πιλοτικές μονάδες όπου ως κύρια ουσία που χρησιμοποιείται είναι η α-methyl-phenylglycine (MPG). Η εφαρμογή των Προχωρημένων Οξειδωτικών Μεθόδων Αντιρρύπανσης αποσκοπεί στην εξεύρεση της περιβαλλοντικά προτιμότερης μεθόδου επεξεργασίας βιομηχανικών λυμάτων που περιέχουν μη-βιοαποικοδομήσιμες επικίνδυνες ουσίες. Οι δυο πιλοτικές μονάδες βρίσκονται στην Πορτογαλία και Ισπανία. Και οι δυο μονάδες περιλαμβάνουν σύνθετους παραβολικούς συλλέκτες (4,16 τ.μ υπαίθριας περιοχής)

που είναι εκτεθειμένοι σε ηλιακή ακτινοβολία, μια δεξαμενή, αντλία ανακυκλοφορίας και συνδετικές σωληνώσεις. Η συγκριτική βάση των δυο εναλλακτικών μεθόδων είναι η λειτουργική μονάδα, που επιλέχθηκε να είναι 1 κ.μ συνθετικού διαλύματος MPG (500 mg/L) προκειμένου να καταστραφούν μη βιοαποικοδομήσιμες ή τοξικές ενώσεις ώστε να επιτευχθεί κατάλληλη ποιότητα εκροών για απόρριψη σε υδατικά οικοσυστήματα. Παρόλο που η εκτίμηση βασίζεται σε πειραματικά δεδομένα που αποκτήθηκαν από τις πιλοτικές μονάδες η μοντελοποίηση του συστήματος μέσω της AKZ περιλαμβάνει μια βιομηχανική μονάδα. Οι σημαντικότερες υποθέσεις για αυτή τη μονάδα είναι η τοποθεσία στην Αλμερία (Ισπανία), που δέχεται 18,6 W/m² μέση ετήσια συνολική UV ακτινοβολία από τη ανατολή μέχρι τη δύση του ηλίου. Η δυνατότητα επεξεργασίας τέθηκε στα 2500 κ.μ/έτος MPG εκροών. Η μονάδα λειτουργεί 12 ώρες / ημερησίως όλο το χρόνο, υποθέτουμε διάρκεια ζωής 15 ετών και ότι το διοξείδιο του τιτανίου επαναχρησιμοποιείται 10 φορές σε κλειστό κύκλο. Οι κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων περιλαμβάνουν το δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη, καταστροφή του στρατοσφαιρικού όζοντος, δυναμικό ανθρώπινης τοξικότητας, υδατική τοξικότητα, δυναμικό σχηματισμού φωτοχημικού νέφους, οξίνιση, ευτροφισμός κατανάλωση μη ανανεώσιμων φυσικών πόρων και χρήση γης. Τα μοντέλα χαρακτηρισμού που χρησιμοποιήθηκαν έχουν προταθεί από το Κέντρο Περιβαλλοντικών Επιστημών του Leiden.

Τα πειραματικά αποτελέσματα από την πιλοτική μονάδα δείχνουν ότι το ηλιακό photo-Fenton είναι ικανό να παρέχει βιοαποικοδομήσιμες εκροές πολύ πιο γρήγορα απ' ό,τι η ετερογενής φωτοκαταλυτική οξείδωση συμπεραίνοντας ότι η τελευταία θα χρειαζόταν μια πολύ μεγαλύτερη επιφάνεια για ηλιακό συλλέκτη σε μια βιομηχανική εφαρμογή. Τα αποτελέσματα της AKZ δείχνουν ότι μια βιομηχανική μονάδα επεξεργασίας βασισμένη σε ετερογενής φωτοκατάλυση εμπερικλείει μεγαλύτερη περιβαλλοντική επίπτωση από την εναλλακτική photo-Fenton, η οποία έχει 80-90% χαμηλότερα ποσοστά στις περισσότερες κατηγορίες επιπτώσεων. Τα αποτελέσματα αυτά οφείλονται κυρίως στο μεγάλο μέγεθος έκτασης που χρειάζεται ο ηλιακός συλλέκτης στη μονάδα.

Η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας στην επεξεργασία αστικών λυμάτων μελετήθηκε και από τους Αντωνιάδη κ.α. (2006) στο πλαίσιο αναζήτησης εναλλακτικών μεθόδων στις ήδη υπάρχουσες και φιλικών προς το περιβάλλον τεχνολογίες μπορεί να ενταχθεί και το αυξανόμενο ενδιαφέρον για τη χρησιμοποίηση των Προχωρημένων Οξειδωτικών Μεθόδων Αντιρρύπανσης (ΠΟΜΑ) η ομογενής ή

ετερογενής φωτοκατάλυση. Στα πλαίσια της εργασίας γίνεται η παρουσίαση και η προκαταρκτική αξιολόγηση ενός καινοτόμου φωτοκαταλυτικού αντιδραστήρα 15 Lt, ο οποίος κατασκευάστηκε στο Εργαστήριο Φυσικής Χημείας του Τμήματος Χημείας του Α.Π.Θ. και είναι σε θέση να λειτουργήσει τόσο παρουσία τεχνητού, όσο και φυσικού (ηλιακού) φωτισμού. Χρησιμοποιώντας προσομοιωμένο αστικό λύμα και επιλεγμένες χρωστικές ουσίες οι οποίες έχουν ανιχνευθεί σε αστικά λύματα, έγινε η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας του αντιδραστήρα σε σχέση με τον αποχρωματισμό και τη μείωση του οργανικού φορτίου των λυμάτων. Επιπλέον έγινε και μία συγκριτική μελέτη της απόδοσης του αντιδραστήρα παρουσία ηλιακού και τεχνητού φωτισμού. Με την εφαρμογή της φωτοκαταλυτικής οξείδωσης στο προσομοιωμένο αστικό λύμα καταλήγουν ότι είναι εφικτή και ιδιαίτερα αποτελεσματική, αφού φτάνει στο ποσοστό μείωσης του οργανικού φορτίου του 80%. Ιδιαίτερα σημαντικό είναι το γεγονός ότι μπορεί να αξιοποιηθεί ηλιακός φωτισμός αντί τεχνητού, κάνοντας εφικτή τη χρήση ανανεώσιμων μορφών ενέργειας, μειώνοντας δραστικά και το κόστος επεξεργασίας. Ταυτόχρονα με την οξείδωση του προσομοιωμένου λύματος εφικτή είναι και η καταστροφή των μη-βιοαποικοδομήσιμων ουσιών, όπως χρωστικών ουσιών, που είναι δυνατό να υπάρχουν σε αυτό, παρουσία τόσο τεχνητού, όσο και ηλιακού φωτισμού. Η ένταση της προσπίπτουσας υπεριώδους ακτινοβολίας επιδρά σημαντικά στην ικανότητα οξείδωσης των φωτοκαταλυτικών μεθόδων. Η επίδραση αυτή είναι μεγαλύτερη στη περίπτωση της ομογενούς φωτοκατάλυσης. Παρόλα αυτά, η χρησιμοποίηση ηλιακού φωτισμού αυξάνει την φωτοκαταλυτική ικανότητα διάσπασης σε σχέση με τη χρησιμοποίηση τεχνητού φωτισμού παρόμοιας έντασης.

Σε μια άλλη μελέτη έμφαση δίνεται από τους συγγραφείς του άρθρου στην τριτοβάθμια επεξεργασία που λαμβάνει μέρος σε μια εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων. Έτσι μέσω της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (AKZ) γίνεται η εκτίμηση για διαφορετικές επεξεργασίες απολύμανσης όπως η χλωρίωση με υπεριώδους ακτινοβολία (UV), ο οζονισμός και ο οζονισμός με υπεροξείδιο του οξυγόνου. Επίσης η AKZ στοχεύει στην αποτίμηση των περιβαλλοντικών πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων από την επαναχρησιμοποίηση αστικών υγρών αποβλήτων σε μη πόσιμες εφαρμογές. Για την επίτευξη του στόχου αυτού το μέτρο σύγκρισης για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις ήταν 1 κ.μ νερού προερχόμενο από ανακυκλωμένο, πόσιμο νερό και νερό από αφαλάτωση το οποίο δεν προοριζόταν για πόσιμη χρήση . (Meneses et. al., 2010).

Η εγκατάσταση επεξεργασίας αστικών υγρών αποβλήτων (με τριτοβάθμια επεξεργασία) βρίσκεται σε ένα τουριστικό χωρίο στη Μεσογειακή ακτή της Ισπανίας. Η εγκατάσταση εξυπηρετεί περίπου 5700 κάτοικους αριθμός ο οποίος τριπλασιάζεται το καλοκαίρι λόγω του τουρισμού. Το 2008 στην εγκατάσταση επεξεργάζονταν περίπου 2347 κ.μ ημερησίως⁻¹ (856 655 κ.μ ετησίως⁻¹) αστικών υγρών αποβλήτων και νερό βροχής. Η επεξεργασία καταλήγει σε δυο γραμμές παραγωγής: νερού και λάσπης. Περίπου 256 κ.μ⁻¹ (93 618 κ.μ ετησίως⁻¹) ανακυκλωμένου νερού παράγονται. Μέσα στα όρια του συστήματος λήφθηκε μόνο η λειτουργία της τριτοβάθμιας επεξεργασίας. Οι παραδοσιακές πρωτοβάθμιες και δευτεροβάθμιες διεργασίες απαιτούνται για τη μείωση των επιπτώσεων της απόρριψης κατάλοιπων νερού στα υδάτινα συστήματα.

Σε αυτή την μελέτη η μεθοδολογία CML2000 χρησιμοποιήθηκε η οποία δίνει ξεχωριστές βαθμολογίες για κάθε περιβαλλοντική επίπτωση. Τα δεδομένα συλλέχθηκαν από παγκόσμιες αναφορές, από την υπό μελέτη εγκατάσταση και μερικά στοιχεία ήταν από προηγούμενες μελέτες. Όλα τα δεδομένα για ενέργεια και ροές υλικών σχετίστηκαν με τα δεδομένα απογραφής από τη βάση δεδομένων ecoinvent v2.1. Τα δεδομένα αυτά προσαρμόστηκαν στο Ισπανικό μοντέλο ενέργειας και το Ευρωπαϊκό μοντέλο μεταφορών και υδάτων.

Οι κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων όπου μελετήθηκαν είναι: η οξίνιση, παγκόσμια υπερθέρμανση του πλανήτη, ευτροφισμός, φωτοχημική οξείδωση, εξάντληση αβιοτικών πόρων, μείωση της στοιβάδας του όζοντος. Δυο πρόσθετοι περιβαλλοντικοί δείκτες χρησιμοποιήθηκαν: χρήση πόσιμου νερού (κ.μ) και συνολική ζήτηση ενέργειας (Mj).

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι λόγω των διαφορών στη συνολική κατανάλωση ηλεκτρισμού, η επεξεργασία απολύμανσης που εφαρμόστηκε στην εξεταζόμενη μονάδα (χλωρίωση με υπεριώδης UV απολύμανση) έχει μικρότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις από ότι οι επιλογές οζονισμού σε όλες τις εξεταζόμενες κατηγορίες περιβάλλοντος, εκτός της φωτοχημική οξείδωση όπου η επίπτωση είναι παρόμοια. Διαφορές ανάμεσα στον οζονισμό και τον οζονισμό με υπεροξείδιο οξυγόνου είναι ελάχιστες. Μικρές παραλλαγές σε κάθε επεξεργασία (δόση αντιδραστηρίου, η ανάγκη για ενδιάμεση άντληση, ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της μονάδας κ.λπ.) μπορούν να βελτιώσουν το περιβαλλοντικό προφίλ της οποιασδήποτε επεξεργασίας, παρόλο που θα έπρεπε να ειπωθεί ότι η χλωρίωση με την UV ακτινοβολία είναι η καλύτερη υπό περιβαλλοντικού όρους.

Σημαντικό επίσης είναι να αναφερθεί ότι τα αποτελέσματα για το περιβαλλοντικό προφίλ παραγωγής 1κ.μ νερού για μη πόσιμες χρήσεις έχουν ως εξής: Στις γεωργικές εφαρμογές η χρήση ανακυκλωμένου νερού είναι η φιλικότερη περιβαλλοντικά επιλογή διότι μειώνει τις απαιτήσεις για λιπάσματα. Η περιεκτικότητα του ανακυκλωμένου νερού σε άζωτο (15.6 ppm) αντικαθιστά μια σημαντική ποσότητα λιπάσματος που χρειάζεται στη γεωργία, επίσης αποφεύγεται η παραγωγή του λιπάσματος (νιτρική αμμωνία σε αυτήν την περίπτωση) και η σχετιζόμενη κατανάλωση ενέργειας και περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Στις αστικές εφαρμογές η παραγωγή ανακυκλωμένου νερού και πόσιμου νερού έχει παρόμοιο περιβαλλοντικό προφίλ, ενώ το νερό από την αφαλάτωση έχει τη μεγαλύτερη περιβαλλοντική επίπτωση. Η σημαντικότερη διαφορά μεταξύ τους είναι η εξοικονόμηση γλυκού νερού. Σε αυτή την περίπτωση, η παραγωγή 1 κ.μ πόσιμου νερού οδηγεί στην κατανάλωση περισσότερο από 1 κ.μ γλυκού νερού, ενώ το ανακυκλωμένο ή αφαλατωμένο νερό έχουν μηδαμινή κατανάλωση γλυκού νερού. (2.40E-03 και 3.66E-02 κ.μ αντίστοιχα). Αυτή η πλευρά σχετίζεται κυρίως με περιοχές με λειψυδρία, όπως η Ισπανία.

Η σύγκριση διαφορετικών τεχνολογικών επεξεργασιών απολύμανσης (χλωρίωση με UV επεξεργασία, οζονισμός και οζονισμό με υπεροξειδίο του υδρογόνου εμφανίζουν παρόμοια περιβαλλοντικά προφίλ για τις επιλογές που αναλύθηκαν, με την ίδια σειρά σημασίας σε όλους τους δείκτες που υπολογίσθηκαν, παρόλο που η χλωρίωση με τη UV επεξεργασία απολύμανσης έχει τη μικρότερη περιβαλλοντική επίπτωση. Οι τοπικές συνθήκες, τα οικονομικά, τεχνολογικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης και οι απαιτήσεις ποιότητας (οι οποίες σχετίζονται με την τελική εφαρμογή του νερού) θα επηρεάσουν το ποιες επιλογές θα προτιμηθούν. Θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι η μέθοδος οζονισμού είναι πειραματική και η μέθοδος επεξεργασίας απολύμανσης με UV ανταποκρίνεται σε παρούσα εγκατάσταση υπό λειτουργία. Τα ποιοτικά δεδομένα είναι επίσης διαφορετικά και τα αποτελέσματα δεν πρέπει να γενικεύονται.

Η τριτοβάθμια επεξεργασία σε μια μονάδα επεξεργασίας λυμάτων και η παραδοσιακή επεξεργασία λυμάτων για παραγωγή πόσιμου νερού έχουν παρόμοια περιβαλλοντικά προφίλ. Η πρώτη επεξεργασία χρησιμοποιεί απόβλητα τα οποία υπό άλλες συνθήκες θα απορρίπτονταν στο περιβάλλον. Η δεύτερη καταναλώνει μια πολύτιμη πηγή (γλυκό νερό) για να εξασφαλίσει ένα πολύτιμο προϊόν (πόσιμο νερό) το οποίο θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί για πόσιμους σκοπούς μόνο. Όταν συγκρίνεται

με αφαλατωμένο νερό, είναι ξεκάθαρο ότι το ανακυκλωμένο νερό είναι η καλύτερη επιλογή για εφαρμογές μη-πόσιμου νερού, λόγω της υψηλής κατανάλωσης (και επίσης λόγω της υψηλής περιβαλλοντικής επίπτωσης και λειτουργικού κόστους) του σταθμού αφαλάτωσης. Σε περιοχές με λειψυδρία όπου πόσιμο νερό προμηθεύεται από τους σταθμούς αφαλάτωσης, η χρήση του νερού αυτού που δεν προορίζεται ως πόσιμο δεν θα πρέπει να επιτρέπεται να αντικαθίσταται από άλλες μη-πόσιμες πηγές νερού ως ανακυκλωμένο νερό. Η χρήση του ανακυκλωμένου (μη-πόσιμου) νερού για γεωργικές και αστικές εφαρμογές δείχνει τα πλεονεκτήματα της ενσωμάτωσης τριτοβάθμιας επεξεργασίας σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων με σκοπό να παραχθεί ένα χρήσιμο προϊόν το οποίο μπορεί να αντικαταστήσει πόσιμο και αφαλατωμένο νερό, ιδιαίτερα σε περιοχές που αντιμετωπίζουν πρόβλημα λειψυδρίας. Η άρδευση υπαίθριων χώρων (landscape) παρουσιάζει ένα πρόσθετο πλεονέκτημα δημιουργώντας την πιθανότητα για τη δημιουργία ενός οικοσυστήματος που διαφορετικά δεν θα υπήρχε, όπου για παράδειγμα, ζώα και φυτά μπορούν να ενδημήσουν (inhabit) σε περιοχές που υποφέρουν από λειψυδρία.

Σύμφωνα με την ανάλυση ευαισθησίας εποχιακής μεταβλητότητας, οι προϋποθέσεις για τη χειμερινή επεξεργασία των λυμάτων που φθάνουν στη μονάδα πάντα παρουσιάζουν μια περιβαλλοντική βελτίωση σε σχέση με το μέσο όρο των προϋποθέσεων. Λόγω των ποιοτικών διαφορών, τα λύματα που συλλέγονται το χειμώνα απαιτούν μικρότερες ποσότητες αντιδραστηρίων κατά την τριτοβάθμια επεξεργασία προκειμένου να υπάρχει συμμόρφωση με νομοθετικές προδιαγραφές από ότι τα λύματα που συλλέγονται το καλοκαίρι. Οι συνήθειες των κατοίκων έχουν μεγάλη επίπτωση στη σύνθεση των λυμάτων. Παρόλο που η περιβαλλοντική επίπτωση της τριτογενούς επεξεργασίας αυξάνεται το καλοκαίρι, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι μεγαλύτερες ποσότητες νερού απαιτούνται αυτή την περίοδο για χρήσεις μη-πόσιμου νερού λόγω έλλειψης βροχοπτώσεων και της έντασης στην άρδευση γεωργικών εκτάσεων στην εξεταζόμενη περιοχή. Επίσης, το καλοκαίρι λόγω της αύξησης του ποσοστού του πληθυσμού, το ποσό των λυμάτων αυξάνεται.

Η μεταβλητότητα στην περιεχόμενη ποσότητα αζώτου επηρεάζει έντονα το δείκτη ευτροφισμού (37%) και άμεσα επηρεάζει το ποσό των λιπασμάτων που μπορούν να αντικατασταθούν στις γεωργικές εφαρμογές.

Η μελέτη αυτή χρησιμοποίησε πρόσφατα δεδομένα λειτουργίας από μια μονάδα επεξεργασίας λυμάτων και δεν έλαβε υπόψη τοπικά χαρακτηριστικά

(άντληση, κλπ) επομένως, τα αποτελέσματα μπορούν να εφαρμοσθούν σε οποιοδήποτε άλλη μονάδα με παρόμοια τεχνολογία.

Η λυματολάσπη ως παραγόμενο προϊόν της επεξεργασίας λυμάτων έχει τη δικιά της βαρύτητα στην Ανάλυση Κύκλου Ζωής μιας εγκατάστασης επεξεργασίας. Έτσι πολλοί συγγραφείς ασχολήθηκαν με την ΑΚΖ της λυματολάσπης.

Η επεξεργασία της αστικής ιλύος (λυματολάσπης) είναι ένα ευαίσθητο περιβαλλοντικό πρόβλημα ιδιαίτερα όσον αφορά την κατανάλωση ενέργειας και τους ρύπους. Η τύχη της λυματολάσπης θα συνεχίσει να είναι μια πρόκληση για όσο χρονικό διάστημα οι ποσότητες αυξάνονται (Houillon et. al., 2005).

Στη μελέτη των Suh et. al. (2001) η ΑΚΖ έγινε με σκοπό να συγκριθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις πέντε εναλλακτικών σεναρίων επεξεργασίας λυματολάσπης μέσα στο Ευρωπαϊκό πλαίσιο. Τα σενάρια είχαν από μία κύρια επεξεργασία (αποτέφρωση, διασπορά ή υγειονομική ταφή) μια διαδικασία σταθεροποίησης (σταθεροποίηση με ασβέστη, κομποστοποίηση, αναερόβια χώνευση) και τη μεταφορά της λάσπης. Μετά από τη πάχυνση και απονέρωση οι επεξεργασίες διαφοροποιούνται. Στο πρώτο σενάριο έχουμε αποθήκευση σε σιλό, αποτέφρωση, μεταφορά και υγειονομική ταφή. Στο 2^ο ακολούθως έχουμε σταθεροποίηση ιλύος με άσβεστο, μεταφορά, υγειονομική ταφή. Στο 3^ο σενάριο σταθεροποίηση ιλύος με άσβεστο, μεταφορά, αποθήκευση σε σιλό, υγειονομική ταφή. Στο 4^ο σενάριο κομποστοποίηση, μεταφορά, αποθήκευση σε σιλό, διασπορά της ιλύος και τέλος στο 5^ο σενάριο αναερόβια χώνευση, μεταφορά, αποθήκευση σε σιλό και διασπορά της ιλύος. Για την διεκπεραίωση της μελέτης χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από βιβλιογραφία, πραγματικά δεδομένα και άθροισμα δεδομένων.

Σκοπός της μελέτης είναι να εκτιμηθεί η κατανάλωση πόρων, η εκπομπή ρύπων και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των εναλλακτικών σεναρίων διαχείρισης λάσπης κατά τη λειτουργική τους περίοδο μέσα στο Ευρωπαϊκό Πλαίσιο. Ως λειτουργική μονάδα καθορίστηκε 1 τόνος ξηρής μεικτής ιλύος (λυματολάσπης) από μια αστική εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων στη Γαλλία. Τα συστήματα επεξεργασίας λάσπης γενικά ακολουθούν τα εξής βήματα: πάχυνση, απονέρωση, σταθεροποίηση και την κύρια επεξεργασία (αποτέφρωση, διασπορά ή υγειονομική ταφή).

Στην απογραφή δεδομένων αρχικά καθορίστηκε η ισορροπία μεταξύ ενέργειας-υλικών για κάθε μονάδα επεξεργασίας βασισμένη σε 1 τόνο ξηρής μάζας εισροών της λάσπης. Στη συνέχεια δημιουργήθηκαν τα σενάρια βασισμένα επίσης

στη λειτουργική μονάδα. Οι κατηγορίες επιπτώσεων που μελετήθηκαν για τα διάφορα εναλλακτικά σενάρια ήταν η μείωση αβιοτικών πόρων, κλιματική αλλαγή, επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, υδάτινη τοξικότητα εδαφική τοξικότητα, οξινισμός, ευτροφισμός, φωτοχημικό νέφος. Το πρόγραμμα το οποίο χρησιμοποιήθηκε για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τα διάφορα σενάρια ήταν το SETAC/CML.

Το σενάριο το οποίο συνέβαλε περισσότερο στην εξάντληση των πόρων ήταν το 3^ο σενάριο όπου οι μεγαλύτερες ποσότητες πετρελαίου καταναλώνονται για τη μεταφορά του μεγαλύτερου μέρους της λάσπης στα αγροτικά εδάφη. Τα σενάρια 1 και 2 τα οποία περιλαμβάνουν την αποτέφρωση και την υγειονομική ταφή ως κύρια μέθοδο, κατ' ακολουθία συντελούν περισσότερο στην αλλαγή του κλίματος λόγω των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και του μεθανίου. Ιδιαίτερα, ενδιαφέρον ήταν ότι το μεθάνιο που προέρχεται από αέριες εκπομπές που δεν συλλέχθηκαν κατά την υγειονομική ταφή, ήτανε πιο σημαντικό από την εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα προερχόμενο από την υγειονομική ταφή.

Τα βαρέα μέταλλα ήταν οι ουσίες όπου ασφαλώς επηρέαζαν την ανθρώπινη υγεία και οικοτοξικότητα εξαιτίας των υψηλών τιμών του παράγοντα χαρακτηρισμού. Το 1^ο σενάριο με τη χρήση αποτέφρωσης είχε τη μεγαλύτερη συμβολή στην ανθρώπινη τοξικότητα λόγω του καδμίου στις αέριες εκπομπές. Τα βαρέα μέταλλα από τις ατμοσφαιρικές εκροές είχαν μεγαλύτερη βαρύτητα από αυτά των υγρών και εδαφικών εκροών διότι υπάρχει μεγαλύτερη πιθανότητα να υπάρξει άμεση επαφή με τους ανθρώπους. Τα βαρέα μέταλλα από τη λάσπη που εφαρμόζεται στα αγροτικά εδάφη στα σενάρια 3,4 και 5 έχουν βαρυσήμαντη συμβολή στην υδατική τοξικότητα του γλυκού νερού. Το θειικό οξύ από την εκροή αερίου στην αποτέφρωση συνέβαλε περισσότερο στην οξίνιση. Οι πτητικές οργανικές ενώσεις (VOC) από την καύση του πετρελαίου στο 3^ο σενάριο είχαν τη μεγαλύτερη συνεισφορά στο σχηματισμό φωτοχημικής οξειδωσης. Η υγειονομική ταφή (landfill) στο 2^ο σενάριο είχε τη μεγαλύτερη συμβολή στον ευτροφισμό.

Σύμφωνα με την παγκόσμια σύγκριση των σεναρίων, η ανάλυση ευαισθησίας με δέκα δοκιμασμένες μεθόδους της στάθμισης των κατηγοριών επιπτώσεων δείχνουν το 5^ο σενάριο (αναερόβια χώνευση και διασπορά της λάσπης) αποδεδειγμένα έχει τη μικρότερη περιβαλλοντική επίπτωση και οι διαφορές στα άλλα σενάρια δεν είναι ξεκάθαρες. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το 5^ο σενάριο είχε σχετικά χαμηλές εκπομπές σε σύγκριση με την αναερόβια χώνευση και η κατανάλωση ενέργειας για τη διασπορά της λάσπης ήταν λιγότερη.

Εν τέλει, προσοχή θα πρέπει να δοθεί στις επιπτώσεις που προκαλούνται από μη-ενδεικτικούς ρύπους και είναι πολύ σοβαρές από τη στιγμή που οι εκπομπές δεν ελέγχονται καταλλήλως. Για παράδειγμα, η εκπομπή μεθανίου από τη διασπορά της λάσπης αποτελεί συντελεί σημαντικά στην αλλαγή του κλίματος. Πτητικές οργανικές ενώσεις (VOC) νιτρικά οξέα που προέρχονται από κατανάλωση πετρελαίου στις μετακινήσεις οχημάτων και κινητά μηχανήματα ήταν οι κύριοι συντελεστές στην εξάντληση πόρων και στο σχηματισμό οξειδωσης (Oxidant formation).

Η μελέτη αυτή δείχνει ποια εναλλακτικά σενάρια είναι περισσότερο βιώσιμα κατά τη διάρκεια λειτουργίας από περιβαλλοντική οπτική. Ο συνδυασμός της αναερόβιας χώνευσης και διασποράς της λάσπης ήταν ο φιλικότερος προς το περιβάλλον λόγω των μειωμένων εκπομπών και κατανάλωσης ενέργειας.

Οι πιο σημαντικές ουσίες που επηρεάζουν στην ανθρώπινη υγεία και υδατική, εδαφική τοξικότητα ήταν τα βαρέα μέταλλα που ελευθερώθηκαν από ατμοσφαιρικές εκπομπές προερχόμενες από την αποτέφρωση και την εφαρμογή της λάσπης σε γεωργικά εδάφη. Τα δεδομένα και οι παραδοχές που χρησιμοποιήθηκαν στη μελέτη αυτή βασίστηκαν στο Δυτικό-Ευρωπαϊκό πλαίσιο, ιδιαίτερα στο Γαλλικό.

Σε μια άλλη μελέτη των Houllion et. al. (2005) έξι σενάρια διαχείρισης λυματολάσπης συγκρίνονται και υλοποιούνται σε μια εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων που εξυπηρετεί 300.000 ισοδύναμο πληθυσμό. Τα έξι διαφορετικά σενάρια είναι η διασπορά της ιλύος σε γεωργικά εδάφη, καύση σε ρευστοποιημένη κλίνη, υγρή οξείδωση, πυρόλυση, αποτέφρωση σε τσιμεντένιους κάμινους και υγειονομική ταφή. Μια μικρή περιγραφή των συστημάτων γίνεται έτσι, στο πρώτο έχουμε τη πάχυνση, αφυδάτωση και σταθεροποίηση της λυματολάσπης με άσβεστο. Ύστερα ακολουθεί η αποθήκευση της για επτά μήνες και η μεταφορά της στα αγροτικά εδάφη. Πριν τη διασπορά φυλάσσεται για ένα μήνα στις άκρες της γεωργικής γης. Στο δεύτερο σενάριο της αποτέφρωσης η επεξεργασία περιλαμβάνει μια θερμική επεξεργασία η οποία επιτρέπει την καταστροφή της οργανικής ύλης. Η διαδικασία αυτή λαμβάνει μέρος σε ρευστοποιημένη κλίνη σε θερμοκρασία 850 °C. Στην υγρή οξείδωση κυριαρχούν θερμοκρασίες των 235 °C και πίεση των 40 bar. Η οργανική ιλύς μετατρέπεται σε διοξείδιο του άνθρακα, οι υδρατμοί εκπέμπονται στον αέρα και οι υγρές εκροές στέλλονται στην εγκατάσταση για περαιτέρω επεξεργασία. Στην πυρόλυση ξηράς ιλύος έχουμε πάχυνση, αφυδάτωση και ξήρανση του 95% του ξηρού περιεχομένου και θερμόλυση στους 500 °C. Στην επόμενη επεξεργασία «αποτέφρωση ξηράς ιλύος σε τσιμεντένιους κάμινους» το 95% του ξηρού στερεού

περιεχομένου μεταφέρεται σε ένα εργοστάσιο τσιμεντοποιίας. Η λάσπη καίγεται σε κλίβανο σε θερμοκρασία 1400 °C μαζί με άλλα καύσιμα για την παραγωγή κλίνκερ. Και στο τελευταίο σενάριο της υγειονομικής ταφής μετά την σταθεροποίηση με άσβεστο η ύλη αποθηκεύεται σε κτίρια για να αποφεύγονται οι οσμές για 15 ημέρες στη μονάδα. Στη συνέχεια η λυματολάσπη μεταφέρεται σε ένα κέντρο αποθήκευσης οργανικών αποβλήτων. Η μελέτη εστιάζει στην ενέργεια και τις εκπομπές που συμβάλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου σε όλο το κύκλο ζωής της επεξεργασίας. Σκοπός της μελέτης είναι η εξεύρεση του καλύτερου συστήματος επεξεργασίας της λυματολάσπης μαζί με τη βασική παράμετρο που επηρεάζει την περιβαλλοντική επίπτωση που επιφέρει το κάθε ένα. Η λειτουργική μονάδα που επιλέχθηκε σαν βάση σύγκρισης είναι ένας τόνος ξηρής λάσπης. Όλες οι εκπομπές, υλικά και κατανάλωση ενέργειας αναφέρονται στην λειτουργική μονάδα.

Μια εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων παράγει πρωτογενή και βιολογική λυματολάσπη. Στη μελέτη λαμβάνεται υπόψη μίγμα λάσπης με σταθερή σύνθεση. Τα χαρακτηριστικά υπολογίζονται από τις μέσες τιμές δεδομένων από τη Γαλλία και Ελβετία. Η λυματολάσπη δεν χωνεύεται προέρχεται από το σύστημα πάχυνσης της αστικής εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων.

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι από ενεργειακής άποψης, συγκεκριμένα η αποτέφρωση σε ρευστοποιημένη κλίνη και η αγροτική διασπορά είναι οι πιο ελκυστικές μέθοδοι. Σε αντίθεση με προκατειλημμένες ιδέες, οι διαδικασίες θερμικής οξείδωσης έχουν την καλύτερη ισορροπία στην παγκόσμια υπερθέρμανση, ιδιαίτερα η αποξήρανση σε τσιμεντένιες κλιβάνους, η καύση σε ρευστοποιημένη κλίνη και υγρή οξείδωση σε σύγκριση με την αγροτική διασπορά. Ανάλογα με τη βαρύτητα που δίνεται σε κάθε κριτήριο (ενέργεια, παγκόσμια υπερθέρμανση, κτλ) η κάθε επιλογή μπορεί να προσανατολισθεί προς μια ή άλλη διαδικασία διάθεσης της λάσπης. Ως αποτέλεσμα, η θερμική οξείδωση μπορεί να συναγωνιστεί με, ή να είναι καλύτερη από τη διασπορά της λάσπης εάν εγκατασταθεί επαρκής τεχνολογία.

Στηριζόμενοι σε αυτό το ισοζύγιο ενέργειας και παγκόσμιας υπερθέρμανσης μόνο, δεν είναι δυνατόν να καταλήξουμε σε συμπεράσματα για τις παγκόσμιες περιβαλλοντικές επιπτώσεις που έχουν οι έξι αυτές μέθοδοι. Επί πλέον, η χώνευση της λάσπης θα πρέπει να ληφθεί υπόψη: θα μειώσει την οργανική ύλη που περιέχεται στη λάσπη και θα παραχθεί βιοαέριο. Αυτό μπορεί να αλλάξει σημαντικά την περιβαλλοντική επίπτωση κάθε επιλογής εναπόθεσης της λάσπης.

Συνεχίζοντας τέσσερις επιλογές χειρισμού λυματολάσπης εξετάστηκαν από περιβαλλοντικής απόψεως χρησιμοποιώντας την ανάλυση κύκλου ζωής από τους Johansson et. al (2007). Οι περιπτώσεις μελέτης ήταν: η αποκατάσταση εξορυκτικών περιοχών, η κομποστοποίηση με άλλα βίο-υλικά για χρήση σε γήπεδα γκολφ, εξυγίανση μέσω αποθήκευσης για αγροτική χρήση και υπερκρίσιμη υγρή οξείδωση με ανάκτηση του φωσφόρου. Η λυματολάσπη προέρχεται από μια εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων στην Στοκχόλμη της Σουηδίας. Η εγκατάσταση αυτή παράγει περίπου 14000 τόνους ξηρής λάσπης χωνευμένης λάσπης ανά έτος από 649000 κάτοικους (695000 ισοδύναμο πληθυσμό). Η πυκνότητα της εξερχόμενης ιλύος αντιστοιχεί σε 1000 χλγ / κ.μ. Το 56% της ξηράς ιλύος περιέχει οργανικό υλικό. Η λειτουργική μονάδα που χρησιμοποιήθηκε στη μελέτη είναι 1 τόνος ξηρής χωνευμένης ιλύος. Τα δεδομένα της μελέτης έχουν συλλεχθεί από επαγγελματίες, επίσης γενικά και μέσα δεδομένα από τη βιβλιογραφία χρησιμοποιήθηκαν. Το LCAiT 4.1.7 εργαλείο απογραφής δεδομένων χρησιμοποιήθηκε για το χειρισμό των δεδομένων. Τα αποτελέσματα της έρευνας συζητούνται σύμφωνα με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της εγκατάστασης ως προς την υπερθέρμανση του πλανήτη, οξίνιση, ευτροφισμό και τη χρήση περιορισμένων πόρων και πρωτογενούς ενέργειας.

Συμπερασματικά βλέπουμε ότι οι συγκριτικές σαφώς καθορισμένες τεχνικές δραστηριότητες που πάντα συμπεριλαμβάνονται σε μελέτες ανάλυσης κύκλου ζωής επεξεργασίας λυματολάσπης, σε αυτό το άρθρο χαρακτηρίζονται ως κεντρικά συστήματα (Core systems-Boliden,Econova,Rang Sells,Aqua Reci), αποδείχθηκε να έχουν μικρότερη επίπτωση στα αποτελέσματα της μελέτης αυτής απ' ότι τις λιγότερο καθορισμένες βιοχημικές εκπομπές από τη λυματολάσπη κατά τη διάρκεια χειρισμού και μετά τη διασπορά και επέκταση του συστήματος για αποφυγή τεχνητών λιπασμάτων.

Οι βιοχημικές εκπομπές της λυματολάσπης κατά την επεξεργασία και μετά τη διασπορά μπορεί να είναι περισσότερο σημαντικές από οποιοδήποτε άλλο μέρος στην ανάλυση κύκλου ζωής της επεξεργασίας λυματολάσπης και οι εκπομπές αυτές επομένως θα πρέπει να συμπεριληφθούν σε μελέτες που εμπλέκουν διαχείριση της λάσπης. Είναι σημαντικό για την περιβαλλοντική απόδοση της επεξεργασίας της λάσπης ότι οι εκπομπές τέτοιου είδους πρέπει να ελαχιστοποιούνται.

Στους χαρακτηρισμούς που έγιναν, η υπερκρίσιμη υγρή οξείδωση (SCWO) με επανάκτηση του φωσφόρου παρουσιάζει τη χαμηλότερη περιβαλλοντική επίπτωση

από όλα τα συστήματα. Αυτό οφείλεται κυρίως στην ανάκτηση ενέργειας από τη λάσπη. Στο υπερκρίσιμο σύστημα υγρής οξείδωσης, το οξείδιο μαγνησίου που χρησιμοποιήθηκε για την εξαγωγή του φωσφόρου δίνει ώθηση για μεγαλύτερη περιβαλλοντική επίπτωση. Το αποτέλεσμα αποκατάστασης αυτής της χημικής ένωσης με άλλη αλκαλική θα έπρεπε να μελετηθεί, όπως επίσης η επίδραση εξαγωγής άλλων προϊόντων από τα υπολείμματα.

Η μεγαλύτερη περιβαλλοντική επίπτωση στα κεντρικά συστήματα για την αποκατάσταση των εξορυκτικών περιοχών, κομποστοποίησης με άλλα βίο-υλικά για χρήση στα γήπεδα του γκολφ και εξυγίανσης μέσω αποθήκευσης για γεωργική χρήση προκύπτει από τη μεταφορά της λάσπης από τη μονάδα επεξεργασίας λυμάτων στο χώρο τελικής διάθεσης. Τα οχήματα μεταφοράς και τα μηχανήματα με μικρότερη περιβαλλοντική επίπτωση είναι σημαντικά για μια ευκαιρία βελτίωσης.

Μια σύγκριση των συνολικών περιβαλλοντικών φορτίων στη Σουηδία, λαμβάνοντας υπόψη ένα αριθμό περιβαλλοντικών επιπτώσεων και εκπομπών δείχνει ότι οι μέθοδοι επεξεργασίας της λάσπης με διασπορά των προϊόντων της λάσπης μπορούν να συμβάλουν σημαντικά στη μεταφορά βαρέων μετάλλων στο έδαφος. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για το σύστημα όπου καταλήγει η λάσπη στη γεωργική γη.

