ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Εκτίμηση θερμοκηπικών αερίων σε μονάδες επεξεργασίας λυμάτων

ΚΟΛΙΚΟΝΙΑΡΗΣ ΠΕΤΡΟΣ

<u>ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ</u>

ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ ΔΙΑΜΑΝΤΟΠΟΥΛΟΣ (ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ)
ΘΕΟΧΑΡΗΣ ΤΣΟΥΤΣΟΣ
ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ ΚΑΤΣΑΟΥΝΗΣ

ΧΑΝΙΑ 2008

Ευχαριστίες

Με την διεκπεραίωση της διπλωματικής μου εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαιτέρως τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Ευάγγελο Διαμαντόπουλο για την απόλυτα άψογη συνεργασία μας και την καίρια βοήθεια του καθ 'όλη τη διάρκεια της εργασίας σε όλους τους τομείς.

Επίσης ευχαριστώ τον Νικόλαο Βακόνδιο Μεταπτυχιακό φοιτητή του τμήματος για τη πολύτιμη βοήθεια του στη συλλογή των δεδομένων και την ολοκλήρωση της εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής κ. Θεοχάρη Τσούτσο και κ. Αλέξανδρο Κατσαούνη για τον πολύτιμο χρόνο τους.

Περίληψη

Βασικό αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η εκτίμηση των θερμοκηπικών αερίων από μονάδες επεξεργασίας λυμάτων. Με την επικύρωση του πρωτοκόλλου του Κιότο στον Καναδά, κάθε τομέας της οικονομίας θα πρέπει να εξετάσει τις εκπομπές του και να καθορίσει τις στρατηγικές μείωσης. Αρχικά γίνεται μια θεωρητική προσέγγιση στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και τις εκπομπές από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων. Χρησιμοποιούνται διαγράμματα και βιβλιογραφικές αναφορές για την καλύτερη απεικόνιση και περιγραφή του φαινομένου. Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στο ρόλο της διακυβερνητικής επιτροπής για την κλιματική αλλαγή (IPCC) μιας και η συμβολή της στη πληροφόρηση είναι σπουδαία. Παρουσιάζονται συνοπτικά μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση των θερμοκηπικών αερίων καταλήγοντας στη μέθοδο των Monteith et Al, (2005). Ακολουθώντας τη μεθοδολογία δημιουργήθηκε ένα Excel όπου εισάγοντας ο χρήστης τα απαραίτητα δεδομένα θα προέβαινε σε εκτίμηση των θερμοκηπικών αερίων από την εκάστοτε εγκατάσταση. Στη παρούσα εργασία δεν εξετάζονται μόνο οι εκπομπές στο πεδίο της επεξεργασίας λυμάτων αλλά συνυπολογίζονται και αυτές που εκπέμπονται κατά τη διάρκεια της παραγωγής της ηλεκτρική ενέργειας που απαιτείται για τη λειτουργία της μονάδας. Αυτό επιτυγχάνεται με το λογισμικό RETscreen αν δεν είναι γνωστή η εκπομπή CO_2 ανά KWh. Τέλος γίνεται μία εφαρμογή για τη μονάδα επεξεργασίας λυμάτων της πόλης των Χανίων με αποτελέσματα 7431,67 kg CO_2 /d για την περίπτωση της αερόβιας επεξεργασίας, 416,03 kg CO_2 /d και 307,30 kg CH_4 /d για την περίπτωση της αναερόβιας χώνευσης, 845,07 kg CO_2/d για την περίπτωση της καύσης του βιοαερίου και τέλος 9473,95 kg CO_2/d για την περίπτωση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Περιεχόμενα

1 Εισαγωγή 5

2 Θεωρητικό μέρος.. 8

2.1 Φαινόμενο Θερμοκηπίου 8

2.2 Βαρύτητα Φαινομένου και "προγνωστικά" για το μέλλον 11

2.3 Παραγωγή αερίων του Θερμοκηπίου και δυναμική επίδραση τους στην αύξηση της θερμοκρασίας. 14

2.3.1 Υδρατμοί (H2O) 14

2.3.2 Διοξείδιο του Άνθρακα (CO2) 15

2.3.3 Μεθάνιο (CH4) 16

2.3.4 Υποξείδιο του Αζώτου (N2O) 17

2.3.5 Χλωροφθοράνθρακες (CFC's) 17

2.4 Παρουσίαση διαγραμμάτων 18

2.5 Σύσταση επιτροπής και ενδιαφέρον για το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου 21

2.6 Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC) 21

2.7 Γιατί είναι απαραίτητη η παρούσα μελέτη 25

2.8 Βιοαέριο και πιθανές χρήσεις του 26

2.9 Σχέση παρούσας εκτίμησης και κύκλου ζωής μιας μονάδας επεξεργασία λυμάτων.. 27

2.10 Εκπομπές Θερμοκηπικών αερίων από επεξεργασία λυμάτων............ 28

2.11 Σενάρια επεξεργασίας ιλύος και αέριες εκπομπές 30

2.12 O3 και βιολογικός καθαρισμός.. 33

2.13 Συνοπτική αναφορά στο λογισμικό RETscreen International. 34

2.14 Μέθοδοι που χρησιμοποιούνται.. 34

2.14.1 Η μέθοδος των Prendez και Lara - Gonzalez (2007).. 35

2.14.2 Η μέθοδος του IPCC (Διακυβερνητική Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή) 41

2.14.2.1 Θεωρητικό υπόβαθρο της εκτίμησης..42

2.14.2.2 Κύρια μέθοδος εκτίμησης εκπομπών 44

3 Κύρια μεθοδολογία 55

3.1 Γενική προσέγγιση διαδικασίας εκτίμησης. 55

3.2 Όριο συστημάτων και εισαγόμενες απαιτήσεις. 56

3.3 Προκλήσεις που προκύπτουν από τις απλές εκτιμήσεις εκπομπής αέριων θερμοκηπίου........ 58
3.4 Διαδικασίες επεξεργασίας λυμάτων........ 59
3.5 Εκτίμηση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από την αερόβια βιοδιάσπαση της βιοχημικής απαίτησης οξυγόνου......... 61
3.6 Επεξεργασία ιλύος, καύση, και εκτιμήσεις καυσίμων........ 68
3.7 Εκπομπές λόγω ηλεκτρικής ενέργειας........ 72
3.8 Παρουσίαση Φόρμας Excel........ 72
4 Αποτελέσματα........ **77**
4.1 σύντομη περιγραφή των επιμέρους τμημάτων της μονάδας επεξεργασίας λυμάτων των Χανίων........ 77
4.2 Δεδομένα........ 78
4.3 Αποτελέσματα εφαρμογής........ 79
5 Συμπεράσματα – Προτάσεις........ **80**
6 Βιβλιογραφία........ **82**
7 Παράρτημα........ **86**

1 Εισαγωγή

Η ραγδαία ανάπτυξη των χωρών και της κοινωνίας έφερε στο προσκήνιο την ανάγκη για διαχείριση των φυσικών πόρων και του περιβάλλοντος στη γενική του έννοια. Η βιομηχανική επανάσταση και η συσσώρευση πληθυσμού στα μεγάλα αστικά κέντρα δημιούργησε μία νέα τάξη πραγμάτων. Η συνεχόμενη οικονομική ανάπτυξη ερχόταν σε ρήξη με την διασφάλιση του περιβάλλοντος και της προϋπάρχουσας ισορροπίας του. Αυτό επιτέλεσε την ανάγκη της δημιουργίας επιστημονικών και τεχνολογικών μεθόδων οι οποίες έχουν στόχο τη βελτιστοποίηση της χρήσεως των φυσικών πόρων κατά την αναπτυξιακή διαδικασία.

Τα προβλήματα ήταν έντονα με κύριο αυτό των υδατικών συστημάτων που υπέστη εντονότερα της συνέπειες της ανθρώπινης εξέλιξης. Σε ότι αφορά τα υγρά απόβλητα από την αρχαία εποχή ήταν διαδεδομένη η συλλογή των ομβρίων και αποχετευτικών υδάτων. Η οργανωμένη όμως συλλογή των υγρών αποβλήτων τοποθετείται στις αρχές του 19ου αιώνα. Όταν ο άνθρωπος άρχισε να κατανοεί τη συσχέτιση μεταξύ ρύπανσης του περιβάλλοντος και των διαφόρων ασθενειών που προέρχονται από αυτή μέσω της ανάπτυξης της επιστήμης της μικροβιολογίας και της εφαρμογής της στον τομέα διαχείρισης υγρών αποβλήτων, τότε τα μέτρα πρόληψης άρχισαν να γίνονται δραστικότερα. Επίσης η συνεχόμενη αύξηση του πληθυσμού και των αναγκών του, οδήγησαν στην υιοθέτηση περισσότερο ευαίσθητων μεθόδων διαχείρισης.

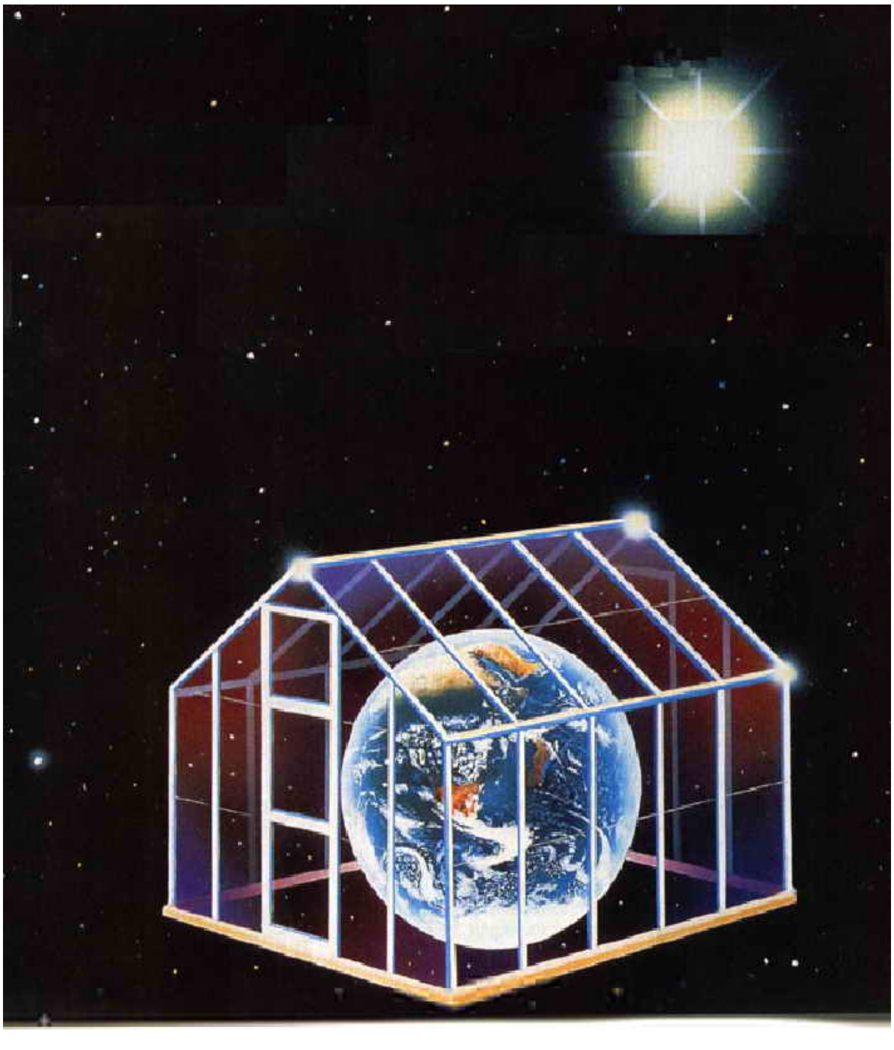
Αυτό είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία των Μονάδων Επεξεργασίας Λυμάτων που αναμφισβήτητα είναι η τεχνολογική και επιστημονική απάντηση του ανθρώπου στο πρόβλημα της ρύπανσης του περιβάλλοντος από τα λύματα που το ίδιο το ανθρωπογενές περιβάλλον προκάλεσε. Η ύπαρξη τους κρίνεται επιτακτική και σε συνδυασμό με τον ορθό σχεδιασμό και την εύρυθμη λειτουργία τους, αποτελεί βασικό παράγοντα για την προστασία του περιβάλλοντος.