Οι Lundin et. al. (2004) ερευνούν τέσσερις μεθόδους ανακύκλωσης και διάθεσης της αστικής λυματολάσπης. Οι μέθοδοι αυτοί είναι η γεωργική εφαρμογή, αποτέφρωση της ιλύος μαζί με απόβλητα, αποτέφρωση σε συνδυασμό με ανάκτηση φωσφόρου (Bio-Con) και κλασμάτωση συμπεριλαμβάνοντας ανάκτηση φωσφόρου (Campi-KREPRO). Στόχος της μελέτης είναι να εκτιμηθούν και να συγκριθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις (με τη χρήση AKZ) και τα κόστη διαφορετικών επιλογών διαχείρισης ιλύος, προκειμένου να δοθούν πληροφορίες για τη λήψη αποφάσεων που αφορούν τη διάθεση ή ανακύκλωση της λυματολάσπης. Επειδή τρεις από τις τέσσερις επιλογές παράγουν σχετικά μεγάλα ποσοστά θέρμανσης για την περιφέρεια, οι επιπτώσεις στο σύστημα θέρμανσης του Goteborg αναλύθηκαν με τη χρήση του μοντέλου MARTES. Το αντικείμενο μελέτης είναι μια εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων (Ryaverket) στο Goteborg της Σουηδίας. Η εγκατάσταση εξυπηρετεί 590.000 κατοίκους (780.000 ισοδύναμο πληθυσμό) και παράγονται 16.000 τόνοι ιλύος ετησίως. Η εγκατάσταση λειτουργεί με προκαθίζηση με τη χρήση θειικού σιδήρου, διαδικασία ενεργού ιλύος και αφαίρεση αζώτου. Η ιλύς από τη βιολογική και χημική επεξεργασία χωνεύεται, το βιοαέριο χρησιμοποιείται για παραγωγή

ηλεκτρισμού και θέρμανσης. Η χωνευμένη ιλύς αφυδατώνεται και μετά από προσωρινή αποθήκευση χρησιμοποιείται για βελτίωση αστικών εδαφών ή για αποκατάσταση εδαφών. Οι τέσσερις κατηγορίες επιπτώσεων που είναι σχετικές είναι η οξίνιση, ο ευτροφισμός, το δυναμικό παγκόσμιας υπερθέρμανσης και εξάντληση πόρων (χρησιμοποιώντας το « αποθεματικό για χρήση» ως δείκτη προσέγγισης). Τα αποτελέσματα ξεχωριστά για κάθε διαδικασία αρχίζοντας από τη γεωργική χρήση δείχνουν ότι το μεγαλύτερο πλεονέκτημα χρήσης της ιλύος σε γεωργικά εδάφη είναι ο απλός τρόπος ανάκτησης φωσφόρου όπως επίσης και άλλες ενώσεις γεωργικής αξίας. Η αντικατάσταση των αζωτούχων λιπασμάτων μειώνει τη χρήση φυσικού αερίου έως ένα βαθμό, όπως επίσης και τις εκπομπές N_2O , αλλά η εξοικονόμηση ενέργειας είναι μικρότερη από την απαιτούμενη ενέργεια για την παστερίωση, μεταφορά και διασπορά της λάσπης. Η σχετικά μεγάλη ζήτηση για ορυκτά καύσιμα δημιουργεί αυξημένες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα CO_2 και NO_x . Ένα μειονέκτημα της γεωργική χρήσης ιλύος είναι ότι τα βαρέα μέταλλα που περιέχονται στη λάσπη μεταφέρονται στο έδαφος. Η διασπορά της λάσπης έχει ως αποτέλεσμα μέρος του αζώτου να χάνεται ή να μετατρέπεται. Συγκρίνοντας με τις άλλες δυο επιλογές οι εκπομπές αμμωνίας είναι υψηλές. Επίσης μικρά ποσοστά N_2O και NO_3 απελευθερώνονται όταν το οργανικά δεσμευμένο άζωτο στη λάσπη ανοργανοποιείται. Στην επιλογή συν-αποτέφρωσης υπάρχει απώλεια αζώτου και φωσφόρου τα οποία δεν μπορούν να επανακτηθούν από τη στιγμή που οι στάχτες έχουν μολυνθεί. Το κύριο πλεονέκτημα της επιλογής αυτής είναι ότι το ενεργειακό περιεχόμενο της λάσπης επανακτάται, ως ηλεκτρισμός ή και για κεντρική θέρμανση, έτσι αντικαθιστά άλλες πηγές ενέργειας όπως πετρέλαιο και φυσικό αέριο. Αυτό μειώνει τις εκπομπές CO_2 και SO_x . Παρά την αποτελεσματική επεξεργασία του υγρού αερίου, ενώσεις όπως NO_x και μικρές ποσότητες υδραργύρου εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα. Οι στάχτες περιέχουν μεγάλο μέρος των βαρέων μετάλλων στην λάσπη, η οποία απορρίπτεται για υγειονομική ταφή. Οι δυο πιο σημαντικές κατηγορίες επιπτώσεων για τη συν – αποτέφρωση είναι η χρήση των φυσικών πόρων και η υπερθέρμανση του πλανήτη. Στην επιλογή BioCon όπως και σε μια γεωργική εφαρμογή, ο φώσφορος επανακτάται αλλά σε μια μορφή περισσότερο βιοδιαθέσιμη, που σημαίνει ότι μεγαλύτερα αποθέματα φωσφόρου μπορούν να αντικατασταθούν. Το θείο χρησιμοποιείται για τη διάλυση του φωσφόρου, περίπου τρεις φορές περισσότερο θείο χρησιμοποιείται από τα ποσοστά φωσφόρου που έχουν επανακτηθεί και χρησιμοποιηθεί. Η Bio-Con διαδικασία απαιτεί ηλεκτρισμό αλλά τροφοδοτεί με

θερμότητα το περιφερειακό σύστημα θέρμανσης. Έχει υποθεθεί για την αποτέφρωση ότι τροφοδοτείται με σύστημα διαχείρισης καυσαερίων χαμηλότερης ποιότητας σε σύγκριση με την συν- αποτέφρωση και το Campi-KREPRO που αυτό σημαίνει ότι οι εκπομπές υδραργύρου και NOx στην ατμόσφαιρα είναι κατά κάποιο τρόπο υψηλότερες. Το μεγαλύτερο μέρος βαρέων μετάλλων συγκεντρώνεται στα κατάλοιπα και την υγειονομική ταφή. Η ανακύκλωση των χημικών κατακρημνισμάτων είναι δευτερεύουσας σημασίας σε σύγκριση με τη συνολική περιβαλλοντική επίπτωση. Οι δυο πιο σημαντικές κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων για τη Bio-Con είναι η χρήση των φυσικών πόρων και η υπερθέρμανση του πλανήτη. Και η τελευταία επιλογή Campi-KREPRO έχει περιβαλλοντικό φορτίο παρόμοιο με τη Bio-Con, αλλά στην Campi-KREPRO ο φώσφορος είναι σε μικρότερο βαθμό διαθέσιμος στα φυτά, περισσότερο θείο χρησιμοποιείται και λιγότερη θερμότητα παράγεται. Εν τούτοις, στο Campi-KREPRO σύστημα οι εκπομπές NOx και υδραργύρου προς την ατμόσφαιρα είναι κατά κάποιο τρόπο λιγότερες αφότου η αποτέφρωση εξοπλίστηκε με ένα περισσότερο αποτελεσματικό σύστημα καθαρισμού υγρού αερίου. Η κλασμάτωση των βαρέων μετάλλων αντιμετωπίστηκε ως επικίνδυνο απόβλητο. Η ανακύκλωση των χημικών κατακρημνισμάτων και πηγών άνθρακα είναι δευτερεύουσας σημασίας. Τα αποτελέσματα του χαρακτηρισμού του Campi-KREPRO είναι παρόμοια με τα αποτελέσματα του Bio-Con. Τα ορυκτά καύσιμα αποθηκεύτηκαν αλλά τα αποθέματα θείου καταναλώθηκαν.

Η περιβαλλοντική αξιολόγηση εντόπισε ποιες δραστηριότητες εντείνουν περισσότερο τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις προερχόμενες από διαφορετικές διαχειριστικές μεθόδους της λυματολάσπης. Για τις τρεις μεθόδους αποτέφρωσης, η επανάκτηση ενέργειας θα πρέπει να βελτιστοποιηθεί και να συνδυασθεί με αποτελεσματικούς τρόπους για την αξιοποίηση της διαθέσιμης ενέργειας. Ένας τρόπος είναι η αποθήκευση λυματολάσπης και η αποτέφρωσή της κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου όταν η ζήτηση για ενέργεια είναι μεγάλη.

Περιβαλλοντικές ανησυχίες συσχετίζονται με ατμοσφαιρικές εκπομπές και απόθεση στάχτης. Τα αποτελέσματα για το Bio-Con θα μπορούσαν να βελτιωθούνε εάν το σύστημα καθαρισμού υγρού αερίου τηρούσε καλύτερα στάνταρτ. Αυτό πιθανώς θα οδηγούσε σε μεγαλύτερο επενδυτικό κόστος για το Bio-Con, που θα ήτανε δύσκολο για μια μικρή εγκατάσταση να αντεπεξέλθει.

Η διασπορά της λάσπης σε γεωργικά εδάφη, ήτανε μια από τις τέσσερις επιλογές με μικρότερη προτίμηση από περιβαλλοντικής άποψης. Εκτός από την

εξοικονόμηση ενέργειας, η χρήση ορυκτών καυσίμων απαιτείται για τις μεταφορές, παστερίωση και διασπορά της λάσπης. Η απόσταση για τη μεταφορά θα εξαρτηθεί από τοπικούς παράγοντες όπως η χρήση της γης, η διαθέσιμη έκταση, ποιότητα της λυματολάσπης, κλπ. Υψηλότερος βαθμός απονέρωσης θα μειώσει το ποσοστό λάσπης που μεταφέρεται. Η μέθοδος της παστερίωσης θα έχει επίσης κέρδος από το μειωμένο περιεχόμενο νερού και εναλλακτικές μέθοδοι παστερίωσης, που απαιτούνε λιγότερη ενέργεια, μπορεί να προτιμηθούν.

Σε μια άλλη μελέτη που σχετίζεται με τη διαχείριση της λυματολάσπης οι Hong et. al. (2011) εξετάζουν την παραγωγή υλός ως δευτερογενής πρώτη ύλη στην παραγωγή τσιμέντου. Η ανάλυση κύκλου ζωής (AKZ) διενεργήθηκε για τον υπολογισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της λυματολάσπης ως δευτερογενής πρώτη ύλη στην παραγωγή τσιμέντου. Η λειτουργική μονάδα ήταν η διαχείριση 1 τόνου Portland πτητικής τέφρας. Όλες οι εκπομπές, κατανάλωση ενέργειας και υλικά βασίζονται σε αυτή τη λειτουργική μονάδα. Τα αποτελέσματα των περιβαλλοντικών επιπτώσεων υπολογίζονται με τη χρήση της μεθοδολογίας IMPACT2002, Eco-indicator 99 και CML. Τα δεδομένα τη μελέτης προέρχονται κυρίως από Κινέζικα δεδομένα, εάν δεν ήταν διαθέσιμα τότε Ευρωπαϊκά δεδομένα χρησιμοποιήθηκαν. Οι κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων στην μελέτη αυτή ήταν 15 σε αριθμό και περιελάμβαναν τα καρκινογόνα, μη-καρκινογόνα, ανόργανες και οργανικές ουσίες μέσω της αναπνοής, ιοντίζουσα ακτινοβολία, καταστροφή στρατοσφαιρικού όζοντος, υδατική τοξικότητα, εδαφική τοξικότητα, εδαφική οξίνιση, υδατική οξίνιση, κατάληψη γης, υδατικός ευτροφισμός, υπερθέρμανση, εξαγωγή μη ανανεώσιμων πόρων και ορυκτών. Οι παραπάνω κατηγορίες διαχωρίστηκαν σε 4 κατηγορίες επιπτώσεων: την ανθρώπινη υγεία, ποιότητα του οικοσυστήματος, κλιματική αλλαγή και καταστροφή των πόρων.

Στα συμπεράσματα βλέπουμε ότι οι κατηγορίες επιπτώσεων από την εδαφική τοξικότητα, μη ανόργανες ουσίες στο αναπνευστικό, υπερθέρμανση του πλανήτη και μη – ανανεώσιμη ενέργεια είχαν μια σημαντική εισφορά στο σύνολο των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, λόγω των σταδίων παραγωγής κλίνκερ, ασβεστόλιθου και ενέργειας. Επίσης αβέβαια αποτελέσματα έδειξαν ότι η τεχνολογία της λυματολάσπης ως δευτερεύουσα πρώτη ύλη στην παραγωγή τσιμέντου είχε μικρή ή καθόλου επίπτωση στην αλλαγή του συνολικού περιβαλλοντικού δυναμικού επιπτώσεων προερχόμενο από την παραγωγή τσιμέντου. Επομένως η χρήση της τεχνολογίας αυτής στην παραγωγή τσιμέντου είναι μια καλή επιλογή για την μείωση

της πίεσης στο περιβάλλον από την δραματικά αυξανόμενη απόθεση ιλύος στο περιβάλλον.

Η ιλύς από τα λύματα είναι το κυρίαρχο λίπασμα διαθέσιμο σήμερα. Η χρήση, όμως, της λυματολάσπης στη γεωργία έχει αμφισβητηθεί όσον αφορά τις επικίνδυνες ουσίες που περιέχει. Στόχος της μελέτης ήταν η ανάλυση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και η χρήση των πόρων σε τρία συστήματα από την οπτική της ΑΚΖ. (Tidaker et. al., 2006). Κάθε σύστημα περιελάμβανε τη διαχείριση των λυμάτων και τη γεωργική παραγωγή. Στο σύστημα αναφοράς σκουπιδοφάγοι εγκαταστάθηκαν στα σπίτια. Τα αλεσμένα απορρίμματα φαγητού και τα λύματα επεξεργάζονταν σε εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων και η λυματολάσπη χρησιμοποιήθηκε για παραγωγή εδαφοβελτιωτικού. Στο σύστημα χρησιμοποίησης της λυματολάσπης τα απορρίμματα τροφών από τα νοικοκυριά λιπασματοποιούνται, τα λύματα επεξεργάζονται συμβατικά και χρησιμοποιούσαν τη λυματολάσπη για παραγωγή βρώμης. Στο σύστημα blackwater το νερό από της τουαλέτες και τα αλεσμένα οργανικά απορρίμματα χωνεύονταν και διασπείρονταν σε καλλιέργειες βρώμης. Και στα τρία συστήματα συμπεριλαμβανόταν η επεξεργασία λυμάτων από βιομηχανικές δραστηριότητες καθώς και ο ηλεκτρισμός που απαιτείτο για την επεξεργασία και διανομή του πόσιμου νερού.

Το υπό μελέτη σύστημα βρίσκεται στην πόλη Surahammar 130km δυτικά της Στοκχόλμης με πληθυσμό 9000 κατοίκους. Τα λύματα από τους περισσότερους κατοίκους επεξεργάζονται σε συμβατικό σύστημα επεξεργασίας λυμάτων.

Η λειτουργική μονάδα σε αυτή τη μελέτη καθορίστηκε ως η παροχή επεξεργασίας λυμάτων για 8830 ισοδύναμο πληθυσμό (ι.π) στην πόλη της Surahammar συμπεριλαμβάνοντας και τα προϊόντα από τα λύματα παράγοντας 21000 τόνους βρώμης σε έκταση 486 εκταρίων. Τα δεδομένα για το σύστημα επεξεργασίας λυμάτων προήλθαν από προσομοιώσεις από το μοντέλο UERWARE/ORWARE.

Διαχωρίζοντας το blackwater από την υπόλοιπη ποσότητα νερού μεγάλο μέρος του αζώτου και φωσφόρου που βρίσκονται στη λυματολάσπη ανακυκλώνονται σε καλλιεργήσιμη γη, την ίδια στιγμή που οι εκπομπές που προκαλούν ευτροφισμό από τη μονάδα επεξεργασίας λυμάτων μειώνονται σημαντικά. Οι μειωμένες εκπομπές αζώτου και φωσφόρου από το blackwater σύστημα ήταν το πιο σημαντικό αποτέλεσμα της κανονικοποίησης. Το blackwater σύστημα ήταν λίγο πιο απαιτητικό σε πρωτογενή ενέργεια από ότι τα άλλα δυο συστήματα. Η κατασκευή αποθηκευτικών χώρων συνέβαλε στην κατανάλωση μεγάλων ποσών ενέργειας. Οι

εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και SO_2 ήταν του ίδιου μεγέθους και για τα τρία συστήματα. Όσον αφορά τις εκπομπές NH_3 και NO_x ήταν υψηλότερες στο το blackwater σύστημα.

Δεν υπάρχει παγκόσμια λύση στο θέμα της διαχείρισης της λάσπης, αλλά η λύση πρέπει να είναι ιδανική για τοπικές συνθήκες. Η γεωργική χρήση της λάσπης είναι μια οικονομικά αποδοτική λύση, η οποία είναι αποδοτική για το έδαφος υπό την προϋπόθεση ότι τα επίπεδα ρύπανσης στη λάσπη θα συνεχίσουν να μειώνονται. Για μεγαλύτερες πόλεις όπου η διαθέσιμη γη είναι περιορισμένη και η ποιότητα λάσπης είναι αμφισβητήσιμη, η επανάκτηση ενέργειας είναι η καλύτερη εναλλακτική λύση. Άλλες μέθοδοι επανάκτησης πηγών όπως φώσφορος στα λύματα είναι υποσχόμενες αλλά μπορούν να βελτιωθούν περαιτέρω και να είναι πιο αποδοτικές προκειμένου να επιτύχουν μια μελλοντική βιώσιμη διαχείριση της λάσπης (Lundin et. al. 2004).

Εκτός βέβαια από την παραγωγή ιλύος έχουμε και την παραγωγή επεξεργασμένου νερού. Το ζήτημα της παγκόσμιας λειψυδρίας είναι σοβαρό και ως αποτέλεσμα στρατηγικές προστασίας πρέπει να αναπτυχθούν. Η ανακύκλωση του νερού παρουσιάζει μια προσέγγιση στο πρόβλημα της λειψυδρίας και η εφαρμογή της αυξάνεται με γρήγορους ρυθμούς. Η επιλογή τεχνολογίας για την ανακύκλωση νερού βασισμένη στην τεχνική επίδοση η οποία αποδίδει υψηλής ποιότητας εκροές, από μιας πλευράς μπορεί να μην αντικατοπτρίζει την πιο ευνοϊκή περιβαλλοντική επιλογή. Αυτό αληθεύει κυρίως όταν το ανακυκλώσιμο νερό προορίζεται για εφαρμογή σε έδαφος ή όταν αφήνεται πίσω στο περιβάλλον (Tangsubkul et. al. 2005).

Τρεις τεχνολογίες ανακύκλωσης νερού συμπεριλαμβάνονται σε αυτή τη μελέτη, η Συνεχής Μικροδιήθηση (Continuous Micro filtration-CMF) στην επεξεργασία αυτή γίνεται η χρήση συμβατικής επεξεργασίας μέχρι το επίπεδο της τριτοβάθμιας επεξεργασίας (φίλτρα βαρύτητας). Στην προεπεξεργασία χρησιμοποιείται οζονισμός όπου ακολουθείται από συνεχή μικροφιλτράρισμα (CMF) και χημική απολύμανση. Η δεύτερη τεχνολογία είναι ο Βιοαντιδραστήρας Μεμβρανών (Membrane Bioreactor-MBR) θεωρείται προχωρημένη μέθοδος επεξεργασίας λυμάτων, προσφέροντας υψηλό επίπεδο επεξεργασίας. Οι μεμβράνες που χρησιμοποιούνται για επεξεργασία νερού και λυμάτων τυπικά απαρτίζονται από λεπτό στρώμα πάχους περίπου 0,20-0,25 μm και ενισχύονται από μια πιο πορώδες δομή πάχους 100 μm . Οι πιο εμπορικές μεμβράνες παράγονται ως επίπεδα στρώματα από λεπτές κολλώδεις ίνες ή σε σωληνοειδές μορφή. Οι μεμβράνες μπορούν να κατασκευαστούν από διαφορετικά οργανικά και ανόργανα υλικά. Οι μεμβράνες που

προορίζονται για επεξεργασίας λυμάτων αποτελούνται από συνήθως από οργανικά υλικά. Οι κύριοι τύποι μεμβρανών που χρησιμοποιούνται περιέχουν πολυπροπυλένιο, κυτταρίνη, οξικό άλας, αρωματικά polyamides (Metcalf, et. al. 2003). Χρησιμοποιείται Αντίστροφη Όσμωση (RO) ως ένα βήμα απομάκρυνσης μετάλλων και οργανικών και τέλος, το Σύστημα Λίμνης Σταθεροποίησης Λυμάτων (Waste Water Stabilization Pond-WSP) ένα τυπικό σύστημα Λίμνης Σταθεροποίησης Λυμάτων περιέχει τρεις τύπους λιμνών, αναερόβια, a facultative pond και μια λίμνη ωρίμανσης. Αυτή η τεχνολογία επεξεργασίας παράγει ποιοτικές επεξεργασμένες εκροές που πληρούν τις απαιτήσεις των σχετικών προδιαγραφών. Τα πλεονεκτήματα εφαρμογής του συστήματος περιλαμβάνουν την ελαστικότητα και τον εύκολο σχεδιασμό, απλή και οικονομική κατασκευή, χαμηλό λειτουργικό κόστος και διατήρηση. Ωστόσο, θα πρέπει να σημειωθεί ότι η εφαρμογή του είναι εφικτή σε αναξιοποίητες περιοχές που δεν υπόκεινται σε εδαφικούς περιορισμούς.

Στόχος της μελέτης είναι η εκτίμηση της περιβαλλοντικής απόδοσης των διαφορετικών τεχνολογιών και η αξιολόγηση της καταλληλότητας της AKZ ως στηρικτικό εργαλείο στην ανακύκλωση νερού. Η μελέτη AKZ διεκπεραιώθηκε χρησιμοποιώντας το λογισμικό GaBi3 δεύτερης έκδοσης. Η λειτουργική μονάδα που επιλέχθηκε είναι η διανομή 1 ml ανακυκλωμένου νερού για άρδευση ευαίσθητων καλλιεργειών όπως φασόλια, αμύγδαλα, βερίκοκα, δαμάσκηνα και σταφύλια. Οι κατηγορίες επιπτώσεων που λήφθηκαν υπόψη από την AKZ και δείκτες χαρακτηρισμού είναι το δυναμικό παγκόσμιας υπερθέρμανσης, δυναμικό ευτροφισμού, δυναμικό επίπτωσης στην ανθρώπινη υγεία, δυναμικό τοξικότητας γλυκού νερού, δυναμικό θαλάσσιας οικοτοξικότητας, δυναμικό εδαφικής οικοτοξικότητας και δυναμικό αλατοποίησης.

Τα αποτελέσματα της AKZ δείχνουν ότι το Σύστημα «Λίμνης Σταθεροποίησης Λυμάτων» (WSP) είναι το φιλικότερο ως προς το περιβάλλον σε σχέση με τα άλλα συστήματα σε όλες τις κατηγορίες επιπτώσεων με εξαίρεση την κατηγορία της αλατοποίησης. Προτείνεται η τροποποίηση του συστήματος WSP για τη μείωση των πιθανών περιβαλλοντικών επιπτώσεων αλατοποίησης. Η επιλογή του συστήματος CMF έχει χαμηλή απόδοση σε όλες τις κατηγορίες επιπτώσεων λόγω των υψηλών επιπέδων ενέργειας και κατανάλωσης χημικών που απαιτούνται για την παραγωγή υψηλής ποιότητας εκροών. Σε γενικές γραμμές το σύστημα WSP είναι καλύτερο από το MBR και το MBR καλύτερο από το CMF σύμφωνα με τη αξιολόγηση επιπτώσεων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΜΟΝΑΔΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ ΣΤΗ ΛΑΡΝΑΚΑ (ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ)

5.1 Γενικά στοιχεία μονάδας επεξεργασίας υγρών αστικών αποβλήτων στη Λάρνακα

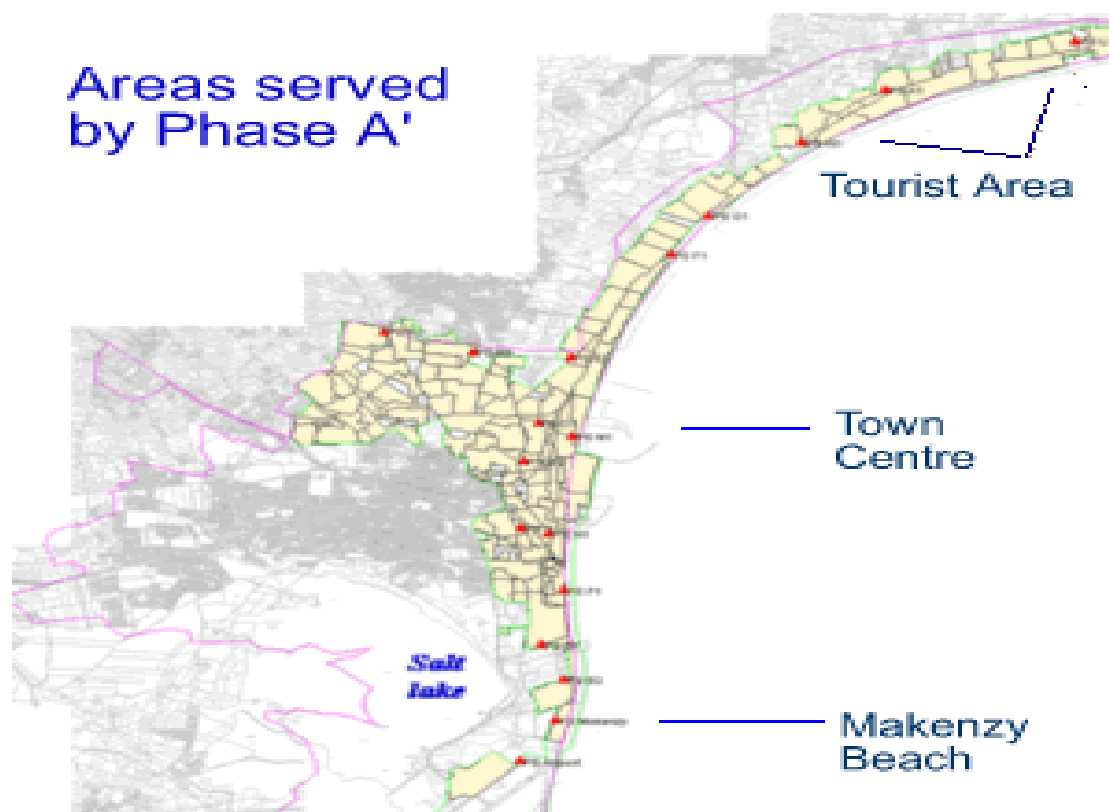
Το αποχετευτικό σύστημα Λάρνακας ολοκληρώθηκε το 1995, σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε με σκοπό να εξυπηρετεί 46,340 ισοδύναμο πληθυσμό με μια μέση καθημερινή ροή των 8,500 κ.μ/ημέρα. Βρίσκεται νοτιοδυτικά του Διεθνούς αεροδρομίου της Λάρνακας και η μέθοδος που χρησιμοποιείται είναι το Συμβατικό Σύστημα Ενεργοποιημένης Ιλύος (Conventional activated sludge system).

Η Α΄ Φάση του αποχετευτικού συστήματος Λάρνακας ολοκληρώθηκε το 1995. Αποτελείται από 112 χλμ. αγωγών λυμάτων διαμέτρου 150-800 χλτ., 17 αντλιοστάσια λυμάτων και τη Μονάδα Επεξεργασίας Λυμάτων, η οποία βρίσκεται νοτιοδυτικά του αεροδρομίου Λάρνακας. Επίσης περιλαμβάνει 10 χλμ αγωγών όμβριων υδάτων και 7 αντλιοστάσια. (Πίνακας 5.1). Η Α΄ Φάση του αποχετευτικού συστήματος Λάρνακας περιλαμβάνει 4.500 υποστατικά. Περίπου το 90% των υποστατικών έχουν ήδη συνδεθεί με το αποχετευτικό σύστημα καταργώντας έτσι τους παλιούς απορροφητικούς και σηπτικούς λάκκους.

Πίνακας 5.1: Περιγραφή Δικτύου Αποχετεύσεως Λάρνακας.

Περιγραφή	Μήκος / αριθμός
Δίκτυο αποχετεύσεων	
Μήκος αγωγών	112 χλμ
Αριθμός φρεατίων	2200
Αριθμός οικιακών συνδέσεων	7300
Μήκος οικιακών συνδέσεων	40.8 χλμ
Αριθμός αντλιοστασίων	17
Μήκος αγωγών πίεσης	12.3 χλμ
Δίκτυο όμβριων υδάτων	
Μήκος αγωγών	12.4 χλμ
Αριθμός φρεατίων	140
Αριθμός φρεατίων εισροής	520
Αριθμός αντλιοστασίων	7
Δίκτυο άρδευσης	
Δίκτυο διάθεσης ανακυκλωμένου νερού	35 χλμ

Το δίκτυο επεκτείνεται από τη Δεκέλεια μέχρι και το αεροδρόμιο, και καλύπτει κυρίως την τουριστική ζώνη και την εμπορική περιοχή Λάρνακας. (Σχήμα 5.1). Σήμερα βρίσκεται υπό εξέλιξη η επέκταση του συστήματος, το οποίο θα καλύψει ολόκληρη την περιοχή της Λάρνακας. Η Β' φάση του αποχετευτικού συστήματος Λάρνακας θα καλύψει την υπόλοιπη πόλη της Λάρνακας και τις τουριστικές περιοχές Δεκέλειας και η κατασκευή του θα αρχίσει μετά το 2012. Θα αποτελείτε από 200 χλμ. αγωγών λυμάτων, 11 νέα αντλιοστάσια και επέκταση της υφιστάμενης Μονάδας Επεξεργασίας Λυμάτων. Θα περιλαμβάνει επίσης νέους αγωγούς και κανάλια όμβριων υδάτων. (Εκθεση σχεδιασμού ΣΑΛ)



Σχήμα 5.1: Περιοχές που εξυπηρετούνται από το δίκτυο αποχετευτικού συστήματος της Λάρνακας.

5.2 Περιγραφή λειτουργίας της μονάδας επεξεργασίας υγρών αστικών αποβλήτων στη Λάρνακα

Η υφιστάμενη Μονάδα Επεξεργασίας Λυμάτων αρχικά περιλαμβάνει ένα θάλαμο όπου συγκεντρώνονται τα εισερχόμενα λύματα και τα ακάθαρτα νερά του σταθμού, μια μονάδα διαλογής με αυτόματη σίτα παλινδρόμησης 12 χιλιοστών και μια χειροκίνητη σίτα εκτάκτου ανάγκης. Έπειτα περιλαμβάνει μια μονάδα αφαίρεσης άμμου (detritor type), δυο δεξαμενές αερισμού για νιτροποίηση – απονιτροποίηση εξοπλισμένες με δυο βούρτσες αερισμού στην κάθε μια, δυο κυκλικές δεξαμενές καθίζησης, μια αντλία για ανακυκλοφορία της ενεργού ιλύος και αφαίρεσης του πλεονάσματος των αστικών λυμάτων. Επίσης στη μονάδα εμπεριέχονται δυο δεξαμενές αποθήκευσης επεξεργασμένου νερού με συνολική χωρητικότητα 1.000.000 κ.μ. Παράλληλα τη μονάδα τριτοβάθμιας επεξεργασίας απαρτίζουν τέσσερα φίλτρα βαρύτητας, μια μονάδα χλωρίωσης και ένα αντλιοστάσιο άρδευσης. Ακολουθεί η πάχυνση της ιλύος σε ένα παχυντή βαρύτητας, η χώνευση σε δυο δεξαμενές αερόβιας χώνευσης και μετά η απονέρωση από ταινιοφιλτροπρέσα.

Τα εισερχόμενα λύματα διαμέσου μιας συσκευής μέτρησης (DN500 ηλεκτρομαγνητικού τύπου) περνούν στο δωμάτιο προ-επεξεργασίας, όπου τα ακάθαρτα νερά της μονάδας μαζί με την ανακυκλοφορούσα ενεργό ιλύ αποτίθενται επίσης εκεί. Με υπερχειλίση εκτρέπεται όλο το πλεόνασμα της ροής σε μια δεξαμενή εκτάκτου ανάγκης, δια μέσου ενός παρακαμπτηρίου σωλήνα τύπου DN600. Οι διαστάσεις του δωματίου εισόδου είναι 4,50 x 5,50 x 4,10 (συνολικό βάθος) με μηδενική ροή υγρών βάθους 3,25 μ. και όγκο 80 κ.μ. Στο δωμάτιο χρησιμοποιείται καταδυόμενος αναμικτήρας για την ανάμιξη (FLYGT R4660) με εγκατεστημένο κινητήρα ισχύς 2,50 Kw ο οποίος είναι επαρκής. Από το δωμάτιο εισόδου, οι εισροές υπερχειλίζουν στη μονάδα εσχάρωσης δια μέσου ενός σωλήνα υπερχειλίσης μήκους 4,50 μ.

Μονάδα εσχάρωσης

Η μονάδα εσχάρωσης αποτελείται από δυο κανάλια, το ένα είναι εξοπλισμένο με αυτόματη σχάρα παλινδρόμησης και το άλλο είναι εξοπλισμένο με σχάρα εκτάκτου ανάγκης. Το πρώτο κανάλι έχει πλάτος 1,50 μ. και βάθος 1,50 μ. Η παλινδρομική σχάρα έχει διάκενα μεταξύ των ράβδων 12 χιλιοστά και 6 χιλιοστά x 12 χιλιοστά ράβδους. Το δεύτερο κανάλι έχει πλάτος 1,20μ. και βάθος 1,50μ. Η χειροκίνητη σχάρα χρησιμοποιείται για σκοπούς παράκαμψης. Φράκτες ρύθμισης

νερού είναι εγκατεστημένοι σε κάθε κανάλι. Η χωρητικότητα της αυτόματης σχάρας της δίνει τη δυνατότητα να χειρίζεται ροές μέχρι 2200 κ.μ / ώρα με την ταχύτητα κίνησης ανάμεσα στις ραβδώσεις να διατηρείται τουλάχιστον στα 1,20μ / δευτερόλεπτο.

Εξάμμωση

Τα λύματα εξέρχονται από τη μονάδα εσχάρωσης και εισρέουν στη δεξαμενή εξάμμωσης, διαμέσου ενός καναλιού εισροών όπου υπάρχει ειδική κατανομή για να διασφαλιστεί η ομοιογενής ροή και ίση κατανομή σε όλο το εύρος της δεξαμενής. Η μονάδα είναι «Dorr Oliver detritor» τύπου και περιέχει μια τετράγωνη δεξαμενή διαστάσεων 6,0μ. x 6,0μ. με κυκλικό πυθμένα διαμέτρου 6μ. Τα αμμοχάλικα με μέγεθος μεγαλύτερο των 0,25 χιλιοστών, κατακάθονται στον πυθμένα του detritor και το σύστημα συλλογής συνίσταται από περιστρεφόμενο μηχανισμό συλλογής αμμοχάλικου και μηχανισμό ξέστρας για συλλογή των χαλικιών. Το πρώτο οδηγεί το αμμοχάλικο σε αγωγό απόρριψης σκουπιδιών, όπου ανυψώνεται σε ένα στενό κανάλι κεκλιμένου επιπέδου. Οι οργανικές ουσίες ξεπλένονται συνεχώς από τη σχάρα, από μια αντλία με έλικα η οποία δημιουργεί ροή από το κανάλι πίσω στη δεξαμενή. Σύμφωνα με τα πρότυπα του Dorr Oliver (Eimco), η μονάδα μπορεί να αφαιρέσει 95% του αμμοχάλικου με μέγεθος μεγαλύτερο των 0,2 χιλιοστών και μέγιστο υδραυλικό φορτίο των 60 κ.μ/κ.ε ανά ώρα, το οποίο δίνει δυναμικό χωρητικότητας 2,200 κ.μ/ώρα. Η detritor μονάδα είναι άκρως αποδοτική στην απομάκρυνση της άμμου και στο ξέπλυμα των οργανικών ουσιών, αλλά δεν απομακρύνει τα λάδια. Η απουσία απομάκρυνσης των λαδιών στο σταθμό αποχετεύσεως προκαλεί προβλήματα, ιδιαίτερα στη δευτεροβάθμια επεξεργασία. Επιπλέον η αντικατάσταση του υφιστάμενου detritor με μια μονάδα, όπου συνδυάζεται η απομάκρυνση άμμου – λαδιών ή ένα ξεχωριστό στάδιο απομάκρυνσης λαδιών, πρέπει να εξετασθεί.

Βιολογικό στάδιο (Δεξαμενές αερισμού)

Ανάμεικτο υγρό (λύματα μαζί με ανακυκλοφορούσα ενεργό ιλύς) εισρέει σε ένα θάλαμο, όπου η ροή κατανέμεται σε δυο δεξαμενές αερισμού μέσω δυο φρακτών υπερχειλίσεως μήκους 1,90μ. Κάθε δεξαμενή αερισμού έχει ενεργό όγκο περίπου 3,700 κ.μ (54μ. μήκος, 20μ. πλάτος, 3,5μ. βάθος για υγρά). Κάθε δεξαμενή είναι εξοπλισμένη με δυο βούρτσες αερισμού μήκους 9μ. και εγκατεστημένη ισχύ 50 KW. Κάθε μια σύμφωνα με τα δεδομένα του κατασκευαστή, έχει τη δυναμικότητα περίπου

των 72kgO₂/ώρα (8 kgO₂/m³-h). Το ανάμεικτο υγρό ρέει έξω από κάθε δεξαμενή καθοδηγούμενο από ρυθμιζόμενη υπερχειλίση η οποία ελέγχει την εμβύθιση των βουρτσών αερισμού (από 100 μέχρι 300 χιλιοστά) και ρυθμίζει την εισροή οξυγόνου και κατανάλωση ενέργειας. Η ροή κατανέμεται ίσα σε δυο θαλάμους, με υπερχειλίση διαμέσου δυο φρακτών μήκους 1,90 μ. ο καθένας, στις δυο δεξαμενές καθίζησης διαμέσου ενός D.I σωλήνα DN700.

Δεξαμενές Καθίζησης

Τα λύματα διαχωρίζονται σε δυο δεξαμενές καθίζησης, κάθε μια με διάμετρο 32μ., βάθος 2,50μ. και μέγιστο βάθος 4,30μ. στο κέντρο. Κάθε δεξαμενή είναι εξοπλισμένη με ξέστρα, τα οποία μαζεύουν τη λάσπη και την άλγη που βρίσκονται πάνω στην επιφάνεια. Η λάσπη, η οποία καθιζάνει, απομακρύνεται μέσω ενός σωλήνα τύπου DN400. Το εξαγνισμένο νερό υπερχειλίζει μέσω ενός περιμετρικού v-notch φράκτη στο 0,80μ. και μετά στο σωλήνα εξόδου (DN600, D.I.). Η άλγη μαζεύεται από βούρτσες που βρίσκονται στην επιφάνεια σε ένα χώρο συλλογής άλγης. (Εκθεση σχεδιασμού ΣΑΛ)

Ανακυκλοφορία ενεργοποιημένης ιλύος

Το αντλιοστάσιο της ενεργοποιημένης ιλύος είναι εγκατεστημένο μεταξύ των δυο δεξαμενών καθίζησης. Η λάσπη επανακυκλοφορεί στο θάλαμο εισροών μέσω τριών καλά στεγανοποιημένων αντλιών λυμάτων, δυο με κινητήρα μεταβλητής ταχύτητας και η καθεμία με χωρητικότητα 465 κ.μ /ώρα στα 8,7 μ. (22,5 kW εγκατεστημένη ισχύ η καθεμία) και μια επιπρόσθετη με χωρητικότητα 353 κ.μ/ώρα στα 8.7 μ. (18.5 kW εγκατεστημένη ισχύ). Το πλεόνασμα λάσπης οδηγείται μέσω δυο αντλιών στους παχυντήρες, ο καθένας με χωρητικότητα 57 κ.μ/ώρα στα 6,8 μ. (4 kW εγκατεστημένη ισχύ). Μια από τις αντλίες ανακυκλοφορίας ενεργού ιλύος είναι εγκατεστημένη και βρίσκεται σε αναμονή και μια αντλία έχει τη δυνατότητα εκροής του 50-130% της σχεδιασμένης μέσης ροής. Εάν η δεύτερη αντλία λειτουργεί την ίδια στιγμή με την πρώτη (σε περίπτωση εκτάκτου ανάγκης για αποφυγή ξεπλύματος αιωρούμενων στερεών μικτού τύπου) μια συνολική ροή των 817 κ.μ/ώρα ανταποκρίνεται στο 230% της σχεδιασμένης μέσης ροής. Οι αντλίες είναι εγκατεστημένες στο ύπαιθρο, έτσι ώστε η κατασκευή ενός καλύμματος ή περίφραξης ή η εγκατάσταση ενός νέου αντλιοστασίου με καταδυόμενες αντλίες να είναι δυνατή.