Όμως οι χώρες συνέχιζαν την ραγδαία εξέλιξη τους σε όλους τους τομείς και άλλα ζητήματα ζωτικής σημασίας προέκυψαν κάνοντας δυσοίωνες της προβλέψεις για το μέλλον. Ένα από τα σύγχρονα προβλήματα που οφείλει την ύπαρξη του στη τεχνολογική ανάπτυξη είναι και αυτό του φαινομένου του θερμοκηπίου.

Το μέγεθος του προβλήματος μεγάλο κάνοντας έτσι επιτακτική την ανάγκη μελέτης κάθε διαδικασίας που μπορεί να σταθεί παραγωγός θερμοκηπικών αερίων (CO_2 , CH_4 και N_2O π.χ.) .

Οι μονάδες επεξεργασίας λυμάτων μπορεί να έχουν τρομερά μεγάλο περιβαλλοντικό όφελος αλλά ελευθερώνουν θερμοκηπικά αέρια κρίνοντας απαραίτητη την εκτίμηση τους για την εξαγωγή των κατάλληλων συμπερασμάτων.

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει αυτό ως στόχο , την εκτίμηση των θερμοκηπικών αερίων σε μονάδες επεξεργασίας λυμάτων με απώτερο στόχο την εξαγωγή συμπερασμάτων ώστε να γίνουν προτάσεις για τη μείωσή τους.



2 Θεωρητικό μέρος

2.1 Φαινόμενο Θερμοκηπίου

Η κλιματική αλλαγή, η παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας και μια σειρά από γεγονότα έχουν τη βάση τους στο φαινόμενο του θερμοκηπίου δίνοντας του μία από τις πρώτες θέσεις στο μελετητικό ενδιαφέρον.

Πιο συγκεκριμένα το φαινόμενο του θερμοκηπίου σχετίζεται με τη συγκράτηση της ενέργειας που δέχεται η Γη από την ηλιακή ακτινοβολία. Ένα μεγάλο ποσοστό της τάξης του 70% της εισερχόμενης ακτινοβολίας απορροφάται και επανακτινοβολείται ως υπέρυθρη ακτινοβολία από την ατμόσφαιρα και την επιφάνεια της Γης. Αν η Γη δεν είχε ατμόσφαιρα θα υπήρχε ένα τεράστιο πρόβλημα καθώς θα έπεφτε η μικρού μήκους κύματος ακτινοβολία στην επιφάνεια της, ένα μέρος της θα ανακλόταν και θα επέστρεφε στο διάστημα, ενώ το μεγαλύτερο τμήμα της θα απορροφούνταν και στη συνέχεια θα επανεκπέμπονταν πίσω στο διάστημα με τη μορφή υπέρυθρης ακτινοβολίας (μεγάλου μήκους κύματος). Η Γη τότε θα είχε θερμοκρασία ίση με την ενεργό θερμοκρασία, δηλαδή 288K (-18 °C) και κατά συνέπεια η επιφάνεια του πλανήτη μας θα ήταν μία απέραντη παγωμένη έκταση, αφιλόξενη για τα περισσότερα είδη της πανίδας και της χλωρίδας. Κάτι τέτοιο όμως αποτρέπεται χάρη στην ατμόσφαιρα της Γης και τις θερμοσυλλεκτικές ιδιότητες μερικών από τα αέρια που μετέχουν στη σύνθεση της, η μέση θερμοκρασία της Γης ανεβαίνει κατά 33 °C και βρίσκεται στο πρόσφορο για την βιόσφαιρα επίπεδο των 15 °C (Λαζαρίδης,2005 και Οικονομόπουλος,1999)

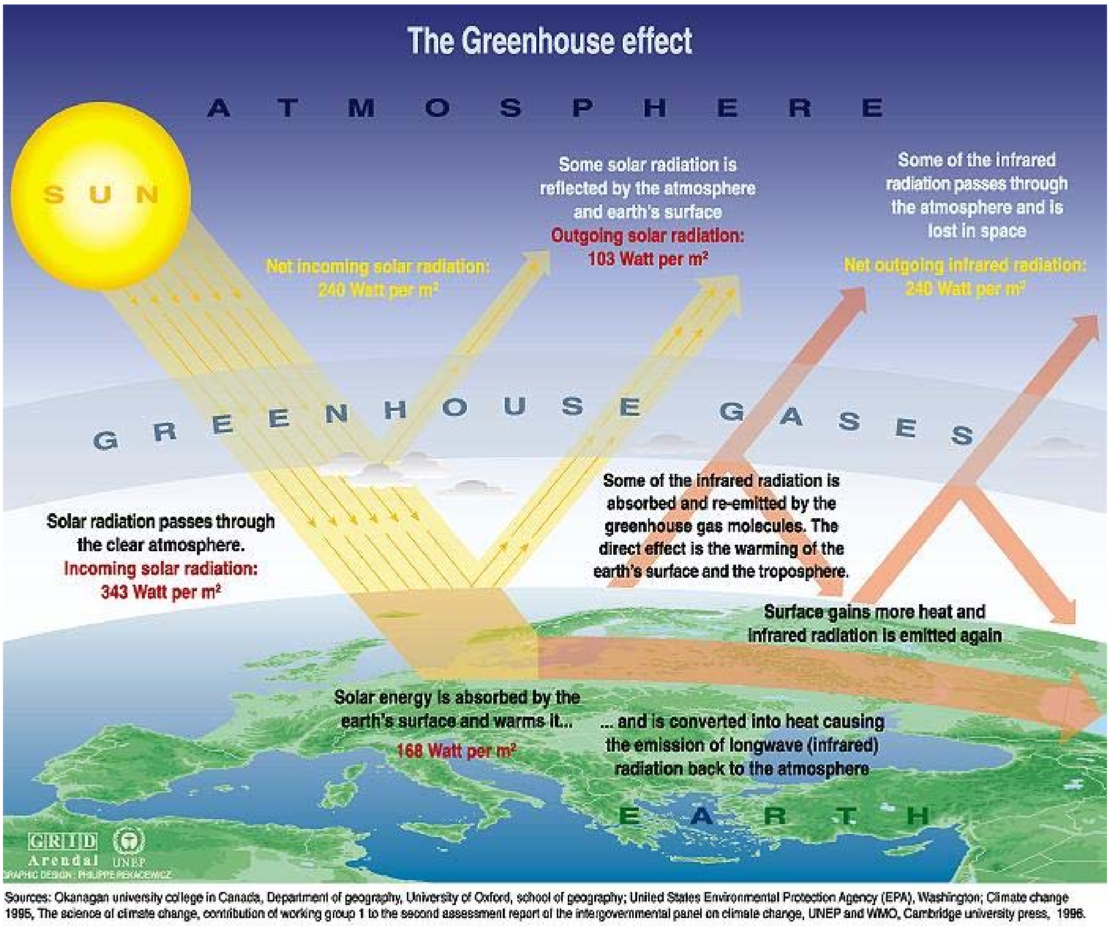
Η ομοιότητα του φαινομένου με το κοινό θερμοκήπιο έκανε τους ερευνητές να το παρομοιάσουν με αυτή τη κατασκευή, έτσι το 1827 ο Γάλλος Jean Baptist Fourier αναφέρεται για πρώτη φορά σε ένα φαινόμενο που κάνει τη θερμοκρασία της Γης υψηλότερη και το παρομοιάζει με αυτό του θερμοκηπίου. Η συμπεριφορά αυτή εδραιώθηκε ως φαινόμενο του θερμοκηπίου επειδή κάτι παρόμοιο, θεωρητικά τουλάχιστον, συμβαίνει και στο τρόπο λειτουργίας του θερμοκηπίου όπου το γυάλινο κάλυμμα του επιτρέπει στην ηλιακή ακτινοβολία να περάσει ανεμπόδιστα μέσα στο θερμοκήπιο, ενώ παρεμποδίζει την εξερχόμενη μεγάλου μήκους ακτινοβολία, προκαλώντας με τον τρόπο αυτό αύξηση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του (Λαζαρίδης,2005).

Τα αέρια που βρίσκονται στην ατμόσφαιρα και έχουν την ιδιότητα να συγκρατούν τη θερμότητα επηρεάζουν τη θερμοκρασία της επιφάνειας της Γης. Αυτή η διαπίστωση έγινε το 1896 από το Σουηδό Svarnte Arrenius (Λαζαρίδης,2005 και Οικονομόπουλος,1999).

Από την απορρόφηση ακτινοβολίας από αέρια στην ατμόσφαιρα προκύπτει ότι μία ομάδα αερίων που μετέχουν σε μικρά ποσοστά στην σύσταση του ατμοσφαιρικού αέρα, απορροφούν την ακτινοβολούμενη από την επιφάνεια της Γης μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία και μέρος αυτής το επανεκπέμπουν πίσω στη γήινη επιφάνεια.

Τα αέρια με αυτές τις ιδιότητες ονομάζονται αέρια του θερμοκηπίου και είναι τα εξής:

οι **υδρατμοί (H_2O)** δηλαδή το νερό και στις τρεις μορφές του : στερεό – υγρό και αέριο,
το **διοξείδιο του άνθρακα (CO_2)**,
το τροποσφαιρικό **όζον (O_3)**,
το **μεθάνιο (CH_4)**,
το **υποξείδιο του αζώτου (N_2O)** και
οι **χλωροφθοράνθρακες (CFC’s)**, οι οποίοι ουδέποτε αποτελούσαν συστατικό του ατμοσφαιρικού αέρα αλλά προστέθηκαν στην ατμόσφαιρα από ανθρωπογενείς δραστηριότητες (Λαζαρίδης,2005).



Σχήμα 1 : Μια απεικόνιση του φαινομένου του θερμοκηπίου (EPA,1996)

Το σύνολο σχεδόν των συστατικών της ατμόσφαιρας επιτρέπει της διέλευση της ορατής και της υπέρυθρης ακτινοβολίας (αφού το στρατοσφαιρικό όζον και το οξυγόνο έχουν παρεμποδίσει τη διέλευση της υπεριώδους ακτινοβολία) προκειμένου να φθάσει στην επιφάνεια της Γης και να τη θερμάνει. Στη συνέχεια όμως τα αέρια του θερμοκηπίου, απορροφούν σε μεγάλο βαθμό την εκπεμπόμενη γήινη ακτινοβολία, παρεμποδίζοντας την να εξέλθει προς το διάστημα.

Με την εκτενή μελέτη και τις νεότερες επιστημονικές έρευνες υποστηρίζεται πως η μεγάλη θερμοκρασία που επιτυγχάνεται στα θερμοκήπια οφείλεται κατά το μεγαλύτερο ποσοστό στον εγκλωβισμό του αέρα και την παρεμπόδιση των κατακόρυφων κινήσεων του, με συνέπεια να μην επιτρέπεται η απαγωγή θερμότητας από το θερμοκήπιο. Η σημασία του εμποδισμού της απαγωγής θερμότητας είναι 4 με 5 φορές μεγαλύτερη από εκείνη της απορρόφησης της ακτινοβολίας στα μεγάλα μήκη κύματος από γυαλί στο θερμοκήπιο. Το γεγονός αυτό έφερα μια ανακατάταξη με πολλούς από τους επιστήμονες να χρησιμοποιούν τον όρο ατμοσφαιρικό φαινόμενο αντί του μη ευδόκιμου όρου φαινόμενο του θερμοκηπίου, όταν αναφέρονται στη θέρμανση της ατμόσφαιρας από την απορρόφηση μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία (Λαζαρίδης,2005 και Οικονομόπουλος,1999) .

Όπως αναφέρθηκε και προηγούμενος το ατμοσφαιρικό αυτό φαινόμενο της απορρόφησης και επανεκπομπής της μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολίας προς την επιφάνεια της Γης είναι σωτήριο για την ανάπτυξη και την επιβίωση κάθε μορφής ζωής πάνω στο πλανήτη. Είναι σημαντικό όμως να διατηρηθεί μία πλήρης ισορροπία του οικοσυστήματος. Η συγκέντρωση των παραπάνω αερίων της ατμόσφαιρας δεν πρέπει να παρουσιάζει σημαντικές αυξομειώσεις, διότι διαφορετικά είναι πιθανό να προκληθούν μικρές θερμοκρασιακές μεταβολές, οι οποίες με την σειρά τους θα επιφέρουν κλιματικές αλλαγές πάνω στον πλανήτη.

Υπήρξαν περίοδοι στην ιστορία της Γης που η επιφάνεια της ήταν θερμότερη ή ψυχρότερη από ότι είναι σήμερα, προκαλώντας σημαντικές κλιματικές αλλαγές, οι οποίες όμως είναι αδύνατο να γίνουν αντιληπτές από την μικροκλίμακα της ζωής ενός ανθρώπου. Τέτοιες διαπιστώσεις ήρθαν στο φως με τις γεωλογικές έρευνες που γίνονται για την κατανόηση της εξέλιξης του πλανήτη (Λαζαρίδης,2005 και Οικονομόπουλος,1999) .

2.2 Βαρύτητα Φαινομένου και "προγνωστικά" για το μέλλον

Από την αρχή της βιομηχανικής επανάστασης ο άνθρωπος με τις δραστηριότητες του και την αστικοποίηση της κοινωνίας έχει αυξήσει σημαντικά τη συγκέντρωση των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Σε παγκόσμιο επίπεδο οι συγκεντρώσεις του CO_2 αυξήθηκαν κατά 25% στον προηγούμενο αιώνα. Σύμφωνα με το World Resources Inst. η συγκέντρωση του CO_2 στην ατμόσφαιρα έχει αυξηθεί από 327 σε 355 ppm, ενώ η εκπομπή του CO_2 το 1972 από 16,2 δις. τόνους αυξήθηκαν το 1989 σε 21,9 δις. τόνους (Λαζαρίδης,2005 και Οικονομόπουλος,1999).

Η αυξημένη παρουσία των αερίων του θερμοκηπίου, που προκαλείται από την αύξηση των εκπομπών, αναμένεται να προκαλέσει αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της Γης με περαιτέρω συνέπειες την αύξηση της στάθμης της θάλασσας και τις δύσκολες συνθήκες για τη ζωή (Οικονομόπουλος,1999 και Σάμουελ,1992).

Τα τελευταία 100 χρόνια η μέση αύξηση της θερμοκρασίας είναι 0,5°C, μέγεθος που δημιουργούσε μέχρι πρότινος αμφισβητήσεις πάνω στη θεωρία, ιδιαίτερα εάν ληφθεί υπόψη η ακανόνιστη μεταβολή της θερμοκρασίας μέσα στο διάστημα αυτό.

Οι προβλέψεις σύγχρονων μοντέλων δείχνουν πως μέσα στην επόμενη εκατονταετία αναμένεται διπλασιασμός των συγκεντρώσεων CO_2 στην ατμόσφαιρα, γεγονός που θα επιφέρει αύξηση της θερμοκρασίας μέχρι 4,5 °C. Οι αναμενόμενες μεταβολές για τα επόμενα 100 χρόνια είναι συγκρίσιμες με αυτές που έλαβαν χώρα από την εποχή των τελευταίων παγετώνων, δηλαδή κατά τη διάρκεια των τελευταίων 18,000 ετών, συμβαίνουν όμως με ταχύτητα 100 φορές μεγαλύτερη από ότι στο παρελθόν.

Η άνοδος της θερμοκρασίας δεν θα είναι ομοιόμορφη σε όλα τα μέρη του πλανήτη και η μέση θερμοκρασία αναμένεται να αυξηθεί κατά 2 °C μέχρι το 2050, η άνοδος της θερμοκρασίας στους πόλους στο ίδιο διάστημα θα είναι διπλάσια, της τάξης των 4 °C (Οικονομόπουλος,1999 και Σάμουελ,1992).

Στη περιοχή των πόλων η αύξηση της θερμοκρασίας έχει ήδη αρχίσει να προκαλεί τήξη των μεγάλων ποσοτήτων πάγου που έχουν συσσωρευτεί εκεί. Κάτι τέτοιο ενδέχεται να προκαλέσει μεγάλη αναστάτωση στο γενικό κλίμα. Πράγματι, η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των τροπικών και των αρκτικών περιοχών καθορίζουν το παγκόσμιο κλιματικό σύστημα. Η αυξημένη θερμότητα που συσσωρεύεται στα τροπικά διοχετεύεται στις αρκτικές περιοχές, κατά 50% περίπου μέσω της κίνησης ανέμων που κινούνται βόρεια από τα τροπικά και κατά 50% μέσω των ωκεανών μέσω ενός τεράστιου υποθαλάσσιου ρεύματος. Εάν οι πόλοι συνεχίζουν να θερμαίνονται ταχύτερα από τα τροπικά, η ένταση του μηχανισμού μεταφοράς θα μειωθεί, αλλάζοντας ριζικά την κίνηση των ανέμων, τα ρεύματα των ωκεανών και την χωροχρονική κατανομή των βροχοπτώσεων. Ήδη, ακραία και απρόβλεπτα φαινόμενα στο βόρειο ημισφαίριο ενδέχεται να αποτελούν τα πρώτα σημάδια των επερχόμενων παγκόσμιων κλιματικών αλλαγών (Οικονομόπουλος,1999 και Σάμουελ,1992).

Ακόμα σοβαρότερες επιπτώσεις μπορεί να έχει η τήξη των πάγων η οποία ενδέχεται να διακόψει την κυκλοφορία του ρεύματος (Gulf Stream) που θερμαίνει μεγάλα μέρη του βόρειου ημισφαιρίου. Το ρεύμα αυτό κινεί μεγάλες μάζες νερού από τα τροπικά που ψύχονται και βυθίζονται στο Βόρειο Ατλαντικό. Η τήξη των πάγων θα διατηρήσει μία στοιβάδα ελαφρότερου γλυκού νερού στην επιφάνεια που εμποδίζει τη μεταφορά θερμότητας και που ενδέχεται να επιβραδύνει ή και να σταματήσει εντελώς το ρεύμα. Με αυτό τον μηχανισμό το φαινόμενο του θερμοκηπίου μπορεί να δημιουργήσει συνθήκες πολικού ψύχους .

Το φαινόμενο αυτό έλαβε χώρα και στο παρελθόν, πριν από περίπου 12.000 χρόνια μετά το τέλος της περιόδου των παγετώνων. Η αύξηση της θερμοκρασίας έστειλε μεγάλες ποσότητες νερού στο Βόρειο Ατλαντικό μέσω του St.Laurence ποταμού περιορίζοντας την κυκλοφορία του Gulf Stream και βυθίζοντας την Ευρώπη σε 1300 χρόνια μεγάλης ψύξης. Όσο περισσότερες πληροφορίες συλλέγονται γι' αυτή την εποχή, τόσο περισσότερο φοβούνται οι επιστήμονες την επανάληψη του φαινομένου, προβλέποντας συνάμα ότι αυτή τη φορά τα αποτελέσματα θα είναι πολύ σοβαρότερα. Η σημαντική μείωση της θερμοκρασίας και οι παρατεταμένες ξηρασίες ενδέχεται να έχουν την μεγαλύτερη επίδραση στον άνθρωπο από όλες τις αλλαγές που έχουν λάβει χώρα.

Διεθνής προσπάθεια συντονισμού των ενεργειών για μείωση της κατανάλωσης καυσίμων και άρα των εκπομπών CO_2 έχει αρχίσει για την αντιμετώπιση του προβλήματος. Η Ευρωπαϊκή Ένωση για παράδειγμα έχει βάλει προτεραιότητα στην εξοικονόμηση καυσίμων και γίνεται αξιόλογη προσπάθεια προς αυτή την κατεύθυνση. Το πρόβλημα όμως είναι δύσκολο και οι οικονομικές επιπτώσεις του μεγάλες και για το λόγο αυτό η μέχρι τώρα πρόοδος σε διεθνές επίπεδο είναι περιορισμένη (Οικονομόπουλος,1999 και Σάμουελ,1992).

2.3 Παραγωγή αερίων του Θερμοκηπίου και δυναμική επίδραση τους στην αύξηση της θερμοκρασίας.

Η παραγωγή και η συσσώρευση των αερίων του θερμοκηπίου τα οποία διαδραματίζουν ένα σημαντικό ρόλο στη διατήρηση μιας ευνοϊκής για τη ζωή μέσης θερμοκρασίας, ενώ παράλληλα ενοχοποιούνται για τη μικρή αύξηση της μέσης τιμής πρέπει να εξεταστούν πιο προσεκτικά. Στην επιφάνεια της Γης παρατηρείται μία ισορροπία μεταξύ της καταστροφής των αερίων της ατμόσφαιρας και της παραγωγής αντίστοιχα αυτών και κάτι τέτοιο πρέπει να διατηρηθεί (Λαζαρίδης,2005 και Οικονομόπουλος,1999) .

Τα σημαντικότερα από αυτά τα αέρια είναι:

2.3.1 Υδρατμοί (H2O)

Η συγκέντρωση υδρατμών παρουσιάζει ιδιαίτερη χωρική και χρονική μεταβλητότητα. Με την αύξηση του ύψους η ταχύτητα τους μειώνεται πολύ γρήγορα, έτσι μόλις αυτό ξεπερνά τα 10 Km η συγκέντρωση τους είναι αρκετά μικρή και όσο το ύψος αυξάνεται τόσο πιο αμελητέα γίνεται. Οι υδρατμοί, είναι σημαντικοί φορείς της θερμικής ενέργειας του πλανήτη και ευθύνονται για το σχηματισμό πολλών μετεωρολογικών φαινομένων. Πρόσθετα, χάρη στην ιδιότητα τους να απορροφούν σημαντικό ποσοστό της ακτινοβολίας που εκπέμπει η Γη, συνεισφέρουν σημαντικά στη διατήρηση της ισορροπίας της θερμικής ενέργειας μεταξύ της επιφάνειας της Γης και της ατμόσφαιρας (Λαζαρίδης,2005 και Οικονομόπουλος,1999) .

2.3.2 Διοξείδιο του Άνθρακα (CO_2)

Συστατικό αέριο της ατμόσφαιρας του οποίου η περιεκτικότητα παρουσιάζει χρονική και τοπική μεταβλητότητα και είναι περίπου 0,0355% κατά όγκο (ή 355 ppm – parts per million). Οι ωκεανοί, τα ιζηματογενή ανθρακικά πετρώματα, η βιόσφαιρα και η ατμόσφαιρα αποτελούν φυσικές πηγές του.

Η εισαγωγή του στην ατμόσφαιρα γίνεται από:

- Από τις βιολογικές διεργασίες της αναπνοής και του μεταβολισμού της οργανικής ύλης των ζώντων οργανισμών τόσο της ξηράς όσο και της θάλασσας.
- Από την αποσύνθεση των οργανικών στοιχείων μέσα στο έδαφος.
- Από τις καύσεις της οργανικής ύλης (άνθρακας, πετρέλαιο, ξύλα, υγραέριο κλπ.)
- Από φυσικές πηγές (εκρήξεις των ηφαιστείων, αέρια των θερμοπηγών, διάβρωση των ανθρακικών πετρωμάτων κ.α.).

Τη συνεχή παραγωγή του διοξειδίου του άνθρακα περιορίζει ένας αντισταθμιστικός μηχανισμός ο οποίος δεσμεύει κάποια από την ποσότητα του, εξασφαλίζοντας έτσι μιας μορφής ισορροπία.

Σε αντίθεση με το γεγονός ότι το CO_2 παρουσιάζει σχετικά μικρή συγκέντρωση στην ατμόσφαιρα, η θερμο-οικονομία του πλανήτη του οφείλει πολλά καθότι ενώ στη μικρού μήκους κύματος ηλιακή ακτινοβολία είναι σχεδόν διαπερατό, απορροφά τη μεγάλου μήκους κύματος γήινη ακτινοβολία, το μεγαλύτερο μέρος της οποίας επανεκπέμπεται κατ' αυτόν τον τρόπο πίσω στη Γη.

Από την άμεση σχέση του CO_2 με το θερμικό ισοζύγια του συστήματος Γη-Ατμόσφαιρα, προκύπτει ένα πρόβλημα που απασχολεί σήμερα ιδιαίτερα την επιστημονική κοινότητα. Το πρόβλημα αυτό αφορά την αύξηση της συγκέντρωσης του CO_2 στην ατμόσφαιρα και τις επιπτώσεις της στις κλιματικές αλλαγές.

Στην απότομη αύξηση αυτή ιδιαίτερο ρόλο διαδραμάτισε η έναρξη της βιομηχανικής επανάστασης στα τέλη του $17^{ου}$ αιώνα, στην οποία εμφανίζει μια συσχέτιση με την με την αύξηση των εκπομπών CO_2, κατά κύριο λόγο, εξαιτίας της καύσης των ορυκτών καυσίμων (Λαζαρίδης,2005 και Οικονομόπουλος,1999).