Επεξεργασία λάσπης

Το πλεόνασμα λάσπης διοχετεύεται στο παχυντήρα ο οποίος απαρτίζεται από μια γυάλινη δεξαμενή επικαλυμμένη με ατσάλι, διαμέτρου 9,92μ., συνολικού ύψους 4,69μ., βάθος υγρού 3,40μ. (ενεργού όγκου 270 κ.μ.). Είναι εξοπλισμένος με πασσαλοφράχτη και με μια περιστρεφόμενη ξέστρα, που καθιστά δυνατή την πάχυνση της λάσπης. Η λάσπη από τον πυθμένα της δεξαμενής αντλείται από δυο μονές αντλίες (4kW) στις μονάδες αερόβιας χώνευσης. Υπάρχουν δυο δεξαμενές χώνευσης, κατασκευασμένες επίσης από γυαλί επικαλυμμένο με ατσάλι, διαμέτρου 11,44μ., ύψους 5,30μ. και βάθος υγρού 5,0μ. (ενεργός όγκος 108 κ.μ, σύνολο 216 κ.μ.). Για την αερόβια σταθεροποίηση της λάσπης οι δεξαμενές εξυπηρετούνται από ένα σύστημα αερισμού το οποίο τροφοδοτείται από 3 φυσητήρες αέρα, καθένας με ισχύ 540 κ.μ/ώρα στα 550mbar (15kW).

Τριτοβάθμια επεξεργασία

Το νερό από τη δευτεροβάθμια επεξεργασία αποθηκεύεται σε 2 μεγάλες δεξαμενές αποθήκευσης, από τις οποίες αντλείται όταν είναι αναγκαίο στη μονάδα τριτοβάθμιας επεξεργασίας από τρεις αντλίες, καθεμία με δυναμικότητα ίση με 640 κ.μ/ώρα στα 7,50μ. (30 kW). Για την τριτοβάθμια επεξεργασία του νερού προερχόμενο από τη δευτεροβάθμια, τέσσερα φίλτρα βαρύτητας με πληρωτικό υλικό άμμο είναι εγκατεστημένα, το καθένα με διαστάσεις των 3,90μ. X 10,0μ. (39τ.μ το καθένα, 156τ.μ στο σύνολο). Με δυο αντλίες και τέσσερα φίλτρα σε λειτουργία η υδραυλική επιφάνεια φορτίου είναι 8,2 κ.μ/τ.μ-ώρα με το ένα φίλτρο, το φορτίο γίνεται 10,94 κ.μ/τ.μ ανά ώρα, το οποίο είναι ωστόσο αποδεκτό (μέγιστο φορτίο 10-12 τ.μ/κ.μ – ώρα). Με δυο αντλίες σε λειτουργία κάθε φίλτρο πλένεται με την ταχύτητα των 2 x 800 κ.μ/ώρα/39 τ.μ = 41/κ.μ/τ.μ/ώρα το οποίο είναι αποδεκτό (>40 κ.μ/τ.μ-ώρα). Με ένα ανεμιστήρα, κάθε φίλτρο ξεπλένεται με ρυθμό 2,041 κ.μ/ώρα/39τ.μ = 52,3 κ.μ/τ.μ – ώρα το οποίο είναι μικρότερο από την κανονική σχεδιασμένη τιμή. Με τη βαρύτητα τα φιλτραρισμένα υγρά απόβλητα ρέουν σε μια κλειστή επικοινωνούντα δεξαμενή, όπου αέριο χλωρίνης παρέχεται για σκοπούς απολύμανσης. Το αέριο χλωρίνης χρησιμοποιείται (άμεση χρήση αέριας φάσης – δεν χρησιμοποιείται εξάτμιση) για τη δόση χλωρίνης με επαρκή εγκατεστημένο εξοπλισμό (2 ενισχυτικές αντλίες 3.0 kW, 2 χλωριωτές, 2 αισθητήρες καταλοίπων χλωρίνης, 2 ανιχνευτές αερίου χλωρίνης, 1 μεταβαλλόμενη συσκευή, 1 βαλβίδα

ρύθμισης αερίου, κτλ) Η μέθοδος χλωρίωσης έχει αναθεωρηθεί έτσι ώστε να συμπεριλαμβάνει τις νέες Ευρωπαϊκές κατευθυντήριες οδηγίες. (Για αυτό το λόγο, ένα νέο σύστημα χλωρίωσης θα εγκατασταθεί παράγοντας NaOCL από αλατόνερο μέσω της ηλεκτρόλυσης. Η εγκατάσταση του νέου συστήματος βρίσκεται τώρα κάτω από εντατικές διαδικασίες.)

5.3 Αξιολόγηση δεδομένων από τη λειτουργία της μονάδας

Στο υποκεφάλαιο αυτό γίνεται ανάλυση των δεδομένων εισροών για την περίοδο λειτουργίας της μονάδας από τον Ιανουάριο 2005 – Αύγουστο 2007, όπως επίσης για τα δεδομένα κατανάλωσης νερού για την ίδια περίοδο, έτσι ώστε να υπάρχει μια εικόνα για τον πληθυσμό που εξυπηρετείται και το φορτίο της μονάδας επεξεργασίας λυμάτων.

Δείκτης Ροής

Η μέση ροή για την περίοδο αυτή ήταν:

Πίνακας 5.3.1

Έτος	2005	2006	2007
Μέση Ροή (κ.μ/ημέρα)	7.510	7.153	5.623

Η εισερχόμενη ροή μειώθηκε από το 2005 μέχρι το 2007 κατά 25%.

Το γεγονός αυτό μπορεί να επεξηγηθεί με τις εξής υποθέσεις:

- α) Μείωση πληθυσμού
- β) Μείωση στην κατανάλωση νερού
- γ) Μείωση φιλτραρίσματος

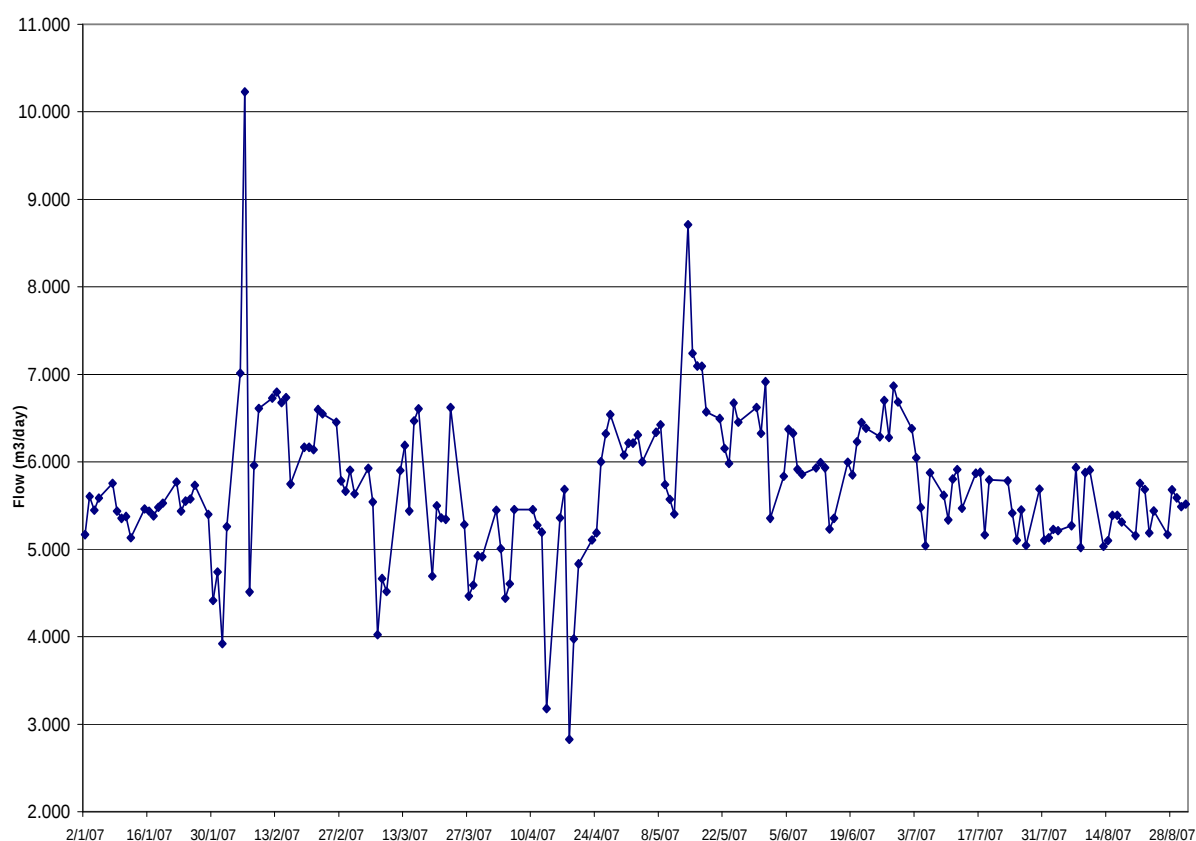
Οι μέγιστες τιμές εισροών σε καθημερινή βάση ήταν:

Πίνακας 5.3.2

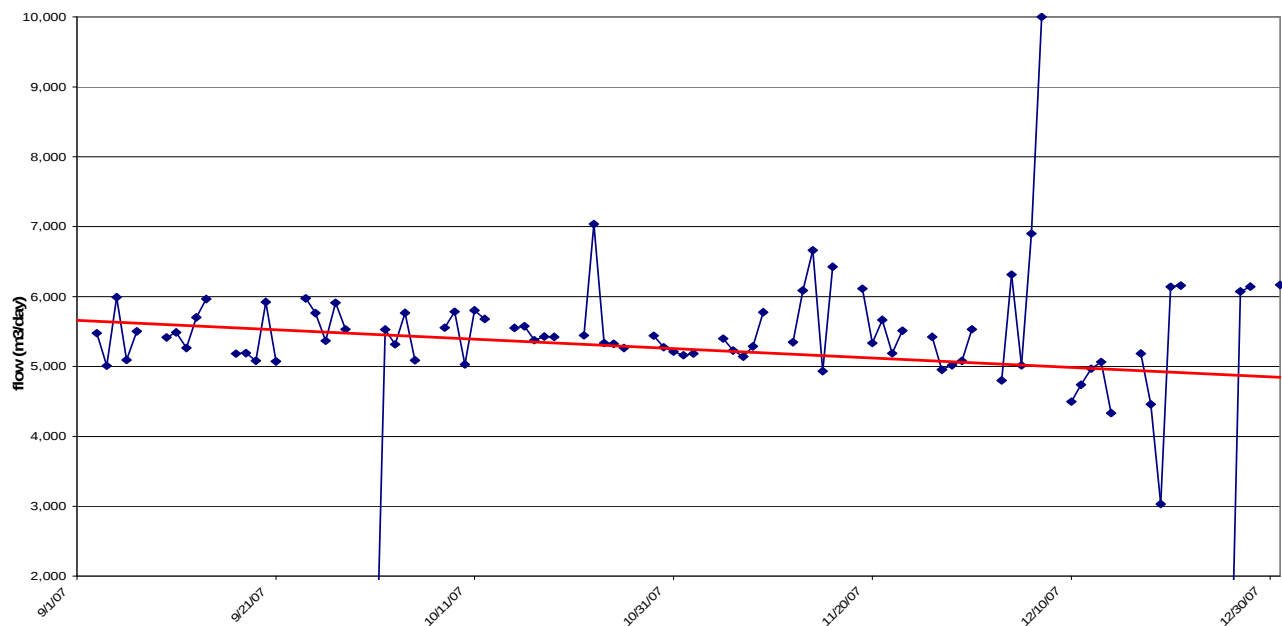
Έτος	2005	2006	2007
Ημερομηνία	18/1/05	12/1/06	6/2/07
Μέγιστη Ροή (κ.μ/ημέρα)	12.688	15.974	10.227

Οι παραπάνω τιμές σημειώθηκαν αμέσως μετά από έντονες βροχοπτώσεις (15,16 17/1/2005 – 10/1/2006 – 2,3,4, 5/2/2007). Μπορεί να υποτεθεί ότι οι μέγιστες αυτές τιμές οφείλονται στη διήθηση, διότι κατά την διάρκεια των ημερών αμέσως μετά τη βροχόπτωση το επίπεδο των υπόγειων υδάτων αυξήθηκε προκαλώντας διήθηση και / ή η άντληση του νερού από τα υπόγεια στο δίκτυο λυμάτων από τους κατοίκους.

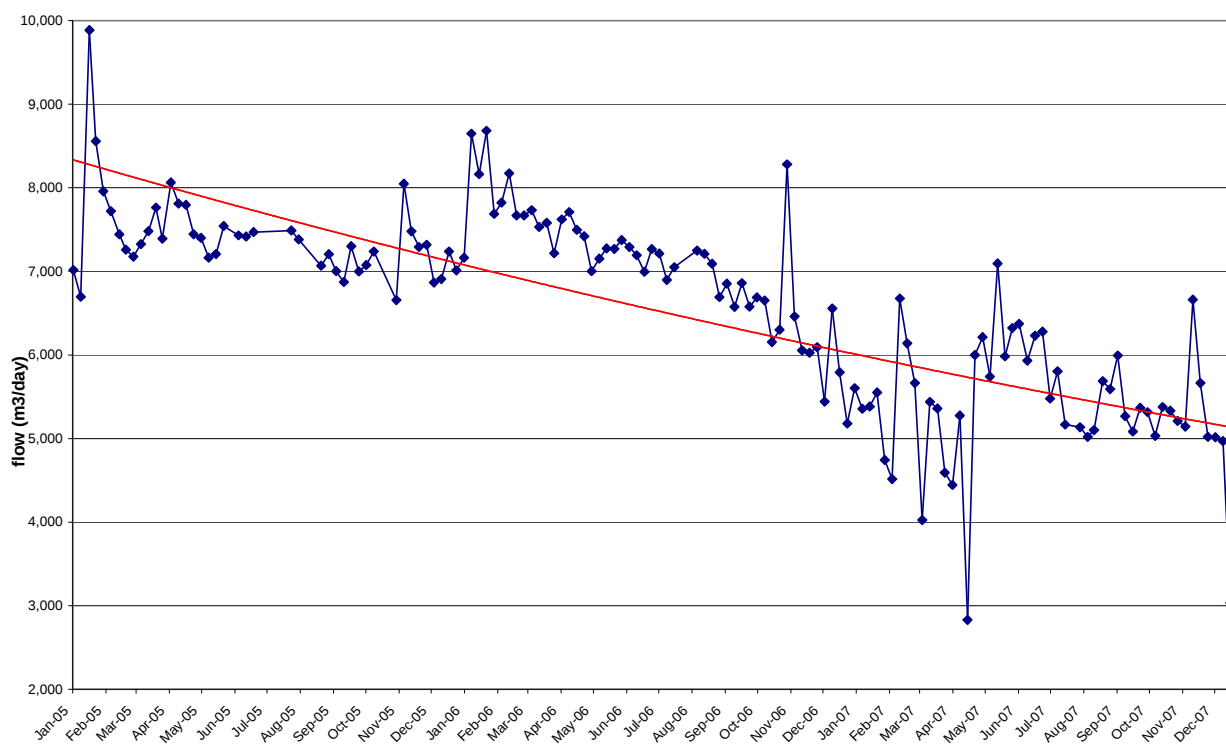
Τα σχήματα πιο κάτω δείχνουν τις καθημερινές τιμές εισερχόμενης ροής για την περίοδο Ιανουαρίου – Αυγούστου (2007) και Σεπτεμβρίου- Δεκεμβρίου (2007) και για το 2005-2007.



Σχήμα 5.3.1: Εισροές (κ.μ/ημέρα) Ιανουάριος – Αύγουστος 2007



Σχήμα 5.3.2: Εισροές (κ.μ/ημέρα) Σεπτέμβριος- Δεκέμβριος 2007.



Σχήμα 5.3.3: Εισροές (κ.μ/ημέρα) Ιανουάριος 2005- Δεκέμβριος 2007

Εισροή BOD

Το BOD_{in} μετρήθηκε ως BOD₅, μια φορά την εβδομάδα (κάθε Τετάρτη).

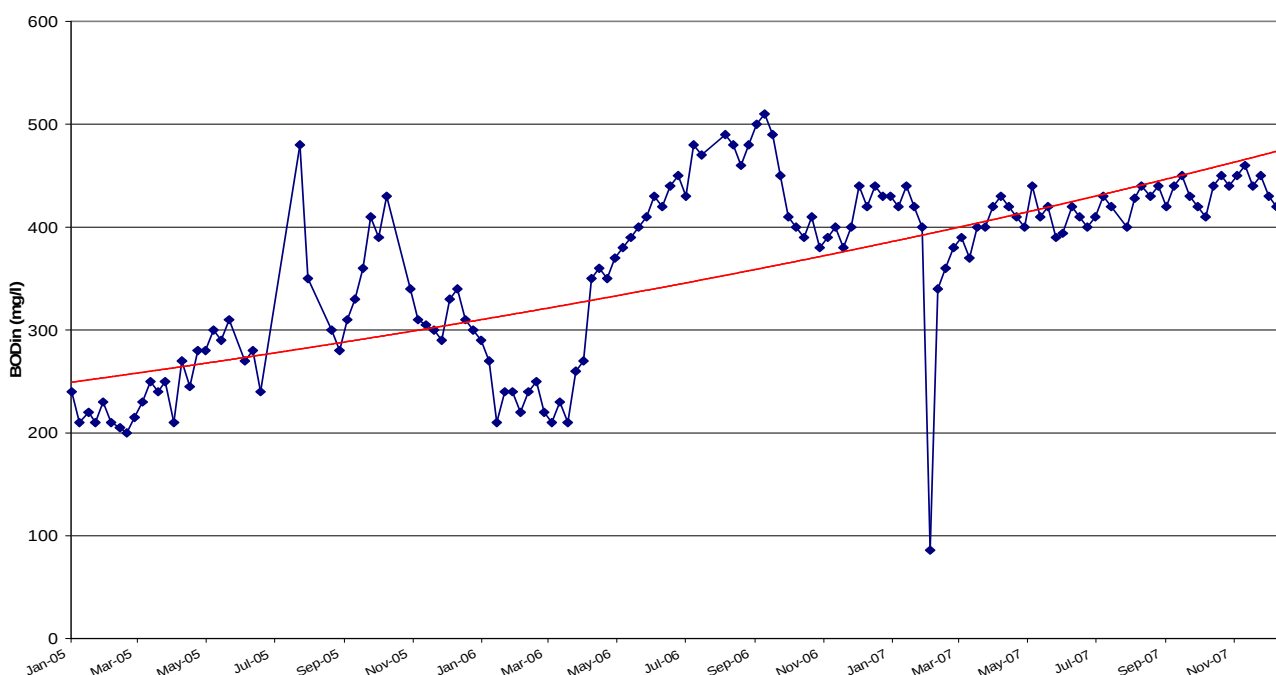
Οι μέσες τιμές παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 5.3.3:

Έτος	2005	2006	2007
BOD _{in} συγκέντρωση (mg/l)	287	373	400
BOD _{in} φορτίο (kg/day)	2.117	2.604	2.201

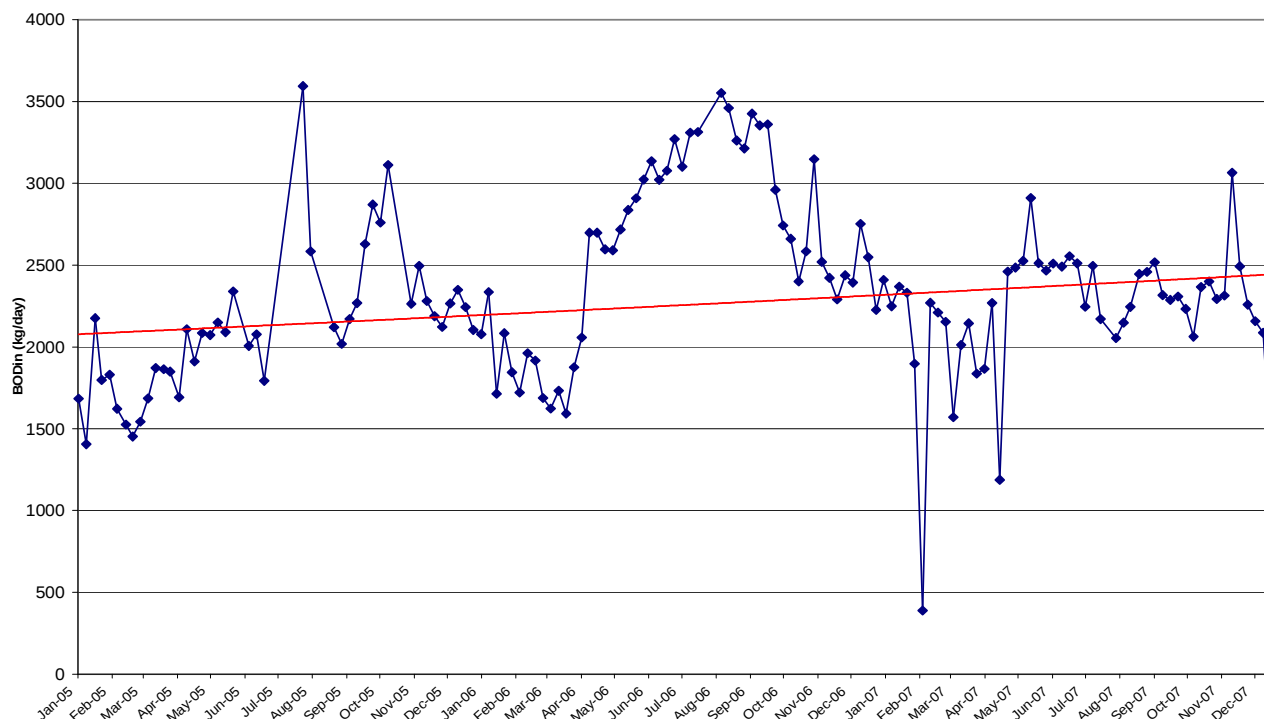
Υπήρξε μια σημαντική αύξηση στην συγκέντρωση εισροών BOD από 287 σε 400 mg/l (39%).

Το γεγονός αυτό μπορεί να δικαιολογηθεί με τις παρακάτω υποθέσεις:

- α) Μείωση κατανάλωσης νερού
- β) Μείωση διήθησης
- γ) Μείωση οργανικού φορτίου (κατά κεφαλήν)



Σχήμα 5.3.4: Συγκέντρωση BOD_{in} Ιανουάριος 2005 – Αύγουστος 2007.



Σχήμα 5.3.5: Εισροή BODin Ιανουάριος 2005 – Αύγουστος 2007

Το πρώτο σχήμα 5.3.4 δείχνει τη συγκέντρωση BODin (Ιανουάριος 2005- Αύγουστος 2007), η οποία μετρήθηκε σε mg/l.

Το δεύτερο σχήμα 5.3.5 δείχνει το φορτίο BODin, το οποίο μετρήθηκε ως προϊόν εισροών και τη συγκέντρωση BODin.

Εξυπηρέτηση Πληθυσμού

Ο ισοδύναμος πληθυσμός που εξυπηρετείται μπορεί να υπολογισθεί από το φορτίο BOD. Λαμβάνοντας ως ενδεικτικό ένα μέγεθος για το καθημερινό οργανικό φορτίο που παράγεται κατά κεφαλήν και υποθέτοντας το μέγεθος των 60 γρ. BOD5/cap.day, ο ισοδύναμος πληθυσμός υπολογίζεται ως το BODin (kg/day)/LPC(G/CAP.DAY)/1000, για τα έτη 2005-2007.

Οι μέσες τιμές παρουσιάζονται στον πιο κάτω πίνακα 5.3.4:

Έτος	2005	2006	2007
Ισοδύναμος Πληθυσμός	35.289	43.406	37.098

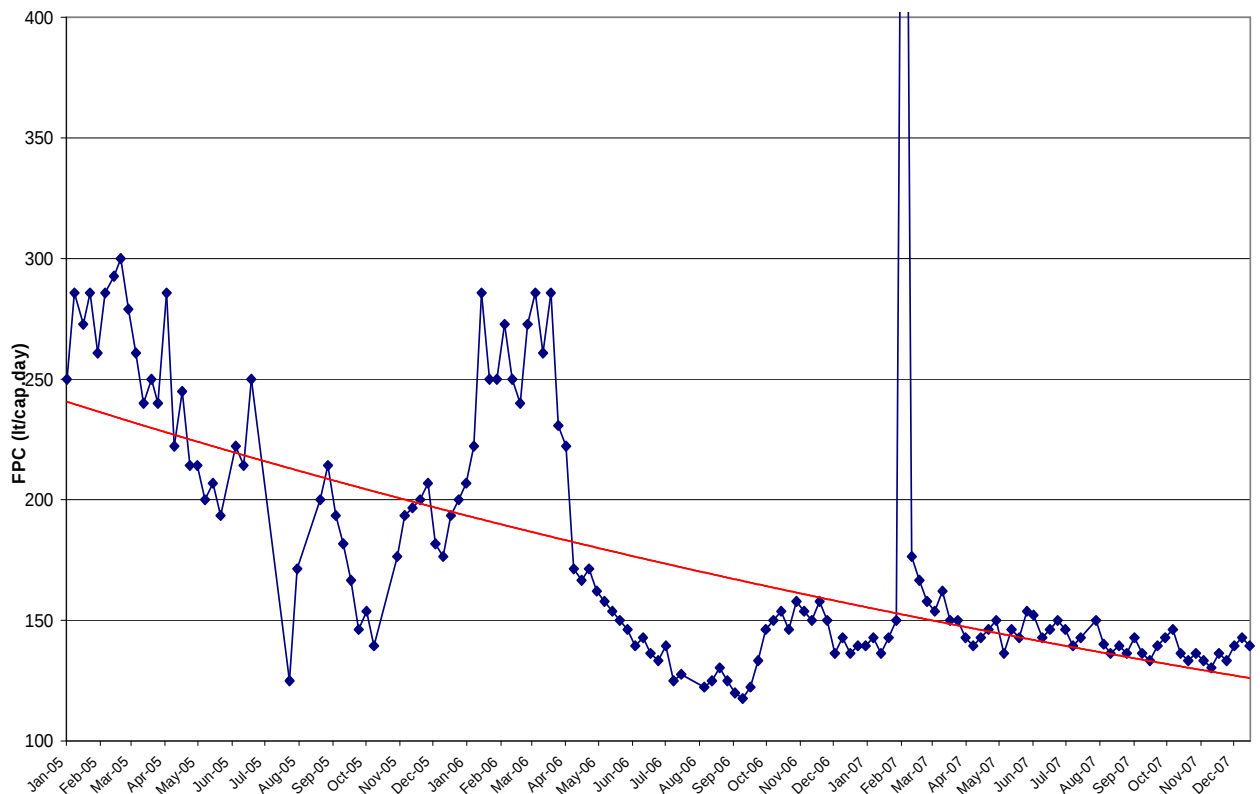
Κατά κεφαλήν Ροή

Η κατά κεφαλήν ροή είναι ένα σημαντικό μέγεθος ώστε να υπολογισθεί η προβλεπόμενη ροή λυμάτων για το σχεδιασμό των έργων επέκτασης του σταθμού.

Η μέση τιμή σύμφωνα με την παγκόσμια βιβλιογραφία είναι 200-250 l/cap/day. Αυτό το μέγεθος διαφέρει από χώρα σε χώρα και από περιοχή σε περιοχή. Οι υψηλότερες τιμές καταγράφηκαν στις Βόρειες Ευρωπαϊκές χώρες και οι μικρότερες τιμές καταγράφηκαν στις Μεσογειακές περιοχές. Μια φυσιολογική μέση τιμή για την Κύπρο βασιζόμενη σε προηγούμενη εμπειρία είναι περίπου 150 l/cap/day.

Σύμφωνα με τη λειτουργία αυτή κατά τη διάρκεια του 2005-2007, η συγκεκριμένη τιμή μπορεί να υπολογισθεί από τη συγκέντρωση BOD και από την κατά κεφαλήν παραγωγή BOD (Σχήμα 5.3.6).

$$\text{BODin συγκέντρωση (mg/L)} = \frac{\text{BOD κατά κεφαλήν (gBOD/day.cap)}}{\text{Κατά Κεφαλή Ροή (l/d)}}$$



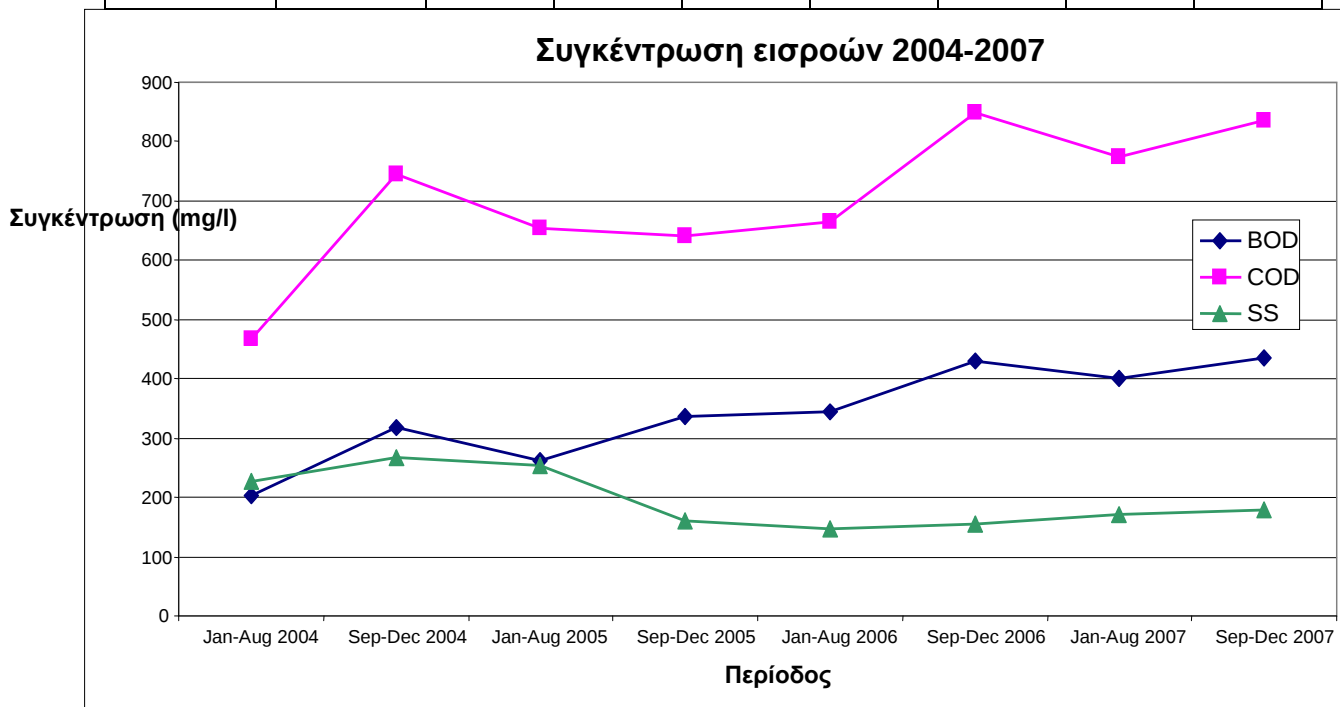
Σχήμα 5.3.6: Κατά Κεφαλήν Ροή Ιανουάριος 2005- Δεκέμβριος 2007

Συγκεντρώσεις Εισροών 2004-2007

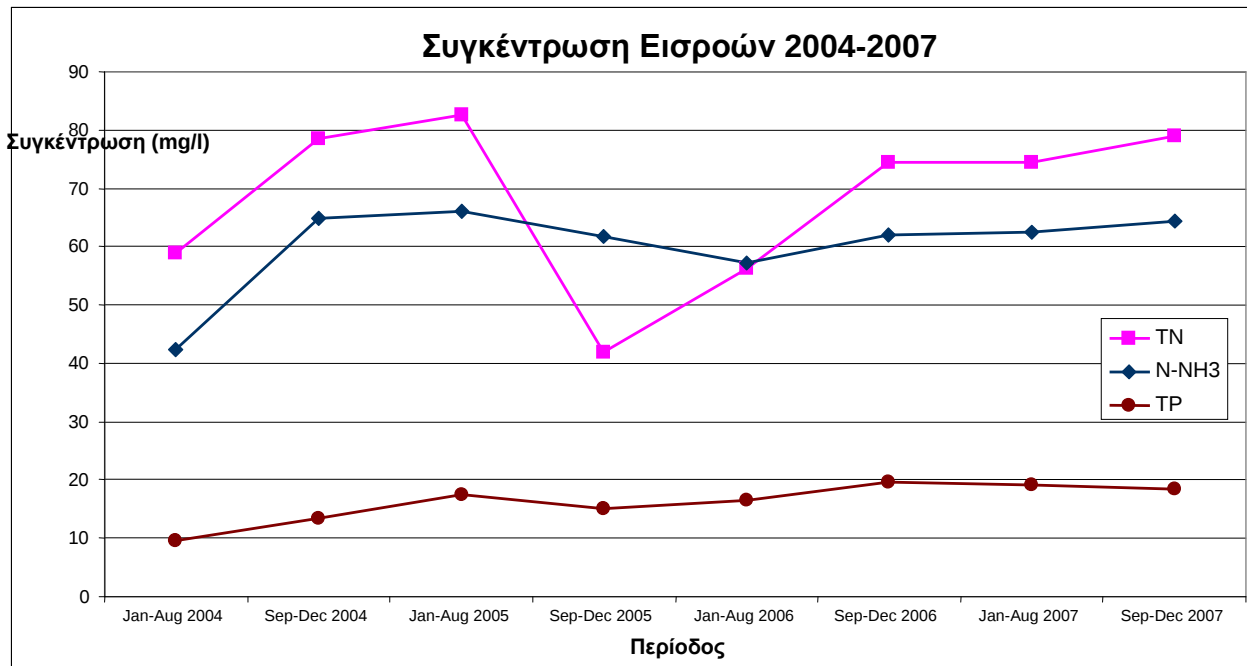
Σύμφωνα με τα δεδομένα εισροών που δόθηκαν από το Συμβούλιο Αποχετεύσεως Λάρνακας για την περίοδο των ετών 2004-2007, η συγκέντρωση εισροών για τους κύριους ρύπους καταγράφεται στον παρακάτω πίνακα 5.3.5 και σχήματα (5.3.7,5.3.8) ως μέσες τιμές για 6μηνη περίοδο (Εκθεση σχεδιασμού ΣΑΛ).

Πίνακας 5.3.5: Συγκέντρωση εισροών κυριότερων ρύπων 2004-2007

Παράμετρος	Ιαν-Αυγ 2004	Σεπ-Δεκ 2004	Ιαν-Αυγ 2005	Σεπ-Δεκ 2005	Ιαν-Αυγ 2006	Σεπ-Δεκ 2006	Ιαν-Αυγ 2007	Σεπ-Δεκ 2007
BOD	201.7	316.7	260.5	336.2	345.5	428.9	399.9	436.3
COD	466.7	745.3	654.2	641.9	664.8	848.0	773.2	836.3
SS	225.9	267.6	252.5	160.5	145.9	154.6	171.3	179.7
TN	59	78.6	82.5	41.9	56.2	74.5	74.4	79.0
N-NH3	42.4	64.8	66.0	61.8	57.3	62.0	62.5	64.5
TP	9.5	13.5	17.5	15.2	16.4	19.7	19.2	18.4



Σχήμα 5.3.7: Συγκεντρώσεις εισροών: BOD, COD, SS (2004-2007).



Σχήμα 5.3.8: Συγκεντρώσεις εισροών Αζώτου, Αμμωνιακού αζώτου και Συνολικού Φωσφόρου (2004-2007).

Από τις μετρήσεις των τιμών συγκεντρώσεων εισροών, η εισροή λυμάτων στο σταθμό επεξεργασίας της Λάρνακα μπορεί να θεωρηθεί ως «ισχυρά οικιακά λύματα», εκτός των αιρούμενων στερεών (SS). Αυτά είναι κάτω από τις τιμές που αντιστοιχούν σε αυτό τον τύπο λυμάτων (κανονικά τα ΑΣ θα πρέπει να είναι 100-115% των τιμών BOD). Κάποιες φορές μειωμένοι μέσοι όροι τιμών ΑΣ (SS) μπορούν να αποδοθούν στην απόθεση και συσσώρευση στερεών στους αποχετευτικούς αγωγούς, στα φρεάτια και τα αντλιοστάσια, λόγω χαμηλών ταχυτήτων στα δίκτυα. Ο μέσος δείκτης COD/BOD είναι 2.10, ο λόγος BOD/TN είναι 8-15 (κατά μέσο όρο 8) και ο λόγος BOD/TP είναι 15-24 (κατά μέσο όρο 21), τιμές που δεν αντιστοιχούν στα φυσιολογικά όρια των τιμών.

Δεδομένα για κατανάλωση νερού

Η μέση ετήσια τιμή κατανάλωσης νερού για την περιοχή που είναι συνδεδεμένοι με το αποχετευτικό δίκτυο έχει ως εξής:

Πίνακας 5.3.6

Έτος	2003	2004	2005	2006
Μέση τιμή κατανάλωσης νερού (κ.μ/ημέρα)	4,511	5,254	5,182	5,068

Ο αριθμός κυβικών μέτρων που είναι συνδεδεμένα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 5.3.7:

Ημερομηνία	Ιαν 2003	Δεκ 2003	Δεκ 2004	Δεκ 2005	Δεκ 2006	Αυγ 2007
Κυβικά μέτρα νερού συνδεδεμένα	12,833	14,495	15,907	15,397	15,944	16,758
Αύξηση Ιαν 2003 – Αυγ 2007 (%)	30,58%					

Υποθέτουμε ότι αντιστοιχούν 1,5 κάτοικοι ανά κυβικό μέτρο νερού, από το οποίο ο συνδεδεμένος πληθυσμός μπορεί να εκτιμηθεί. Ο πληθυσμός που είναι συνδεδεμένος σε διάφορες περιόδους δίνεται ως εξής:

Πίνακας 5.3.8

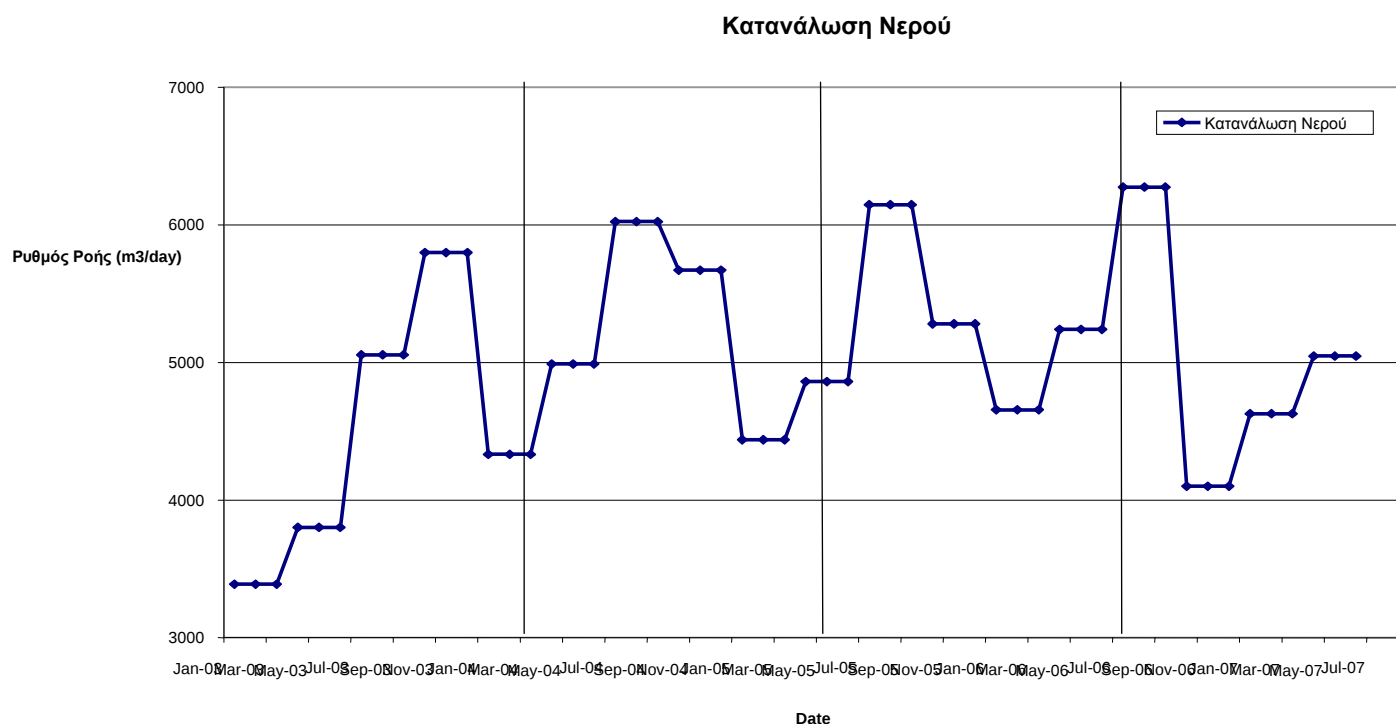
Ημερομηνία	Ιαν 2003	Δεκ 2003	Δεκ 2004	Δεκ 2005	Δεκ 2006	Αυγ 2007
Συνδεδεμένος πληθυσμός	19.250	21.743	23.861	23.096	23.916	25.116

Βασισμένο στη συνολική κατανάλωση νερού και τον υποθετικό αριθμό καταναλωτών η κατά κεφαλήν κατανάλωση νερού έχει ως εξής:

Πίνακας 5.3.9

Έτος	2003	2004	2005	2006
Μέση κατά κεφαλή κατανάλωση νερού (lt/cap-day)	220	230	215	216

Οι κύριες τιμές απεικονίζονται στο σχήμα 5.3.9 πιο κάτω.