2.3.3 Μεθάνιο (CH4)

Αν και η συγκέντρωση του μεθανίου στην ατμόσφαιρα είναι κατά πολύ μικρότερη σε σχέση με το διοξείδιο του άνθρακα και τους υδρατμούς (περίπου 1,7 ppm), συγκαταλέγεται και αυτό μεταξύ των αερίων που συμβάλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Η μεγάλη του σπουδαιότητα ,ως αέριο του θερμοκηπίου, οφείλεται στην ιδιότητα του να είναι 20 έως 30 φορές πιο αποτελεσματικό στην απορρόφηση της υπέρυθρης ακτινοβολίας που εκπέμπεται από τη Γη, σε σχέση με το CO2.

Για να παραχθεί το μεθάνιο απαιτούνται αναερόβιες βιολογικές διεργασίες ζύμωσης. Έτσι παραγωγή μεθανίου παρατηρείται από αναερόβια βακτήρια σε υγρότοπους όπως οι βάλτοι ,οι βιολογικοί καθαρισμοί ακόμη και οι χώροι υγειονομικής ταφής, όπου υπάρχει έλλειψη οξυγόνου.

Πρόσθετα παράγεται στα έντερα φυτοφάγων ζώων όπως τα πρόβατα και τα βοοειδή. Όσο αφορά στον ανθρώπινο παράγοντα, μεθάνιο παράγεται και κατά τη διαδικασία εξόρυξης κάρβουνου, την άντληση πετρελαίου και φυσικού αερίου καθώς και μέσω των τεχνιτών βάλτων που χρησιμοποιούνται στην καλλιέργεια του ρυζιού. Η συγκέντρωση του μεθανίου στην ατμόσφαιρα της Γης εμφανίζεται διπλάσια από το $18^{ο}$ αιώνα μέχρι σήμερα. Για την κατάσταση αυτή οφείλεται η ραγδαία ανάπτυξη της γεωργίας και της κτηνοτροφίας παγκόσμια, ως επακόλουθο της σταδιακής αύξησης του πληθυσμού της Γης (Λαζαρίδης,2005 και Οικονομόπουλος,1999).

2.3.4 Υποξείδιο του Αζώτου (N2O)

Η σπουδαιότητα του υποξειδίου του αζώτου έγκειται στο γεγονός ότι ο μέσος χρόνος ζωής των μορίων του αγγίζει τα 150 χρόνια παρόλο που δεν παράγεται στους ρυθμούς των αερίων που εξετάσαμε προηγουμένως. Η έντονη γεωργική δραστηριότητα μπορεί να προκαλέσει έστω και μικρή αύξηση της παρουσίας του N_2O στην ατμόσφαιρα. Παράγεται βασικά από αναερόβια βακτήρια του εδάφους κατά τη διαδικασία απονιτροποίησης νιτρικών ενώσεων καθώς και από την καύση ορυκτών καυσίμων σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Η χρήση αζωτούχων λιπασμάτων και η καύση υδρογονανθράκων πρέπει να ελέγχονται, γιατί μπορεί να προκαλέσουν, σε συνδυασμό με τη συνεχώς αυξανόμενη συγκέντρωση υποξειδίου του αζώτου στην ατμόσφαιρα, θέρμανση του πλανήτη περίπου κατά το ήμισυ αυτής του μεθανίου (Λαζαρίδης,2005 και Οικονομόπουλος,1999).

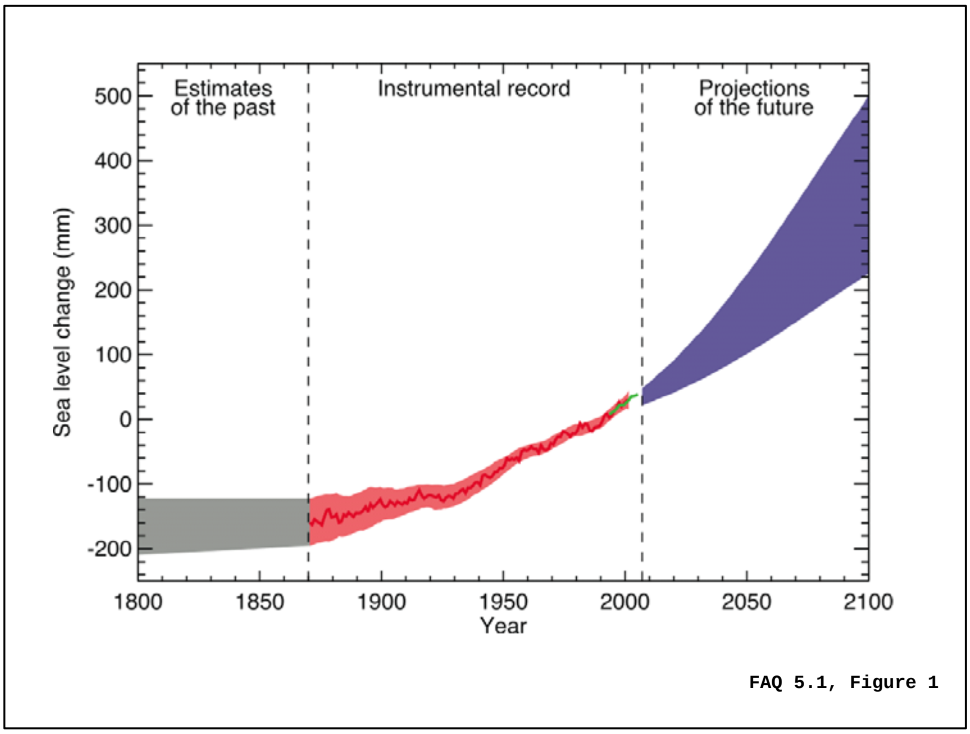
2.3.5 Χλωροφθοράνθρακες (CFC's)

Σε αντίθεση με τα αέρια του θερμοκηπίου που προαναφέρθηκαν, η παρουσία των χλωροφθορανθράκων στον ατμοσφαιρικό αέρα δεν δικαιολογείται. Περιέχονται σε διάφορες χημικές ουσίες, οι οποίες βρίσκουν εφαρμογή στη λειτουργία των ψυγείων και των κλιματιστικών. Η καταστροφική τους επίδραση στο στρατοσφαιρικό όζον τους προσέδωσε κακή φήμη, ενώ παράλληλα η σχέση τους με την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη είναι κάτι που ακόμα διερευνείται. Παρόλα αυτά ως αέρια του θερμοκηπίου είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικά και παραμένουν στην ατμόσφαιρα για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα. Μέχρι το 1920 δεν είχαν αναπτυχθεί ιδιαίτερα, ενώ μέχρι το 1950 είχαν πολύ περιορισμένες εφαρμογές. Σήμερα η συμβολή τους στο φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι εξίσου σημαντική με αυτήν του μεθανίου. Αν και το πρωτόκολλο του Μόντρεαλ προβλέπει σημαντικούς περιορισμούς στην χρήση των χλωροφθορανθράκων, η ατμόσφαιρα δεν είναι σε θέση να αποδεσμευτεί από την παρουσία τους, για πολλά χρόνια ακόμα εξαιτίας του μεγάλου μέσου χρόνου ζωής που παρουσιάζουν σε αυτή (Λαζαρίδης,2005 και Οικονομόπουλος,1999).

Παραπάνω είδαμε γιατί θα μπορούσε να αποβεί καταστροφική μια σαφής ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου, αν μάλιστα ήταν τόσο γρήγορη όσο πολλά από τα δεδομένα μας οδηγούν να συμπεράνουμε. Πολλοί οικολόγοι θεωρούν σήμερα το φαινόμενο του θερμοκηπίου το υπ ' αριθμόν ένα περιβαλλοντικό πρόβλημα. Προχωράμε σε έναν ευρείας κλίμακας γεωφυσικό πειραματισμό πάνω σε ένα πολυσύνθετο σύστημα, του οποίου η συμπεριφορά δεν είναι επαρκώς προβλέψιμη. **Αυτό φέρει την ανάγκη μελέτης του φαινομένου και την ενδυνάμωση του εκτός των άλλων και από εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων.**

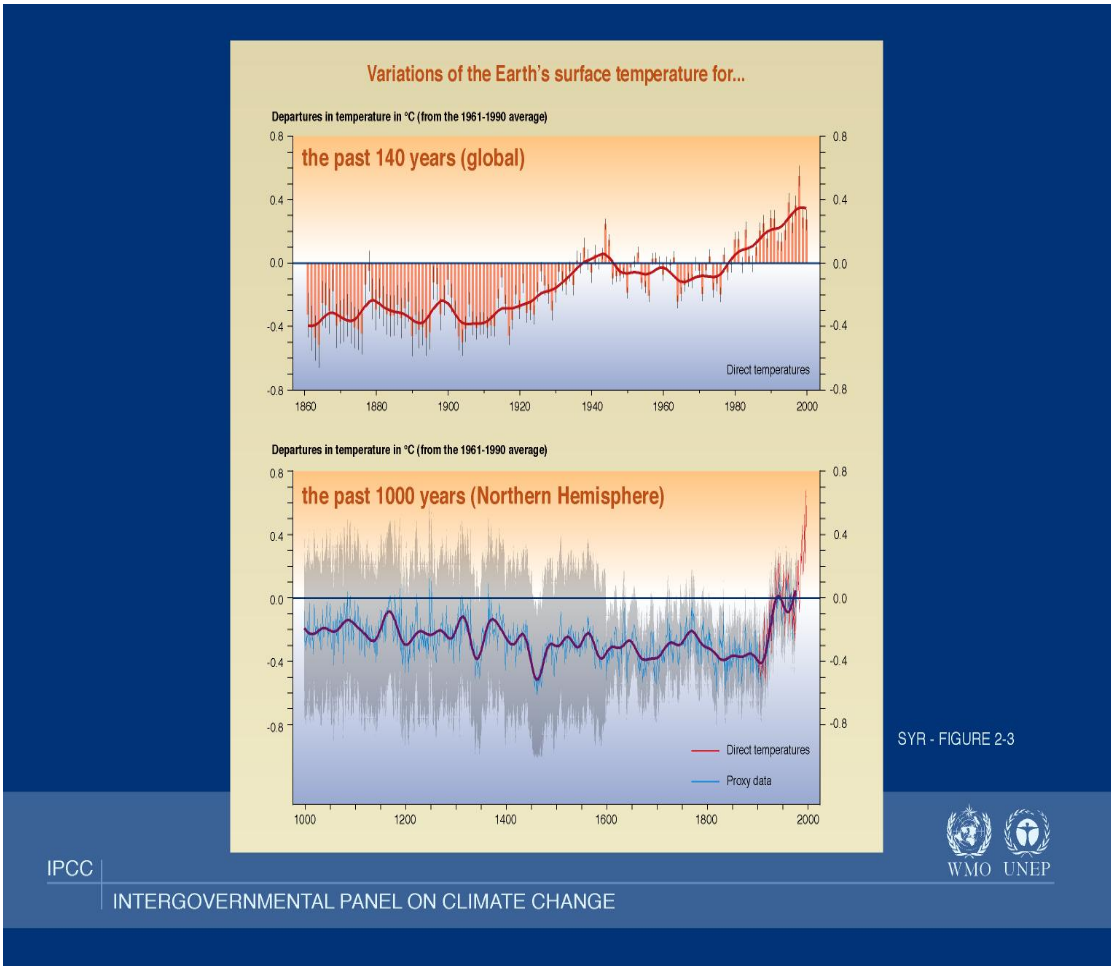
2.4 Παρουσίαση διαγραμμάτων

Για τη πλήρη περιγραφή του φαινομένου θα παραταθούν κάποια σχετικά διαγράμματα για την πορεία της θερμοκρασίας , της στάθμης της θάλασσας και τέλος τη περιεκτικότητα στα αέρια του θερμοκηπίου. Ποιο συγκεκριμένα :

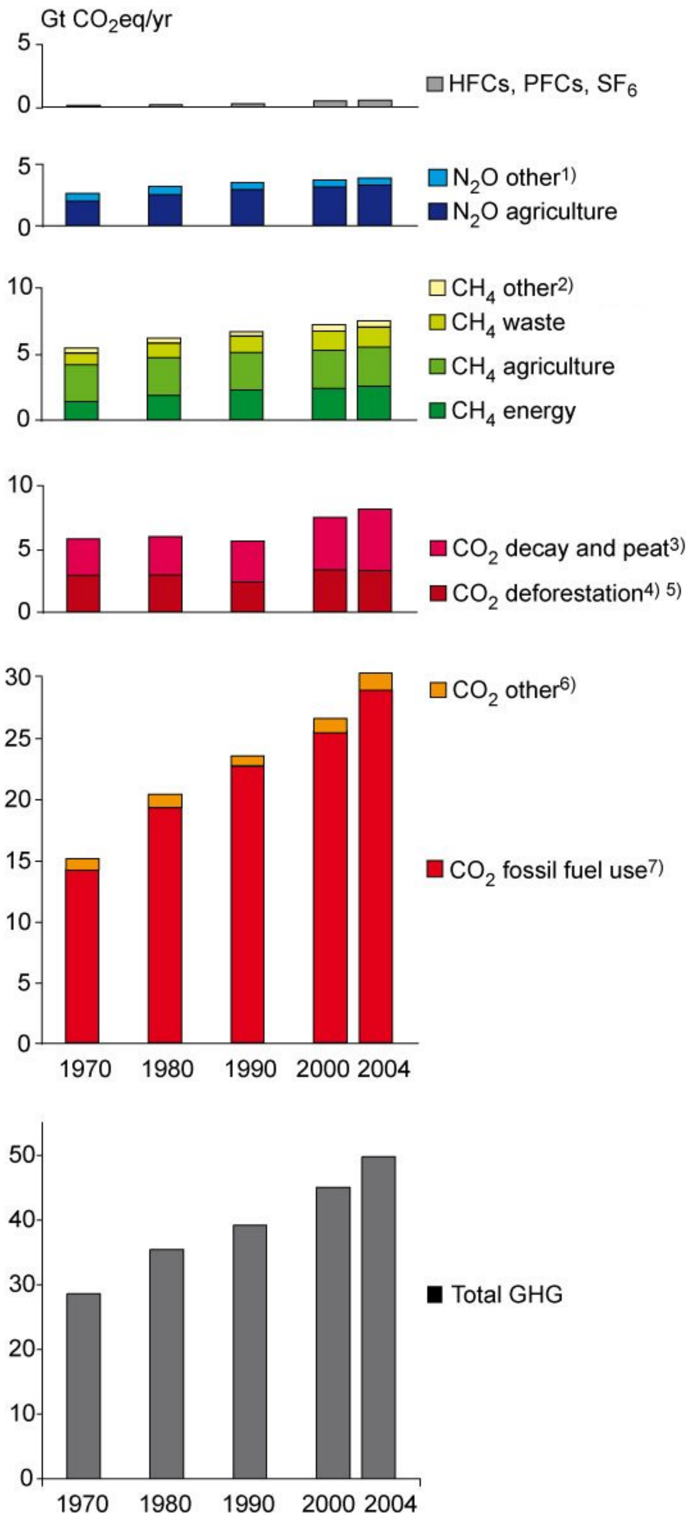


Διάγραμμα 1 : Χρονική εξέλιξη της παγκόσμιας μέσης στάθμης θάλασσας στο παρελθόν , στο παρόν και όπως προβλέπεται για το μέλλον (IPCC 2007).

Για την περίοδο πριν από 1870, οι παγκόσμιες μετρήσεις της στάθμης της θάλασσας δεν είναι διαθέσιμες. Η γκρίζα σκίαση παρουσιάζει την αβεβαιότητα στο κατ' εκτίμηση μακροπρόθεσμο ποσοστό αλλαγής σταθμών θάλασσας . Η κόκκινη γραμμή είναι μια αναδημιουργία της παγκόσμιας μέσης στάθμης της θάλασσας από τους μετρητές παλίρροιας και η κόκκινη σκίαση δείχνει τη σειρά των παραλλαγών από μια ομαλή καμπύλη. Η πράσινη γραμμή παρουσιάζει τη παγκόσμια μέση στάθμη της θάλασσας που παρατηρείται από το δορυφόρο altimetry. Η μπλε σκίαση αντιπροσωπεύει τη σειρά των πρότυπων προβολών για το μοντέλο που αφορά το 21ο αιώνα. Πέρα από το 2100, οι προβολές εξαρτώνται όλο και περισσότερο από το σενάριο εκπομπών (IPCC 2007).



Διάγραμμα 2 : Χρονική εξέλιξη της θερμοκρασίας της Γης σε εύρος 140 χρόνων και 1000 για το βόρειο ημισφαίριο (IPCC 2007).



Διάγραμμα 3 : Χρονική εξέλιξη των θερμοκηπικών αερίων καθώς και ένας σαφής διαχωρισμός τους (IPCC 2004).

2.5 Σύσταση επιτροπής και ενδιαφέρον για το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου

Η μεθοδική μελέτη της εξέλιξης και των επιπτώσεων του Φαινομένου του Θερμοκηπίου άρχισε το 1988 υπό την αιγίδα των Ηνωμένων Εθνών και αποτέλεσε ένα από τα κύρια θέματα στη Διάσκεψη του Ρίο, το 1992.

Για την αξιολόγηση των επιστημονικών στοιχείων σχετικών με τις κλιματικές μεταβολές έχει συσταθεί από τον ΟΗΕ η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος (IPCC), η οποία αποτελείται από κορυφαίους επιστήμονες.

2.6 Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC)

Στη παρούσα μελέτη θα συναντήσουμε πολλές φορές την επιτροπή IPCC σαν πηγή δεδομένων με σημαντικό στίγμα στο τομέα της κλιματικής αλλαγής και της παγκόσμιας θέρμανσης , γι αυτό και κρίνεται απαραίτητο να γίνει μία συνοπτική αναφορά στο έργο της.

Η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC) ιδρύθηκε το 1988 από τον Παγκόσμιο Μετεωρολογικό Οργανισμό (World Meteorological Organization - WMO) και το Πρόγραμμα Περιβάλλοντος (United Nations Environment Programme - UNEP) του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών. Ο σκοπός της επιτροπής είναι η αξιολόγηση της επιστημονικής γνωστικής βάσης και των ερευνών που διεξάγονται για τη μελέτη των κλιματικών αλλαγών. Η επιτροπή αξιολογεί επίσης τις συνέπειες των κλιματικών μεταβολών που προέρχονται από ανθρώπινη δραστηριότητα, μελετώντας πιθανές πολιτικές και δράσεις για την αντιμετώπιση των ενδεχόμενων κινδύνων. Συντονίζει επιστήμονες από ολόκληρο τον κόσμο και μέχρι το 2007 είχε δημοσιεύσει τέσσερις εκθέσεις (1990, 1995, 2001 και 2007) σχετικά με τις κλιματικές αλλαγές που παρατηρούνται και τις πιθανές επιπτώσεις τους. Οι εκθέσεις της IPCC αποτελούν σημείο αναφοράς για τα ζητήματα που άπτονται της παγκόσμιας θέρμανσης και βασίζονται σε επιστημονικές δημοσιεύσεις ειδικών ερευνητών.

Η επιτροπή είναι ένα διακυβερνητικό σώμα, ανοιχτό σε όλες τις χώρες μέλη της Παγκόσμιας Μετεωρολογικής Οργάνωσης και του Προγράμματος για το Περιβάλλον του ΟΗΕ. Συνέρχεται μία φορά ετησίως, προκειμένου να καθοριστούν η εσωτερική λειτουργία, οι αρχές και το πρόγραμμα εργασίας της ή να εγκριθούν οι εκθέσεις της. Περιλαμβάνει τρεις ομάδες εργασίας για την αξιολόγηση των επιστημονικών παραμέτρων των κλιματικών μεταβολών, των κοινωνικών και οικονομικών επιπτώσεών τους και των πιθανών πολιτικών που μπορούν να εφαρμοστούν για την αντιμετώπισή τους αντίστοιχα. Οι δραστηριότητες της επιτροπής χρηματοδοτούνται από εθελοντικές συνεισφορές των κυβερνήσεων, ενώ πρόσθετη οικονομική στήριξη παρέχουν η Παγκόσμια Μετεωρολογική Οργάνωση και το Πρόγραμμα Περιβάλλοντος του ΟΗΕ.

Οι εκθέσεις της επιτροπής γράφονται από ομάδες ανθρώπων, προερχόμενων από πανεπιστήμια, ερευνητικά κέντρα ή άλλους περιβαλλοντικούς και οικονομικούς οργανισμούς, η συμμετοχή των οποίων γίνεται στον ειδικό τομέα εξειδίκευσής τους. Για τη διασφάλιση της εγκυρότητας και της αξιοπιστίας τους, οι εκθέσεις περνούν από πολλαπλό επιστημονικό και κυβερνητικό έλεγχο. Η επιτροπή έχει δημοσιεύσει μέχρι σήμερα τέσσερις εκθέσεις, το 1990, 1995, 2001 και 2007 αντίστοιχα. Η επιτροπή δεν πραγματοποιεί έρευνα, ούτε συλλέγει παρατηρησιακά δεδομένα, αλλά συνθέτει και αξιολογεί την ήδη υπάρχουσα επιστημονική γνώση για τα ζητήματα των κλιματικών αλλαγών.

Η έκθεση του 2001, κατέληγε στα εξής βασικά συμπεράσματα, όπως αυτά προέκυψαν από την εξέταση των πιο πρόσφατων ερευνών σχετικά με τις κλιματικές μεταβολές:

1. Ένας αυξανόμενος αριθμός παρατηρήσεων επιβεβαιώνουν μία παγκόσμια θέρμανση καθώς και άλλες μεταβολές στο κλίμα. Η μέση επιφανειακή θερμοκρασία της Γης έχει αυξηθεί περίπου κατά 0.6oC στον 20ό αιώνα, η κάλυψη των πάγων έχει μειωθεί, ενώ η μέση στάθμη της θάλασσας έχει αυξηθεί. Ορισμένοι σημαντικοί κλιματικοί παράγοντες, όπως η συχνότητα ανεμοστρόβιλων ή χαλαζόπτωσης και η

θερμοκρασία περιοχών του βόρειου ημισφαιρίου και της Ανταρκτικής, δεν έχουν σημειώσει αξιοσημείωτες μεταβολές.

2. Η εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου από ανθρωπογενείς δραστηριότητες μεταβάλει την ατμόσφαιρα της Γης, με τέτοιο τρόπο ώστε να αναμένονται αλλαγές στο κλίμα.
3. Η αξιοπιστία των κλιματικών μοντέλων και των προβλέψεών τους έχει αυξηθεί.
4. Υπάρχουν ολοένα ισχυρότερες ενδείξεις πως η παγκόσμια θέρμανση των τελευταίων πενήντα ετών οφείλεται σε ανθρωπογενείς δραστηριότητες.
5. Η ανθρώπινη παρέμβαση θα συνεχίσει να μεταβάλει τη σύνθεση της ατμόσφαιρας στη διάρκεια του 21^{ου} αιώνα.
6. Η παγκόσμια μέση θερμοκρασία και στάθμη της θάλασσας αναμένεται να αυξηθούν στο μέλλον. Η πρόβλεψη αυτή είναι κοινή για διαφορετικές εκδοχές που εξετάστηκαν αναφορικά με την μελλοντική οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη των χωρών.

Η τέταρτη έκθεση αξιολόγησης της IPCC εκδόθηκε το 2007 και επιβεβαίωσε τις κυριότερες διαπιστώσεις της τρίτης έκθεσης του 2001, στις οποίες προστέθηκαν νέες γνώσεις που προήλθαν από νέες παρατηρήσεις και βελτιωμένα κλιματικά μοντέλα. Μία μειοψηφία των εμπλεκόμενων επιστημόνων έχει διαφωνήσει με ορισμένες πτυχές των πορισμάτων της επιτροπής, κυρίως σε ό,τι αφορά τις μελλοντικές προβλέψεις για την εξέλιξη των κλιματικών μεταβολών.

Η IPCC αξιολογεί τα επιστημονικά, τεχνικά και κοινωνικοοικονομικά στοιχεία που έχουν σημασία για την κατανόηση του κινδύνου ανθρωπογενούς αλλαγής του κλίματος. Οι αξιολογήσεις πραγματοποιούνται από τρεις ομάδες εργασίας, στις οποίες συμμετέχουν εκατοντάδες επιφανείς εμπειρογνώμονες απ' όλο τον κόσμο. Ως εκ τούτου, οι εκθέσεις εκφράζουν τις πιο αξιόπιστες, παγκοσμίως ομόφωνες επιστημονικές απόψεις για την αλλαγή του κλίματος. Τα ερευνητικά έργα που χρηματοδοτούνται από τα προγράμματα πλαίσια της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την έρευνα, καθώς και από τα ερευνητικά προγράμματα των επιμέρους κρατών μελών, συνεισφέρουν ουσιαστικά στις εκθέσεις αυτές.

Το σημαντικότερο κείμενο που έχουμε στη διάθεσή μας γύρω από την αλλαγή του κλίματος, δόθηκε στη δημοσιότητα στις 17 Νοεμβρίου στη Βαλένθια. Πρόκειται για μια συνοπτική -και σχετικά ευκολοδιάβαστη- περίληψη της Σύνθεσης των τριών Εκθέσεων του Διακυβερνητικού Πάνελ για την Κλιματική Αλλαγή οι οποίες είχαν δημοσιοποιηθεί νωρίτερα μέσα στη χρονιά.