Σχήμα 5.3.9: Κατανάλωση νερού Ιανουάριος 2003-Ιούνιος 2007.

Εισροές σταθμού επεξεργασίας λυμάτων vs. Κατανάλωση νερού

Προκειμένου να έχουμε μια καλύτερη εικόνα, η κατανάλωση νερού και τα δεδομένα για τις εισροές στη μονάδα επεξεργασίας λυμάτων μπορούν να συγκριθούν. (Σχήμα 5.3.10). Γενικά, η ροή λυμάτων υπολογίζεται περίπου στο 75-85% της κατανάλωσης νερού. Αυτό σημαίνει ότι η εισροή λυμάτων θα είναι μικρότερη από την κατανάλωση νερού. Εν τούτοις ένας έλεγχος των δεδομένων δείχνει ότι η κατανάλωση νερού για την περιοχή που είναι συνδεδεμένη με το σταθμό φαίνεται να είναι σημαντικά μικρότερη από την εισροή στο σταθμό. Η πιο λογική επεξήγηση για αυτό είναι η πιθανή διήθηση των υπόγειων υδάτων στο υπάρχον δίκτυο αποχετεύσεως. Η υπόθεση αυτή στηρίζεται από το γεγονός ότι η επιπλέον ροή στο σταθμό είναι μεγαλύτερη τους μήνες με βροχόπτωση.

Πίνακας 5.3.10: Κατανάλωση νερού 2003-2006.

Έτος	2003	2004	2005	2006
Μέση κατανάλωση νερού (κ.μ/ημέρα)	4,511	5,254	5,182	5,068
Αναμενόμενη ροή στο σταθμό ως 80% της κατανάλωσης νερού (κ.μ/ημέρα)	3,608	4,203	4,145	4,054
Μέση καταμετρημένη τιμή στο σταθμό (κ.μ/ημέρα)	7,350	7,740	7,350	7,053
Ακριβής ροή στο σταθμό : Ποσοστό κατανάλωσης νερού	1.63	1.47	1.42	1.39
Ροή σταθμού: αναμενόμενη ροή σταθμού	2.04	1.84	1.77	1.74

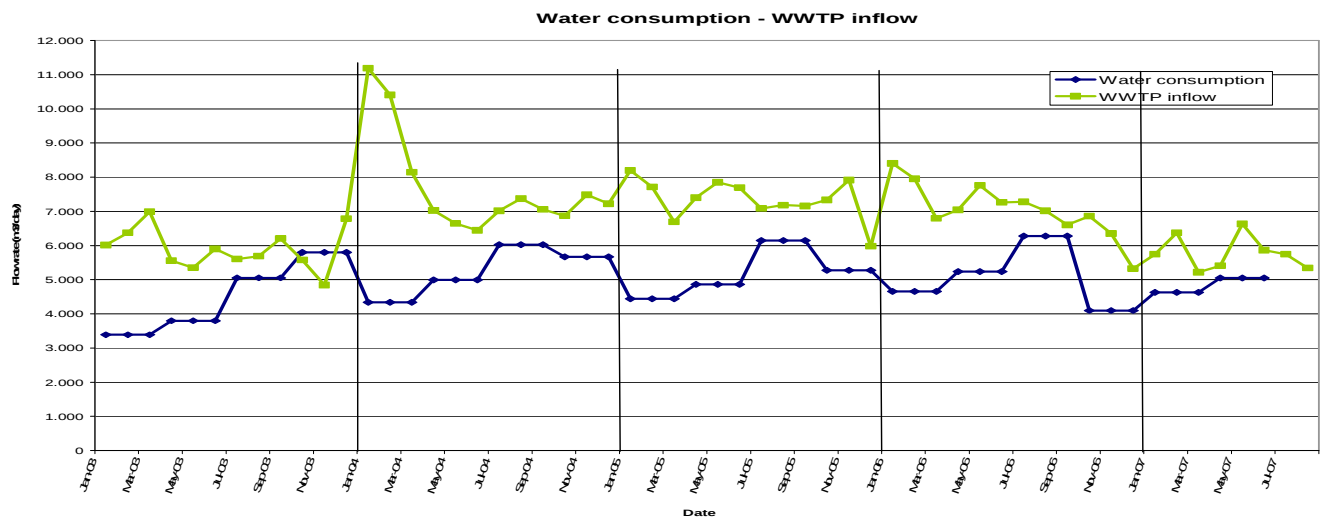
Μπορεί να παρατηρηθεί ότι η ροή στο σταθμό είναι μεταξύ του 74% και 104% περισσότερο από την αναμενόμενη ροή. (Πίνακας 5.3.10) Αυτή η επιπρόσθετη ροή συνίσταται κυρίως στο φιλτράρισμα και στις παράνομες συνδέσεις στο αποχετευτικό δίκτυο.

Ο πληθυσμός που είναι συνδεδεμένος μπορεί να συγκριθεί με τις τιμές του ισοδύναμου πληθυσμού που υπολογίστηκε (βασισμένο στα 6g BOD/ cap-day). Για τα έτη 2005-2006, οι μέσες τιμές παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 5.3.11:

Πίνακας 5.3.11: Συνδεδεμένος και Ισοδύναμος Πληθυσμός

Έτος	2005	2006	2005 - 2006
Πληθυσμός Συνδεδεμένος (ετήσια μέση τιμή)	24.104	23.491	23.798
<i>Ισοδύναμος Πληθυσμός</i>	35.289	43.406	39.348

Όπως μπορούμε να δούμε από τις μέσες τιμές για τα έτη 2005-2006, ο μέσος αριθμός συνδεδεμένου πληθυσμού για τα έτη 2005-2006 είναι 65% μικρότερος από το μέσο ισοδύναμο πληθυσμό.



Σχήμα 5.3.10: Κατανάλωση νερού vs. Εισροή στο ΣΑΛ – Καθημερινές τιμές εισροών.

Με την ανάλυση δεδομένων συμπεραίνουμε:

- Η εισροή λυμάτων μειώθηκε κατά 25% από το 2005 στο 2007.
- Υπήρξε μια σημαντική αύξηση όσον αφορά την συγκέντρωση BOD από 286 σε 412 mg/l (44%).
- Η κατά κεφαλήν (ισοδύναμη) εισροή μειώθηκε από 218 l/cap-day, σε 155 l/cap-day κατά το 2007.
- Η κατά κεφαλήν κατανάλωση νερού είναι 174-204 l/cap-day, αλλά τείνει να είναι σταθερή και με μια τιμή των 180 l/cap-day.
- Η εισροή στο ΣΑΛ είναι σημαντικότερα υψηλότερη (31-47%) από την κατανάλωση νερού και 39% υψηλότερη από την αναμενόμενη ροή λυμάτων (βασισζόμενη στην κατανάλωση νερού).
- Ενώ ο αριθμός συνδεδεμένου πληθυσμού ήταν σχεδόν σταθερός κατά τη διάρκεια των τελευταίων χρόνων, ο ισοδύναμος πληθυσμός βασισμένος στο οργανικό φορτίο δείχνει σημαντικές διακυμάνσεις.
- Ο ισοδύναμος πληθυσμός είναι 65% μεγαλύτερος από τον πληθυσμό που είναι συνδεδεμένος.

Το κύριο αποτέλεσμα είναι ότι εμφανίζεται σημαντικό φιλτράρισμα στο αποχετευτικό δίκτυο το οποίο έχει μειωθεί κατά τη διάρκεια του 2005-2007. Αυτό εξηγεί γιατί ο ρυθμός ροής μειώθηκε ενώ το φορτίο του BOD αυξήθηκε και γιατί η συγκέντρωση BOD επίσης αυξήθηκε. Επίσης μπορούμε να καταλήξουμε σε αυτό το συμπέρασμα

συγκρίνοντας την κατανάλωση νερού με την εισροή λυμάτων στη μονάδα επεξεργασίας λυμάτων. Η διαφορά μεταξύ των δυο μειώθηκε κατά την περίοδο του 2003-2007, ως αποτέλεσμα του φιλτραρίσματος, όπως βρέθηκε από την ανάλυση των δεδομένων εισροών στη Μονάδα Επεξεργασίας Λυμάτων. Το υψηλό επίπεδο φιλτραρίσματος πηγάζει από την υψηλή αγωγιμότητα των λυμάτων η οποία είναι περισσότερο από διπλάσια από την κανονική τιμή για τα σκληρά οικιακά λύματα και μπορεί να αποδοθεί στην αλμυρότητα των εισροών υπόγειων υδάτων στο δίκτυο. Ο ρυθμός της κατά κεφαλήν εισροής επίσης μειώθηκε (ως αποτέλεσμα) με ακρίβεια κανονικών αποτελεσμάτων για την περιοχή του έργου. Στη μελέτη σκοπιμότητας ένα κατά κεφαλήν φορτίο των 90 γρ/ κεφ. ημ. χρησιμοποιήθηκε, η συγκέντρωση BOD που μετρήθηκε για την περίοδο 2005-2007 υποδεικνύει τις τιμές κατά κεφαλήν ροής για την ίδια περίοδο στο εύρος των 200-370 l/cap.day (κατά μέσο όρο 278 l/cap.day). Επιπλέον ο ισοδύναμος πληθυσμός είναι 65% περισσότερος από τον μέσο αριθμό πληθυσμού που είναι συνδεδεμένος και αυτό θα πρέπει να ληφθεί υπόψη στο σχεδιασμό του WWTP. (Εκθεση σχεδιασμού ΣΑΛ)

5.4 Επέκταση μονάδας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων

Ο σκοπός επέκτασης της μονάδας είναι η εξυπηρέτηση επιπλέον κατοίκων οι οποίοι θα συνδεθούν με το σύστημα μετά την επέκταση του, ώστε να βελτιωθεί η ποιότητα των υγρών αποβλήτων και έτσι τα επεξεργασμένα λύματα να μπορούν να χρησιμοποιηθούν για άρδευση χωρίς περιορισμούς και να βελτιωθεί η σταθεροποίηση της λάσπης και απονέρωση ώστε να μπορεί εύκολα και οικονομικά να διατεθεί ή να επαναχρησιμοποιηθεί ως εδαφοβελτιωτικό (λίπασμα). Το 2047 θεωρείται ο χρονικός ορίζοντας (Φάση Γ' -122,000 ισοδύναμος πληθυσμός), ενώ η επέκταση του σταθμού και τα αναβαθμιστικά έργα θα καλύψουν τις ανάγκες για το έτος 2027 (Φάση Β' -100,000 ισοδύναμος πληθυσμός).

5.4.1: Β' Φάση Αποχετευτικού συστήματος Λάρνακας

Τα έργα επέκτασης του αποχετευτικού συστήματος θα καλύψουν τέσσερις κύριες περιοχές. Οι περιοχές αυτές είναι η περιοχή που περιλαμβάνει την κυρίως έκταση του αεροδρομίου, δυτικά της πόλης της Λάρνακας με έκταση 900 εκτάρια, η περιοχή στα βόρεια της Λάρνακας με έκταση 170 εκτάρια και η περιοχή εντός της βιομηχανικής ζώνης Αραδίππου με έκταση 30 εκτάρια.

Η Β' φάση του αποχετευτικού συστήματος περιλαμβάνει τα εξής έργα την κατασκευή 7 αντλιοστασίων, την κατασκευή δικτύου συλλογής λυμάτων και την επέκταση του εργοστασίου επεξεργασίας λυμάτων καθώς και την κατασκευή παραγωγής βιοαερίου. Η εκτιμώμενη ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τη λειτουργία της μονάδας βιοαερίου για το έτος 2020 είναι 1,150 GWh/έτος.

Στην εξέταση μελέτης εκτίμησης επιπτώσεων στο περιβάλλον τονίσθηκαν ιδιαίτερα τα θέματα διάθεσης ανακυκλωμένου νερού, η αναγκαιότητα λήψης μέτρων κατά τη λειτουργία του δικτύου για αποφυγή διαρροών/εισροών στους αγωγούς των λυμάτων, η χωροθέτηση του αντλιοστασίου κοντά στο χώρο του αρχαιολογικού μνημείου Καμάρες με τρόπο τέτοιο, ώστε να μην προκαλεί οπτική οχληρία και τέλος το θέμα των όμβριων υδάτων και της διοχέτευσης τους στη θάλασσα. (Υπουργείο Γεωργίας Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Υπηρεσία Περιβάλλοντος)

Ο σημερινός και ο προβλεπόμενος πληθυσμός παρουσιάζονται στον πίνακα 5.4.1 που ακολουθεί:

Προβλεπόμενος Πληθυσμός							
ΕΤΟΣ	2001	2007	2010	2020	2027	2040	2047
Πληθυσμός	50.283	54.657	56.314	62.205	66.692	75.902	81.377

Εξεταζόμενες επιλογές μεθόδων επεξεργασίας

Δυο εναλλακτικές μέθοδοι επεξεργασίας και τεχνολογιών έχουν εξεταστεί και συγκριθεί:

- Επεξεργασία ενεργού ιλύος με πρωτοβάθμια καθίζηση, συμβατικός αερισμός και αναερόβια χώνευση της λάσπης.
- Τεχνολογία Βιοαντιδραστήρα Μεμβρανών (MBR) λειτουργώντας ως παρατεταμένος αερισμός.

Τα κύρια συμπεράσματα της σύγκρισης των δυο εναλλακτικών μεθόδων συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα:

ΚΡΙΤΗΡΙΟ	ΚΛΑΣΣΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	MBR ΣΥΣΤΗΜΑ
ΚΕΦΑΛΑΙΟΥΧΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ (€)	€ 30,700,800	€31,179,200
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ (€/year)	€ 2,077,157	€2,332,460
ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ	Δυσκολίες, προϋπάρχουσες κατασκευές πρέπει να μετακινηθούν	Ευκολία κατασκευής κατά τη λειτουργία του σταθμού
ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΧΩΡΟΥ	Υψηλές	Χαμηλές
ΕΠΕΚΤΑΣΙΜΟΤΗΤΑ	Δυσκολίες λόγω της ανάγκης νέων εκτεταμένων κατασκευών	Εύκολη επέκταση προσθέτοντας ανεξάρτητες μονάδες
ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΚΤΑΣΗΣ	Υψηλό	15-20% χαμηλότερο σε σύγκριση με το συμβατικό σύστημα
ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	Δυσκολία στην επίτευξη υψηλής ποιότητας λυμάτων για άρδευση- ανάγκη για τριτοβάθμια επεξεργασία	Υψηλή ποιότητα υγρών απορροών όσον αφορά SS ανεξάρτητα με τη βιολογική διαδικασία
ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ	Παραδοσιακή τεχνολογία	Νέα τεχνολογία με ραγδαία εξέλιξη και ανάπτυξη

Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δοθεί στην πιθανότητα για μελλοντική σύνδεση τεσσάρων περιφερειακών κοινοτήτων (Δρομολαξιά, Μενεού, Κίτι, Περβόλια) με συνολικό ισοδύναμο πληθυσμό των 57.739 υποδεικνύοντας το σύστημα MBR ως την ιδανικότερη λύση λόγω της εύκολης επέκτασης και επίσης λόγω της έλλειψης διαθέσιμης γης για τη συμβατική τεχνολογία. Η επιπρόσθετη έκταση που απαιτείται για την επέκταση του κλασσικού συστήματος θα αντιστοιχεί περίπου τα 25,000 – 30,000 τ.μ χωρίς να υπολογισθούν πρόσθετες εγκαταστάσεις επεξεργασίας της λυματολάσπης, όπου είναι μεγαλύτερη από το διαθέσιμο χώρο. Για αυτό το σκοπό, η κατοχή επιπρόσθετης περιοχής θα είναι απαραίτητη, πράγμα το οποίο είναι πολύ δύσκολο, εφόσον η μονάδα επεξεργασίας λυμάτων βρίσκεται στην περιοχή Αλυκής η οποία προστατεύεται περιβαλλοντικά από το NATURA 2000. Αντιθέτως, θεσπίζοντας το σύστημα μεμβρανών (MBR) η επέκταση του σταθμού και

τα έργα αναβάθμισης μπορούν εύκολα να υλοποιηθούν μέσα στα υφιστάμενα όρια της μονάδας. (Εκθεση σχεδιασμού ΣΑΛ)

Σχετικά με την ποιότητα των λυμάτων, η σύγκριση των δυο συστημάτων παρουσιάζεται στον πίνακα:

No	Χαρακτηριστικά	Κλασσικό	MBR
1	Βιοχημική Απαίτηση Οξυγόνου (BOD ₅):	10 – 15 mg/l	1-5 mg/l
2	Χημική Απαίτηση Οξυγόνου (COD):	40 - 125 mg/l	5-20 mg/l
3	Αιωρούμενα Στερεά (SS):	10 – 25 mg/l	0 mg/l
5	Συνολικός φώσφορος με precipitation:	0.8 – 1.0 mg/l	<0.1 mg/l
6	Θολότητα	10-30 NTU	< 1 NTU

5.5 Επεξεργασία – Διάθεση Ιλύος στη μονάδα επεξεργασίας λυμάτων στην Λάρνακα

Τα τελευταία 25 χρόνια σημαντικές προσπάθειες έχουν γίνει από Κυβερνητικές και Τοπικές Αρχές για την καθιέρωση Κανονιστικού Πλαισίου για περιβαλλοντική παρακολούθηση και προστασία στην Ευρώπη. Η λάσπη είναι κατάλοιπο (υπόλειμμα) μιας διαδικασίας βιολογικής επεξεργασίας που πρέπει να επιστραφεί με ασφάλεια πίσω στο περιβάλλον. Εκτεταμένη εμπειρία στην Ευρώπη και στις ΗΠΑ έχει δείξει ότι τρεις κύριοι τρόποι διάθεσης για τη λάσπη σχετίζονται με τη Λάρνακα και εξετάζονται παρακάτω:

- Εφαρμογή στο έδαφος (Γεωργική επαναχρησιμοποίηση)
- Υγειονομική ταφή
- Αποτέφρωση

Η διασπορά της λάσπης εφαρμόζεται ήδη στη Λάρνακα με επιτυχία και πολύτιμες εμπειρίες έχουν αποκτηθεί που μπορούν να υποστηρίξουν τη συνέχιση αυτής της επιλογής και στο μέλλον. Σε γενικές γραμμές αυτός ο τρόπος διάθεσης συνδέεται με τη ρύπανση του εδάφους με βαρέα μέταλλα. Αυτό οφείλεται στη σημαντική βιομηχανική δραστηριότητα στις περισσότερες Ευρωπαϊκές χώρες. Στη Λάρνακα δεν υπάρχουν σοβαρές εργοστασιακές απορροές. Οι βιομηχανίες που εμπίπτουν στις

πρόνοιες της Οδηγίας είναι λίγες. Τα αποτελέσματα προκύπτουν από τις πολύ μικρές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων στη λάσπη. Η περιοχή διαθέσιμης γης για μελλοντική διασπορά ποσοτήτων της λάσπης, φαίνεται να είναι ικανοποιητική, όσο η αποδοχή από το κοινό και τους τελικούς χρήστες συνεχίσει όπως σήμερα. Αυτός είναι επίσης ο τρόπος διάθεσης όπου το ΣΑΛ μπορεί να ασκήσει υψηλό επίπεδο διαχειριστικού ελέγχου. Βασιζόμενοι στο έγγραφο εργασίας 3 της Ε.Κ όπου αναμένεται να αντικατασταθεί με την οδηγία 86/278 της Ε.Κ μέσα στα επόμενα 2-3 χρόνια, η ελάχιστη έκταση αγροτικής γης που απαιτείται για τη διασπορά λάσπης κάθε χρόνο είναι 210 εκτάρια. Ωστόσο στηριζόμενοι στις απαιτήσεις της ισχύουσας Οδηγίας 86/278 Ε.Κ, η ελάχιστη έκταση είναι 26 εκτάρια κάθε χρόνο.

Συγκεκριμένες αβεβαιότητες που πρέπει να διευκρινιστούν σχετίζονται με δυο επιλογές. Δεν λειτουργεί υγειονομική ταφή ακόμη σε μια λογική απόσταση από τη Λάρνακα και δεν υπάρχει εγγύηση σήμερα ότι οι περιβαλλοντικές αρχές θα αποδεχτούνε ένα τέτοιο τρόπο διάθεσης. Το κόστος που συνεπάγεται από αυτή την επιλογή είναι επίσης αβέβαιο.

Εξετάζεται ένα εναλλακτικό σενάριο, αποτέφρωση (co incineration) σε μια βιομηχανική μονάδα. Για το λόγο αυτό, η διαθεσιμότητα αποτεφρωτήρων που ανήκουν σε τρίτους έχει ερευνηθεί. Ένα ενδεχόμενο είναι το εργοστάσιο τσιμέντου στο Βασιλικό, 46 χλμ νοτιοδυτικά από τη Λάρνακα. Ωστόσο αυτή η επιλογή είναι αβέβαιη. Η χρησιμοποίηση της επιλογής αυτής δεν βρίσκεται υπό τον πλήρη έλεγχο του ΣΑΛ και τα κόστη είναι υψηλότερα από την εφαρμογή της ιλύος. (Τελική Έκθεση Λυματολάσπης)

Η ανάλυση κόστους δείχνει ότι το συνολικό ετήσιο λειτουργικό κόστος (εξαιρουμένου οι φόροι και δασμοί) για τις τρεις επιλογές εξετάζονται ως εξής:

Πίνακας 5.5.1: Κόστος για τις επιλογές διαχείρισης λυματολάσπης

Εφαρμογή λάσπης	46 EUR/Τόνο Ξηρής ύλης
Υγειονομική ταφή	87 EUR/Τόνο Ξηρής ύλης
Αποτέφρωση (σε συνεργασία)	107 EUR/Τόνο Ξηρής ύλης

Τα αποτελέσματα από τη σύγκριση που έγινε οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η εφαρμογή της λάσπης είναι η πιο προσιτή επιλογή για το ΣΑΛ, με την υγειονομική

ταφή να είναι η δεύτερη καλύτερη επιλογή υπό την προϋπόθεση ότι οι παραπάνω αβεβαιότητες που προαναφέρθηκαν μπορούν να επιλυθούν. Με αυτό το αποτέλεσμα ως βάση, το ΣΑΛ θα έχει τη δυνατότητα ή να ορίσει συγκεκριμένα την πορεία για την τελική διάθεση της λάσπης ή να συνδυάσει διαφορετικούς τρόπους προκειμένου να διασφαλίσει ότι θα υπάρξει σωστή και οικονομική διαχείριση της λάσπης στο μέλλον, μετά την επέκταση του σταθμού.

5.5.1 Υφιστάμενη κατάσταση στη μονάδα διαχείρισης λυμάτων Λάρνακας

Σήμερα, η μονάδα διαχείρισης λυμάτων στην Λάρνακα, λειτουργεί με το σύστημα ενεργοποιημένης ιλύος και παράγει βιολογική λάσπη. Η επεξεργασία λάσπης περιλαμβάνει:

- Προσωρινή αποθήκευση του πλεονάσματος της λάσπης
- Μηχανική μονάδα πάχυνσης (με σύστημα polyelectrolyte dosing)
- Μονάδα αφαίρεσης νερού (με σύστημα polyelectrolyte dosing)

Υπάρχουν δυο δεξαμενές χώνευσης, κατασκευασμένες επίσης από γυαλί επικαλυμμένο με ατσάλι, με διάμετρο 11,44μ., ύψος 5,30μ. και βάθος υγρού 5,0μ. (ενεργό όγκο 108κ.μ, σύνολο 216κ.μ). Για την αερόβια σταθεροποίηση της λάσπης οι δεξαμενές εξυπηρετούνται από ένα σύστημα αερισμού το οποίο τροφοδοτείται από τρεις φυσητήρες ισχύος 540κ.μ/ώρα στα 550 mbar (15kW).

Η χωνευμένη λάσπη αντλείται από τους χωνευτήρες από δυο μονές αντλίες (7.5 kW καθεμία) και μεταφέρεται σε ειδικά διαμορφωμένες εκτάσεις από μπετόν όπου αποξηραίνεται ή οδηγείται στην μονάδα απονέρωση όπου είναι εγκατεστημένη μια φιλτρόπρεσσα.

Το πλεόνασμα λάσπης από τις εγκαταστάσεις ενεργού ιλύος διοχετεύεται στο παχυντήρα ο οποίος απαρτίζεται από μια γυάλινη δεξαμενή επικαλυμμένη με ατσάλι, διαμέτρου 9,92μ., συνολικού ύψους 4,69μ., βάθος υγρού 3,40μ. (ενεργού όγκου 270κ.μ.). Είναι εξοπλισμένος με πασσαλοφράχτη, με μια περιστρεφόμενη ξέστρα, όπου καθιστά δυνατή την πάχυνση της λάσπης.

Η λάσπη από τον πυθμένα της δεξαμενής αντλείται από δυο μονές αντλίες (4 kW) στις αερόβιους χωνευτές. Προσωρινά, η διαχείριση στη μονάδα της Λάρνακας

αξιοποιεί τις υπάρχουσες ειδικά διαμορφωμένες εκτάσεις από μπετόν για να παρέχει σε ένα βαθμό την ικανότητα της μετά-ξήρανσης, τυπικά μειώνοντας το περιεχόμενο σε νερό της αποστραγγισμένης λάσπης από το 80% στο 60%. Ωστόσο, από τη στιγμή που απουσιάζει όποια στεγασμένη εγκατάσταση για μακροχρόνια αποθήκευση της αποξηραμένης λάσπης από το σταθμό, όποια αποξηραμένη λάσπη εκτίθεται στις κλίνες αποξήρανσης θα εκτίθεται σε υγρασία κατά την βροχερή περίοδο (Οκτώβρη-Μάρτη).

5.5.2 Παρούσα πρακτική απόθεσης της λυματολάσπης

Από το 2005, η λυματολάσπη από τη μονάδα της Λάρνακας αξιοποιείται για γεωργική επαναχρησιμοποίηση ως εδαφοβελτιωτικό. Οι τελικοί χρήστες φαίνεται να είναι ικανοποιημένοι με το αποτέλεσμα στις καλλιέργειες παρόλο που έχουν αναφερθεί κάποια παράπονα για δυσάρεστες οσμές. Το τρέχον πρόγραμμα παρακολουθείται μέχρι σήμερα με τα εργαστηριακά αποτελέσματα που παρουσιάζονται πιο πάνω. Τα αποτελέσματα αυτά ενισχύουν τον ισχυρισμό ότι η παρούσα εφαρμογή θα μπορούσε να συνεχιστεί, εάν υπάρξει συμμόρφωση με τις Εθνικές και Ευρωπαϊκές οδηγίες για διάθεση της λυματολάσπης στο έδαφος. Ωστόσο, είναι αναπόφευκτη η αύξηση της παραγόμενης λυματολάσπης από την επεκτεινόμενη μονάδα. Η μελέτη αυτή διαχείρισης της λυματολάσπης θα αντικατοπτρίσει την δυνατότητα υλοποίησης τέτοιας εφαρμογής (στο έδαφος) στο μέλλον, την οποία θα πρέπει να καταστήσει βιώσιμη και ελκυστική για το κοινό προκειμένου για την επαναχρησιμοποίηση της. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι αγρότες της περιοχής βλέπουν την χρήση της λυματολάσπης για ενίσχυση του εδάφους θετικά, δημιουργώντας μια ζήτηση για το προηγούμενο ανεπιθύμητο προϊόν. Η ζήτηση της λυματολάσπης από το κοινό είναι απαραίτητο στοιχείο για τη βιωσιμότητα τέτοιου προγράμματος και θα μπορούσε, σε κάποιο σημείο, να δημιουργήσει ένα ρεύμα προσόδων για επί μέρους ανάκτηση των διαχειριστικών κοστών της λυματολάσπης όπως η μεταφορές που πρέπει να καλυφθούν από το ΣΑΛ. (Εκθεση σχεδιασμού ΣΑΛ)

Πιο συγκεκριμένα, οι αγρότες έχουν εφαρμόσει τη λυματολάσπη από τη μονάδα της Λάρνακας, σε έδαφος το οποίο στηρίζει την καλλιέργεια ζωοτροφών. Η εφαρμογή γίνεται σε αγροτικά τεμάχια δυο φορές το χρόνο τέλος Μαΐου μετά το θέρος και τέλος Σεπτεμβρίου μετά το όργωμα. Για παράδειγμα η εφαρμογή σε αγροτικά τεμάχια στο Αβδελλερό (Παράρτημα ΙΙ). Η τοποθεσία βρίσκεται περίπου 8 χλμ. από τη μονάδα

της Λάρνακας. Το μεταφορικό κόστος της ξηρής λάσπης είναι 6 ευρώ/κ.μ. Τα εδάφη στα οποία γίνεται η εφαρμογή της λάσπης είχαν αναλυθεί πριν από την έναρξη της διαδικασίας εφαρμογής και περιοδικά (κάθε έξι μήνες) από τότε που ξεκίνησε η εφαρμογή. Ο τύπος εδάφους κυριαρχείται από ασβεστόλιθους, με πολύ μικρό οργανικό περιεχόμενο. Τα βελτιωμένα χαρακτηριστικά ανάπτυξης των καλλιεργήσιμων ζωοτροφών διπλασιάστηκαν με τη μείωση στη χρήση λιπασμάτων. Αυτό προσέφερε στους αγρότες πειστικό στοιχείο για το θετικό πλεονέκτημα της εφαρμογής της λυματολάσπης ως εδαφοβελτιωτικό. (Τελική Έκθεση Λυματολάσπης)

Η αγροτική γη είναι διαθέσιμη για επαναχρησιμοποίηση λυματολάσπης και οι παρούσες θέσεις εφαρμογής είναι μόνο ένα μικρό κομμάτι μιας πολύ μεγαλύτερης ελεύθερης αστικής περιοχής ανάπτυξης. Κάθε χρόνο, περίπου 20 εκτάρια γης χρησιμοποιούνται για τη διαδικασία εφαρμογής λάσπης στο έδαφος, με την εφαρμογή να πραγματοποιείται κατά τη διάρκεια των μηνών Ιουνίου και Σεπτεμβρίου, εφόσον μόνο κατά τη διάρκεια αυτών των 2 μηνών μπορεί να γίνει η διάθεση της λάσπης στα χωράφια. Από τη στιγμή που η λάσπη εφαρμόζεται, τα χωράφια καλλιεργούνται με ζωοτροφές. Τέτοιοι περιορισμοί στη χρήση απαιτούν ότι η απονερωμένη /ξηρή λάσπη διατηρείται στη μονάδα της Λάρνακας για όλους τους άλλους μήνες του χρόνου και συγκεκριμένα, την εκτεταμένη περίοδο από τον Οκτώβρη μέχρι το Μάιο. (8 μήνες).

Το υπάρχον πρόγραμμα εφαρμογής της λυματολάσπης θα πρέπει να παρατηρηθεί ως δοκιμαστικό πιλοτικό πρόγραμμα, το οποίο βρήκε μεγάλη απήχηση από το κοινό. Τα αποτελέσματα προσέφεραν εξαιρετικά δεδομένα για τεκμηρίωση και εμπειρία για την εφαρμογή της λάσπης σε μια μόνιμη βάση.

Κατά τις περιόδους εφαρμογής της λάσπης, το ΣΑΛ χρησιμοποιεί επιπρόσθετο εργατικό δυναμικό για την μεταφορά της λάσπης στα χωράφια και για το καθαρισμό των αποθηκευτικών χώρων στο σταθμό. Το ΣΑΛ έχει αναφέρει ότι 10 περίπου επιπλέον εργάτες χρησιμοποιούνται για μια περίοδο των 4 εβδομάδων στο σύνολο για το σκοπό αυτό. Το ΣΑΛ έχει δηλώσει ότι το κόστος διαχείρισης της λάσπης σήμερα αντιστοιχεί στα 10 ευρώ/κ.μ.

Έχει επίσης αναφερθεί ότι οι οσμές από την αποθηκευμένη λυματολάσπη ή τη λάσπη που έχει εφαρμοστεί στο έδαφος είναι ένα συχνό ζήτημα ανησυχίας και δείχνει ότι κάτω υπό συγκεκριμένες προϋποθέσεις, η απονερωμένη λάσπη δεν διατηρεί τη βιολογική της σταθερότητα. Οι οσμές είναι ένας σοβαρός περιορισμός και οι αιτίες αυτών πρέπει να μελετηθούν. Η ανεπαρκής σταθεροποίηση και το αυξημένο

περιεχόμενο σε νερό κατά τη διάρκεια βροχών μπορούν να έχουν ως αποτέλεσμα τα προβλήματα δυσοσμίας. Οι οσμές μπορούν να έχουν αντίθετα αποτελέσματα στην γεωργική επαναχρησιμοποίηση λόγω των παραπόνων που θα εκφράσει το κοινό.

5.5.3 Επιλογές διαχείρισης ιλύος - Επεξεργασία ιλύος και τελική διάθεση

Τα κατάλοιπα από τη την επεξεργασία λυμάτων που λαμβάνει χώρα σε μια μονάδα επεξεργασίας λυμάτων είναι η λάσπη, η οποία περιέχει τόσο οργανικές όσο και ανόργανες ουσίες. Η λάσπη περιέχει μεγάλα ποσοστά νερού και βιολογικά ασταθή ύλη, καθώς σε πολλές περιπτώσεις οι ιδιότητες αυτές της λάσπης προκαλούν ζημιές στους ανθρώπους και τα ζώα. Υπάρχουν δυο βασικές ανησυχίες σχετικά με την επεξεργασία της λάσπης, συγκεκριμένα η μείωση της βιολογικής της δράσης και η μείωση του όγκου της. Για αυτό το λόγο, γίνονται διαφορετικές διαδικασίες επεξεργασίας έτσι ώστε η ποιότητα της παραγόμενης λάσπης να φτάσει σε επίπεδα που δεν επιφέρει κινδύνους στη δημόσια υγεία και να είναι περιβαλλοντικά αποδεκτή για την τελική της απόρριψη, ο όγκος της λάσπης να έχει μειωθεί σε τέτοιο επίπεδο ούτως ώστε τα κόστη που σχετίζονται με την μεταφορά και την τελική απόρριψη της λάσπης να ελαχιστοποιηθούν.

Η διαχείριση λάσπης περιλαμβάνει όχι μόνο την επεξεργασία αλλά και την τελική απόθεση της λάσπης. Το διάγραμμα δίνει μια περίληψη των επιλογών διαχείρισης της λάσπης. Οποιοδήποτε σχέδιο διαχείρισης της λάσπης θα πρέπει να απευθύνεται: 1) Σε μεθόδους επεξεργασίας λάσπης για σταθεροποίηση της λάσπης και τη μείωση του όγκου της, 2) Μεθόδους τελικής διάθεσης για τα κατάλοιπα επεξεργασίας της λάσπης.

Η σταθεροποίηση της λάσπης περιλαμβάνει βιολογικές, χημικές και φυσικές διαδικασίες. Η επιδίωξη της σταθεροποίησης είναι η μείωση της βιολογικής δράσης στη λάσπη και επίσης η μείωση των οσμών και παθογόνου περιεχομένου.

Η πάχυνση μπορεί να γίνει μέσω παχυντή βαρύτητας ή λιποσυλογή με επίπλευση. Οι στόχοι είναι να:

- Να αποκτήσει επαρκή πυκνότητα, ανθεκτικότητα και η περιεκτικότητα της σε στερεά να επιτρέπει την επακόλουθη διαδικασία διάθεσης .
- Μείωση του νερού που περιέχεται στη λάσπη

Η απονέρωση μπορεί να γίνει σε κλίνες ξήρανσης, φυγοκεντρωτή, ιμάντες διήθησης ή σε ταινιοφιλτροπρέσες. Η απονέρωση έχει ως στόχο τη μείωση του νερού που περιέχεται στη λάσπη. Συνήθως ένα περιεχόμενο της τάξεως του 20% σε στερεά έχει επιτευχθεί μετά την απονέρωση.

Διαδικασίες επεξεργασίας που ακολουθούν συμπληρώνουν την σταθεροποίηση και την απονέρωση πριν την τελική διάθεση της λάσπης.

Οι στόχοι της κατεργασίας της λάσπης (σταθεροποίηση, απονέρωση και μετε-επεξεργασία) πριν την τελική διάθεση της λάσπης είναι:

- Μείωση της βιολογικής δραστηριότητας στη λάσπη και επίσης η δημιουργία ενός ασφαλούς περιβάλλοντος για τους χειριστές που εμπλέκονται στην διαχείριση της λάσπης και γενικά η εξάλειψη των κινδύνων για την υγεία για τους ανθρώπους που μπορεί να εμπλέκονται άμεσα ή έμμεσα με την επεξεργασία και την τελική διάθεση της λάσπης.
- Μείωση των ενοχλήσεων από οσμές και έντομα.
- Ασφαλής αποθήκευση για μεγάλες χρονικές περιόδους
- Μείωση του όγκου της λάσπης κατά το δυνατόν περισσότερο και επίσης η μείωση του κόστους μεταφορών και τελικής διάθεσης.

Η τελική απόθεση της λάσπης περιλαμβάνει διαφορετικές επιλογές πλεονεκτικής επαναχρησιμοποίησης της και υγειονομικής ταφής. Η αποτέφρωση δεν είναι μέσα στις επιλογές για τελική διάθεση αλλά μια μέθοδος μετά-επεξεργασίας η οποία επιτυγχάνει δραστική μείωση του όγκου της λάσπης μέσω της θερμικής αφαίρεσης της λάσπης. Πολλοί οργανισμοί κοινής ωφέλειας δεν είναι σε θέση να αντεπεξέλθουν στο επενδυτικό κεφάλαιο και λειτουργικό κόστος που σχετίζεται με την εγκαθίδρυση εγκαταστάσεων αποτέφρωσης στο δικό τους σταθμό επεξεργασίας λυμάτων. Επιπρόσθετα, το μέγεθος μιας μονάδας επεξεργασίας λυμάτων είναι ένας σημαντικός παράγοντας για να αιτιολογηθεί η οικονομική βιωσιμότητα της επιλογής αυτής. Γι' αυτό το λόγο οργανισμοί κοινής ωφέλειας όπως το συμβούλιο αποχετεύσεων Λάρνακας, συνεργάζονται με τρίτα μέλη που μπορούν να τους προσφέρουν τέτοιες εγκαταστάσεις σε μια συγκεντρωτική δομή έναντι συμπεφωνημένης τιμής. Έτσι η αποτέφρωση θεωρείται κάποιες φορές ως επιλογή τελικής διάθεσης για την αποξηραμένη ιλύ

Κατά την διάρκεια των τελευταίων 20 ετών πληθώρα μεθόδων και συνδυασμών δια του παρόντος, έχουν επινοηθεί και δοκιμαστεί για την τελική διάθεση λάσπης. Αυτό έχει δώσει συσσωρευμένη εμπειρία και σήμερα οι εφικτές επιλογές που εξετάζονται για την τελική διάθεση της λάσπης μπορούν να χωριστούν σε τρεις βασικές ομάδες, ονομαστικά:

1. Εφαρμογή στο έδαφος (επαναχρησιμοποίηση λάσπης ως γεωργικό εδαφοβελτιωτικό)
2. Αποτέφρωση (για βιομηχανική θερμική χρήση)
3. Υγειονομική διάθεση (Landfill)

Αυτές οι τρεις επιλογές διάθεσης της λάσπης πρέπει πρώτα να εξετασθούν από την οπτική της συμμόρφωσης με τις Εθνικές και / ή Ευρωπαϊκής Κοινότητας Οδηγίες, για τη διάθεση της λάσπης. Όταν εξετασθούν και οι νόμιμες πλευρές βρεθούν σύμφωνες, τότε μια τεχνική και οικονομική ανάλυση θα προσδιορίσει την μακροπρόθεσμη υλοποίηση για κάθε επιλογή. Η αποδοχή του κοινού (και επακολούθως η ζήτηση για επαναχρησιμοποίηση) για το πλεόνασμα λάσπης θα διαδραματίσει μεγάλο ρόλο στην πραγματοποίηση της όλης διαδικασίας. Η απροθυμία του κοινού ως προς την αποδοχή της διάθεσης της λάσπης ή τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας της λάσπης στην περιοχή τους τυπικά πηγάζει από τις ανησυχίες τους, όσον αφορά τις οσμές και τις δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία. Και τα δυο αυτά ζητήματα πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τις φάσεις του προγραμματισμού, του σχεδιασμού και της εφαρμογής. Το πλεόνασμα λάσπης που παράγεται στη μονάδα επεξεργασίας λυμάτων της Λάρνακας πρέπει να έχει υψηλή συνέπεια και επαναληψιμότητα στην παραγόμενη ποιότητα, ώστε να διασφαλιστεί η συνεχής χρήση της για οποιοδήποτε τρόπο διάθεσης επιλεγθεί τελικά. (Τελική Έκθεση Λυματολάσπης)

Το ΣΑΛ, ως ο διαχειριστής του συστήματος διαχείρισης λυμάτων στην Λάρνακα, χρειάζεται μια λύση για τη διάθεση της λυματολάσπης που συνδυάζει τις καλύτερες «διαστάσεις» ασφάλειας και οικονομικών. Οποιαδήποτε λύση θα πρέπει να παρέχει περιβαλλοντική προστασία σε συμμόρφωση με τις Εθνικές και Ευρωπαϊκές Οδηγίες. Από τη στιγμή που καμία λύση δεν είναι 100% τέλεια η μελέτη διαχείρισης λάσπης πρέπει να σκιαγραφεί μια εγγυημένη λύση η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εκείνο το γεγονός. Αυτό απαιτεί σχεδιασμό και διαθέσιμο υλικό για άμεση χρήση για να επισπευτεί η εφαρμογή.