Οι εκθέσεις αυτές στηρίχθηκαν στις μελέτες 2500 κορυφαίων επιστημόνων και έχουν την έγκριση πρακτικά όλων των κυβερνήσεων του πλανήτη ενώ στις 3000 σελίδες τους πραγματεύονται αντίστοιχα την επιστημονική βάση της κλιματικής αλλαγής, τις πιθανές επιπτώσεις της και τις δυνατότητες για τον περιορισμό της.

Η έκθεση του IPCC κατοχυρώνει με σχεδόν απόλυτη βεβαιότητα πως η αλλαγή του κλίματος συμβαίνει και οφείλεται στις ανθρώπινες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, προβλέπει πρωτοφανείς επιπτώσεις στο περιβάλλον, την κοινωνία και την οικονομία και δείχνει το δρόμο για την αποτροπή των πιο καταστροφικών από αυτές με την άμεση και δραστική μείωση των παγκόσμιων εκπομπών.

Η Έκθεση επισημαίνει πως 11 από τα τελευταία 12 χρόνια ήταν στα 12 πιο θερμά έτη που έχουν μετρηθεί ποτέ και πως η μέση στάθμη της θάλασσας από το 1993 και μετά ανεβαίνει κατά 3,1 χιλιοστά ετησίως, με ρυθμό πολύ μεγαλύτερο από τον μέσο όρο της τελευταίας 50ετίας (1,3 χιλιοστά ετησίως). Παράλληλα, οι ανθρώπινες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου έχουν αυξηθεί κατά 70% από το 1970.

Για να εκτιμήσουν τις ενδεχόμενες επιπτώσεις, οι επιστήμονες του IPCC μελέτησαν τα διαθέσιμα σενάρια τα οποία προβλέπουν αύξηση των ανθρώπινων εκπομπών κατά 25-90% από το 2000 μέχρι το 2030. Σύμφωνα με αυτά (και σε σχέση με το μέσο όρο των ετών 1980-1990) η θερμοκρασία μέσα στον αιώνα εκτιμάται πως θα αυξηθεί από 1,1 έως 6,4 βαθμούς Κελσίου ενώ η στάθμη της θάλασσας, αγνοώντας τις αναδράσεις από τον κύκλο του άνθρακα και τις αλλαγές στη ροή των παγετώνων, θα ανέβει κατά τουλάχιστον 18-59 εκατοστά. Λόγω όμως των προαναφερθέντων αβεβαιοτήτων, οι επιστήμονες αρνήθηκαν να θέσουν άνω όριο στην πιθανή άνοδο της στάθμης της θάλασσας.

2.7 Γιατί είναι απαραίτητη η παρούσα μελέτη

Οι κλιματικές αλλαγές που βιώνει ο άνθρωπος σήμερα δεν έχουν ιστορικό προηγούμενο: άνοδος της θερμοκρασίας, ρύποι, πλημμύρες, πυρκαγιές έπληξαν φέτος και την Ελλάδα. Εντούτοις, η χώρα μας συνεχίζει να αδιαφορεί για τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου δεν είναι ένα φαινόμενο που συναντάμε πια μόνο στα κείμενα παρά γίνεται διαπίστωση από το σύγχρονο άνθρωπο πια. Αν θέλουμε να αποφύγουμε τα χειρότερα της κλιματικής αλλαγής οφείλουμε να μειώσουμε τις παγκόσμιες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου κατά 60-80% το 2050 σε σχέση με τα επίπεδα του 1990. Για να γίνει αυτό πραγματικότητα, πρέπει να λάβουμε μέσα στα επόμενα πέντε χρόνια όλα τα απαραίτητα μέτρα που θα μας οδηγήσουν στις απαραίτητες μειώσεις.

Οι αυξήσεις στις συγκεντρώσεις των αερίων θερμοκηπίου (GHG) στην ατμόσφαιρα λόγω των εκπομπών από το φυσικό και ανθρωπογενές τόξο πηγών συνδέονται άμεσα με τη παγκόσμια αλλαγή κλίματος (IPCC 2001). Οι φυσικές πηγές εκπομπών θερμοκηπικών αερίων περιλαμβάνουν τις απελευθερώσεις από τους ωκεανούς, την αερόβια και αναερόβια αποσύνθεση της βλάστησης και της ζωικής αναπνοής φυτών , μεταξύ των άλλων. Οι ανθρωπογενείς πηγές προκύπτουν κυρίως από την παραγωγή και την καύση καυσίμων, την ανθρώπινη αναερόβια αποσύνθεση εδαφικής εναπόθεσης , και τη χρήση λιπασμάτων (IPCC 2001). Σημειώνεται ένα παγκόσμιο ενδιαφέρον για τις εκπομπές GHG δεδομένου ότι ο άνθρωπος έχει συντρίψει τους φυσικούς μηχανισμούς απορρόφησης και έχει οδηγήσει στην αύξηση των συγκεντρώσεων GHG στην ατμόσφαιρα. Με την επικύρωση του πρωτοκόλλου του Κιότο στον Καναδά, κάθε τομέας της οικονομίας θα πρέπει να εξετάσει τις εκπομπές του και να καθορίσει τις στρατηγικές μείωσης. Αυτή η εργασία λοιπόν έχει ως σκοπό να εστιάσει στο τομέα της επεξεργασίας λυμάτων, ο οποίος αντίθετα από άλλους τομείς, θα μπορούσε τελικά να γίνει παραγωγός καθαρής ενέργειας λόγω της έμφυτης ενέργειας στα οργανικά υλικά που περιλαμβάνουν τα λύματα (Shizas and Bagley,2004).

Η εκτίμηση των αερίων στον τομέα της επεξεργασίας λυμάτων είναι απαραίτητη αν αναλογιστεί κανείς πως είναι μια από τις μεγαλύτερες δευτερεύουσες πηγές εκπομπών θερμοκηπικών αερίων (ΗΠΑ EPA 1997). Ένα παράδειγμα μπορεί να αποτελέσει η κατάσταση στον Καναδά όπου το 2000 ο τομέας των αποβλήτων αποτέλεσε περίπου 3,5% των συνολικών καναδικών εκπομπών θερμοκηπικών αερίων (720000 Gg (gigagrams ή kilotonnes CO2)) (κυβέρνηση του Καναδά 2002).

2.8 Βιοαέριο και πιθανές χρήσεις του

Τα θερμοκηπικά αέρια στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων μπορούν να μειωθούν με σωστή χρήση του βιοαερίου. Κάτι τέτοιο θα είχε και οικονομικά οφέλη. Το βιοαέριο που παράγεται από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί αναλυτικά ως εξής :

Παραγωγή θερμότητας :

Η παραγωγή θερμότητας αποτελεί αναμφισβήτητα την πιο απλή και πιο συχνή χρήση και, προς το παρόν, τη λιγότερο επιβαρυντική του βιοαερίου διότι δεν απαιτεί ούτε αναγκαστικό καθαρισμό ούτε μεγάλη συμπίεση του βιοαερίου. Το θερμαντικό δυναμικό του βιοαερίου εξαρτάται ασφαλώς από την περιεκτικότητα του σε μεθάνιο. Με το 70% μεθάνιο, το βιοαέριο έχει θερμαντικό δυναμικό 24 MJ /m^3, λιγότερο από εκείνο του φυσικού αερίου (34 MJ/m^3) και πολύ κατώτερο από αυτό του προπανίου (85 MJ/m^3) η του βουτανίου (110 MJ/m^3).

Παραγωγή ηλεκτρισμού:

Η κατανάλωση του ηλεκτρισμού, η οποία είναι καλύτερα κατανεμημένη στη διάρκεια του έτους, διαφεύγει του μειονεκτήματος που προκύπτει με την κατανάλωση θερμότητας.. Σε αντίθεση, αποτελεί γενικά μια επιβαρυντική λύση εξαιτίας των εξόδων επένδυσης και συντήρησης των ηλεκτροπαραγωγών ζευγών. Αυτά τα "ζεύγη" αποτελούνται από έναν παραδοσιακό κινητήρα με έμβολα που θέτει σε λειτουργία μια ηλεκτρική γεννήτρια και είναι σχεδόν πανομοιότυπα με τις ομάδες ντίζελ που λειτουργούν με μαζούτ. Παρόλα αυτά το βιοαέριο, σε αντίθεση με το μαζούτ, δεν αυτοαναφλέγεται με την συμπίεση των κυλίνδρων του κινητήρα. Πρέπει επομένως να "αναφλέξουμε" το βιοαέριο ή να αναμείξουμε λίγο μαζούτ στο βιοαέριο. Μπορεί να υπάρξει ακόμη και συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας χρησιμοποιώντας τη θερμότητα των καμένων αερίων. Αυτό είναι αναγκαίο, για να τροφοδοτήσουμε το χωνευτήρα με θερμότητα την οποία χρειάζεται για τη ζύμωση.

2.9 Σχέση παρούσας εκτίμησης και κύκλου ζωής μιας μονάδας επεξεργασία λυμάτων

Μια εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων όπως και κάθε εγκατάσταση έχει το κύκλο ζωής της. Από τα τρία στάδια κύκλου ζωής, την κατασκευή, τη χρήση, και την κατεδάφιση (κατάργηση) , μόνο το στάδιο χρήσης και λειτουργίας θα εξεταστεί. Η παρούσα εργασία θα ασχοληθεί μόνο με το στάδιο λειτουργίας (χρήσης) μιας εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων για τους εξής λόγους: Οι περισσότερες μελέτες των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων εστιάζουν στη φάση λειτουργίας (Suh and Rousseaux, 2002). Οι Emmerson et. Al (1995) παρατήρησαν ότι οι περιβαλλοντικές επιδράσεις της φάσης κατεδάφισης ήταν μικρές σε σύγκριση με τις επιδράσεις της κατασκευής και της λειτουργίας , ενώ οι Tillman et. Al (1998) σημείωσαν ότι οι περιβαλλοντικές επιδράσεις των διάφορων εγκαταστάσεων ήταν σημαντικότερες για τη λειτουργική φάση παρά για τη φάση κατασκευής. Κατά συνέπεια, το στάδιο λειτουργίας επιλέγεται για τρεις λόγους κυρίως : επειδή το στάδιο λειτουργίας υπαγορεύει τη διαδικασία κατασκευής που απαιτείται, επειδή αναμένεται να έχει την πιο μακροχρόνια διάρκεια από τα υπόλοιπα στάδια (Suh and Rousseaux,2002) και επειδή είναι το μόνο στάδιο που παρουσιάζει την ευκαιρία για ενεργειακή ανάκτηση και παραγωγή.

2.10 Εκπομπές Θερμοκηπικών αερίων από επεξεργασία λυμάτων

Τα αέρια του θερμοκηπίου (GHG) μπορούν να εκπεμφθούν κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας λυμάτων. Το πρωτόκολλο που καθιερώνεται από τη διακυβερνητική επιτροπή στην αλλαγή κλίματος (IPCC), για την εκτίμηση GHG, υποθέτει ότι το αρχικό GHG αποδοτέο στην επεξεργασία υγρών αποβλήτων είναι το μεθάνιο (IPCC, 1997). Το πρωτόκολλο IPCC, που έχει υιοθετηθεί επίσης από την αντιπροσωπεία προστασίας του Αμερικάνικου περιβάλλοντος (ΗΠΑ EPA, 2001), χρησιμοποιεί έναν παράγοντα εκπομπής μεθανίου βασισμένο στην εισερχόμενη βιοχημική απαίτηση οξυγόνου (BOD) και τη ροή. Ενώ είναι ικανοποιητική για τη διεύθυνση των εθνικών καταλόγων, η προσέγγιση IPCC δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί εύκολα από τη βιομηχανία επεξεργασίας λυμάτων για να καθορίσει ακριβώς τις εκπομπές GHG. Επιπλέον, η προσέγγιση IPCC δεν διευκολύνει την ανάπτυξη των στρατηγικών για να μειώσει τις εκπομπές GHG στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων.