5.5.4 Διασπορά της Ιλύος - Γενικές εκτιμήσεις

Η διασπορά της λάσπης είναι ένας τρόπος για ανακύκλωση των ενώσεων γεωργικής χρησιμότητας που περιέχονται στην ύλη του εδάφους. Όλα τα είδη λυματολάσπης (υγρή, ημι-συμπαγές, συμπαγές, ξηρή λάσπη) μπορούν να διασπαρθούν στο έδαφος. Ωστόσο, η χρήση του κάθε είδους συνεπάγεται λειτουργικούς περιορισμούς στην αποθήκευση, τη μεταφορά και την ίδια τη διασπορά.

Η παραγωγή λάσπης από ένα δεδομένο σταθμό είναι περισσότερο ή λιγότερο σταθερή κατά τη διάρκεια του έτους, αλλά η χρήση σε χωράφια είναι εποχιακή. Επομένως, η δυνατότητα αποθήκευσης πρέπει να είναι υπάρχει στο σταθμό ή σε ένα άλλο μέρος, είτε ξεχωριστά ή σε συνδιασμό με άλλα βιολογικά απόβλητα, όταν επιτρέπεται από τους εθνικούς κανονισμούς. Η μέση διάρκεια αποθήκευσης είναι περίπου 6-8 μήνες. Η αποθήκευση στα χωράφια μπορεί, επίσης, να τηρηθεί πρακτικά. Αυτό, όμως, θα πρέπει να πραγματοποιηθεί σε μικρό χρονικό διάστημα πριν τη διασπορά και με στερεά και σταθεροποιημένη λάσπη, ώστε να μειωθεί ο κίνδυνος διήθησης της λάσπης στο έδαφος.

Η λυματολάσπη μπορεί να αποθηκευτεί σε τσιμεντένιες δεξαμενές ή σε λίμνες αποθήκευσης (lagoons). Ανάλογα με την περιεκτικότητα σε νερό, η λάσπη μπορεί να αποθηκευτεί σε μια εξέδρα, η οποία πρέπει να είναι αδιάβροχη ή σε δεξαμενές. Λακκούβες λάσπης μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν. Όπως σε πολλές περιπτώσεις απονερωμένη λάσπη δεν μπορεί να αντληθεί, η λάσπη πρέπει να μεταφερθεί χρησιμοποιώντας συγκεκριμένο μηχανισμό ανάσυρσης.

Η αποξηραμένη λάσπη δεν παρουσιάζει κάποιο συγκεκριμένο περιορισμό. Εάν η λάσπη ωστόσο είναι κονιορτοποιημένη, η αποθήκευση πρέπει να παρακολουθείται προκειμένου να αποτραπεί οποιαδήποτε έκρηξη και εκπομπή σωματιδίων στην ατμόσφαιρα. (Τελική Έκθεση Λυματολάσπης)

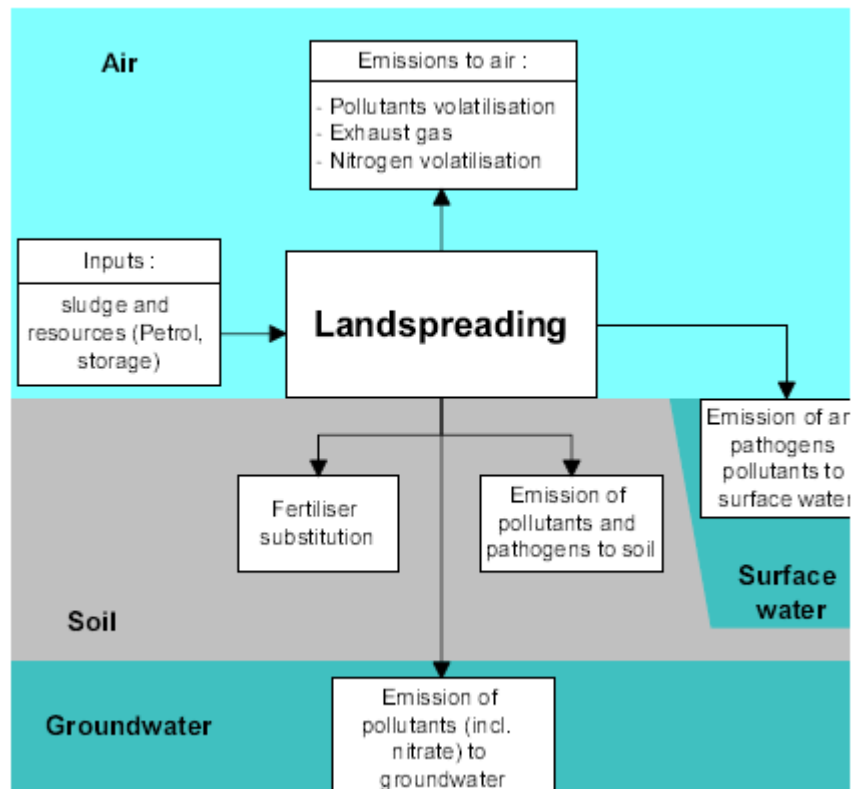
Η μεταφορά είναι η πιο ακριβή πλευρά της διασποράς της λάσπης. Είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν βυτιοφόρα για υγρή λάσπη ή αρθρωτά καμίνια (articulated lorry) για άλλους τύπους λάσπης.

Η λάσπη μπορεί να εφαρμοσθεί στα εδάφη χρησιμοποιώντας ρυμουλκό και μπορεί να εφαρμοσθεί διασπείροντας στο έδαφος (ωστόσο έχει μεγάλη σημασία να μειωθεί η δημιουργία αερισμού για να μειωθεί ο κίνδυνος οσμητικών ενοχλήσεων) ή απευθείας διοχετεύοντας την στο έδαφος. Η παροχή της αποξηραμένης λάσπης μπορεί να πραγματοποιηθεί με τον ίδιο εξοπλισμό όπως για τα ορυκτά λιπάσματα. Ο εξοπλισμός διασποράς πρέπει επίσης να προσαρμοσθεί σε αυτό τον τύπο λάσπης.

Η αποδοχή του κοινού, η «κατάληψη» εδάφους, η προσβασιμότητα του εδάφους και οι μετεωρολογικές συνθήκες επηρεάζουν τη διασπορά της λυματολάσπης. Ως επί το πλείστον, η πρακτική μπορεί να λάβει μέρος δυο φορές το χρόνο: μετά από συγκομιδή ή πριν από το όργωμα και τη σπορά.

Το κόστος της επιλογής αυτής μπορεί να είναι φθηνότερο σε σχέση με τις άλλες πρακτικές. Ωστόσο, η παρουσία ρύπων στη λάσπη οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η πρακτική αυτή θα πρέπει να εφαρμοσθεί προσεκτικά και υπό επιτήρηση. Για το σκοπό αυτό, σε κάποιες χώρες, κώδικες πρακτικής και πλάνα διασποράς έχουν καθιερωθεί, συνοψίζοντας της ρυθμιστικές διατάξεις. Άρτια καταγραφή γίνεται για περιόδους διασποράς, τύπους καλλιέργειας, προκειμένου να διαχειριστούν ζητήματα υγιεινής και περιβαλλοντικοί κίνδυνοι. Οι εισροές για τη διασπορά είναι η λάσπη και πρόσθετα πηγές όπως καύσιμα για μετακινήσεις και εφαρμογή καθώς και χώρος για αποθήκευση.

Οι εκροές περιλαμβάνουν την εσοδεία και υποκατάσταση λιπασμάτων, αλλά επίσης εκπομπές ρύπων στο έδαφος και έμμεσα εκπομπές στον αέρα και το νερό. Άλλες εκπομπές στον αέρα είναι τα καυσαέρια από τις μετακινήσεις. Η εκπομπή αποξηραμένης λάσπης στον αέρα μπορεί επίσης να υπάρξει κατά τη διάρκεια των μετακινήσεων των φορτηγών που δεν είναι καλυμμένα. Το παρακάτω σχήμα 5.5.4.1 δείχνει τις εισροές και εκροές από τη διασπορά της λάσπης.



Σχήμα 5.5.4.1: Εισροές και εκροές από τη διασπορά της Ιλύος.

5.5.5 Προϋποθέσεις για εφαρμογή της λυματολάσπης σε γεωργικό έδαφος (Επιλογή τοποθεσίας και απαιτούμενες πληροφορίες)

Η ικανότητα των εδαφών να δεχτούν λυματολάσπη και να αδρανοποιήσουν τους ρυπαντές ποικίλει ανάλογα με το είδος εδάφους, φυτών και κλιματικών παραγόντων. Στην αξιολόγηση εδάφους και χαρακτηριστικών τοπίου είναι πρώτιστης σημασίας η τελική επιλογή τοπίου. Οι έρευνες θα πρέπει να πραγματοποιηθούν από καταρτισμένους ειδικούς όπως για παράδειγμα γεωλόγους, υδρολόγους, μηχανικούς κλπ. σε συνεργασία με τις Εθνικές Αρχές. Με σκοπό να ορίσουν συγκεκριμένα κριτήρια οργανισμών για εφαρμογή λάσπης. Αυτά τα κριτήρια θα περιλαμβάνουν: χαρακτηριστικά και θέση τοπίου, σύσταση του εδάφους, διήθηση και διαπερατότητα του εδάφους, δυνατότητα συγκράτησης υγρασίας, φαινομενική πυκνότητα, γεωλογικά χαρακτηριστικά. (Τελική Έκθεση Λυματολάσπης)

Οι παρακάτω πληροφορίες απαιτούνται για τον υπολογισμό του ρυθμού εφαρμογής της λάσπης σε γεωργικά εδάφη:

Σύνθεση λάσπης (Στερεά, Συνολικό Άζωτο, NH₄-N, NO₃-N, Συνολικός Φώσφορος, Συνολικό Κάλιο, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pd και Zn), pH εδάφους (θα πρέπει να διατηρείται πάνω από 6.5) και ικανότητα ανταλλαγής ιόντων. Εξέταση εδάφους για διαθέσιμο P και K, P και προτεινόμενη δοσολογία λιπάσματος K για την ανάπτυξη των καλλιεργειών, είδος καλλιέργειας που πρόκειται να καλλιεργηθεί. Στον πίνακα πιο κάτω παρατηρούμε ότι η παραγόμενη λυματολάσπη από τη μονάδα επεξεργασίας λυμάτων στην Λάρνακα όχι απλά τηρεί τα προκαθορισμένα όρια αλλά σημειώνει πολύ πιο χαμηλές τιμές στα περιεχόμενα βαρέα μέταλλα.

Πίνακας 5.5.5.1: Οριακές τιμές βαρέων μετάλλων για εφαρμογή της λυματολάσπης/ τιμές από το ΣΑΛ.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ		ΟΡΙΑΚΕΣ ΤΙΜΕΣ	ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΣΑΛ
PARAMETER		LIMITS	LSDB PLANT
		(mg/kg)	
Κάδμιο	(Cd)	40	0,81
Χαλκός	(Cu)	1750	104
Νικέλιο	(Ni)	400	12,8
Μόλυβδος	(Pb)	1200	11,8
Ψευδάργυρος	(Zn)	4000	393
Υδράργυρος	(Hg)	25	1,14

5.5.6 Μελλοντικά σχέδια διαχείρισης της Ιλύος από τη μονάδα επεξεργασίας λυμάτων στη Λάρνακα

Το προτεινόμενο σχέδιο εφαρμογής για διαχειριστικούς σκοπούς της λάσπης έχει ως εξής:

- 1) Η διαχείριση της λάσπης (πάχυνση και απονέρωση) θα συνεχιστεί και θα βελτιωθεί στο νέο εκτεταμένο σταθμό.
- 2) Η προεργασία της λάσπης με ηλιακή ξήρανση θα συνεχιστεί και θα βελτιωθεί, όταν οι εργασίες στον εκτεταμένο σταθμό ολοκληρωθούν.
- 3) Η διασπορά σύμφωνα με στις διατάξεις της Ευρωπαϊκής Κοινοτικής Οδηγίας 86/278, θα συνεχιστεί όπως και σήμερα, μέχρι να τεθεί σε ισχύ η νέα Κοινοτική Οδηγία.
- 4) Η διασπορά θα συνδυαστεί αρχικά με υγειονομική ταφή και αποτέφρωση (σε συνεργασία) ως δεύτερη εναλλακτική, εάν τεθεί σε ισχύ η νέα Ευρωπαϊκή Κοινοτική Οδηγία . Η νέα οδηγία θα απαιτεί πολύ χαμηλότερα ποσοστά βαρέων μετάλλων από τα σημερινά. Για να υπάρξει συμμόρφωση, θα χρειαστούν πολύ μεγαλύτερες γεωργικές εκτάσεις για τη συνέχιση της διασποράς, ως η μόνη μέθοδος διάθεσης για το σταθμό της Λάρνακας στο μέλλον, πράγμα ουτοπικό. (Τελική Έκθεση Λυματολάσπης)

5.6 Επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων

5.6.1 Εισαγωγή

Οι χώρες της Μεσογείου χαρακτηρίζονται από έλλειψη νερού, κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες, ιδιαίτερα οι χώρες που βρίσκονται στη Βόρεια Αφρική και Μέση Ανατολή. Η παρούσα ανισορροπία στη ζήτηση νερού σε αντιπαράθεση με την προσφορά νερού οφείλεται κυρίως στην άνιση κατανομή κατακρημνισμάτων (βροχής), υψηλών θερμοκρασιών, αυξημένων αναγκών για άρδευση και επιπτώσεις του τουρισμού. Για τη μείωση του προβλήματος της λειψυδρίας πρέπει να ληφθεί υπόψη σοβαρά η ανάκτηση νερού και η επαναχρησιμοποίηση. Η βιώσιμη επεξεργασία υγρών αποβλήτων και η επαναχρησιμοποίηση είναι μια συνεχής πρόκληση. Στις μεσογειακές χώρες , τα υγρά απόβλητα σε διαφορετικό επίπεδο επεξεργασίας (πρωτοβάθμια, δευτεροβάθμια ή τριτοβάθμια) χρησιμοποιούνται από μόνα τους ή σε συνδυασμό με πόσιμο νερό (γλυκό νερό) κυρίως για άρδευση

ζωοτροφών και δημητριακών αλλά επίσης κάποιες φορές σε οπωφόρα δέντρα ακόμη και σε λαχανικά σύμφωνα με την εθνική νομοθεσία και την εφαρμογή της. (Fata et. al., 2007)

Το νερό αποτελεί ένα από τους βασικότερους παράγοντες για την περαιτέρω ανάπτυξη ή ακόμα και σταθεροποίηση, στα υφιστάμενα επίπεδα, της οικονομίας και ειδικότερα της αρδευόμενης γεωργίας. Οι ημιξηρικές συνθήκες και η αυξανόμενη έλλειψη υδάτινων πόρων στην Κύπρο, λόγω κλιματολογικών αλλαγών, συνεχούς αύξησης της χρήσης νερού από άλλους τομείς της οικονομίας και μη ορθολογικής αξιοποίησης του, έχουν επιδεινώσει το ήδη οξύ πρόβλημα ακόμη περισσότερο. Γι' αυτό η ορθολογική χρήση των υφιστάμενων υδάτινων πόρων, η αναζήτηση νέων πηγών νερού καθώς και η επινόηση νέων μεθόδων ανακύκλωσης του είναι μεγάλης σημασίας και χρήζουν άμεσης προσοχής, προτεραιότητας και δράσης. Δεδομένου ότι το μεγαλύτερο μέρος των διαθέσιμων υδάτινων πόρων χρησιμοποιείται για άρδευση, η ανάκτηση, επεξεργασία και επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων αστικών λυμάτων (ή ανακυκλωμένο νερό όπως είναι ο όρος που έχει επικρατήσει τα τελευταία χρόνια) για άρδευση δίνει τη δυνατότητα εκμετάλλευσης μιας πρόσθετης πηγής νερού και τη διάθεση μεγαλύτερου όγκου υδάτινων πόρων για ύδρευση και σ' άλλους τομείς της οικονομίας.

Εξαιτίας της ραγδαίας ανάπτυξης των αστικών περιοχών της Κύπρου τα τελευταία χρόνια, αλλά και την ταυτόχρονη αύξηση του τουριστικού ρεύματος προς τις παραλιακές περιοχές, διαπιστώθηκε η αναγκαιότητα για την υλοποίηση συστημάτων που θα διαχειρίζονται τα υγρά απόβλητα που δημιουργούνται σε διάφορες ανθρώπινες δραστηριότητες. Άλλοι παράγοντες που συνέτειναν στην υλοποίηση τέτοιων σκέψεων, υπήρξαν η κατακόρυφη αύξηση του βιοτικού επιπέδου της κυπριακής κοινωνίας και η ταυτόχρονη διαπίστωση ότι το περιβάλλον θα έπρεπε να προστατευθεί από τα υγρά απόβλητα που θα μπορούσαν να απορριφθούν χωρίς να προηγηθεί η κατάλληλη επεξεργασία τους. (Τμήμα Αναπτύξεως Υδάτων -ΤΑΥ)

Τις τελευταίες δεκαετίες η τεχνολογική ανάπτυξη στον τομέα των συστημάτων διαχείρισης υγρών αποβλήτων έχει αυξήσει κατακόρυφα το ενδιαφέρον για τη χρήση του ανακυκλωμένου νερού. Μεταξύ των παραγόντων που συνέβαλαν ουσιαστικά στην αύξηση του ενδιαφέροντος για τη χρήση ανακυκλωμένου νερού σε χώρες του εξωτερικού περιλαμβάνονται και οι πιο κάτω:

- Η νομοθεσία που έχει επικρατήσει σχετικά με την προστασία του περιβάλλοντος και η οποία επιβάλλει την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων πριν την απόρριψή τους

- Οι νομοθετικές ρυθμίσεις για την προστασία των αποδεκτών και η δυσκολία εξεύρεσης χώρων που θα μπορούσαν να δεχθούν τα επεξεργασμένα απόβλητα
- Το αυξημένο οικονομικό και περιβαλλοντικό κόστος εκμετάλλευσης νέων υδάτινων πόρων (μονάδες αφαλάτωσης, φράγματα)
- Η έλλειψη υδάτινων πόρων

Επιπρόσθετα από τα πιο πάνω είναι αποδεκτό ότι ο αξιόπιστος σχεδιασμός και η λειτουργία έργων ανάκτησης - επαναχρησιμοποίησης τους συμβάλλουν στα ακόλουθα:

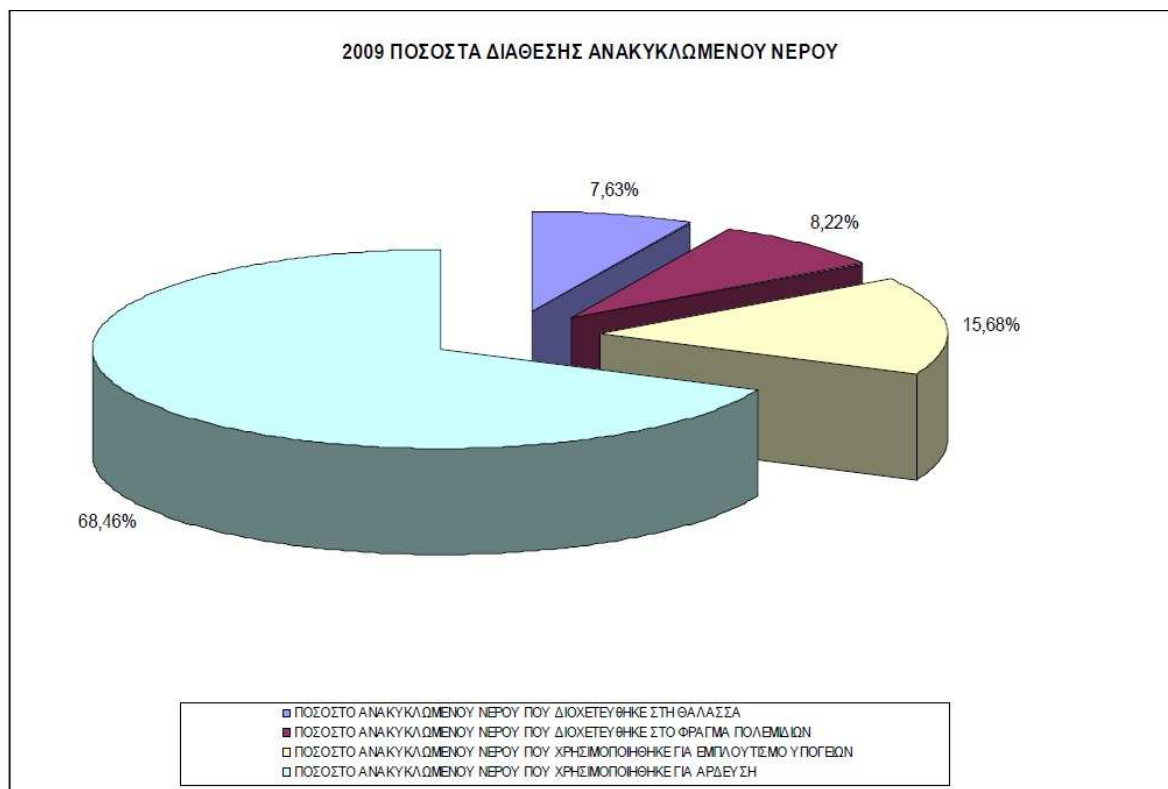
- Στην ανάπτυξη νέων υδάτινων πόρων
- Στην προστασία των υδάτινων πόρων, σε παράκτιες κυρίως περιοχές, όπου παρατηρείται διείσδυση αλμυρού νερού σε υπόγειους υδροφορείς
- Στην ανάπτυξη πολιτικής υδάτινων πόρων, με έμφαση στη διατήρηση πηγών και περιβάλλοντος
- Στην προστασία της υγείας του κοινού και του περιβάλλοντος
- Στη μείωση του κόστους νερού και
- Στην αξιοπιστία υδατοπρομήθειας

Κατά το σχεδιασμό και την υλοποίηση έργων ανάκτησης - επαναχρησιμοποίησης υγρών αστικών αποβλήτων, οι χρήσεις που επιδιώκονται καθορίζουν τον απαιτούμενο βαθμό επεξεργασίας των αποβλήτων και την αξιοπιστία των διεργασιών επεξεργασίας και εκτέλεσης τους.

Διεθνώς οι κύριες κατηγορίες χρήσης ανακυκλωμένου νερού, με τη σειρά όγκου του χρησιμοποιούμενου νερού, είναι η γεωργική και κυρίως η άρδευση, η βιομηχανική, εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων και διάφορες άλλες. Από αυτές, η άρδευση και ο εμπλουτισμός υπογείων υδροφορέων αντιπροσωπεύουν στις μέρες μας, αλλά ασφαλώς και στο προσεχές μέλλον, τις σημαντικές χρήσεις επεξεργασμένων αποβλήτων και προσφέρουν σοβαρές δυνατότητες για απορρόφηση όλο και μεγαλύτερων ποσοτήτων ανακτωμένων υγρών αποβλήτων.

5.6.2 Επεξεργασμένο (ανακυκλωμένο) νερό στην Κύπρο

Σήμερα η τριτοβάθμια παραγωγή επεξεργασμένου νερού (ανακυκλωμένου νερού) στην Κύπρο φτάνει τα 14.6 εκ. κ.μ. το χρόνο. Από αυτό το ποσό καλύπτεται το 8% ζήτησης νερού για τη γεωργία. Σύμφωνα με στοιχεία του Τμήματος Αναπτύξεως Υδάτων (ΤΑΥ) η διάθεση του ανακυκλωμένου νερού προσανατολίζεται στην άρδευση γεωργικών εκτάσεων και χώρων πρασίνου καθώς κατά το 2009 το 68,46 % του παραγομένου με ανακυκλωμένου νερού διατέθηκε για το σκοπό αυτό. Μικρότερες ποσότητες διατίθενται για εμπλουτισμό υπόγειων υδροφορέων, εμπλουτισμό φραγμάτων καθώς και διοχέτευσή τους στη θάλασσα. (Σχήμα 5.6.2.1)



Διάγραμμα 5.6.2.1: Ποσοστά διάθεσης ανακυκλωμένου νερού το 2009

Κατά τους χειμερινούς μήνες στη Λάρνακα και στη Λεμεσό, όταν δεν υπάρχει ζήτηση και επάρκεια χώρου αποθήκευσης του ανακυκλωμένου νερού, τότε μερικές ποσότητες απορρίπτονται στη θάλασσα. Μέχρι το 2020, 7-8 βιολογικοί σταθμοί θα βρίσκονται σε λειτουργία στις πόλεις. Το ποσό ανακυκλωμένου νερού θα φτάσει τα 42 εκ. κ.μ ετησίως και 23% της ζήτησης νερού για τη γεωργία θα καλύπτεται. Βέβαια το επεξεργασμένο νερό θα πρέπει να τηρεί κάποια ποιοτικά

χαρακτηριστικά βάσει της οδηγίας του συμβουλίου 91/271/ΕΟΚ για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων τα οποία αναγράφονται στον πιο κάτω πίνακα 5.6.2.1 (Υπουργείο Γεωργίας Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος- ΤΑΥ).

Πίνακας 5.6.2.1: Ποιοτικά χαρακτηριστικά επεξεργασμένου νερού

Παράμετροι	Συγκέντρωση mg/l	Ελάχιστη Μείωση %
BOD5	25	70-90
COD	125	75
Ολικά αιωρούμενα στερεά	35 (*)	90 (*)
	35 (άνω των 10,000 ι.π)	90 (άνω των 10,000 ι.π)
	60 μεταξύ 2-10,000 ι.π)	70 μεταξύ 2-10,000 ι.π)
	(* προαιρετικό)	(* προαιρετικό)

5.6.3 Επεξεργασμένο νερό στην μονάδα επεξεργασίας λυμάτων στη Λάρνακα

Στο βιολογικό σταθμό της Λάρνακας το επεξεργασμένο νερό αποθηκεύεται σε ανοικτές δεξαμενές χωρητικότητας 1.000.000 κ.μ. για επαναχρησιμοποίηση. Ο βιολογικός σταθμός λειτουργεί με βάση Άδεια Απόρριψης αρ. 54/2008 του Υπουργείου Γεωργίας, Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος. Το δίκτυο ανακυκλωμένου νερού στη Λάρνακα αποτελείται από 35χλμ αγωγών άρδευσης μέγιστης διαμέτρου 500 χλτ. Το 100% των τριτοβάθμια επεξεργασμένων λυμάτων που παράγονται ανακυκλώνονται. Το 2008 με παραγωγή 1.260.000 κ.μ. το 75% αρδεύτηκε για κτηνοτροφικά φυτά (τριφύλλι και καλαμπόκι), 8% για γήπεδα ποδοσφαίρου και 17% για χώρους πρασίνου σε ξενοδοχεία και δημοτικούς κήπους. Από το ποσοστό αυτό εξαίρεση αποτελούσε η έκτατη απόρριψη στη θάλασσα του ανακυκλωμένου νερού (μέχρι και 16% της παραγωγής) λόγω προβλημάτων στην αποθηκευτική δεξαμενή. Συγκεκριμένα όταν γίνεται συντήρηση των δεξαμενών αποθήκευσης του δευτεροβάθμιου νερού και δεν υπάρχει ζήτηση ανακυκλωμένου νερού. Με τη χρήση επεξεργασμένου νερού πετυχαίνουμε βέβαια και εξοικονόμηση πόσιμου νερού. Το 2008 το Συμβούλιο Αποχετεύσεων Λάρνακας (ΣΑΛ) και το Τμήμα Αναπτύξεως Υδάτων (ΤΑΥ) διέθεσαν 311.460 κ.μ ανακυκλωμένου νερού στους ξενοδόχους ιδιοκτήτες γηπέδων και το Δήμο Λάρνακας. Το κόστος παραγωγής και μεταφοράς πόσιμου (αφαλατωμένου νερού) αλλά και η τιμή πώλησης στα ξενοδοχεία της πόλης της Λάρνακας είναι τουλάχιστον €1.00 / κ.μ. Το κόστος τριτοβάθμιας επεξεργασίας λυμάτων είναι μόλις €0.30 / κ.μ. ενώ πωλείται στους καταναλωτές προς €0.15 / κ.μ. (με επιχορήγηση). Άρα εκτός από περιβαλλοντικό

όφελος υπάρχει και οικονομικό όφελος. Σε μερικά χρόνια αναμένεται να λειτουργήσει η αναβαθμισμένη Μονάδα Επεξεργασίας Λυμάτων στην Λάρνακα, η οποία θα επεξεργάζεται και θα παράγει μέχρι και 250% περισσότερο ανακυκλωμένο νερό με ακόμη πιο αυστηρές ποιοτικές προδιαγραφές. Εν τέλει η μεμονωμένη επεξεργασία των γκρίζων νερών εντός των περιοχών των Συμβουλίων Αποχετεύσεων δεν προσφέρει κανένα όφελος, ενώ αυξάνει τους υγειονομικούς κινδύνους και ενθαρρύνει την «σπατάλη» του νερού σε μη παραγωγικές χρήσεις. (Συμβούλιο Αποχετεύσεων Λάρνακας).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΤΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ ΣΤΗ ΛΑΡΝΑΚΑ

Εισαγωγή

Η Αξιολόγηση του Κύκλου Ζωής της μονάδας επεξεργασίας λυμάτων στη Λάρνακα εστιάζει στη λειτουργία της μονάδας. Μια πλήρης ΑΚΖ θα περιελάμβανε την κατασκευή, λειτουργία και κατεδάφιση της εγκατάστασης «από το λίκνο μέχρι τον τάφο» (from cradle to grave) (Αμπελιώτης, 2008). Αυτό όμως είναι δύσκολο και χρονοβόρο να επιτευχθεί. Έτσι η ανάλυση περιορίζεται στη λειτουργία της μονάδας ώστε να αποφευχθεί η πολυπλοκότητα του όλου συστήματος. Η ΑΚΖ διεκπεραιώθηκε με τη χρήση του λογισμικού SimaPro 5.0 και την έτοιμη μέθοδο αξιολόγησης επιπτώσεων CML2 Baseline 2000 για τα στάδια του χαρακτηρισμού και κανονικοποίησης. Βέβαια υπήρχε πληθώρα επιλογών αλλά στηριζόμενοι στις βιβλιογραφικές αναφορές και σύμφωνα με τους Ortiz et. al. (2007) η επιλογή μιας από τις άλλες μεθόδους αξιολόγησης επιπτώσεων που είναι διαθέσιμες στο πρόγραμμα ΑΚΖ δεν αποτελεί κρίσιμο ζήτημα καθώς τα αποτελέσματα που δίνονται για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις είναι παρόμοια. Συγκεκριμένα στη μελέτη τους οι Fuchs et. al. (2011) χρησιμοποίησαν τις μεθοδολογίες Ecoindicator 99 και CML 2 Baseline 2000. Η χρήση και των δυο μεθόδων παλαιότερα σε ΑΚΖ επεξεργασίας λυμάτων έδειξε ότι η συνολική διαφορά ανάμεσα στις μεθόδους αξιολόγησης του SimaPro είναι μικρή.

Καθορισμός σκοπού και αντικειμένου της μελέτης

Σκοπός της έρευνας είναι η Αξιολόγηση του Κύκλου Ζωής της μονάδας επεξεργασίας λυμάτων στη Λάρνακα καθώς και ο καθορισμός και ανάλυση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της μονάδας. Το πεδίο έρευνας περιλαμβάνει τις σημερινές εγκαταστάσεις της μονάδας καθώς και τα μελλοντικά σχέδια επέκτασης και αναβάθμισής της. Επίσης γίνεται η σύγκριση της σημερινής κατάστασης, δηλαδή της ύπαρξης της μονάδας, με ένα υποθετικό σενάριο μη ύπαρξής της. Επίσης η σύγκριση διαφορετικών σεναρίων καθώς και η περιβαλλοντική τους αξιολόγηση προκύπτει μέσα από τη στοχοθεσία της μελέτης.

Συνεπώς στόχοι της έρευνας είναι:

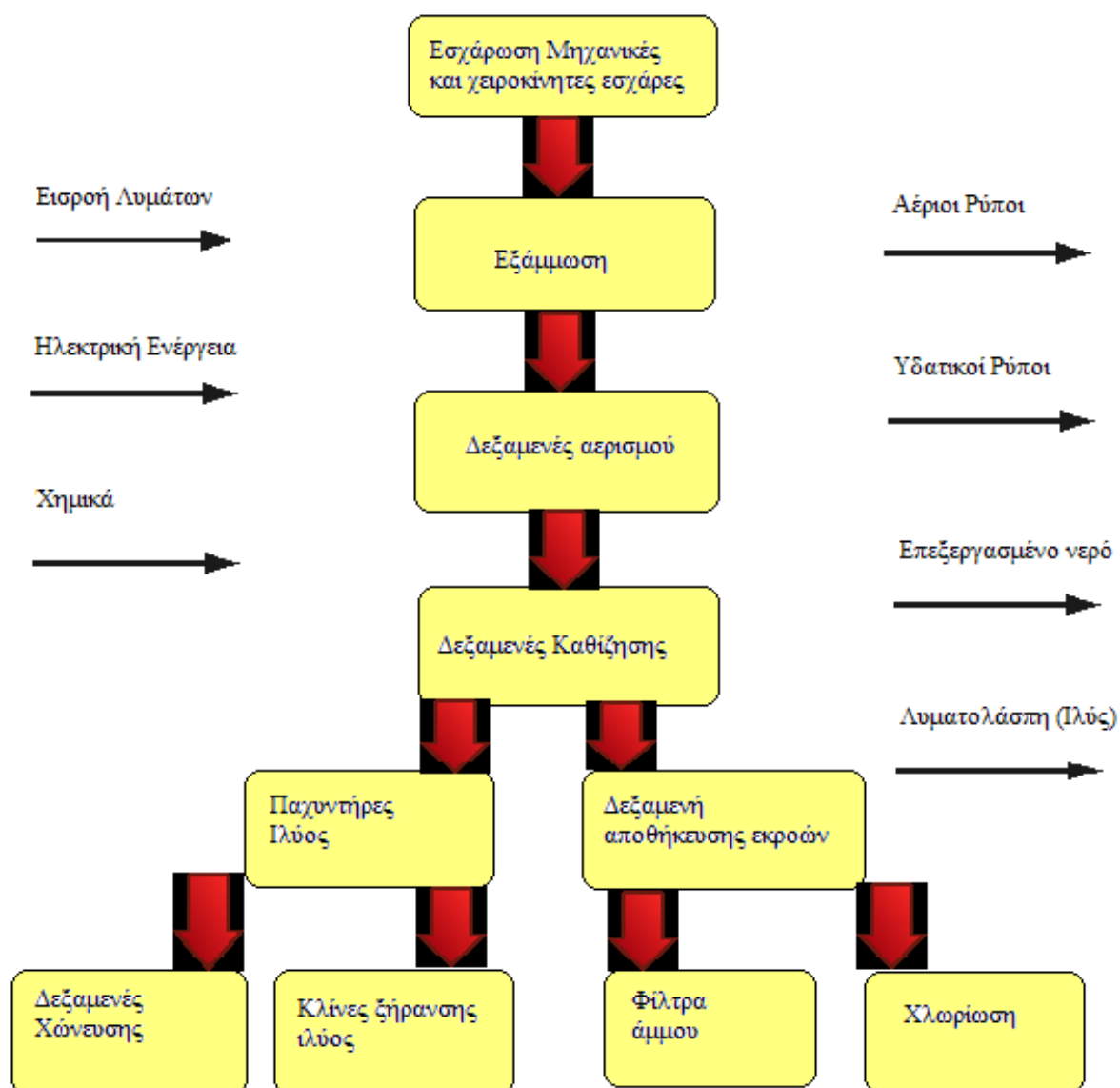
- 1) Η Αξιολόγηση του Κύκλου Ζωής της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων στην Λάρνακα.
- 2) Η Αξιολόγηση του Κύκλου Ζωής της ύπαρξης μονάδας με το σενάριο μη ύπαρξης μονάδας επεξεργασίας λυμάτων.
- 3) Η σύγκριση της εφαρμογής των δυο μελλοντικών τεχνολογιών (MBR και Conventional) στη μονάδα επεξεργασίας λυμάτων στη Λάρνακα.

Καθορισμός ορίων συστήματος

Τα όρια του συστήματος περιλαμβάνουν όλες τις διεργασίες δηλαδή πρωτοβάθμια, δευτεροβάθμια, τριτοβάθμια επεξεργασία καθώς και την άρδευση και διάθεση της ιλύος. Δεν υπάρχουν ξεχωριστά υποσυστήματα εφόσον στην μοντελοποίηση τα δεδομένα από όλες τις διεργασίες θεωρήθηκαν ως ένα σύστημα.

Η άντληση των λυμάτων στη μονάδα επεξεργασίας δεν συμπεριλαμβάνεται μέσα στα όρια του συστήματος. Επομένως οι εισροές λυμάτων θεωρήθηκαν ως η αφετηρία του συστήματος. Η προσέγγιση αυτή είναι σε συμφωνία με μια έκθεση που αναφέρεται από τους Gallego et. al. (2008) η οποία δείχνει ότι τα προηγούμενα στάδια (αντλιοστάσιο) συμβάλουν σε μικρότερο βαθμό στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις παρά τα στάδια μετά. Το τέλος του συστήματος σηματοδοτούν η διάθεση της ιλύος σε γεωργικά εδάφη και η άρδευση με ανακυκλωμένο νερό.

Διάγραμμα Ροής της μονάδας επεξεργασίας λυμάτων Λάρνακας



Λειτουργική μονάδα

Η λειτουργική μονάδα που επιλέχθηκε είναι η εισροή 7053 m³/day λυμάτων στη μονάδα επεξεργασίας λυμάτων της Λάρνακας.

Πηγές Δεδομένων

Τα δεδομένα πάρθηκαν από την έκθεση που συντάχθηκε για την επέκταση και αναβάθμιση της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων της Λάρνακας. Η έκθεση σχεδιασμού περιείχε όλα τα απαραίτητα στοιχεία για την υφιστάμενη μονάδα καθώς και για τα μελλοντικά σχέδια. Ορισμένα στοιχεία δόθηκαν από το χημικό εργαστήριο της μονάδας επεξεργασίας λυμάτων ώστε να συμπληρωθούν κάποια κενά που υπήρξαν. Επίσης μερικά δεδομένα υπολογίστηκαν με βάση τη βιβλιογραφία.