Το μεθάνιο (CH_4), το αρχικό GHG που διατίθεται στην επεξεργασία υγρών αποβλήτων από το IPCC, παράγεται υπό εκείνους τους αναερόβιους όρους κατάλληλους για τους μικροοργανισμούς μεθανιογέννεσης και έχει μια δυνατότητα 100-έτους παγκόσμιας - θέρμανσης (IPCC, 2001). Η δυνατότητα παγκόσμιας - θέρμανσης συσχετίζεται με την πιθανή ακτινοβολία και την ατμοσφαιρική διάρκεια ζωής του αερίου. Η αξία του μεθανίου δείχνει ότι η επίδραση στην παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου 1 κιλού του CH_4 θα ήταν ισοδύναμη με αυτήν 23 κιλών του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2). Επομένως, το CH_4 λέγεται ότι είναι 23 φορές πιο ισχυρό, όσον αφορά την παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου, από το CO_2. Οι αναερόβιοι όροι μπορούν να προκύψουν σκόπιμα κατά τη διάρκεια της αναερόβιας χώνευσης από την υπερβολική βιομάζα ή μέσα στις προαιρετικές λίμνες που εξυπηρετούν τις μικρές κοινότητες. Οι αναερόβιοι όροι μπορούν επίσης να εμφανιστούν ακούσια, παραδείγματος χάριν, στις αρχικές δεξαμενές καθίζησης με τα βαθιά καλύμματα ιλύος.

Η απελευθέρωση του παραχθέντος CH4 στο περιβάλλον δεν μπορεί να υποτεθεί, επειδή θα εξαρτηθεί από εάν η αναερόβια διαδικασία είναι σκόπιμη και εάν οι μηχανισμοί για να συλλάβουν το βιοαέριο είναι σε ισχύ. Το CH4 που περιέχει βιοαέριο που παράγεται από την αναερόβια αποσύνθεση ιλύος, παραδείγματος χάριν, έχει τη σημαντική πιθανή ενέργεια (24 MJ/m3 (WEF and ASCE,1998)). Διάφορες εναλλακτικές λύσεις έχουν εξεταστεί και έχουν εφαρμοστεί για να ανακτήσουν την πιθανή ενέργεια από το βιοαέριο που κυμαίνεται από την καύση στους λέβητες για την παραγωγή ατμού και τη διατήρηση σταθερής θερμοκρασίας ως τα κύτταρα καυσίμων για τη διατήρηση ηλεκτρικής ενέργειας και σταθερής θερμοκρασίας (Burrowes,2000, Kitto,2001 and UTC,2004). Όταν καίγεται, το CH4 μετατρέπεται σε CO2, και η παγκόσμια δυνατότητα θέρμανσης των εκπομπών μειώνεται.

Κάτω από το πρωτόκολλο IPCC, το CH4 που παράγεται σε μονάδες επεξεργασίας λυμάτων προέρχεται από τον άνθρακα στο εισερχόμενο BOD. Μια άλλη πιθανή ανακρίβεια, που προκύπτει από τον παράγοντα εκπομπής IPCC, είναι ότι οι δευτεροβάθμιες και τριτοβάθμιες εγκαταστάσεις επεξεργασίας που βρίσκονται στις περισσότερες ευρωπαϊκές πόλεις μετατρέπουν ένα μεγάλο μέρος του εισερχόμενου BOD στα υγρά απόβλητα άμεσα σε CO2 και βιομάζα. Η σκόπιμη παραγωγή CH4 εμφανίζεται μόνο κατά τη διάρκεια της αναερόβιας χώνευσης της ιλύος.

Το μεθάνιο δεν είναι το μόνο GHG που απελευθερώνεται ενδεχομένως κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας λυμάτων. Το διοξείδιο του άνθρακα μπορεί επίσης να απελευθερωθεί και άλλες ενώσεις που παράγονται από συστατικά που δεν είναι βασισμένα στον άνθρακα στα λύματα. Το πρώτο βήμα που λαμβάνεται από μια μονάδα επεξεργασίας λυμάτων που επιθυμεί να μειώσει τις εκπομπές GHG, πρέπει να είναι να υπολογιστούν οι τρέχουσες εκπομπές GHG του. Ανάλογα με την πηγή αυτών των εκπομπών, μπορεί να αποφασιστεί η προσέγγιση για τη μείωση των εκπομπών GHG χωρίς διακινδύνευση της ποιότητας των αποβλήτων.

Το υποξείδιο του αζώτου (N_2O) μπορεί να εκπεμφθεί κατά τη διάρκεια της βιολογικής δευτεροβάθμιας επεξεργασίας του λύματος . Το υποξείδιο είναι ένα πολύ ισχυρό, θερμοκηπικό αέριο με μια δυνατότητα παγκόσμιας θέρμανσης 100-ετών 296 φορές μεγαλύτερη από αυτή του CO_2 (IPCC, 2001). Παράγεται κυρίως ως αποτέλεσμα της ελλιπούς διάσπασης νιτρικών, αν και μπορεί να εκπεμφθεί και κατά τη διάρκεια της πλήρους διάσπασης νιτρικών, εάν η συγκέντρωση χορηγών ηλεκτρονίων είναι πάρα πολύ χαμηλή ή η διαλυμένη συγκέντρωση οξυγόνου πάρα πολύ υψηλή (Rittmann και McCarty, 2001).

Μια ανασκόπηση της βιβλιογραφίας από τους Barton και Atwater (2002) αποκάλυψε περιορισμένα στοιχεία όσον αφορά το σχηματισμό N_2O κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας λυμάτων. Η αναθεώρηση κατέληξε στο συμπέρασμα ότι οι εκπομπές N_2O ήταν πιθανό να εμφανιστούν μόνο όταν λειτουργούσαν ενεργά οι διαδικασίες νιτροποίησης και διάσπασης νιτρικών, και από τις δύο διαδικασιών, η διάσπαση νιτρικών εμφανίστηκε να είναι η σημαντικότερη ως πηγή N_2O.

2.11 Σενάρια επεξεργασίας ιλύος και αέριες εκπομπές

Στην Ευρώπη εφαρμόζονται διάφορες τακτικές επεξεργασίας της ιλύος σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων. Στην Ελλάδα αυτές οι διαδικασίες απουσιάζουν γι’ αυτό και θα γίνει μια απλή αναφορά στη συμβολή τους στο φαινόμενο της παγκόσμιας θέρμανσης μέσω της βιβλιογραφίας. Τα σενάρια επεξεργασίας της ιλύος είναι τα εξής:

- ιλύς που έχει επεξεργαστεί με ασβέστη και εναποτίθεται σε αγροτικές εκτάσεις (AGRI)

- αποτέφρωση της συμπυκνωμένης ιλύος σε ρευστοστερεά κλίνη (INCI)
- υγρή οξείδωση ιλύος (WETOX)
- πυρόλυση αφυδατωμένης ιλύος (PYRO)
- αποτέφρωση αφυδατωμένης ιλύος σε κλιβάνους τσιμεντοβιομηχανιών (CEME)
- ασβεστοποίηση ιλύος και εδαφική εναπόθεση (LANDF)

Η ισορροπία της παγκόσμιας θέρμανσης δείχνει ότι η επικάλυψη είναι η χειρότερη διαδρομή διάθεσης για την επεξεργασία ιλύος. Εντούτοις, η αποτέφρωση στους κλιβάνους τσιμέντου έχει την καλύτερη ισορροπία. Η αποτέφρωση και η υγρή οξείδωση έχουν μια περιορισμένη ισορροπία παγκόσμιας θέρμανσης. Όσον αφορά στη γεωργική διάθεση, η συμβολή της είναι ισοδύναμη με την πυρόλυση. Εκτός από την πυρόλυση, τα θερμικά σενάρια οξείδωσης ασκούν χαμηλότερη επίδραση (λιγότερο από 160 kg ισοδύναμα CO_2/t), από την άποψη της παγκόσμιας αύξησης της θερμοκρασίας λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου, από τη γεωργική διάθεση και την επικάλυψη. Αποτέφρωση στους κλιβάνους τσιμέντου (-73 kg CO_2/t), η ρευστοποιημένη αποτέφρωση (132 kg CO_2/t), και η υγρή οξείδωση (156 kg CO_2/t) είναι οι αποδοτικότεροι τρόποι για τη διάθεση ιλύος σχετικά με τα αποτελέσματα θερμοκηπικών αερίων (Houillon and Jolliet,2001).

Πιο συγκεκριμένα :

1. ιλύς που έχει επεξεργαστεί με ασβέστη και εναποτίθεται σε αγροτικές εκτάσεις (AGRI)

Η συμβολή μεθανίου είναι σημαντική σε αυτόν τον τομέα. Συνδέεται με την αναερόβια χώνευση οργανικής ουσίας κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης και μετά τη διάδοση. Η παραγωγή ασβέστη εκπέμπει ένα σημαντικό ποσό CO_2

(583 kg CO_2/t). Εντούτοις, η αντικατάσταση ασβέστη αποφεύγει την εκπομπή 270 kgCO_2/t. Όπως παρατηρήσαμε για την κατανάλωση ενέργειας, οι εκπομπές του CO_2 μεταφορών είναι χαμηλές (32,6 kg/t) (Houillon and Jolliet,2001).

2. αποτέφρωση της συμπυκνωμένης ιλύος σε ρευστοστερεά κλίνη (INCI)

Για την αποτέφρωση, οι εκπομπές προέρχονται από το φυσικό αέριο που καίγεται με τις λάσπες στις ρευστοποιημένες κλίνες και την ηλεκτρική ενέργεια που απαιτείται για τη διαδικασία αποτέφρωσης. Η διατήρηση σταθερής θερμοκρασίας αποφεύγει την εκπομπή 335 kg CO_2/t (Houillon and Jolliet,2001).

3. υγρή οξείδωση ιλύος (WETOX)

Σε αυτή τη διαδικασία η κύρια εκπομπή προέρχεται από την διαδικασία υγρής οξείδωσης που εμπεριέχει την ηλεκτρική ενέργεια (405 kg CO_2/t) και τη παραγωγή οξυγόνου (281 kg CO_2/t). Οι εκπομπές που αποφεύγονται με τη διάσωση φυσικού αερίου είναι παρόμοιες με τη ρευστοποιημένη αποτέφρωση κλινών (356 kg CO_2/t) (Houillon and Jolliet,2001).

4. πυρόλυση αφυδατωμένης (ξηραμένης) ιλύος (PYRO)

Η διαδικασία ξήρανσης παρουσιάζει μια σημαντική κατανάλωση ενέργειας παράγει ένα σημαντικό ποσό CO_2 (997 kg CO_2/t). Η αντικατάσταση φυσικού αερίου, ως αποτέλεσμα της ενεργειακής ανάκτησης στη διαδικασία ξήρανσης δεν μειώνει σημαντικά τις εκπομπές του CO_2 (148 kg CO_2/t). Εντούτοις, η επαναχρησιμοποίηση του αερίου πυρόλυσης επιτρέπει μια μείωση 835 kg CO_2/t (Houillon and Jolliet,2001).

5. αποτέφρωση αφυδατωμένης ιλύος σε κλιβάνους τσιμεντοβιομηχανιών (CEME)

Για την αποτέφρωση σε κλιβάνους τσιμέντου (-75,1 kg ισοδύναμα CO_2 /t), ακόμα κι αν ο αντίκτυπος της ξήρανσης είναι σημαντικός, η αντικατάσταση άνθρακα και καυσίμων (545 και 416 kg CO_2/t) είναι σημαντικότερη από το φυσικό αέριο στο σενάριο πυρόλυσης. Αυτό είναι ο λόγος για τον οποίο οι εκπομπές αποτέφρωσης κλιβάνων τσιμέντου μειώνονται έναντι της πυρόλυσης (Houillon and Jolliet,2001).

6. ασβεστοποίηση ιλύος και εδαφική εναπόθεση (LANDF)

Είναι πολύ σημαντικό για την εδαφική εναπόθεση να μετατραπεί το μεθάνιο που εκπέμπεται στον αέρα από την οργανική ζύμωση σε διοξείδιο του άνθρακα (1 kg CH_4 είναι ισοδύναμο με 6,5 kg του CO_2). Το μεθάνιο αντιπροσωπεύει περίπου 50% της ισορροπίας της παγκόσμιας θέρμανσης για την εδαφική εναπόθεση , η οποία είναι η υψηλότερη των έξι διαδρομών διάθεσης (1302 kg ισοδύναμου CO_2/t). Όσον αφορά την παραγωγή ασβέστη, εκπέμπεται ένα σημαντικό ποσό CO_2 (Houillon and Jolliet,2001).