Παραδοχές και Περιορισμοί της μελέτης

- Η απλοποίηση της πολυπλοκότητας των συστημάτων διαχείρισης νερού (αντλιοστάσια, μονάδα επεξεργασίας λυμάτων) θα πρέπει να γίνει αποδεκτή.
- Οι τιμές εισροών που χρησιμοποιήθηκαν για το 2007 είναι ο μέσος όρος τιμών. Λόγω της διαφοροποίησης που υπάρχει στις εισροές λυμάτων από εποχή σε εποχή Ιανουάριος-Αύγουστος και Σεπτέμβριος-Δεκέμβριος υπάρχει μια αύξηση στην εισροή λυμάτων ιδιαίτερα τους καλοκαιρινούς μήνες λόγω του τουρισμού. Έτσι όσον αφορά τις τιμές που συμπεριλήφθηκαν στο SimaPro CML2 Baseline 2000 είναι ο μέσος όρος τιμών και όχι οι τιμές για κάθε εποχή.
- Δεν υπήρχαν στοιχεία για τις εισροές βαρέων μετάλλων έτσι με αναφορά στην βιβλιογραφία έγινε ο υπολογισμός των τιμών για τις εισροές με βάση τις εκροές.
- Στην μοντελοποίηση του συστήματος τα όρια τέθηκαν ενιαία για όλες τις διεργασίες. Δεν μοντελοποιήθηκαν ως διαφορετικά υποσυστήματα διότι δεν

υπήρχαν ξεχωριστά δεδομένα για την πρωτοβάθμια, δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια επεξεργασία.

Αποτελέσματα της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής

Όπως έχουμε προαναφέρει και στους στόχους της μελέτης εκτός από την αξιολόγηση του υφιστάμενου συστήματος εξετάζονται, αναλύονται και συγκρίνονται και δυο μελλοντικές τεχνολογίες που περιλαμβάνονται στην έκθεση σχεδιασμού του Συμβουλίου Αποχετεύσεως Λάρνακας στη Β' και Γ' Φάση επέκτασης της μονάδας. Επίσης η εξέταση της περίπτωσης να μην υπήρχε καθόλου ο βιολογικός καθαρισμός, έχει αναλυθεί και συγκριθεί με τα σημερινά δεδομένα δηλαδή τη σημερινή κατάσταση.

Σενάριο 1^ο – WWTP Present

Αρχικά αναλύονται τα αποτελέσματα για την υφιστάμενη μονάδα επεξεργασίας λυμάτων. Ο πίνακας απογραφής των δεδομένων βρίσκεται στο παράρτημα. Για την εκτίμηση των επιπτώσεων χρησιμοποιήθηκε η μεθοδολογία CML2 Baseline 2000 η οποία είναι προεπιλεγμένη μέθοδος του SimaPro 5.1. Έχουμε ονομάσει τον υφιστάμενο βιολογικό καθαρισμό ως WW Present. Τα περιβαλλοντικά φορτία κατηγοριοποιήθηκαν σε 10 περιβαλλοντικές επιπτώσεις όπως θα δούμε και στα επόμενα στάδια, το στάδιο του χαρακτηρισμού (characterization) και το στάδιο της κανονικοποίησης (normalization). Στο στάδιο του χαρακτηρισμού τα αποτελέσματα παρουσιάζονται ως επιπτώσεις της λειτουργίας της μονάδας επεξεργασίας λυμάτων σε διαφορετικές περιβαλλοντικές κατηγορίες. Τα αποτελέσματα του χαρακτηρισμού δείχνουν ότι η επεξεργασία λυμάτων συμβάλει στην απώλεια αβιοτικών πόρων, στην υπερθέρμανση του πλανήτη, στην καταστροφή του στρατοσφαιρικού όζοντος, προκαλεί τοξικότητα στον άνθρωπο, οικοτοξικότητα στο γλυκό νερό, οικοτοξικότητα στο θαλάσσιο νερό, τοξικότητα εδάφους, φωτοχημική οξείδωση, οξίνιση και ευτροφισμό.

Αναλύοντας τις κατηγορίες επιπτώσεων μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι η εξάντληση αβιοτικών πόρων οφείλεται στην παραγωγή / κατανάλωση ηλεκτρισμού κατά τη λειτουργία της μονάδας. Το αργό πετρέλαιο είναι το κυρίαρχο καύσιμο στο ενεργειακό μίγμα της Κύπρου. Σύμφωνα με την Αρχή Ηλεκτρισμού Κύπρου (ΑΗΚ) 97% του συνόλου απέσπασαν τα προϊόντα πετρελαίου ακολουθούμενα από τα στερεά

καύσιμα με 1,5%. Η επεξεργασία 1kg λυμάτων έχει ως επίπτωση 6,39E-6 kg Sb eq από τα οποία τα 6,25 E-6 kg Sb eq. οφείλονται στην παραγωγή ηλεκτρισμού. Τα ισοδύναμα Sb αντικατοπτρίζουν τη μετατροπή των δεδομένων σε λόγο χρήσης των ορυκτών πόρων προς τα διαθέσιμα αποθέματα. Ακολουθεί η χλωρίνη με πολύ μικρότερο ποσοστό που αναλογεί στα 1,36 E-6 kg Sb eq. (Πίνακας 6.1)

Πίνακας 6.1: Δείκτης Χαρακτηρισμού – Δυναμικό απώλειας αβιοτικών πόρων

Process	Unit	WW Present
Total of all processes	kg Sb eq	6,39E-6
Electricity from oil B250	kg Sb eq	6,25 E-6
Chlorine P (1998)	kg Sb eq	1,36 E-6

Ακολούθως στην υπερθέρμανση του πλανήτη μεγαλύτερη επίπτωση έχει η παραγωγή ηλεκτρισμού από το πετρέλαιο (Electricity from oil250). Στην επεξεργασία λυμάτων 1kg επεξεργασμένων λυμάτων έχει ως αντιστοιχία την εκπομπή 0,000996 kg CO₂ eq. όπου τα 0,000996 kg CO₂ eq. (Πίνακας 6.2) προέρχονται από την χρήση πετρελαίου. Έτσι οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα επιφέρουν την επίπτωση υπερθέρμανσης του πλανήτη.

Πίνακας 6.2: Δείκτης χαρακτηρισμού – Δυναμικό παγκόσμιας υπερθέρμανσης

Process	Unit	WW Present
Total of all processes	kg CO ₂ eq.	0,000996
Electricity from oil B250	kg CO ₂ eq.	0,000996

Σχετικά με την καταστροφή του στρατοσφαιρικού όζοντος η εκπομπή CFC προκαλεί τη μείωση της στοιβάδας του όζοντος. Το σύνολο επίπτωσης αντιστοιχεί στις εκπομπές 8,44E-10 kg. CFC-11 eq. από το οποίο το μερίδιο παραγωγής ηλεκτρισμού από πετρέλαιο (Electricity from oil B250) είναι 8,44E-10 kg. CFC-11 eq. (Πίνακας 6.3)

Πίνακας 6.3: Δείκτης χαρακτηρισμού – Δυναμικό καταστροφής όζοντος

Process	Unit	WW Present
Total of all processes	CFC-11 eq.	8,44E-10
Electricity from oil B250	CFC-11 eq.	8,44E-10

Οι επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία από τη λειτουργία της μονάδας επεξεργασίας λυμάτων οφείλονται στις τοξικές εκπομπές της μονάδας. (Πίνακας 6.4)

Πίνακας 6.4: Δείκτης χαρακτηρισμού – LC50 (Ανθρώπινη υγεία)

Process	Unit	WW Present
Total of all processes	kg 1,4-DB eq	0,000328
Electricity from oil B250	kg 1,4-DB eq	0,000327
Chlorine P (1998)	kg 1,4-DB eq	5,27E-7

Συνεχίζοντας με τις υπόλοιπες περιβαλλοντικές επιπτώσεις η υδατική τοξικότητα, εδαφική τοξικότητα οφείλονται στα βαρέα μέταλλα που περιέχονται στη λυματολάσπη. Στο σχηματισμό φωτοχημικού νέφους συμβάλει η εκπομπή υδρογονανθράκων (εκτός του μεθανίου) καθώς στην οξίνιση και τον ευτροφισμό συμβάλει η εκπομπή νιτρικών και φωσφορικών. Οι δείκτες χαρακτηρισμού παρουσιάζονται στους πιο κάτω πίνακες 6.5, 6.6, 6.7, 6.8, 6.9, 6.10 για κάθε επίπτωση ξεχωριστά.

Πίνακας 6.5: Δείκτης χαρακτηρισμού – LC50 (Οικοτοξικότητα γλυκού νερού)

Process	Unit	WW Present
Total of all processes	kg 1,4-DB eq	1,83E-5
Electricity from oil B250	kg 1,4-DB eq	1,83E-5
Chlorine P (1998)	kg 1,4-DB eq	3,2E-8

Πίνακας 6.6: Δείκτης χαρακτηρισμού – LC50 (Οικοτοξικότητα θαλάσσιων υδάτων)

Process	Unit	WW Present
Total of all processes	kg 1,4-DB eq	0,102
Electricity from oil B250	kg 1,4-DB eq	0,0972
Chlorine P (1998)	kg 1,4-DB eq	0,00442

Πίνακας 6.7: Δείκτης χαρακτηρισμού – LC50 (Εδαφική Τοξικότητα)

Process	Unit	WW Present
Total of all processes	kg 1,4-DB eq	2,7E-6
Electricity from oil B250	kg 1,4-DB eq	2,1E-6
Chlorine P (1998)	kg 1,4-DB eq	6,02E-7

Πίνακας 6.8: Δείκτης χαρακτηρισμού – Δυναμικό σχηματισμού φωτοχημικών οξειδωτικών

Process	Unit	WW Present
Total of all processes	kg C2H2	4,99E-7
Electricity from oil B250	kg C2H2	4,92E-7
Chlorine P (1998)	kg C2H2	7,27E-9

Πίνακας 6.9: Δείκτης χαρακτηρισμού – Δυναμικό οξίνισης

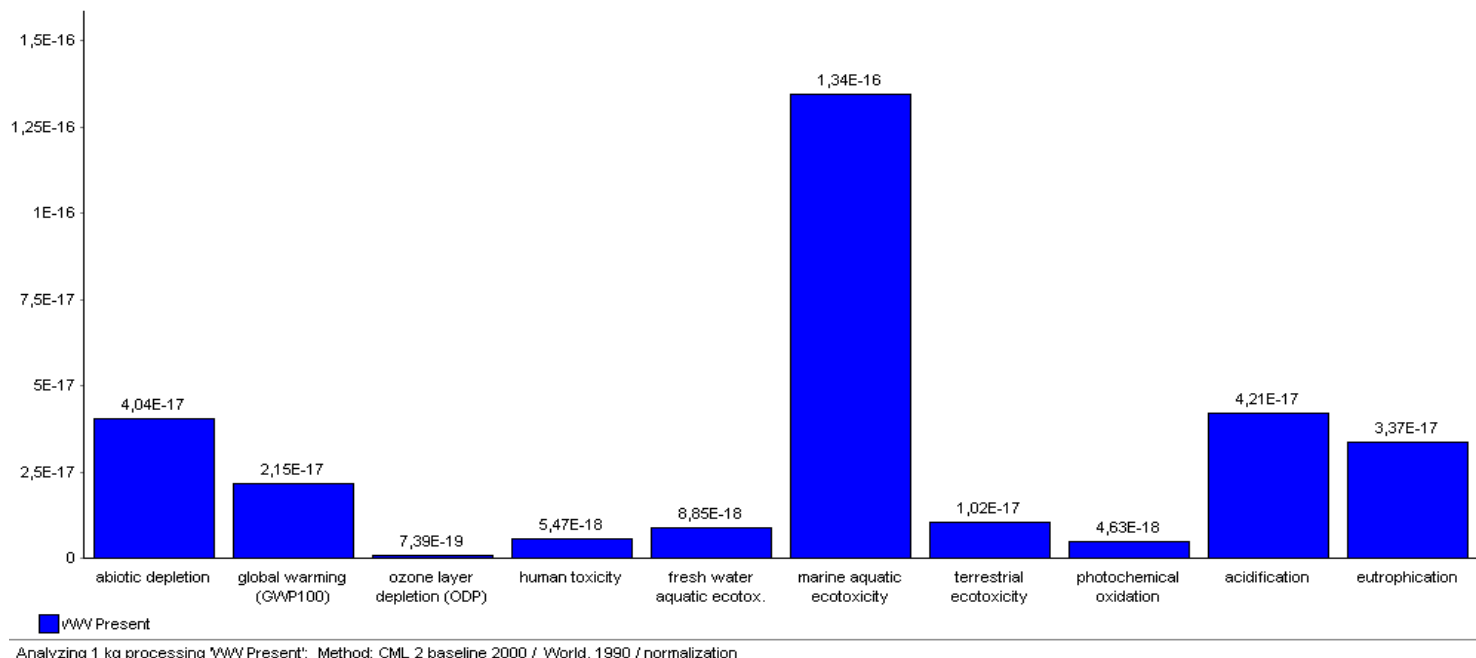
Process	Unit	WW Present
Total of all processes	kg SO2 eq	1,32E-5
Electricity from oil B250	kg SO2 eq	1,3E-5
Chlorine P (1998)	kg SO2 eq	1,67E-7

Πίνακας 6.10: Δείκτης χαρακτηρισμού – Δυναμικό ευτροφισμού

Process	Unit	WW Present
Total of all processes	kg PO4 eq	4,4E-6
WW Present	kg PO4 eq	4,16E-6
Electricity from oil B250	kg PO4 eq	2,8E-7
Chlorine P (1998)	kg PO4 eq	6,67E-11

Μετά το στάδιο της στάθμισης συνεχίζουμε με την κανονικοποίηση. Η κανονικοποίηση είναι ο υπολογισμός των αποτελεσμάτων του συνολικού δείκτη ανά κατηγορία επιπτώσεων σε σχέση με κάποιες τιμές αναφοράς. (Αμπελιώτης, 2008) Με άλλα λόγια η κανονικοποίηση αναδεικνύει ποιες από τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις είναι σημαντικότερες και ποιες λιγότερο σημαντικές. Στην κανονικοποίηση χρησιμοποιούνται συντελεστές εκτίμησης επιπτώσεων (Στέλιου, 2005). Επίσης μας επιτρέπει να συγκρίνουμε όλες τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις στην ίδια κλίμακα.

Όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 6.1 η πιο σημαντική περιβαλλοντική επίπτωση από τις δέκα είναι η πρόκληση οικοτοξικότητας θαλάσσιων υδάτων. Σε σύγκριση με τις άλλες επιπτώσεις υπάρχει μεγάλη διαφορά. Ακολουθεί η οξίνιση, η απώλεια αβιοτικών πόρων, ο ευτροφισμός και η υπερθέρμανση του πλανήτη. Οι υπόλοιπες περιβαλλοντικές επιπτώσεις τοξικότητα εδάφους, οικοτοξικότητα γλυκού νερού, επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, φωτοχημικό νέφος και καταστροφή του στρατοσφαιρικού όζοντος σύμφωνα με τη κανονικοποίηση είναι λιγότερο σημαντικές.

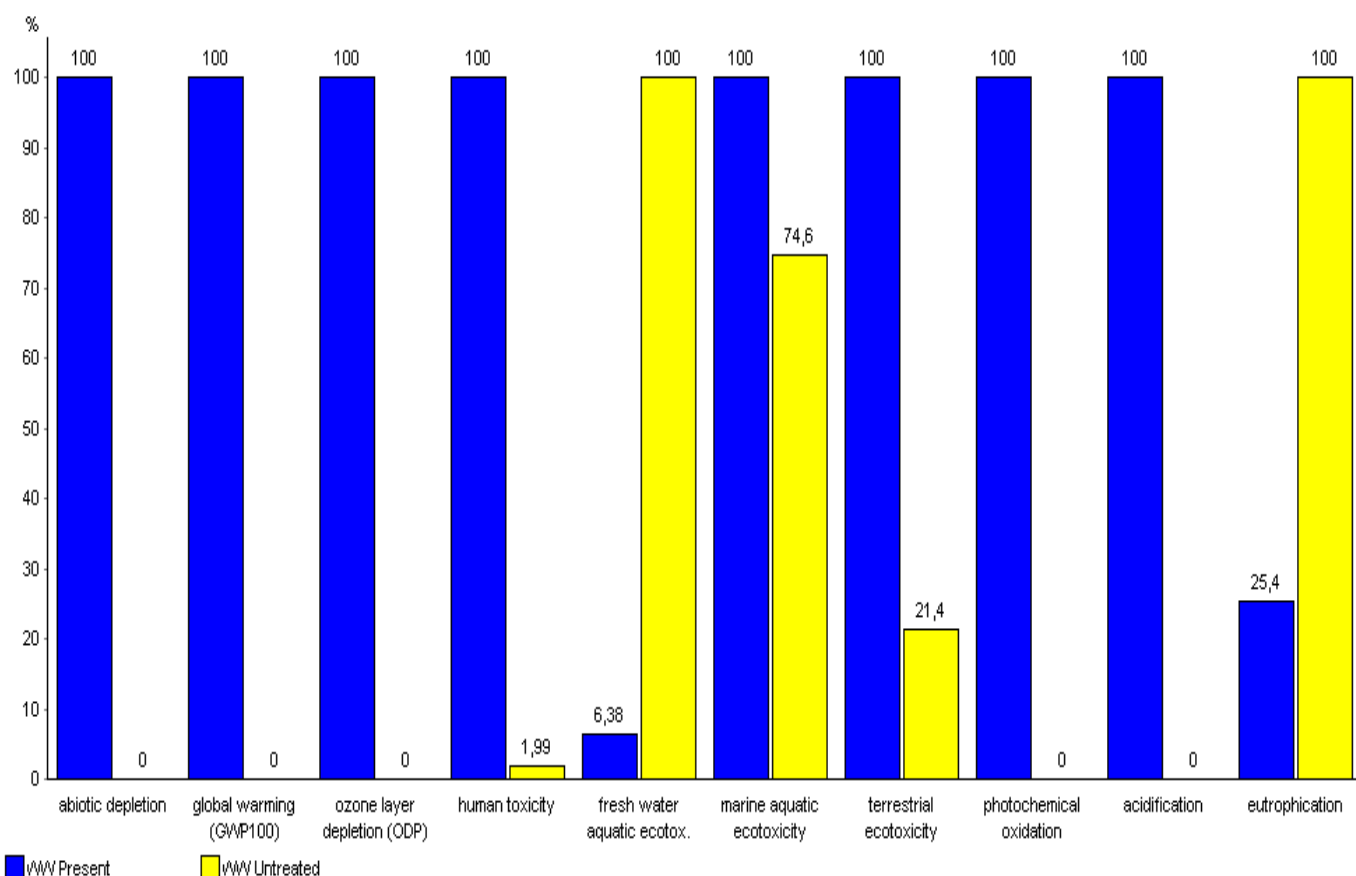


Σχήμα 6.1 : Κανονικοποίηση ανά κατηγορία περιβαλλοντικών επιπτώσεων για την επεξεργασία λυμάτων.

Σενάριο 2^ο – Present vs. Untreated

Στην δεύτερη περίπτωση εξετάζουμε το σενάριο σύγκρισης της σημερινής μονάδας επεξεργασίας λυμάτων με το υποθετικό σενάριο να μην είχαμε μονάδα επεξεργασίας λυμάτων (βιολογικό καθαρισμό). Η σύγκριση γίνεται ούτως ώστε να εξετάσουμε τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της απουσίας του βιολογικού καθαρισμού και βέβαια να γίνει η σύγκριση μεταξύ των δυο σεναρίων.

Παρατηρώντας τις 10 κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων η υφιστάμενη μονάδα επεξεργασίας λυμάτων συμβάλει σε όλες όπως είχαμε αναφέρει και στην ανάλυση του πρώτου σεναρίου ενώ η περίπτωση να μην έχουμε βιολογικό καθαρισμό επηρεάζει σύμφωνα με το στάδιο χαρακτηρισμού 5 κατηγορίες επιπτώσεων. (Σχήμα 6.2) Σε άλλες λιγότερο και άλλες περισσότερο. Σε δυο κατηγορίες τον ευτροφισμό και την οικοτοξικότητα γλυκού νερού η συμβολή είναι πάρα πολύ μεγάλη ακολουθεί η θαλάσσια οικοτοξικότητα, η τοξικότητα εδάφους και σε πολύ μικρότερο βαθμό η επίπτωση στην ανθρώπινη υγεία.



Comparing 1 kg processing 'WW Present' with 1 kg processing 'WW Untreated'; Method: CML 2 baseline 2000 / World, 1990 / characterization

Σχήμα 6.2: Χαρακτηρισμός ανά κατηγορία περιβαλλοντικών επιπτώσεων για το WW Present vs WW Untreated.

Τώρα οι κατηγορίες επιπτώσεων με την μεγαλύτερη συνεισφορά έχουν ως εξής: οι δείκτες επίπτωσης για το WW Present παραμένουν οι ίδιοι όπως και στο πρώτο σενάριο η διαφοροποίηση έγκειται στις 5 περιβαλλοντικές επιπτώσεις που συμβάλει και το σενάριο μη ύπαρξης μονάδας επεξεργασίας λυμάτων. Στην περίπτωση τοξικότητας στον άνθρωπο το WW Untreated στο σύνολο των διαδικασιών έχει ως ποσοστό 6,52E-6 kg 1,4-DB eq. όπως φαίνεται και στον πιο κάτω πίνακα 6.11.

Πίνακας 6.11: Δείκτης χαρακτηρισμού – LC50 (Ανθρώπινη υγεία)

Process	Unit	WW Present	WW Untreated
Total of all processes	kg 1,4-DB eq	0,000328	6,52E-6
Electricity from oil B250	kg 1,4-DB eq	0,000327	x
Chlorine P (1998)	kg 1,4-DB eq	5,27E-7	x

Η επόμενη κατηγορία είναι η επίπτωση στα θαλάσσια ύδατα όπου παρατηρούμε ότι η επίπτωση του σεναρίου μη ύπαρξης βιολογικού καθαρισμού (WW Untreated) είναι πάρα πολύ μεγάλη. Στο σύνολο των διαδικασιών έχει ποσοστό 0,076 kg 1,4-DB eq.

Πίνακας 6.12: Δείκτης χαρακτηρισμού – LC50 (Οικοτοξικότητα θαλάσσιων υδάτων)

Process	Unit	WW Present	WW Untreated
Total of all processes	kg 1,4-DB eq	0,102	0,076
Electricity from oil B250	kg 1,4-DB eq	0,0972	x
Chlorine P (1998)	kg 1,4-DB eq	0,00442	x

Επίσης η οικοτοξικότητα στο γλυκό νερό δεν μπορεί να περάσει απαρατήρητη διότι έχει ένα από τα 2 μεγαλύτερα ποσοστά στους δείκτες χαρακτηρισμού. Βλέποντας το δείκτη με τη μεγαλύτερη επίπτωση 0,000287 kg 1,4-DB eq. αντιστοιχεί στο WW Untreated (Πίνακας 6.13).

Πίνακας 6.13: Δείκτης χαρακτηρισμού – LC50 (Οικοτοξικότητα γλυκού νερού)

Process	Unit	WW Present	WW Untreated
Total of all processes	kg 1,4-DB eq	1,83E-5	0,000287
Electricity from oil B250	kg 1,4-DB eq	1,83E-5	
Chlorine P (1998)	kg 1,4-DB eq	3,2E-8	

Ο ευτροφισμός είναι μια μεγάλη κατηγορία επίπτωσης στην περίπτωση μη ύπαρξης βιολογικού καθαρισμού. Είναι λογικό από τη στιγμή που τα λύματα δεν θα επεξεργάζονταν και θα απορρίπτονταν σε υδάτινους αποδέκτες. Ο δείκτης χαρακτηρισμού – δυναμικό ευτροφισμού όπως βλέπουμε και στον πίνακα αντιστοιχεί στα 1,75E-5 kg PO4 eq. (Πίνακας 6.14)

Πίνακας 6.14: Δείκτης χαρακτηρισμού – Δυναμικό ευτροφισμού

Process	Unit	WW Present	WW Untreated
Total of all processes	kg PO4 eq	4,4E-6	1,75E-5
WW Present	kg PO4 eq	4,16E-6	x
Electricity from oil B250	kg PO4 eq	2,8E-7	x
Chlorine P (1998)	kg PO4 eq	6,67E-11	x

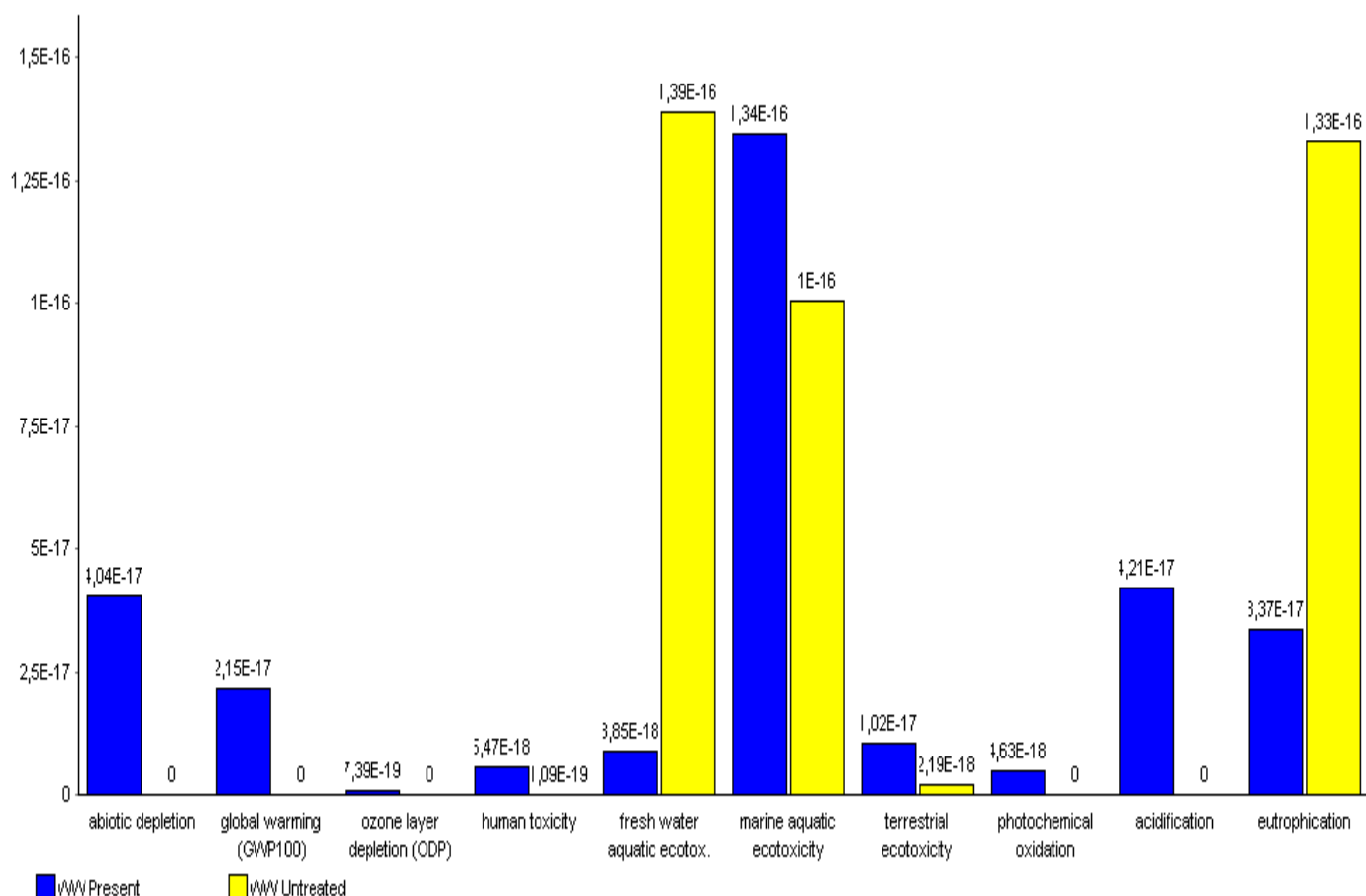
Και τέλος η τοξικότητα εδάφους είναι μια από τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκύπτουν από τη μη ύπαρξη του βιολογικού καθαρισμού. Συγκρίνοντας με το σενάριο ύπαρξης βιολογικού καθαρισμού η συμβολή είναι μικρότερη και το βλέπουμε και στο σύνολο του ποσοστού στους περιβαλλοντικούς δείκτες στον πίνακα 6.15.

Πίνακας 6.15: Δείκτης χαρακτηρισμού – LC50

Process	Unit	WW Present	WW Untreated
Total of all processes	kg 1,4-DB eq	2,7E-6	5,87 E-7
Electricity from oil B250	kg 1,4-DB eq	2,1E-6	x
Chlorine P (1998)	kg 1,4-DB eq	6,02E-7	x

Στο στάδιο της κανονικοποίησης μπορούμε να δούμε συγκριτικά ποιες περιβαλλοντικές επιπτώσεις έχουν τα δυο σενάρια και ποιες είναι οι πιο σημαντικές. Ξεκινώντας από τη μεγαλύτερη περιβαλλοντική επίπτωση από το σενάριο μη

επεξεργασίας λυμάτων (WW Untreated) οικοτοξικότητα στο γλυκό νερό παρατηρούμε πολύ μεγάλη διαφορά με το εάν υπήρχε η μονάδα. Η μη ύπαρξη της μονάδας δείχνει ότι το δυναμικό πρόκλησης οικοτοξικότητας είναι πάρα πολύ μεγάλο και αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα ακατέργαστα λύματα θα κατέληγαν σε υδάτινους αποδέκτες. Επίσης η επίπτωση του ευτροφισμού είναι μεγάλη εφόσον όλα τα θρεπτικά θα κατέληγαν στο νερό. Πιο αναλυτικά μπορούμε να δούμε όλες τις απορρίψεις στο νερό από τα μη επεξεργασμένα λύματα BOD, COD, αιωρούμενα στερεά N-tot, P-tot, NH3 (ως N).



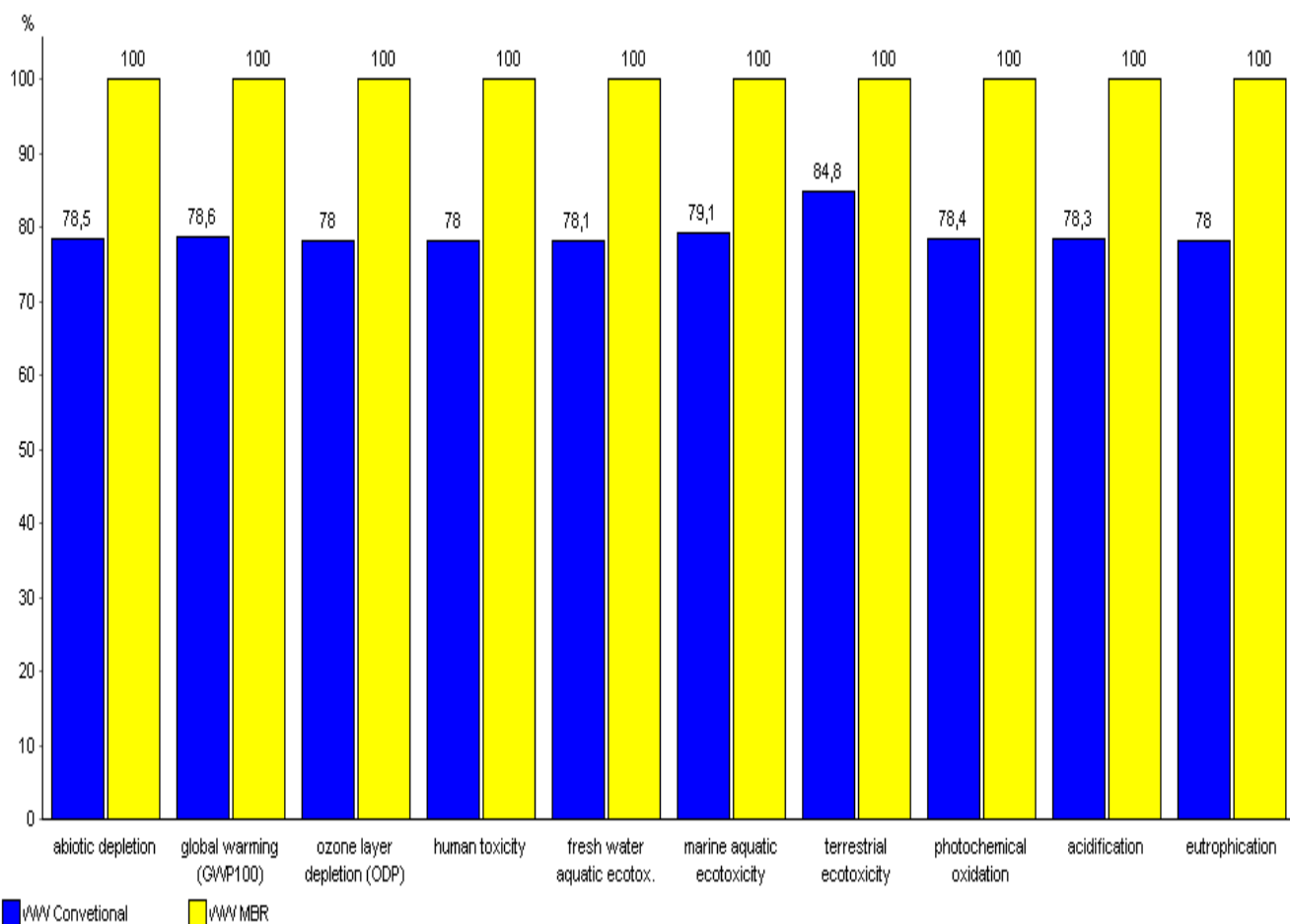
Comparing 1 kg processing 'WW Present' with 1 kg processing 'WW Untreated'; Method: CML 2 baseline 2000 / World, 1990 / normalization

Σχήμα 6.3: Κανονικοποίηση ανά κατηγορία περιβαλλοντικών επιπτώσεων για το WW Present vs. WW Untreated.

3^ο Σενάριο – Conventional vs. MBR

Όπως αναφέραμε παραπάνω μέσα στο πλαίσιο επέκτασης και αναβάθμισης της μονάδας προβλέπονται δυο διαφορετικοί σχεδιασμοί στην εγκατάσταση. Το Conventional αφορά τη Β' Φάση επέκτασης και το MBR την Γ' Φάση επέκτασης της μονάδας επεξεργασίας λυμάτων στην Λάρνακα.

Αρχικά στο στάδιο του χαρακτηρισμού παρατηρούμε στο Σχήμα 6.4 ότι και τα δυο σενάρια συμβάλουν σε όλες τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Συγκριτικά φαίνεται ότι το σενάριο χρήσης MBR έχει μεγαλύτερη περιβαλλοντική επιβάρυνση σε όλες τις κατηγορίες. Σε ποιο βαθμό μπορούμε να το δούμε στην κανονικοποίηση πιο κάτω.



Comparing 1 kg processing 'WWV Conventional' with 1 kg processing 'WWV MBR'; Method: CML 2 baseline 2000 / World, 1990 / characterization

Σχήμα 6.4: Χαρακτηρισμός ανά κατηγορία περιβαλλοντικών επιπτώσεων για το WW Conventional vs WW MBR.

Ακολουθούν πίνακες 6.16, 6.17, 6.18, 6.19, 6.20, 6.21, 6.22, 6.23, 6.24 για τους δείκτες χαρακτηρισμού κάθε περιβαλλοντικής επίπτωσης. Εκτός από το πιο πάνω διάγραμμα μπορούμε να δούμε αριθμητικά τις βασικές συνιστώσες για κάθε περίπτωση ξεχωριστά και να γίνει η σύγκριση.

Πίνακας 6.16: Δείκτης χαρακτηρισμού - Εξάλειψη αβιοτικών πόρων

Process	Unit	WW Conventional	WW MBR
Total of all processes	kgSb eq	1,83E-5	2,35E-5
Electricity from oil B250	kgSb eq	1,83E-5	2,35E-5
Chlorine P (1998)	kgSb eq	1,35E-7	1,69E-8

Πίνακας 6.17: Δείκτης χαρακτηρισμού – Δυναμικό παγκόσμιας υπερθέρμανσης

Process	Unit	WW Conventional	WW MBR
Total of all processes	kg CO2 eq	0,00288	0,00366
Electricity from oil B250	kg CO2 eq	0,00288	0,00366
Chlorine P (1998)	kg CO2 eq	2,26E-5	2,83E-6

Πίνακας 6.18: Δείκτης χαρακτηρισμού – LC50 (Ανθρώπινη Υγεία)

Process	Unit	WW Conventional	WW MBR
Total of all processes	kg 1,4-DB eq	0,000959	0,00123
Electricity from oil B250	kg 1,4-DB eq	0,000958	0,00123
Chlorine P (1998)	kg 1,4-DB eq	5,27E-7	6,58E-8

Πίνακας 6.19: Δείκτης χαρακτηρισμού – LC50 (Οικοτοξικότητα γλυκού νερού)

Process	Unit	WW Conventional	WW MBR
Total of all processes	kg 1,4-DB eq	5,36E-5	6,87E-5
Electricity from oil B250	kg 1,4-DB eq	5,35E-5	6,86E-5
Chlorine P (1998)	kg 1,4-DB eq	3,2E-8	4E-9

Πίνακας 6.20: Δείκτης χαρακτηρισμού – LC50 (Οικοτοξικότητα θαλάσσιων υδάτων)

Process	Unit	WW Conventional	WW MBR
Total of all processes	kg 1,4-DB eq	0,29	0,366
Electricity from oil B250	kg 1,4-DB eq	0,285	0,365
Chlorine P (1998)	kg 1,4-DB eq	0,00441	0,000551

Πίνακας 6.21: Δείκτης χαρακτηρισμού – LC50 (Τοξικότητα εδάφους)

Process	Unit	WWConventional	WW MBR
Total of all processes	kg 1,4-DB eq	6,75E-6	7,96 E-6
Electricity from oil B250	kg 1,4-DB eq	6,15E-6	7,88 E-6
Chlorine P (1998)	kg 1,4-DB eq	6,01E-7	7,52 E-8

Πίνακας 6.22: Δείκτης χαρακτηρισμού – Δυναμικό σχηματισμού φωτοχημικών οξειδωτικών

Process	Unit	WW Conventional	WW MBR
Total of all processes	kg C2H2	1,45E-6	1,85E-6
Electricity from oil B250	kg C2H2	1,44E-6	1,85E-6
Chlorine P (1998)	kg C2H2	7,26E-9	9,07E-10

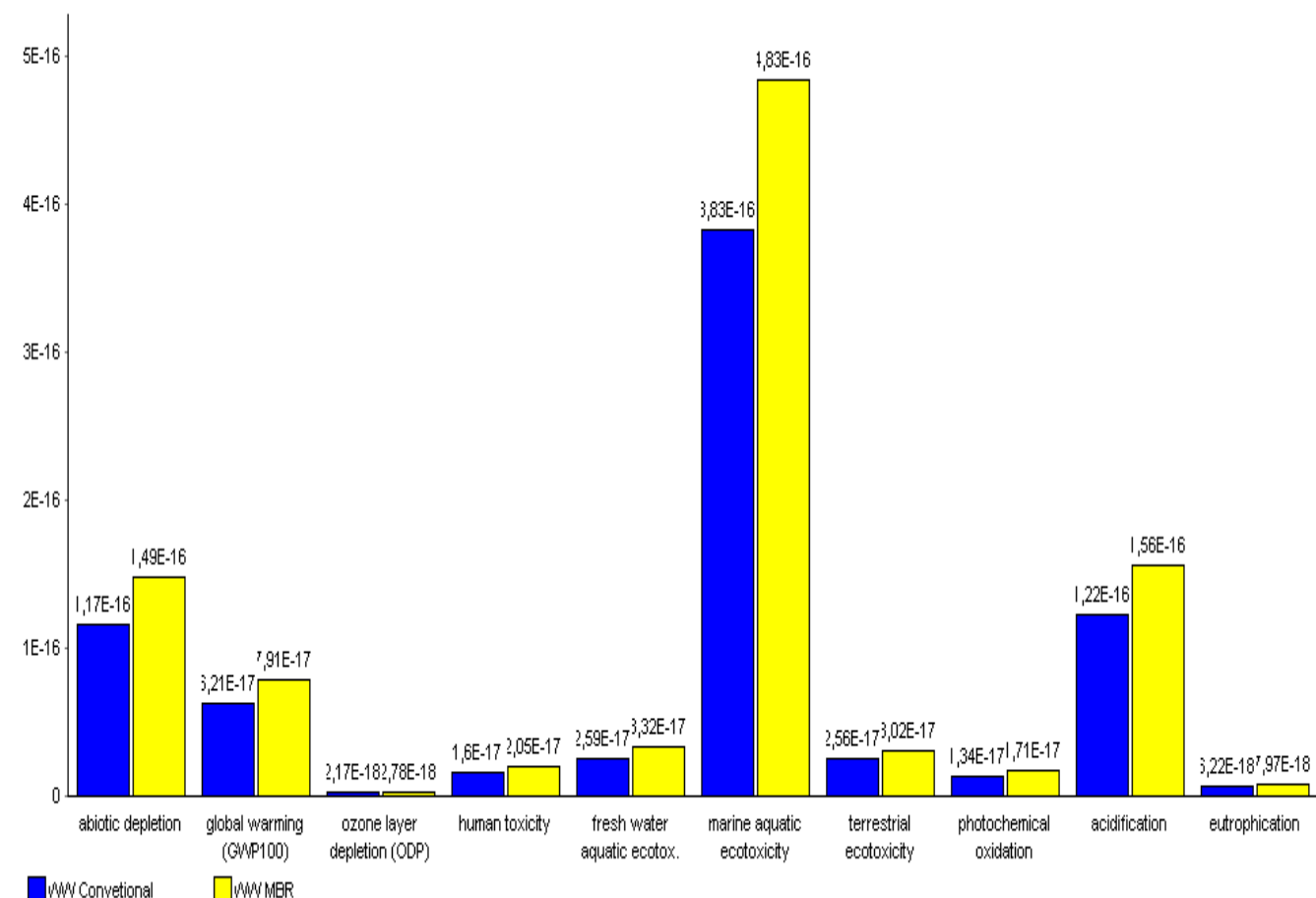
Πίνακας 6.23: Δείκτης χαρακτηρισμού – Δυναμικό Οξίνισης

Process	Unit	WW Conventional	WW MBR
Total of all processes	kg SO2 eq	3,82E-5	4,88E-5
Electricity from oil B250	kg SO2 eq	3,81E-5	4,88E-5
Chlorine P (1998)	kg SO2 eq	1,67E-7	2,08E-8

Πίνακας 6.24: Δείκτης χαρακτηρισμού – Δυναμικό ευτροφισμού

Process	Unit	WW Conventional	WW MBR
Total of all processes	kg PO4 eq	8,19E-7	1,05E-6
Electricity from oil B250	kg PO4 eq	8,19E-7	1,05E-6
Chlorine P (1998)	kg PO4 eq	6,59E-11	8,23E-12

Στην κανονικοποίηση σχήμα 6.5 φαίνονται ξεκάθαρα ποιες είναι οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις στις οποίες έχει μεγαλύτερη συνεισφορά το σύστημα MBR σε σχέση με το Conventional. Η πιο σημαντική περιβαλλοντική επίπτωση και στα δυο είναι η θαλάσσια οικοτοξικότητα με το σύστημα MBR να έχει μεγαλύτερη περιβαλλοντική επίπτωση από ότι το συμβατικό σύστημα. Στη συνέχεια κατά βαθμό επίπτωσης η οξίνιση έρχεται δεύτερη και στα δύο αλλά και πάλι το MBR σε μεγαλύτερο βαθμό. Η εξάλειψη αβιοτικών πόρων στη συνέχεια, με το σύστημα MBR να έχει μεγαλύτερη δυνατότητα πρόκλησης εξάλειψης των αβιοτικών πόρων από το Conventional. Στην επίπτωση παγκόσμιας υπερθέρμανσης του πλανήτη το σύστημα MBR έχει μεγαλύτερη επίπτωση καθώς και σε όλες τις υπόλοιπες κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων.



Comparing 1 kg processing 'WW Conventional' with 1 kg processing 'WW MBR'; Method: CML 2 baseline 2000 / World, 1990 / normalization

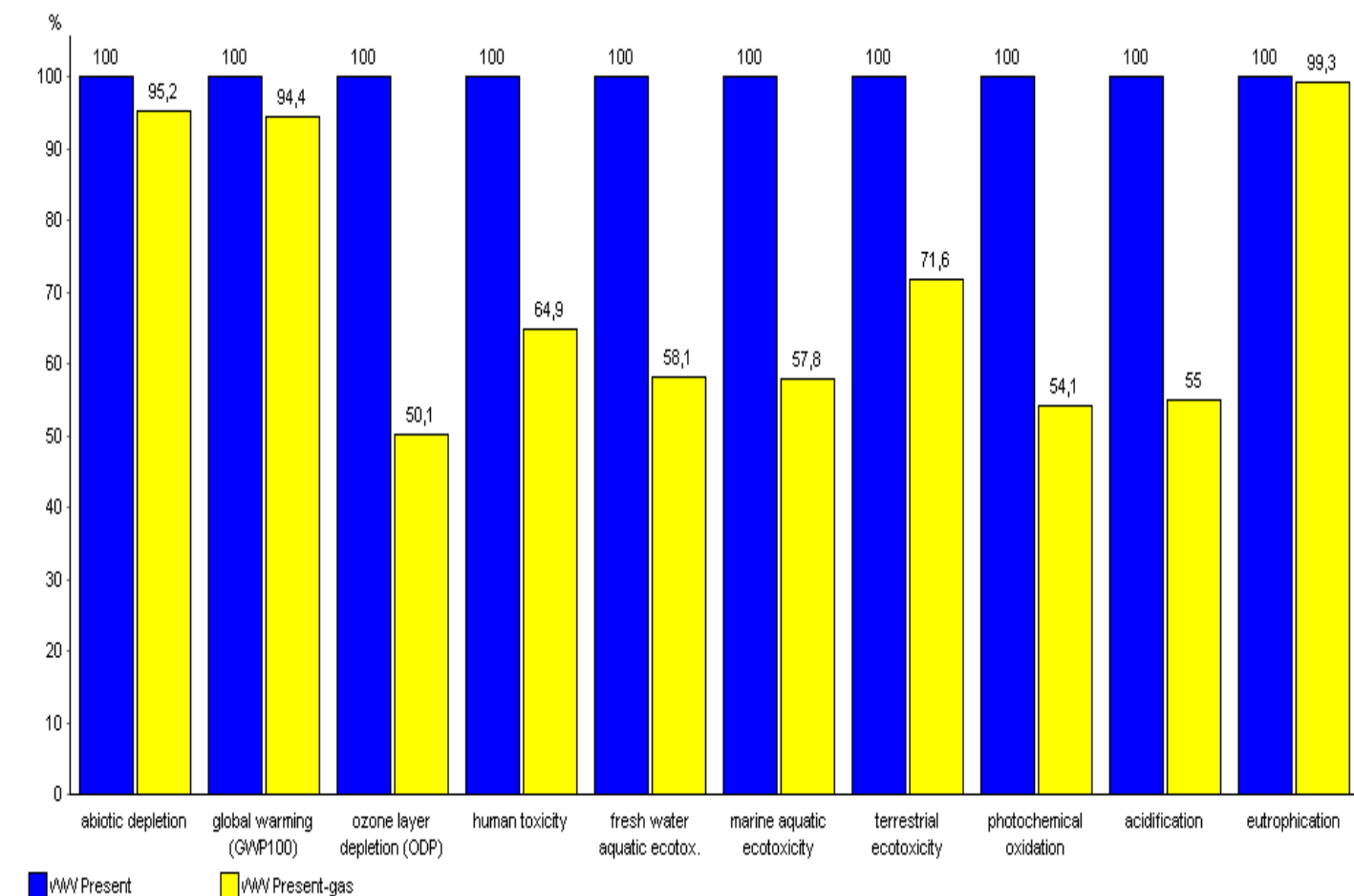
Σχήμα 6.5: Κανονικοποίηση ανά κατηγορία περιβαλλοντικών επιπτώσεων για το WW Conventional vs WW MBR.

4^ο Σενάριο – Present vs. Present Gas

Εξετάζοντας όλα τα παραπάνω σενάρια παρατηρούμε ότι η παραγωγή ηλεκτρισμού με τη χρήση αργού πετρελαίου έχει τεράστια συμβολή στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Εφόσον έχει τόση μεγάλη επίπτωση δημιουργήσαμε ένα υποθετικό σενάριο όπου το ενεργειακό μίγμα για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας δεν προέρχεται μόνο από αργό πετρέλαιο αλλά και από φυσικό αέριο. Η αναλογία είναι 50% της παραγωγής είναι από αργό πετρέλαιο και 50% της παραγωγής ηλεκτρισμού από φυσικό αέριο στο SimaPro έχει δημιουργηθεί μια νέα κατηγορία ηλεκτρισμού Electricity Cyprus B250. Σύμφωνα με το Rodouli, N. (2010) εάν 60% του ενεργειακού μίγματος πετρελαίου αντικατασταθεί με φυσικό αέριο, το κόστος παραγωγής ηλεκτρισμού θα μειωθεί κατά 30% και η μεταβλητότητα του κόστους θα μειωθεί κατά 15%. Στόχος της σύγκρισης αυτής είναι η διερεύνηση μιας εναλλακτικής πορείας για την ελάφρυνση όλων των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που επηρεάζονται από το πετρέλαιο και συνεπώς της μονάδας επεξεργασίας λυμάτων στη Λάρνακα.

Αναλύοντας ξεχωριστά το σενάριο WW Present Gas βλέπουμε ότι σε όλες τις κατηγορίες επιπτώσεων (εκτός της τοξικότητας εδάφους) οι δυο κύριοι συντελεστές των περιβαλλοντικών επιπτώσεων είναι η παραγωγή ηλεκτρισμού από το πετρέλαιο και παραγωγή ηλεκτρισμού από το φυσικό αέριο (Πίνακες 6.25-6.34).

Στο στάδιο του χαρακτηρισμού η υφιστάμενη μονάδα καθώς επίσης και το υποθετικό σενάριο συμμετέχουν σε όλες τις κατηγορίες επιπτώσεων. Οι συντελεστές ισοδυναμίας που ακολουθούν στους πιο κάτω πίνακες διαφοροποιούνται από το ένα σενάριο στο άλλο. Η παραγωγή ηλεκτρισμού από πετρέλαιο αποτελεί την κύρια συνιστώσα σε όλες τις κατηγορίες επιπτώσεων.



Comparing 1 kg processing 'WW Present' with 1 kg processing 'WW Present-gas'; Method: CML 2 baseline 2000 / World, 1990 / characterization

Σχήμα 6.6 : Χαρακτηρισμός ανά κατηγορία περιβαλλοντικών επιπτώσεων για το WW Present vs WW Present Gas.

Πίνακας 6.25: Δείκτης Χαρακτηρισμού – Δυναμικό απώλειας αβιοτικών πόρων

Process	Unit	WW Present	WW Present Gas
Total of all processes	kg Sb eq	6,39E-6	6,08E-6
Electricity from oil B250	kg Sb eq	6,25E-6	3,13E-6
Chlorine P (1998)	kg Sb eq	1,36E-7	1,36E-7

Πίνακας 6.26: Δείκτης Χαρακτηρισμού - Δυναμικό παγκόσμιας υπερθέρμανσης

Process	Unit	WW Present	WW Present Gas
Total of all processes	kg CO2 eq	0,000996	0,000941
Electricity from oil B250	kg CO2 eq	0,000974	0,000487
Chlorine P (1998)	kg CO2 eq	2,27E-5	2,27E-5

Πίνακας 6.27: Δείκτης Χαρακτηρισμού - Δυναμικό καταστροφής του όζοντος

Process	Unit	WW Present	WW Present Gas
Total of all processes	kg 1,4-DB eq	8,44E-10	4,23E-10
Electricity from oil B250	kg 1,4-DB eq	8,44E-10	4,22E-10
Crude oil production onshore	kg 1,4-DB eq	3,63E-14	3,63E-14

Πίνακας 6.28: Δείκτης Χαρακτηρισμού - LC50

Process	Unit	WW Present	WW Present Gas
Total of all processes	kg 1,4-DB eq	0,000328	0,000213
Electricity from oil B250	kg 1,4-DB eq	0,000327	0,000164
Chlorine P (1998)	kg 1,4-DB eq	5,27E-7	5,27E-7

Πίνακας 6.29: Δείκτης Χαρακτηρισμού - LC50 (Οικοτοξικότητα γλυκού νερού)

Process	Unit	WW Present	WW Present Gas
Total of all processes	kg 1,4-DB eq	1,83E-5	1,06E-5
Electricity from oil B250	kg 1,4-DB eq	1,83E-5	9,13E-6
Chlorine P (1998)	kg 1,4-DB eq	3,2E-8	3,2E-8

Πίνακας 6.30: Δείκτης Χαρακτηρισμού - LC50 (Οικοτοξικότητα θαλάσσιων υδάτων)

Process	Unit	WW Present	WW Present Gas
Total of all processes	kg 1,4-DB eq	0,102	0,0588
Electricity from oil B250	kg 1,4-DB eq	0,0972	0,0486
Chlorine P (1998)	kg 1,4-DB eq	0,00442	0,00442

Πίνακας 6.31: Δείκτης Χαρακτηρισμού - LC50 (Τοξικότητα εδάφους)

Process	Unit	WW Present	WW Present Gas
Total of all processes	kg 1,4-DB eq	2,7E-6	1,96E-6
Electricity from oil B250	kg 1,4-DB eq	2,1E-6	1,05E-6
Chlorine P (1998)	kg 1,4-DB eq	6,02E-7	6,02E-7

Πίνακας 6.32: Δείκτης Χαρακτηρισμού - Δυναμικό σχηματισμού φωτοχημικών οξειδωτικών

Process	Unit	WW Present	WW Present Gas
Total of all processes	kg C ₂ H ₂	4,99E-7	2,7E-7
Electricity from oil B250	kg C ₂ H ₂	4,92E-7	2,46E-7
Chlorine P (1998)	kg C ₂ H ₂	7,27E-9	7,27E-9

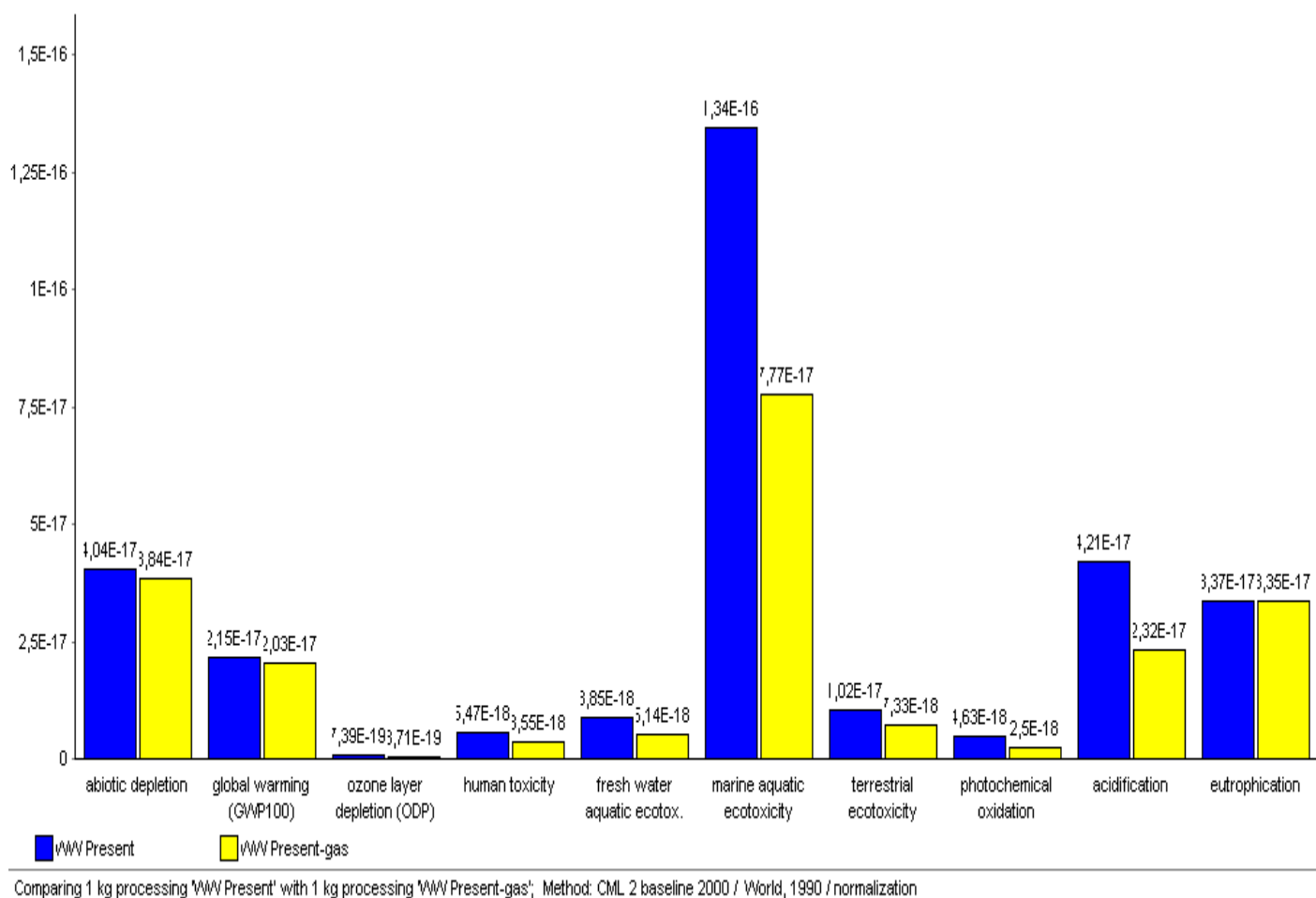
Πίνακας 6.33: Δείκτης Χαρακτηρισμού - Δυναμικό Οξίνισης

Process	Unit	WW Present	WW Present Gas
Total of all processes	kg SO ₂ eq	1,32E-5	7,42E-6
Electricity from oil B250	kg SO ₂ eq	1,3E-5	6,5E-6
Chlorine P (1998)	kg SO ₂ eq	1,67E-7	1,67E-7

Πίνακας 6.34: Δείκτης Χαρακτηρισμού - Δυναμικό ευτροφισμού

Process	Unit	WW Present	WW Present Gas
Total of all processes	kg PO ₄ eq	4,4E-6	4,41E-6
WW Present	kg PO ₄ eq	4,16E-6	x
Electricity from oil B250	kg PO ₄ eq	2,8E-7	1,4E-7
Chlorine P (1998)	kg PO ₄ eq	6,67E-11	6,6E-11

Στην κανονικοποίηση Σχήμα 6.7 το συμβατικό σύστημα ξεπερνά το WW Present Gas σε όλες τις κατηγορίες επιπτώσεων. Συγκριτικά μεγαλύτερη συμβολή έχει στην πρόκληση οικοτοξικότητας στα θαλάσσια ύδατα και την οξίνιση. Τέσσερις κατηγορίες επιπτώσεων βλέπουμε να επηρεάζονται σε μεγαλύτερο βαθμό οι δυο παραπάνω ο ευτροφισμός και η εξάλειψη αβιοτικών πόρων. Σε όλες το συμβατικό σύστημα επιφέρει μεγαλύτερες επιπτώσεις με εξαίρεση τον ευτροφισμό που τα ποσοστά είναι σχεδόν ισότιμα.



Σχήμα 6.7: Κανονικοποίηση ανά κατηγορία περιβαλλοντικών επιπτώσεων για το WW Present vs WW Present Gas

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με τα αποτελέσματα της Αξιολόγησης Κύκλου Ζωής της μονάδας επεξεργασίας λυμάτων στην Λάρνακα μπορούμε να κρίνουμε τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις για το σήμερα, για τα μελλοντικά σχέδια καθώς και βελτιώσεις που μπορούν να γίνουν ούτως ώστε να υπάρξει μια μονάδα με λιγότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Εξετάζοντας το στάδιο λειτουργίας της μονάδας μπορούμε να οδηγηθούμε σε πολλαπλά συμπεράσματα με τη χρήση AKZ. Σύμφωνα με τους Zhang et. al. (2010) βλέπουμε ότι για την επεξεργασία λυμάτων, μεγαλύτερα ποσοστά ενέργειας καταναλώθηκαν στη διάρκεια κύκλου ζωής κατά τη φάση λειτουργίας (20 χρόνια στην περίπτωση αυτή) παρά στις φάσεις κατασκευής και κατεδάφισης. Το ίδιο διαπιστώνεται και από τους Gallego et. al. (2008) το περιβαλλοντικό φορτίο που σχετίζεται με το λειτουργικό στάδιο είναι μεγαλύτερο από αυτό που σχετίζεται με το στάδιο κατασκευής της μονάδας, συντήρησης και τελικής απόρριψης. Έτσι εστιάζοντας στο πιο επιβαρυντικό κομμάτι λειτουργίας της εγκατάστασης αναζητήσαμε τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις είτε τοπικά, περιφερειακά (στη Λάρνακα) αλλά και παγκόσμια.

Αρχικά θα αναφερθούμε σε συμπεράσματα για τις τέσσερις μελέτες περιπτώσεων: 1) Present vs. Untreated, 2) Present, 3) Conventional vs. MBR, 4) Present vs. Present Gas. Ακολούθως γενικά συμπεράσματα θα καταγραφούν για όλες τις περιπτώσεις.

Η μελέτη του σεναρίου Present vs. Untreated μας δίνει απαντήσεις σε ερωτήματα εάν η λειτουργία της μονάδας επεξεργασίας λυμάτων αποφέρει οφέλη στο περιβάλλον. Η απόρριψη ανεπεξέργαστων λυμάτων στο περιβάλλον έχει επιπτώσεις. Συγκεκριμένα οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις είναι ο ευτροφισμός, οικοτοξικότητα γλυκού νερού, η θαλάσσια οικοτοξικότητα, η τοξικότητα εδάφους και σε πολύ μικρότερο βαθμό η επίπτωση στην ανθρώπινη υγεία. Με το στάδιο της κανονικοποίησης διακρίνουμε ότι η ελεύθερη απόρριψη των λυμάτων στο περιβάλλον έχει μεγάλη επίπτωση στο υδάτινο περιβάλλον (οικοτοξικότητα γλυκού νερού, ευτροφισμός, οικοτοξικότητα θαλάσσιου νερού). Άρα η λειτουργία της μονάδας προστατεύει τους υδάτινους αποδέκτες. Τώρα όσον αφορά τις υπόλοιπες περιβαλλοντικές επιπτώσεις (καταστροφή στρατοσφαιρικού όζοντος, υπερθέρμανση του πλανήτη κλπ) είναι λογικό με τη σύγκριση των δυο σεναρίων η απόρριψη των

ανεπεξεργαστων λυμάτων να μην επιφέρουν κάποιες επιπτώσεις εφόσον δεν υπάρχει κατανάλωση ενέργειας. Η κατανάλωση πετρελαίου προκαλεί τεράστια ζημιά στο περιβάλλον και φαίνεται ξεκάθαρα από τη σύγκριση των δυο σεναρίων.

Στην εξέταση της υφιστάμενης κατάστασης αποκαλύπτονται οι κύριες περιβαλλοντικές επιπτώσεις της σημερινής μονάδας επεξεργασίας. Συνοψίζοντας η μεγαλύτερη περιβαλλοντική επίπτωση είναι η οικοτοξικότητα που προκαλείται στο θαλάσσιο περιβάλλον. Το γεγονός αυτό προμηνύει καλύτερη διαχείριση των λυμάτων και μείωση του τοξικού περιεχομένου. Ακολουθεί η οξίνιση, η μείωση αβιοτικών πόρων, ο ευτροφισμός και η υπερθέρμανση του πλανήτη. Όσον αφορά την οξίνιση και τον ευτροφισμό παράγοντες εμφάνισης τους είναι τα θρεπτικά (φωσφόρος και άζωτο), νιτρικά και φωσφορικά. Απαιτείται καλύτερη δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια επεξεργασία. Η παραγωγή ηλεκτρισμού με τη χρήση αργού πετρελαίου αποτέλεσε το βασικότερο παράγοντα επηρεασμού όλων των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Σύμφωνα με τους δείκτες χαρακτηρισμού η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με τη χρήση αργού πετρελαίου αποτέλεσε βασική συνιστώσα επηρεασμού των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Στο επόμενο σενάριο σύγκρισης των δυο μελλοντικών τεχνολογιών επέκτασης της μονάδας, Conventional vs. MBR παρατηρούμε ότι η τεχνολογία MBR είναι πολύ πιο επιβαρυντική σε όλες τις κατηγορίες επιπτώσεων. Κυρίως με σειρά βαρύτητας μεγαλύτερη επίπτωση έχει σε σχέση με το Conventional στην οικοτοξικότητα στα θαλάσσια ύδατα, οξίνιση, απώλεια αβιοτικών πόρων και υπερθέρμανση του πλανήτη. Το αποτέλεσμα αυτό είναι πάρα πολύ σημαντικό, διότι η τεχνολογία αυτή περιλαμβάνεται μέσα στα σχέδια επέκτασης της μονάδας (Γ' Φάση). Η επέκταση και η αναβάθμιση της μονάδας σίγουρα δεν θα πρέπει να επιβαρύνουν το περιβάλλον αλλά αντιθέτως να επιδιώκουν την προστασία του.

Το τελευταίο σενάριο Present vs. Present Gas δημιουργήθηκε αφού πρώτα παρατηρήθηκε η τεράστια επίπτωση της χρήσης αργού πετρελαίου (εξάντληση αβιοτικών πόρων). Και η σύγκριση των δυο αποδεικνύει σε όλες τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις ότι η αλλαγή του ενεργειακού μίγματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας επιφέρει θετικά αποτελέσματα.

Γενικά συμπεράσματα από τα παραπάνω είναι:

- 1) Η λειτουργία της μονάδας επεξεργασίας λυμάτων στη Λάρνακα αμβλύνει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις στο υδάτινο περιβάλλον (οικοτοξικότητα γλυκού νερού, ευτροφισμός, οικοτοξικότητα θαλάσσιου νερού) που θα υπήρχαν σε περίπτωση μη λειτουργίας της.
- 2) Η λειτουργία της μονάδας συμβάλλει στην απώλεια αβιοτικών πόρων (χρήση πετρελαίου), στην υπερθέρμανση του πλανήτη (CO₂, CFC) στην καταστροφή του στρατοσφαιρικού όζοντος (CFC), προκαλεί τοξικότητα στον άνθρωπο (βαρέα μέταλλα), οικοτοξικότητα στο γλυκό νερό (βαρέα μέταλλα), οικοτοξικότητα στο θαλάσσιο νερό (βαρέα μέταλλα), τοξικότητα εδάφους, φωτοχημική οξείδωση, οξίνιση και ευτροφισμό (θρεπτικά, νιτρικά, φωσφορικά).
- 3) Μεγαλύτερη συμβολή από τις παραπάνω επιπτώσεις σύμφωνα με το στάδιο της κανονικοποίησης έχει στην πρόκληση οικοτοξικότητας στα θαλάσσια ύδατα, στην οξίνιση, στην εξάντληση αβιοτικών πόρων, στον ευτροφισμό και στην υπερθέρμανση του πλανήτη. (σε όλα τα σενάρια)
- 4) Η πρόκληση οικοτοξικότητας στο θαλάσσιο περιβάλλον είναι το μεγαλύτερο πρόβλημα που δημιουργείται σε όλα τα εξεταζόμενα σενάρια εκτός από το σενάριο Present vs. Untreated.
- 5) Σε όλα τα σενάρια βασική συνιστώσα εμφάνισης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ήταν η παραγωγή ηλεκτρισμού με χρήση αργού πετρελαίου και σε πολύ μικρότερο βαθμό η χρήση χλωρίου.
- 6) Η χρήση αργού πετρελαίου αποδείχτηκε «καταστροφική» και κύριος παράγοντας πρόκλησης προβλημάτων, ιδιαίτερα μετά την σύγκριση του σεναρίου αλλαγής του ενεργειακού μίγματος της Κύπρου. Χρήση 50% πετρελαίου + 50% φυσικού αερίου.
- 7) Το υποθετικό σενάριο χρήσης φυσικού αερίου στο ενεργειακό μίγμα της Κύπρου για παραγωγή ενέργειας έφερε θετικά αποτελέσματα στο θέμα των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της εγκατάστασης.
- 8) Ο ευτροφισμός και η οξίνιση πρέπει να ληφθούν υπόψη ώστε να υπάρξει καλύτερη δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια επεξεργασία για την αντιμετώπιση τους.

- 9) Το MBR (τεχνολογία βιοαντιδραστήρα μεμβράνης) σύστημα έχει μεγαλύτερη συμβολή στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις από ότι το συμβατικό σύστημα. Αυτό οφείλεται σύμφωνα με τους δείκτες χαρακτηρισμού στην παραγωγή ενέργειας-χρήση πετρελαίου. Το Conventional σύστημα εκτός από κατανάλωση έχει και παραγωγή ενέργειας λόγω της μονάδας βιοαερίου άρα τα πράγματα εξισορροπούνται ως ένα σημείο.
- 10) Τα βαρέα μέταλλα, που περιέχονται στη λυματολάσπη, προκαλούν οικοτοξικότητα εδαφική και υδατική.

Προτάσεις, Βελτίωση περιβαλλοντικού προφίλ της μονάδας επεξεργασίας λυμάτων της Λάρνακας

Μέσα από την επιστημονική προσέγγιση της AKZ και την μελέτη σχετικών επιστημονικών άρθρων καταλήγουμε σε κάποιες προτάσεις για τη βελτίωση του κύκλου ζωής της εγκατάστασης-επεξεργασίας λυμάτων στη Λάρνακα.

- ❖ Η συμβολή της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που επιφέρει η λειτουργία της μονάδας είναι ένα σημαντικό θέμα. Ανάμεσα στους παράγοντες που μελετήθηκαν, το αργό πετρέλαιο και φυσικό αέριο είναι τα μόνα που συνεισφέρουν σε μεγαλύτερο βαθμό στην καταστροφή μη ανανεώσιμων πόρων (Vidal et. al., 2002). Η κατανάλωση ηλεκτρισμού αποτελεί κυρίαρχο στοιχείο στη συνολική περιβαλλοντική απόδοση μιας εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων. Εάν αψηφούσαμε τις αέριες εκπομπές που σχετίζονται με τις απαραίτητες διαδικασίες για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, τότε θα αγνοούσαμε περίπου 30% των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και το σχετική επίπτωση υπερθέρμανσης του πλανήτη. Στην πραγματικότητα, η χρήση ηλεκτρικής ενέργειας έχει ήδη αναγνωρισθεί ως ένας από τους κύριους περιβαλλοντικούς δείκτες ανάπτυξης για τα συστήματα επεξεργασίας λυμάτων (Gallego et. al., 2008). Μια λύση είναι η στροφή σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Το 2007 τη μερίδα του λέοντος στο ενεργειακό μίγμα της Κύπρου απέσπασαν τα προϊόντα πετρελαίου με περίπου 2,58 εκατομμύρια τόνους ισοδύναμου πετρελαίου (ΤΙΠ) 97%. Ακολουθούν τα στερεά καύσιμα (κυρίως άνθρακας) με 36,2 χιλιάδες ΤΙΠ (1,4%) και τέλος η ηλιακή ενέργεια και οι υπόλοιπες ΑΕΠ με 44,8% χιλιάδες ΤΙΠ (1,7%). (Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού – Υπηρεσία Ενέργειας Κύπρου). Χρησιμοποιώντας ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (αιολική και ηλιακή) για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στη μονάδα, χρησιμοποιούμε μορφές ενέργειας που συμβάλλουν στη μείωση του περιβαλλοντικού φορτίου σε σχέση με την κατανάλωση ενέργειας. (Gallego et. al., 2008)
- ❖ Στηριζόμενοι στην παραπάνω πρόταση το σενάριο χρήσης της τεχνολογίας MBR θα μπορούσε να επαναπροσδιοριστεί λόγω του ότι πληροί τα

- αυστηρότερα κριτήρια απόρριψης και συχνά οι εκροές θεωρούνται κατάλληλες για άμεση επαναχρησιμοποίηση (Ortiz et. al., 2007).
- ❖ Για καλύτερη περιβαλλοντική απόδοση της διασποράς της ιλύος σε γεωργικά εδάφη βοηθητικό θα ήταν να υπάρχει υψηλότερος βαθμός απονέρωσης ώστε να μειωθεί το ποσοστό λάσπης που μεταφέρεται (Lundin et. al. 2004).
 - ❖ Στις γεωργικές εφαρμογές η χρήση ανακυκλωμένου νερού είναι η φιλικότερη περιβαλλοντικά επιλογή διότι μειώνει τις απαιτήσεις για λιπάσματα. Η περιεκτικότητα του ανακυκλωμένου νερού σε άζωτο (15,6 ppm) αντικαθιστά μια σημαντική ποσότητα λιπάσματος που χρειάζεται στη γεωργία. Επίσης αποφεύγεται η παραγωγή του λιπάσματος (νιτρική αμμωνία σε αυτήν την περίπτωση) και η σχετιζόμενη κατανάλωση ενέργειας και περιβαλλοντικές επιπτώσεις (Meneses et. al. 2010).
 - ❖ Σημαντικοί ρύποι δεν είναι μόνο τα βαρέα μέταλλα ή άλλοι ρύποι με μεγάλη βαρύτητα, αλλά είναι και ρύποι που δεν υπάγονται σε κανονισμούς όπως φαρμακευτικά προϊόντα και προϊόντα προσωπικής φροντίδας. (Mahgour et. al., 2010). Οι Makris et. al. (2010) μελέτησαν την ύπαρξη 16 φαρμακευτικών ουσιών σε αποθέματα νερού στην Κύπρο. Ένα από τα δείγματα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν από την τριτοβάθμια επεξεργασία λυμάτων στη Λάρνακα. Οι περισσότερες από τις εξετασθείσες ουσίες βρέθηκαν στο ανακυκλωμένο νερό (Εφημερίδα Αλήθεια, 2010). Γεγονός το οποίο πρέπει να ληφθεί υπόψη για βελτίωση της περιβαλλοντικής απόδοσης κάθε μονάδας επεξεργασίας λυμάτων όχι μόνο της Λάρνακας.
 - ❖ Η χρήση ανακυκλωμένου νερού έχει θετικές επιπτώσεις, ιδιαίτερα σε περιοχές όπως η Κύπρος που αντιμετωπίζει σοβαρά προβλήματα λειψυδρίας. Κατά τους Meneses et. al. (2010), στις γεωργικές εφαρμογές η χρήση ανακυκλωμένου νερού είναι η φιλικότερη περιβαλλοντικά επιλογή διότι μειώνει τις απαιτήσεις για λιπάσματα. Επίσης σημειώνουν ότι σε αστικές περιοχές η παραγωγή ανακυκλωμένου νερού καθώς και πόσιμου νερού έχει χαμηλές περιβαλλοντικές επιπτώσεις ενώ το αφαλατωμένο νερό έχει τη μεγαλύτερη περιβαλλοντική επίπτωση συγκριτικά.
 - ❖ Η τεχνολογία επεξεργασίας λυμάτων και η διαχείριση τους χρειάζεται να λάβει υπόψη το νερό, την ενέργεια, τα θρεπτικά ως ανακυκλώσιμες πηγές παρά ως απόβλητα για διαχωρισμό (Fuchs et. al., 2011).

- ❖ Αν και η μεταφορά της ιλύος από τη μονάδα επεξεργασίας σε αγροτικά εδάφη δεν εξετάστηκε στηριζόμενοι σε βιβλιογραφικές αναφορές σύμφωνα με τους Houillon et. al. (2005) σε ένα σενάριο που εξέτασαν η τελική διάθεση της ιλύος ήταν η διασπορά. Η συμβολή στην εξάντληση των φυσικών πόρων σε σύγκριση με τα άλλα εξεταζόμενα σενάρια ήταν η μεγαλύτερη διότι καταναλώθηκαν μεγάλες ποσότητες πετρελαίου για τη μεταφορά της λάσπης. Όπως και στη μελέτη των Johansson et. al. (2007) τη μεγαλύτερη περιβαλλοντική επίπτωση στα διάφορα συστήματα που εξέτασαν (αποκατάσταση των εξορυκτικών περιοχών, κομποστοποίηση με άλλα βιολογικά για χρήση στα γήπεδα του γκολφ και εξυγίανση μέσω αποθήκευσης για γεωργική χρήση) έχει η μεταφορά της λάσπης στο χώρο τελικής διάθεσης. Για αυτό το λόγο προτείνουν φιλικότερα προς το περιβάλλον οχήματα μεταφοράς και μετακίνησης. Λόγω της ήδη επιβαρημένης εικόνας που έχει η χρήση αργού πετρελαίου σε όλη την ΑΚΖ της μονάδας επεξεργασίας καλό θα ήταν να θεωρηθεί ως μια πρόταση.

Ολοκληρώνοντας την έρευνα μας καταλήγουμε στο ότι σκοπός της μελέτης ήταν η εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της λειτουργίας της μονάδας επεξεργασίας της Λάρνακας για το παρόν και το μέλλον. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η μονάδα συμβάλει στην πρόκληση κάποιων περιβαλλοντικών επιπτώσεων οι οποίες θα πρέπει να αντιμετωπιστούν. Η συμβολή της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι μεγάλη και θα πρέπει να εξετασθεί σε βάθος ώστε να αποφορτιστεί όλος ο κύκλος περιβαλλοντικών επιπτώσεων που δημιουργεί. Στο θέμα διαχείρισης της ιλύος, δεν υπάρχει παγκόσμια λύση. Η λύση θα πρέπει να διαφοροποιείται και να είναι ευέλικτη σύμφωνα με τις τοπικές συνθήκες, δηλαδή τις τοπικές χρήσεις γης, τη διαθέσιμη έκταση εδαφών, την ποιότητα της λυματολάσπης καθώς και τις αποστάσεις μεταφοράς της ιλύος από τους σταθμούς επεξεργασίας στον τόπο τελικής διάθεσης (Lundin et. al. 2004).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική Βιβλιογραφία

- 1) Αμπελιώτης, Κ., Γεωργιοπούλου Μ. και Γ. Λυμπεράτος (2007). «Η εφαρμογή της Περιβαλλοντικής Αξιολόγησης Κύκλου Ζωής στη Διαχείριση Αποβλήτων». Πρακτικά: 6ο Πανελλήνιο Επιστημονικό Συνέδριο Χημικής Μηχανικής, Αθήνα, 31/5-2/6 2007.
- 2) Αμπελιώτης, Κ., (2008). «Περιβαλλοντική Αξιολόγηση Κύκλου Ζωής». Πανεπιστημιακές σημειώσεις, Τμήμα Οικιακής Οικονομίας και Οικολογίας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο.
- 3) Αντωνιάδης, Α., Callimann, Α. και Ι. Πούλιος, Αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας στην επεξεργασία αστικών λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων, Πρακτικά: 8^ο Συνέδριο για τις ήπιες Μορφές Ενέργειας Ινστιτούτου Ηλιακής Τεχνικής, Θεσσαλονίκη, 21-31 Μαρτίου 2006.
- 4) Έκθεση Συμβουλίου Αποχετεύσεων Λάρνακας, «Επέκταση και αναβάθμιση της Μονάδας επεξεργασίας λυμάτων στη Λάρνακα», Μάρτιος 2008
- 5) Έκθεση Συμβουλίου Αποχετεύσεων Λάρνακας, « Β΄ Φάση του αποχετευτικού συστήματος στην περιοχή της Λάρνακας και επέκταση της μονάδας επεξεργασίας λυμάτων – Τελική έκθεση διαχείρισης Ιλύος», Μάιος 2008
- 6) Στέλιου, Μ. (2005). «ΑΚΖ Ελαιολάδου στην Κύπρο». Διπλωματική εργασία υποβληθείσα για το Μ.Δ.Ε. «Βιώσιμη Ανάπτυξη», Τμήμα Οικιακής Οικονομίας και Οικολογίας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο.
- 7) Τσώνης, Τ. Π., (2004). «Επεξεργασία Λυμάτων». Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα.
- 7) Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού – Υπηρεσία Ενέργειας Κύπρου έκθεση «Ενεργειακά Δρώμενα στην Κύπρο 2007-2008»

8)Υπουργείο Γεωργίας, Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος Υπηρεσία Περιβάλλοντος, «Γνωμάτευση με βάση το Άρθρο 13 του Περί της Εκτιμήσεως των Επιπτώσεων στο Περιβάλλον από ορισμένα έργα Νόμου (Αρ. 140 (Ι)/2005), για την κατασκευή και λειτουργία της Β΄ Φάσης του Αποχετευτικού Συστήματος Λάρνακας.

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

1) Alsina, X. F., Gallego, A., Feijoo, G. and I. Rodriguez-Roda (2010). Multible-objective evaluation of wastewater treatment plant control alternatives, *Journal of Environmental Management*, **91**(5), pp. 1193-1201.

2) Dixon, A., Mathew, S., and T. Burkitt, (2003). Assessing the environmental impact of two options for small-scale wastewater treatment: comparing a reedbed and an aerated biological filter using a life cycle approach, *Ecological Engineering*, **20**(4), pp. 297-308.

3) Fatta, D. and S. Anayiotou (2007). MEDWARE project for waste water reuse in the Mediterranean countries: An innovative compact biological wastewater treatment system for promoting wastewater reclamation in Cyprus, *Desalination*, **211**(1-13), pp. 34-37.

4) Fuchs, V.J., Mihelcic, J.R. and J. S. Gierke (2011). Life cycle assessment of vertical and horizontal flow constructed wetlands for wastewater treatment considering nitrogen and carbon greenhouse gas emissions, *Water Research*, **45**(5), pp. 2073.

5) Gallego, A., Hospido, A., Moreira, M.T. and G. Feijoo (2008). Environmental performance of wastewater treatment plants for small populations, *Resources, Conservation and Recycling*, **52**(6), p. 931.

6) Hong, J. and X. Li (2011). Environmental assessment of sewage sludge as secondary raw material in cement production – A case study in China, *Waste Management*, **31**(6), p.1364.

- 7) Hospido, A., Moreira, M.T., Mercedes, F.C. and G. Feijoo (2004). Environmental Performance of a Municipal Wastewater Treatment Plant.
- 8) Houillon, G. and O. Joliet (2005). Life cycle assessment of processes for the treatment of wastewater urban sludge: energy and global warming analysis, *Journal of Cleaner Production*, **13**(3), pp. 287-289.
- 9) Johansson, K., Perzon, M., Froling, M., Mossakowska, A. and M. Svanstrom (2007). Sewage sludge handling with phosphorus utilization-life cycle assessment of four alternatives, *Journal of Cleaner Production*, **16**(1), pp. 135-151.
- 10) Lundin, M., Olofsson, M., Pettersson, G.P. and H. Zetterlund (2004). Environmental and economic assessment of sewage sludge handling options, *Resources, Conservation and Recycling*, **41**(4), pp. 255.
- 11) Lundin, M. and G.M. Morrison (2002). A life cycle assessment based procedure for development of environmental sustainability indicators for urban water systems, *Urban Water*, **4**(2), pp. 145-152.
- 12) Mahgoub, M. El Sayet, Steen, N.P, Zeid, K.A. and K. Vairavamoorthy (2010). Towards sustainability in urban water: a life cycle analysis of the urban water system of Alexandria City, Egypt, *Journal of Cleaner Production*, **18**(10-11), pp. 1100-1106
- 13) Makris, K.C., and Snyder S.A. (2010). Screening of pharmaceuticals and endocrine disrupting compounds in water supplies of Cyprus, *Water Science and Technology*, **62** (11), pp. 2720-2728.
- 14) Meneses, M., Pasqualino, J.C. and F. Castells (2010). Environmental assessment of urban wastewater reuse: Treatment alternatives and applications, *Chemosphere*, **81**(2), pp. 266.
- 15) Metcalf and Eddy, (2003). “Wastewater Engineering Treatment and Reuse”, McGraw Hill, New York.

- 16) Munoz, I., Rodriguez, A., Rosal, R. and A. R. Fernandez-Alba (2009). Life cycle Assessment of urban reuse with ozonation as tertiary treatment, *Science of the total environment*, **407** (4), pp. 1245-1256.
- 17) Munoz, I., Gomez, M.J., Diaz, A.M., Huijbregts, M.A.J., Fernandez-Alba, A.R. and E. Garcia-Calvo (2008). *Chemosphere*, **74**(1), p. 37.
- 18) Munoz, I., Peral, J., Ayllon, J.A., Malato, S., Passarinho, P. and X. Domenech (2006). Life cycle assessment of a coupled solar photocatalytic-biological process for wastewater treatment, *Water Research*, 40(19), p. 3533.
- 19) Ortiz, M., Raluy, R.G., Serra, L. and J. Uche (2007). Life cycle assessment of water treatment technologies: wastewater and water reuse in a small town, *Desalination*, **204** (1-3), p. 121.
- 20) Renou, S., Thomas, J.S., Aoustin, E. and M.N. Pons (2008). Influence of impact assessment methods in wastewater treatment LCA, *Journal of cleaner production*, **16**(10), p.1098.
- 21) Rodoulis, N. (2010). Evaluation of Cyprus Electricity Generation Planning Using Mean- Variance Portfolio Theory, *Cyprus Economic Policy Review*, **4**(2), pp. 25-42.
- 22) Suh, Young-Jin. and P. Rousseaux (2001). An LCA of alternative wastewater sludge treatment scenarios, *Resource, Conservation and Recycling*, **35**(3), p. 191.
- 23) Tangsubkul, N., Beavis, P., Moore, S.J., Lundie, S. and T.D. Waite (2005). Life Cycle Assessment of Water Recycling Technology, *Water Resources Management*, **19**, pp. 521-537.
- 24) Tidaker, P., Karrman, E., Baky., A and H. Jonsoon (2006). Wastewater management integrated with farming an environmental system analysis of a Swedish country town, *Resources, Conservation and Recycling*, **47** (4), p.295.

25) Tillman, A.M., Svingby, M. and H. Lundstrom (1998). Life Cycle Assessment of Municipal Waste Water Systems, *3*(3), pp.145-157.

26) Zhang, Q.H., Wang, X.C., Xiong, J.Q., Chen, R. and B. Cao (2010). Application of life cycle assessment for an evaluation of wastewater treatment and reuse project – Case study of Xi'an China, *Bioresources Technology*, **101**(5), pp. 1421-1425.

ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

International Organization for Standardization (ISO)

<http://www.iso.org>

Τμήμα Αναπτύξεως Υδάτων

<http://www.cyprus.gov.cy/moa>

Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού

<http://www.mcit.gov.cy>

Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος

<http://www.eea.europa.eu>

Ευρωπαϊκή Στατιστική Υπηρεσία

<http://epp.eurostat.ec.europa.eu>

Αρχή Ηλεκτρισμού Κύπρου

<http://www.eac.com.cy>

Εφημερίδα «Αλήθεια»

<http://www.alitheiaportal.com>

Ηλεκτρονικό Επιστημονικό Περιοδικό

www.scirus.com

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

**Οδηγία 91/271/ΕΟΚ του Συμβουλίου στις 21 Μαΐου 1991 για την επεξεργασία
των αστικών λυμάτων.**

Άρθρο 1

Η παρούσα οδηγία αφορά τη συλλογή, την επεξεργασία και την απόρριψη αστικών λυμάτων και την επεξεργασία και την απόρριψη λυμάτων από ορισμένους βιομηχανικούς τομείς.

Σκοπός της παρούσας οδηγίας είναι η προστασία του περιβάλλοντος από τις αρνητικές επιπτώσεις της απόρριψης αυτών των λυμάτων.

Άρθρο 3

1. Τα κράτη μέλη μεριμνούν ώστε όλοι οι οικισμοί να διαθέτουν δίκτυα αποχέτευσης αστικών λυμάτων:

- έως τις 31 Δεκεμβρίου 2000 το αργότερο, για τους οικισμούς με ισοδύναμο πληθυσμό (ι.π.) άνω των 15000 και
- έως τις 31 Δεκεμβρίου 2005 το αργότερο, για τους οικισμούς με ι.π. μεταξύ 2000 και 15000.

Για τα αστικά λύματα των οποίων η απόρριψη πραγματοποιείται σε ύδατα υποδοχής που θεωρούνται "ευαίσθητες ζώνες", σύμφωνα με το άρθρο 5, τα κράτη μέλη μεριμνούν ώστε να υπάρχουν δίκτυα αποχέτευσης το αργότερο έως τις 31 Δεκεμβρίου 1998 για τους οικισμούς με ι.π. άνω των 10000.

Στις περιπτώσεις κατά τις οποίες η εγκατάσταση αυτών των δικτύων δεν δικαιολογείται, είτε λόγω του ότι δεν ωφελεί το περιβάλλον, είτε λόγω υπερβολικού κόστους, χρησιμοποιούνται μεμονωμένα συστήματα ή άλλα κατάλληλα συστήματα που επιτυγχάνουν το ίδιο επίπεδο προστασίας του περιβάλλοντος.

2. Τα περιγραφόμενα στην παράγραφο 1 αποχετευτικά δίκτυα πρέπει να πληρούν τις απαιτήσεις του παραρτήματος I, σημείο Α. Οι απαιτήσεις αυτές είναι δυνατόν να τροποποιούνται με τη διαδικασία του άρθρου 18.

Άρθρο 4

1. Τα κράτη μέλη μεριμνούν ώστε τα αστικά λύματα που διοχετεύονται σε αποχετευτικά δίκτυα να υποβάλλονται, πριν από την απόρριψή τους, σε δευτεροβάθμια ή σε ισοδύναμη επεξεργασία, ως εξής:

- το αργότερο έως τις 31 Δεκεμβρίου 2000, για όλες τις απορρίψεις λυμάτων από οικισμούς με ι.π. άνω των 15000,

- το αργότερο έως τις 31 Δεκεμβρίου 2005, για όλες τις απορρίψεις λυμάτων από οικισμούς με ι.π. μεταξύ 10000 και 15000,
 - το αργότερο έως τις 31 Δεκεμβρίου 2005, για τα λύματα που αποβάλλονται σε γλυκά ύδατα και σε εκβολές ποταμών, από οικισμούς με ι.π. μεταξύ 2000 και 10000.
2. Τα αστικά λύματα που απορρίπτονται σε ύδατα ορεινών περιοχών (υψομέτρου άνω των 1500 μέτρων), όπου, λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών, η βιολογική επεξεργασία είναι δυσεφάρμοστη, μπορούν να υποβάλλονται σε λιγότερη αυστηρή επεξεργασία από εκείνη που ορίζεται στην παράγραφο 1, εφόσον λεπτομερείς μελέτες αποδεικνύουν ότι οι εν λόγω απορρίψεις δεν επηρεάζουν δυσμενώς το περιβάλλον.
3. Οι απορρίψεις από τους περιγραφόμενους στις παραγράφους 1 και 2 σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων πρέπει να πληρούν τις απαιτήσεις του παραρτήματος Ι σημείο Β. Οι απαιτήσεις αυτές είναι δυνατόν να τροποποιούνται με τη διαδικασία του άρθρου 18.
4. Το φορτίο που εκφράζεται με ι.π. υπολογίζεται με βάση το μέγιστο μέσο εβδομαδιαίο φόρτο που εισέρχεται στο σταθμό επεξεργασίας στη διάρκεια του έτους, εξαιρουμένων των ασυνήθιστων καταστάσεων, όπως οι περιπτώσεις καταρρακτώδους βροχής.

Άρθρο 5

1. Για τους σκοπούς της παραγράφου 2, τα κράτη μέλη προσδιορίζουν, μέχρι τις 31 Δεκεμβρίου 1993, τις ευαίσθητες περιοχές σύμφωνα με τα κριτήρια που καθορίζονται στο παράρτημα ΙΙ.
2. Τα κράτη μέλη μεριμνούν ώστε, πριν από την απόρριψή τους σε ευαίσθητες περιοχές, τα αστικά λύματα που διοχετεύονται σε αποχετευτικά δίκτυα, να υποβάλλονται, το αργότερο μέχρι τις 31 Δεκεμβρίου 1998, σε επεξεργασία αυστηρότερη από εκείνη που περιγράφεται στο άρθρο 4, για όλες τις απορρίψεις από οικισμούς με ι.π. άνω των 10000.
3. Οι απορρίψεις από τους περιγραφόμενους στην παράγραφο 2 σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων πρέπει να πληρούν τις σχετικές απαιτήσεις του παραρτήματος Ι σημείο Β. Οι απαιτήσεις αυτές είναι δυνατόν να τροποποιούνται με τη διαδικασία του άρθρου 18.
4. Εναλλακτικά, οι απαιτήσεις των παραγράφων 2 και 3 για μεμονωμένες εγκαταστάσεις δεν χρειάζεται να εφαρμόζονται σε ευαίσθητες περιοχές, όταν μπορεί να αποδειχθεί ότι το ελάχιστο ποσοστό μείωσης του συνολικού φορτίου από όλους

τους σταθμούς επεξεργασίας λυμάτων στην περιοχή αυτή είναι τουλάχιστον 75 % για τον ολικό φώσφορο και τουλάχιστον 75 % για το ολικό άζωτο.

5. Οι απορρίψεις από σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων που βρίσκονται στις οικείες λεκάνες υδροσυλλογής ευαίσθητων περιοχών και συμβάλλουν στη ρύπανση των περιοχών αυτών, υπόκεινται στις παραγράφους 2, 3 και 4.

Το άρθρο 9 εφαρμόζεται στις περιπτώσεις κατά τις οποίες οι λεκάνες υδροσυλλογής που αναφέρονται στο πρώτο εδάφιο βρίσκονται, εξ ολοκλήρου ή εν μέρει, σε άλλο κράτος μέλος.

6. Τα κράτη μέλη μεριμνούν ώστε ο κατάλογος των ευαίσθητων περιοχών να επανεξετάζεται ανά τετραετία τουλάχιστον.

7. Τα κράτη μέλη μεριμνούν ώστε οι περιοχές που προσδιορίζονται ως ευαίσθητες μετά την προβλεπόμενη στην παράγραφο 6 επανεξέταση να ικανοποιούν τις ως άνω απαιτήσεις εντός επτά ετών.

8. Εάν ένα κράτος μέλος εφαρμόζει σ' ολόκληρο το έδαφός του την προβλεπόμενη στις παραγράφους 2, 3 και 4 επεξεργασία, τότε δεν είναι υποχρεωμένο να προσδιορίζει ευαίσθητες περιοχές για τους σκοπούς της παρούσας οδηγίας.

Άρθρο 6

1. Για τους σκοπούς της παραγράφου 2, τα κράτη μέλη μπορούν, μέχρι τις 31 Δεκεμβρίου 1993 το αργότερο, να προσδιορίζουν τις λιγότερο ευαίσθητες περιοχές σύμφωνα με τα κριτήρια του παραρτήματος II.

2. Τα αστικά λύματα που απορρίπτονται σε παράκτια ύδατα από οικισμούς με 10000 έως 150000 ι.π. ή σε ύδατα εκβολών ποταμών από οικισμούς με 2000 έως 10000 ι.π., μπορούν, εάν οι απορρίψεις γίνονται στις περιγραφόμενες στην παράγραφο 1 περιοχές, να υποβάλλονται σε επεξεργασία λιγότερο αυστηρή από την επεξεργασία που περιγράφεται στο άρθρο 4, υπό την προϋπόθεση ότι:

- οι απορρίψεις αυτές υποβάλλονται τουλάχιστον σε πρωτοβάθμια επεξεργασία όπως ορίζεται στο άρθρο 2 παράγραφος 7, σύμφωνα με τις διαδικασίες ελέγχου του παραρτήματος I σημείο Δ,
- ολοκληρωμένες μελέτες δείχνουν ότι οι απορρίψεις αυτές δεν επηρεάζουν αρνητικά το περιβάλλον.

Τα κράτη μέλη παρέχουν στην Επιτροπή όλες τις κατάλληλες πληροφορίες σχετικά με τις προαναφερόμενες μελέτες.

3. Εάν η Επιτροπή κρίνει ότι δεν πληρούνται οι προϋποθέσεις της παραγράφου 2, υποβάλλει σχετική πρόταση στο Συμβούλιο.
4. Τα κράτη μέλη μεριμνούν ώστε ο κατάλογος των λιγότερο ευαίσθητων περιοχών να επανεξετάζεται ανά τετραετία τουλάχιστον.
5. Τα κράτη μέλη μεριμνούν ώστε οι περιοχές που παύουν να χαρακτηρίζονται ως λιγότερο ευαίσθητες, να πληρούν, εντός επτά ετών, τις συναφείς απαιτήσεις των άρθρων 4 και 5.

Άρθρο 7

Τα κράτη μέλη μεριμνούν ώστε, μέχρι τις 31 Δεκεμβρίου 2005 το αργότερο, τα διοχετευόμενα στα αποχετευτικά δίκτυα αστικά λύματα, προτού απορριφθούν, να υφίστανται κατάλληλη επεξεργασία, όπως ορίζεται στο άρθρο 2 σημείο 9, στις ακόλουθες περιπτώσεις:

- όταν απορρίπτονται σε γλυκά ύδατα και σε εκβολές ποταμών από οικισμούς με λιγότερο από 2000 ι.π.,
- όταν απορρίπτονται σε παράκτια ύδατα από οικισμούς με λιγότερο από 10000 ι.π.

Άρθρο 8

1. Σε εξαιρετικές περιπτώσεις που οφείλονται σε τεχνικά προβλήματα και για γεωγραφικά καθορισμένες ομάδες πληθυσμού, τα κράτη μέλη μπορούν να υποβάλουν ειδική αίτηση στην Επιτροπή για να τους παραχωρηθεί μεγαλύτερη προθεσμία για να συμμορφωθούν με το άρθρο 4.
2. Στη δεόντως αιτιολογημένη αυτή αίτηση, εκτίθενται οι τεχνικές δυσκολίες που συναντά το κράτος μέλος και προτείνεται πρόγραμμα δράσης, με το σχετικό χρονοδιάγραμμα εφαρμογής, με σκοπό την επίτευξη του στόχου της παρούσας οδηγίας. Το χρονοδιάγραμμα αυτό περιλαμβάνει στο πρόγραμμα για την εφαρμογή της οδηγίας που αναφέρεται στο άρθρο 17.
3. Μόνο τεχνικοί λόγοι μπορούν να γίνουν δεκτοί, η δε παράταση της προθεσμίας που αναφέρεται στην παράγραφο 1, δεν μπορεί να υπερβαίνει τις 31 Δεκεμβρίου 2005.
4. Η Επιτροπή εξετάζει την εν λόγω αίτηση και λαμβάνει τα κατάλληλα μέτρα με διαδικασία του άρθρου 18.
5. Σε εξαιρετικές περιπτώσεις, και όταν μπορεί να αποδειχθεί ότι η επεξεργασία των αποβλήτων με περισσότερο προηγμένες τεχνολογίες μεθόδους δεν αποφέρει κανένα όφελος για το περιβάλλον, τα αστικά λύματα, που απορρίπτονται σε λιγότερο

ευαίσθητες περιοχές, από οικισμούς με άνω των 150000 ι.π., μπορούν να υποβάλλονται στην επεξεργασία που προβλέπει το άρθρο 6 για τα λύματα που προέρχονται από οικισμούς με ι.π. μεταξύ 10000 και 150000.

Στις περιπτώσεις αυτές, τα κράτη μέλη υποβάλλουν εκ των προτέρων στην Επιτροπή τη σχετική έγγραφη τεκμηρίωση. Η Επιτροπή εξετάζει την περίπτωση και λαμβάνει κατάλληλα μέτρα, με τη διαδικασία του άρθρου 18.

Άρθρο 9

Στις περιπτώσεις που τα ύδατα στην περιοχή δικαιοδοσίας ενός κράτους μέλους επηρεάζεται αρνητικά από απορρίψεις αστικών λυμάτων τα οποία προέρχονται από άλλο κράτος μέλος, το κράτος μέλος του οποίου θίγονται τα ύδατα μπορεί να κοινοποιεί τα σχετικά στοιχεία στο άλλο κράτος μέλος και στην Επιτροπή.

Τα ενδιαφερόμενα κράτη μέλη οργανώνουν, ενδεχομένως με τη συμμετοχή της Επιτροπής, τις αναγκαίες διαβουλεύσεις για τον προσδιορισμό του είδους των εν λόγω απορρίψεων και για τον καθορισμό των μέτρων που πρέπει να ληφθούν επιτόπου για την προστασία των θιγόμενων υδάτων ώστε να επιτευχθεί η συμμόρφωση προς τις διατάξεις της παρούσας οδηγίας.

Άρθρο 10

Τα κράτη μέλη μεριμνούν ώστε οι σταθμοί επεξεργασίας αστικών λυμάτων, που κατασκευάζονται ώστε να συμμορφώνονται με τις απαιτήσεις των άρθρων 4, 5, 6 και 7, να σχεδιάζονται, να κατασκευάζονται, να λειτουργούν και να συντηρούνται με τρόπο που να εξασφαλίζει επαρκείς αποδόσεις υπό όλες τις συνήθεις τοπικές κλιματικές συνθήκες. Κατά το σχεδιασμό των σταθμών, λαμβάνονται υπόψη οι εποχιακές διακυμάνσεις του φορτίου.

Άρθρο 11

1. Τα κράτη μέλη μεριμνούν ώστε, μέχρι τις 31 Δεκεμβρίου 1993 το αργότερο, τα βιομηχανικά λύματα που διοχετεύονται στα αποχετευτικά δίκτυα και στους σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων να υπόκεινται σε εκ των κανόνες ή/και στην παροχή ειδικών αδειών από τις αρμόδιες αρχές ή τα κατάλληλα όργανα.

2. Οι κανόνες ή/και οι ειδικές άδειες πρέπει να πληρούν τις απαιτήσεις του παραρτήματος Ι σημείο Γ. Οι απαιτήσεις αυτές είναι δυνατόν να τροποποιούνται με τη διαδικασία του άρθρου 18.
3. Οι κανόνες και οι ειδικές άδειες επανεξετάζονται και, ενδεχομένως, αναπροσαρμόζονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα.

Άρθρο 12

1. Τα επεξεργασμένα λύματα πρέπει να επαναχρησιμοποιούνται, όποτε είναι σκόπιμο. Ο τρόπος διάθεσης των λυμάτων πρέπει να μειώνει στο ελάχιστο τις αρνητικές επιδράσεις στο περιβάλλον.
2. Οι αρμόδιες αρχές ή τα κατάλληλα όργανα μεριμνούν ώστε η διάθεση λυμάτων από σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων να υπόκειται σε προηγούμενους κανόνες ή/και ειδικές άδειες.
3. Οι προηγούμενοι κανόνες ή / και ειδικές άδειες για απορρίψεις από σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων που γίνονται κατ' εφαρμογή της παραγράφου 2 σε οικισμούς 2000 έως 10000 ι.π. προκειμένου για απορρίψεις σε γλυκά νερά και εκβολές ποταμών, και 10000 ι.π. ή περισσότερο, προκειμένου για οποιαδήποτε απόρριψη, πρέπει να περιέχουν όρους που να πληρούν τις σχετικές απαιτήσεις του παραρτήματος Ι σημείο Β. Οι απαιτήσεις αυτές είναι δυνατόν να τροποποιούνται με τη διαδικασία του άρθρου 18.
4. Οι κανόνες ή / και οι άδειες επανεξετάζονται και, ενδεχομένως, αναπροσαρμόζονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα.

Άρθρο 13

1. Τα κράτη μέλη μεριμνούν ώστε, στις 31 Δεκεμβρίου 2000 το αργότερο, τα βιοαποικοδομήσιμα βιομηχανικά λύματα που προέρχονται από εγκαταστάσεις που ανήκουν στους βιομηχανικούς τομείς του παραρτήματος ΙΙΙ και δεν διοχετεύονται στους σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων, πριν απορριφθούν στα ύδατα υποδοχής, να πληρούν, πριν από την απόρριψή τους, τους όρους που θεσπίζονται, στα πλαίσια προηγούμενων κανόνων ή / και ειδικών αδειών, από οι αρμόδιες αρχές ή τα κατάλληλα όργανα, για όλες τις απορρίψεις από εγκαταστάσεις με 4000 ι.π. ή περισσότερο.

2. Μέχρι τις 31 Δεκεμβρίου 1993 το αργότερο, οι αρμόδιες αρχές ή τα κατάλληλα όργανα των κρατών μελών καθορίζουν τις απαιτήσεις που προσιδιάζουν στην εκάστοτε βιομηχανία για τις απορρίψεις των εν λόγω λυμάτων.
3. Μέχρι τις 31 Δεκεμβρίου 1994 το αργότερο, η Επιτροπή συγκρίνει τις ανάγκες των κρατών μελών, δημοσιεύει τα σχετικά αποτελέσματα υπό τύπον εκθέσεως και, ενδεχομένως, υποβάλλει κατάλληλη πρόταση.

Άρθρο 14

1. Η λυματολάσπη που παράγεται κατά την επεξεργασία των λυμάτων πρέπει να επαναχρησιμοποιείται, όποτε είναι σκόπιμο. Ο τρόπος διάθεσης πρέπει να μειώνει στο ελάχιστο τις αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον.
2. Οι αρμόδιες αρχές ή τα κατάλληλα όργανα μεριμνούν ώστε, μέχρι τις 31 Δεκεμβρίου 1998 το αργότερο, η διάθεση της λυματολάσπης από σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων να υπόκειται σε γενικούς κανόνες, σε καταχώρηση ή σε χορήγηση άδειας.
3. Τα κράτη μέλη μεριμνούν ώστε να παύσει, μέχρι τις 31 Δεκεμβρίου 1998 το αργότερο, η διάθεση της λυματολάσπης σε επιφανειακά ύδατα με απόρριψή της από πλοία, απόρριψη από αγωγούς μεταφοράς ή άλλα μέσα.
4. Μέχρι την αναφερόμενη στην παράγραφο 3 παύση της διάθεσης της λυματολάσπης, τα κράτη μέλη μεριμνούν ώστε η συνολική ποσότητα τοξικών, μη αποικοδομήσιμων ή βιοσωρεύσιμων υλικών, που περιέχεται στη λυματολάσπη, της οποίας η διάθεση γίνεται στα επιφανειακά ύδατα, να υπόκειται σε άδεια και να μειώνεται προοδευτικά.

Άρθρο 15

1. Οι αρμόδιες αρχές ή τα κατάλληλα όργανα παρακολουθούν:
 - τις απορρίψεις από σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων, για να εξακριβώνουν τη συμμόρφωση προς τις απαιτήσεις του παραρτήματος I σημείο Β, σύμφωνα με τις διαδικασίες ελέγχου που ορίζονται στο παράρτημα I σημείο Δ,
 - την ποσότητα και τη σύνθεση της λυματολάσπης που διατίθεται σε επιφανειακά ύδατα.
2. Οι αρμόδιες αρχές ή τα κατάλληλα όργανα παρακολουθούν τα ύδατα που δέχονται απορρίψεις από σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων και απ' ευθείας

απορρίψεις, σύμφωνα με το άρθρο 13, στις περιπτώσεις κατά τις οποίες μπορεί να αναμένεται ότι θα θιγεί σημαντικά το περιβάλλον από τις απορρίψεις αυτές.

3. Στην περίπτωση απόρριψης που υπόκειται στις διατάξεις του άρθρου 6 και στην περίπτωση διάθεσης της λυματολάσπης σε επιφανειακά ύδατα, τα κράτη μέλη παρακολουθούν και διεξάγουν κάθε άλλη ενδεχομένως απαιτούμενη μελέτη για να επαληθεύσουν ότι η απόρριψη ή η διάθεση δεν επηρεάζουν αρνητικά το περιβάλλον.

4. Οι πληροφορίες που συγκεντρώνονται από τις αρμόδιες αρχές ή τα κατάλληλα όργανα σύμφωνα με τις παραγράφους 1, 2 και 3, φυλάσσονται από τα κράτη μέλη και τίθενται στην διάθεση της Επιτροπής εντός έξι μηνών από την παραλαβή σχετικής αίτησης.

5. Οι κατευθυντήριες γραμμές για την αναφερόμενη στις παραγράφους 1, 2 και 3 παρακολούθηση, μπορούν να καταρτίζονται με τη διαδικασία του άρθρου 18.

Άρθρο 16

Με την επιφύλαξη της εφαρμογής της οδηγίας 90/313/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 7ης Ιουνίου 1990 σχετικά με την ελεύθερη πληροφόρηση για θέματα περιβάλλοντος, τα κράτη μέλη μεριμνούν ώστε οι αρμόδιες αρχές ή τα αρμόδια όργανα να δημοσιεύουν ανά διετία έκθεση για την κατάσταση της διάθεσης των αστικών λυμάτων και της λυματολάσπης στην περιοχή τους. Οι εκθέσεις αυτές διαβιβάζονται από τα κράτη μέλη στην Επιτροπή μόλις δημοσιευθούν.

Άρθρο 17

1. Μέχρι τις 31 Δεκεμβρίου 1993 το αργότερο, τα κράτη μέλη καταρτίζουν πρόγραμμα για την εφαρμογή της παρούσας οδηγίας.

2. Τα κράτη μέλη ενημερώνουν την Επιτροπή σχετικά με το πρόγραμμα αυτό, μέχρι τις 30 Ιουνίου 1994, το αργότερο.

3. Ανά διετία και μέχρι τις 30 Ιουνίου το αργότερο, τα κράτη μέλη παρέχουν, εάν απαιτείται, στην Επιτροπή, ενημερωμένα στοιχεία για τις περιγραφόμενες στην παράγραφο 2 πληροφορίες.

4. Οι μέθοδοι και τα σχήματα που χρησιμοποιούνται για την έκθεση των εθνικών προγραμμάτων καταρτίζονται με τη διαδικασία του άρθρου 18. Κάθε τροποποίηση των εν λόγω μεθόδων και σχημάτων εγκρίνεται με την ίδια διαδικασία.

5. Ανά διετία, η Επιτροπή επανεξετάζει και αξιολογεί τα στοιχεία που λαμβάνει, σύμφωνα με τις παραγράφους 2 και 3 και δημοσιεύει σχετική έκθεση.

Άρθρο 18

1. Η Επιτροπή επικουρείται από μια επιτροπή την οποία αποτελούν αντιπρόσωποι των κρατών μελών και της οποίας προεδρεύει ο αντιπρόσωπος της Επιτροπής.

2. Ο αντιπρόσωπος της Επιτροπής υποβάλλει στην επιτροπή σχέδιο των μέτρων που πρόκειται να ληφθούν. Η Επιτροπή διατυπώνει τη γνώμη της για το σχέδιο αυτό μέσα σε προθεσμία που μπορεί να ορίσει ο πρόεδρος ανάλογα με τον επείγοντα χαρακτήρα του θέματος. Η γνώμη διατυπώνεται με την πλειοψηφία που προβλέπεται στο άρθρο 148 παράγραφος 2 της συνθήκης για την έκδοση των αποφάσεων που καλείται να λάβει το Συμβούλιο βάσει της Επιτροπής. Κατά τη ψηφοφορία στην επιτροπή, οι ψήφοι των αντιπροσώπων των κρατών μελών σταθμίζονται σύμφωνα με το προαναφερόμενο άρθρο. Ο πρόεδρος δεν λαμβάνει μέρος στη ψηφοφορία.

3. α) Η Επιτροπή θεσπίζει τα σχεδιαζόμενα μέτρα όταν είναι σύμφωνα με τη γνώμη της επιτροπής

β) όταν τα σχεδιαζόμενα μέτρα δεν είναι σύμφωνα με τη γνώμη της επιτροπής, ή ελλείψει γνώμης, η Επιτροπή υποβάλλει, χωρίς καθυστέρηση, στο Συμβούλιο πρόταση σχετικά με τα μέτρα που πρέπει να ληφθούν. Το Συμβούλιο αποφασίζει με ειδική πλειοψηφία.

Εάν το Συμβούλιο δεν αποφασίσει εντός τριών μηνών από την υποβολή της πρότασης, τα προτεινόμενα μέτρα θεσπίζονται από την Επιτροπή, εκτός εάν το Συμβούλιο έχει αποφασίσει με απλή πλειοψηφία ότι αντιτίθεται προς τα εν λόγω μέτρα.

Άρθρο 19

1. Τα κράτη μέλη θέτουν σε ισχύ τις νομοθετικές, κανονιστικές και διοικητικές διατάξεις που είναι αναγκαίες για να συμμορφωθούν με την παρούσα οδηγία το αργότερο στις 30 Ιουνίου 1993. Ενημερώνουν αμέσως την Επιτροπή σχετικά.

2. Οι διατάξεις της παραγράφου 1, όταν θεσπίζονται από τα κράτη μέλη, αναφέρονται στην παρούσα οδηγία, ή συνοδεύονται από παρόμοια αναφορά κατά την επίσημη δημοσίευσή τους. Οι λεπτομερείς διατάξεις αυτής της αναφοράς καθορίζονται από τα κράτη μέλη.

3. Τα κράτη μέλη κοινοποιούν στην Επιτροπή το κείμενο των ουσιωδών διατάξεων εσωτερικού δικαίου τις οποίες θεσπίζουν στον τομέα που διέπεται από την παρούσα οδηγία.

Άρθρο 20

Η παρούσα οδηγία απευθύνεται στα κράτη μέλη.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ

ΣΥΜΒΟΥΛΙΟ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΕΩΝ ΛΑΡΝΑΚΑΣ
ΑΠΟΡΡΙΨΗ ΛΑΣΠΗΣ ΓΙΑ ΓΕΩΡΓΙΚΟΥΣ ΣΚΟΠΟΥΣ

ΟΝΟΜΑ:xx

ΑΡ. ΑΙΤΗΣΗΣ: 3

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ:xxxxxxxxxxxxxxxx

ΗΜΕΡΟΜ. 16.6.2004

ΤΗΛ. ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ: 999999999

ΑΡ. ΑΓΡΟΤΕΜΑΧΙΟΥ: ΙΔΕ ΣΧΕΔΙΟ

ΧΩΡΙΟ: ΑΒΔΕΛΛΕΡΟ

ΦΥΛΛΟ/ΣΧΕΔΙΟ: ΕΜΒΑΔΟΝ: 1200 σκάλες ΔΕΚΑΡΙΑ:

ΕΙΔΟΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ: ΣΙΤΗΡΑ

ΖΗΤΟΥΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΛΑΣΠΗΣ (m³): 4200m³

ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΛΑΣΠΗΣ ΠΟΥ ΔΟΘΗΚΕ (m³): 4177m³

ΕΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟ:	ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΡΓΙΑΣ	ΟΚ	ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ	ΟΚ	ΚΟΙΝΟΤΙΚΟ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟ	ΟΚ
ΑΤΟΜΟ ΕΠΙΚΟΙΝ. & ΤΗΛΕΦ.	xxxxxxx 22-305470		xxxxxxx 22-303854		Κοινοτάρχης xxxxxxxxxxxx	

ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	ΞΗΡΗ ΛΑΣΠΗ		ΤΕΜΑΧΙΟ (ΧΩΡΑΦΙ)					
	Όρια Mg/Kg		Όρια	Πριν από τοποθέτηση λάσσης		6 μήνες	12 μήνες	18 μήνες
Ξηρά Ουσία	%	15.5	-	1	2	-	-	
Οργανική Ύλη	%	74.9	-	-	-	-	-	
Ph	6-7	7.0	6-7	7.76	7.76	8.05	7.85	
Άζωτο	%	6.8	%	0.14	0.14	0.30	0.13	
Φώσφορο	%	3.6	%	0.15	0.15	0.11	0.83	
Κάδμιο	40	-	3	1.88	1.54	0.10	1.25	
Χαλκός	1750	146.3	140	44.2	32.3	34.90	31.80	
Νικέλιο	400	-	75	24.4	53.1	45.70	41.00	
Μόλυβδος	1200	-	300	2.2	4.39	1.72	11.50	
Ψευδάργυρος	4000	174.3	300	31.0	34.9	25.40	27.90	
Υδράργυρος	25	-	1.5	<0.5	<0.5	0.59	<0.1	
Χρώμιο	1000	16.1	-	13.0	14.8	8.6	5.9	
Ημερομηνία	30.06.04			30.06.04		12.01.05	2.08.05	
Στάλθηκε σε:		ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΡΓΙΑΣ FAX: 22305494	ΟΚ	ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ FAX: 22774945	ΟΚ	ΙΔΙΟΚΤΗΤΗ ΤΕΜΑΧΙΟΥ	ΟΚ	

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ

Πίνακας Ι Απογραφής Δεδομένων για WW Present

		2007		Εισροές Μ.Ο έτους			Εκροές Μ.Ο έτους
		Ιαν-Αυγ	Σεπ-Δεκ		Ιαν-Αυγ	Σεπ-Δεκ	
Παροχή	m ³ /day			7053			
BOD	mg/l	399,9	436,3	412,0333	25,7	37,1	29,5
BOD	kg/year			809100			75943,18
COD	mg/l	773,2	836,3	794,2333	84,2	114,3	94,23333
COD	kg/year			2044631			242589,1
SS	mg/l	171,3	179,7	174,1	39,7	45	41,46667
SS	kg/year			448193,5			106749,5
TN	mg/l	74,4	79	75,93333			
TN	kg/year			195478,6			
N-NH ₃	mg/l	62,5	64,5	63,16667	32,3	41,5	35,36667
N-NH ₃	kg/year			129575			91046
N-NO ₃	mg/l	23,5	15,7	20,9			
N-NO ₃	kg/year			53803,81			
TP	mg/l	19,2	18,4	18,93333	8,6	8,9	8,7
TP	kg/year			48740,93			22396,8
Chlorine	kg			55000			
Πολυηλεκτρολύτης	kg			5404			
Κατανάλωση ενέργειας	kwh			2755665			
Παραγωγή Ενέργειας	kwh						
Λάσπη	m ³ /year						
Λάσπη	kgSS/year						31600
Επιφάνεια	m ²			21000			
Cd	mg/kg						0,8
Cd	g/year						25,28
Cu	mg/kg						123,5
Cu	g/year						3902,6
Ni	mg/kg						12
Ni	g/year						379,2
Pb	mg/kg						15,2
Pb	g/year						480,32
Zn	mg/kg						489
Zn	g/year						15452,4
Cr	mg/kg						11
Cr	g/year						347,6
Hg	mg/kg						0,5
Hg	g/year						15,8

Πίνακας II Απογραφής Δεδομένων για τα WW Conventional – WW MBR

	2007	Εισροές		Εκροές	
		Conventional	MBR	Conventional	MBR
Παροχή	m ³ /day	6750	6750		
BOD	mg/l	333	333	12,5	3
BOD	kg/year	820428,75	820428,8	30796,875	7391,25
COD	mg/l			82,5	12,5
SS	mg/l	333	333	17,5	0
SS	kg/year	820428,75	820428,8	43115,625	0
TN	mg/l	72	72		
TN	kg/year	177390	177390		
TP	mg/l	19,4	19,4	0,9	0,1
TP	kg/year	47796,75	47796,75	2217,375	246,375
Chlorine	kg	52560	6570		
Πολυηλεκτρολύτης	kg	13689	12726		
Κατανάλωση ενέργειας	kwh	9093194	9905879		
Παραγωγή Ενέργειας	kwh			1366694	
Λάσπη	m ³ /year			5540	6362
Λάσπη	kgSS/year			1590702	2255813
Επιφάνεια	m ²	21000	11300		
Cd	mg/kg			0,8	0,8
Cd	kg/year			1,2725616	1,80465
Cu	mg/kg			123,5	123,5
Cu	kg/year			196,451697	278,5929
Ni	mg/kg			12	12
Ni	kg/year			19,088424	27,06976
Pb	mg/kg			15,2	15,2
Pb	kg/year			24,1786704	34,28836
Zn	mg/kg			489	489
Zn	kg/year			777,853278	1103,093
Cr	mg/kg			11	11
Cr	kg/year			17,497722	24,81394
Hg	mg/kg			0,5	0,5
Hg	kg/year			0,795351	1,127907

Πίνακας III Απογραφής Δεδομένων για WW Untreated

Εισροές - Εκροές 2007 WW Untreated	2574345	ton
Emissions to water		
BOD	809100	kg/year
COD	2044630	kg/year
suspended solids	448193	kg/year
N-tot	195479	kg/year
P-tot	48741	kg/year
NH3 (as N)	129575	kg/year
Cd	2500	g/year
Cu	390300	g/year
Ni	37900	g/year
Pb	48000	g/year
Zn	1545200	g/year
Cr	34800	g/year
Hg	1600	g/year