2.12 O_3 και βιολογικός καθαρισμός

Το O_3 είναι και αυτό ένα θερμοκηπικό αέριο όμως δεν είναι αποτέλεσμα κάποιας διαδικασίας που λαμβάνει χώρο στην επεξεργασία λυμάτων γι αυτό και δε θα προβούμε σε εκτίμηση της. Όμως σε κάποιες περιπτώσεις σπανιότερα χρησιμοποιούμε το όζον (O_3) για απολύμανση αντί για χλώριο που συνηθίζεται αλλά σε καμία περίπτωση δε διατίθεται αυτό στην ατμόσφαιρα (Metcalf & Eddy 2002).

2.13 Συνοπτική αναφορά στο λογισμικό RETscreen International.

Στη παρούσα μελέτη εκτίμησης των θερμοκηπικών αερίων εκτός από τα αέρια που παράγονται κατά τα στάδια της επεξεργασίας λυμάτων συνυπολογίζονται και τα αέρια που εκπέμπονται από την παραγωγή του ηλεκτρισμού που χρειάζεται η εγκατάσταση για να λειτουργήσει. Η εκπομπή αυτή δεν αποδίδεται στο πεδίο της επεξεργασίας αλλά παραμένει ένας παράγοντας της διαδικασίας. Ο υπολογισμός τους θα επιτευχθεί με τη χρήση του λογισμικού RETscreen International.

Μια συνοπτική αναφορά στο λογισμικό και τη χρήση του κρίνεται απαραίτητη. Το Λογισμικό Ανάλυσης Έργων Καθαρής Ενέργειας RETScreen International είναι ένα εργαλείο λήψης αποφάσεων που δημιουργήθηκε με την συμβολή μεγάλου αριθμού ειδικών από την κυβέρνηση, την βιομηχανία και την εκπαίδευση. Το λογισμικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί παγκοσμίως για να αποτιμήσει την ενεργειακή παραγωγή και εξοικονόμηση, το κόστος κύκλου ζωής, τη παραγωγή και μείωση εκπομπών, τα οικονομικά και την ανασφάλεια των διαφόρων τεχνολογιών ενεργειακής απόδοσης και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ).

Οι δυνατότητες του λογισμικού είναι πάρα πολλές στη παρούσα εκτίμηση όμως θα περιοριστούμε στον υπολογισμό των θερμοκηπικών αερίων σύμφωνα με τις kwh που χρειάζεται μία τέτοια εγκατάσταση ώστε να λειτουργήσει.

2.14 Μέθοδοι που χρησιμοποιούνται

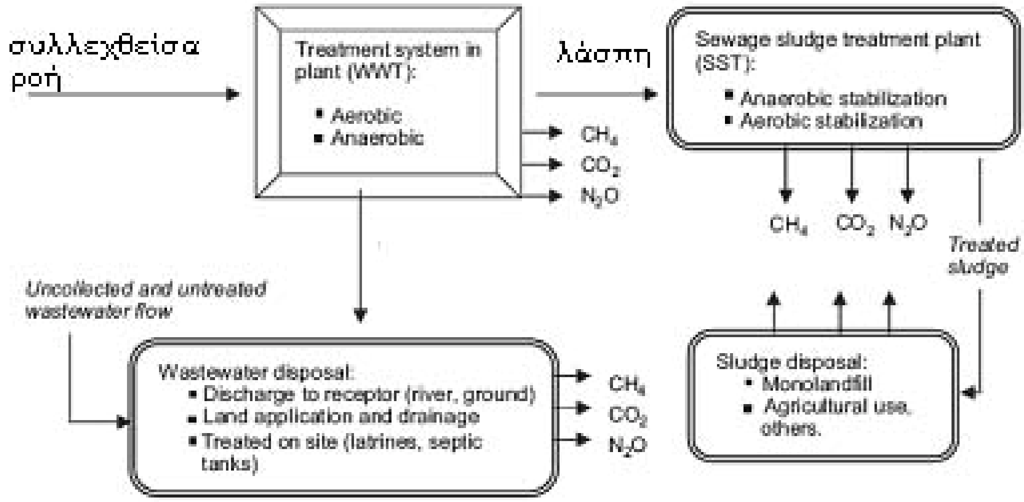
Η ανάγκη για εκτίμηση των θερμοκηπικών αερίων από εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων έχει δημιουργήσει διάφορες μεθόδους. Θα παραταθούν συνοπτικά κάποιες που χρησιμοποιούνται και αναφέρονται στους επιστημονικούς κύκλους.

2.14.1 Η μέθοδος των Prendez και Lara - Gonzalez (2007)

Ο κύριος στόχος αυτής της μελέτης είναι να υπολογιστούν οι εκπομπές GHG από την επεξεργασία λυμάτων κατά τη διάρκεια της περιόδου 1990-2027 χρησιμοποιώντας διαφορετικά σενάρια. Η μελέτη αυτή έχει τη μορφή μοντέλου που θα προσεγγίσει τις εκπομπές θερμοκηπικών αερίων στο μέλλον.

Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για την εκτίμηση των GHG που εκπέμφθηκαν από την επεξεργασία των οικιακών λυμάτων είναι :
(1) ανάλυση του τύπου περιβαλλοντικής διαχείρισης που χρησιμοποιείται για την επεξεργασία,
(2) επιλογή του εννοιολογικού προτύπου εργασίας
(3) εκλογή, προσαρμογή και εφαρμογή των διαφορετικών προτύπων για τον υπολογισμό GHG.

Οι πληροφορίες για τις εθνικές τιμές λήφθηκαν από τον τομέα της υγιεινής και οργανώθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν σύμφωνα με τις συστάσεις που περιλήφθηκαν στις μεθοδολογικές οδηγίες IPCC περί των ανθρωπογενών αποβλήτων (IPCC, 1997a, β, 2000). Στην απουσία των απαραίτητων παραμέτρων, χρησιμοποιήθηκαν οι προκαθορισμένες τιμές. Το excel χρησιμοποιήθηκε για την διαχείριση δεδομένων . Οι εκτιμήσεις για κάθε ένα αέριο, σε διαφορετικά σενάρια, εξετάζουν τις διαφορετικές διοικητικές στρατηγικές. Οι μεμονωμένες εκτιμήσεις αερίων εκφράστηκαν σε μονάδες ισοδύναμες CO_2 προκειμένου να υπολογιστεί η παγκόσμια θέρμανση για τα λύματα στα διαφορετικά διαμορφωμένα σενάρια.



Σχήμα 2 :Εννοιολογικό πρότυπο για τις εκπομπές θερμοκηπικών αερίων (Lara- Gonzalez, 2003)

Στη παραπάνω εικόνα παρουσιάζεται το σχέδιο του εννοιολογικού προτύπου για τρεις πηγές εκπομπής :

(I) επεξεργασμένα υγρά απόβλητα (WWT),

(II) ιλύς καθαρισμού λυμάτων που επεξεργάστηκε και που αποβάλλεται (SST),

(III) εφαρμογή αποξήρανσης επιφάνειας και εδάφους του μη επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων, αλλά μέσω μιας μεθόδου στο χώρο του πεδίου (NTWW).

Τα μαθηματικά μοντέλα που χρησιμοποιούνται είναι βασισμένα στις γραμμικές εξισώσεις που αφορούν τις πληροφορίες δραστηριότητας εξυγίανσης, τους παράγοντες εκπομπής και τη βιοχημική διαδικασία για την αποσύνθεση οργανικής ουσίας στα υγρά απόβλητα και την ιλύ. Οι εκπομπές υπολογίζονται από τα στοιχεία δραστηριότητας (activity data) όπως πληθυσμός που εξυπηρετείται, επεξεργασμένος όγκος, οργανική φόρτωση και τα λοιπά. Αυτές οι πληροφορίες πολλαπλασιάζονται με το μέρος των υγρών αποβλήτων που επεξεργάζονται στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας (Fr) (αερόβιες ή αναερόβιες διαδικασίες) ή με μια άλλη παράμετρο σχεδίου (DP). Στη συνέχεια πολλαπλασιάζονται με τον ειδικό παράγοντα (EF) εκπομπής για κάθε ένα αέριο (προκαθορισμένη τιμή). Περιστασιακά, ένας παράγοντας μετατροπής χρησιμοποιείται (CONVF) για να τυποποιήσει τις μονάδες υπολογισμού.

Ο απλουστευμένος γενικός αλγόριθμος:

$$\text{Gas emission (Tg/y)} = AD * Fr * DP * EF * CONVF \qquad 2.1$$

Το USEPA (1997) και το IPCC (2000) εφαρμόζουν αυτήν την μεθοδολογία για τις εκτιμήσεις CH4 και N2O, αντίστοιχα, για τον υπολογισμό των εκπομπών από τη γραμμή υγρών αποβλήτων .

Το CH4 και το CO2 που εκπέμφθηκαν από τη γραμμή ιλύος υπολογίστηκαν χρησιμοποιώντας τη μεθοδολογία που προτάθηκε από τους Lexmond και Zeeman (1995). Η βιογονική εκπομπή του CO2 δεν εξετάστηκε. Αυτή η μεθοδολογία ενσωματώνει τους παράγοντες εκπομπής και τις ανάγκες σε ενέργεια (Lexmond and Zeeman, 1995) περιλαμβάνοντας τη βιοχημική διαδικασία και την ενέργεια που χρησιμοποιείται για τη διαδικασία επεξεργασίας. Στην περίπτωση της εκπομπής CH4, τα δεδομένα εισόδου όπως η ποσότητα παραγόμενης αποδοτικότητας ιλύος, η επεξεργασία ιλύος οργανικής φόρτωσης και μέγιστης παραγωγικής ικανότητας CH4, χρησιμοποιήθηκαν μεταξύ άλλων παραγόντων.

Η μεθοδολογία που προτάθηκε από το IPCC (2000) χρησιμοποιήθηκε για N2O εκπομπές από την ιλύ. Και οι δύο μέθοδοι υπολογισμού είναι παρόμοιες με τον αλγόριθμο που παρουσιάζεται παραπάνω στην εξίσωση 2.1, αλλά ενσωματώνουν πρόσθετες πληροφορίες, όπως η ποσότητα αποδοτικότητας, η περιεκτικότητα σε άζωτο στην πρωτεϊνική κατανάλωση και περιεκτικότητα σε άζωτο στην υπόλοιπη ιλύ. Η περιεκτικότητα σε άζωτο καθορίστηκε αναλυτικά να είναι μεταξύ 15,7 και 28,4 gN/kg ιλύος.

Οι εκπομπές από τα μη επεξεργασμένα λύματα υπολογίστηκαν με έναν τρόπο παρόμοιο με αυτόν που υποδείχθηκε στην εξίσωση 2.1 αλλά εξετάζοντας και τον πληθυσμό για τον οποίο τα λύματα δεν επεξεργάζονται σε ειδικές εγκαταστάσεις. Στην περίπτωση N2O, ο συνυπολογισμός της περιεκτικότητας σε άζωτο για κατανάλωση πρωτεΐνης ανά κεφαλή απαιτείται και καθορίζεται αναλυτικά. Το βιογονικό CO_2 που παρήχθη από αυτήν την πηγή δεν εξετάστηκε επειδή το IPCC αναφέρει ότι, στην περίπτωση του ύδατος αποξηράνσεως επιφάνειας, είναι σε ισορροπία με το ατμοσφαιρικό περιεχόμενό του (IPCC, 1997b).

Οι εκτιμήσεις CH_4 έγιναν χρησιμοποιώντας τα ακόλουθα μοντέλα, αναφορικά:

PCC-US1WWT-CH4: Αυτό το μοντέλο χρησιμοποιήθηκε για να υπολογίσει τις εκπομπές CH_4 από οικιακά λύματα που επεξεργάστηκαν σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων. Βασίστηκε στη μεθοδολογία IPCC ως προεπιλογή (IPCC, 2000), που τροποποιήθηκε σύμφωνα με το USEPA (1997) για να ενσωματώσει τις συγκεκριμένες τιμές από κάθε χρήση. Το μοντέλο ενσωματώνει το CH_4 που ανακυκλώνεται στις εγκαταστάσεις ως πρόσθετη παράμετρο.

LZ1SST-CH4: Σε αυτό το μοντέλο, το IPCC (2000) ενσωματώνει τις πληροφορίες που αναφέρονται από Lexmond και Zeeman (1995) για να υπολογίσει τις εκπομπές CH_4 από την ιλύ που επεξεργάζεται και που εναποτίθεται επί των εγκαταστάσεων .

IPCC-DLUS1NTWW-CH4: Αυτό το μοντέλο αναπτύχθηκε για να υπολογίσει τις εκπομπές CH_4 από την αποξήρανση και τη διάθεση των λυμάτων που επεξεργάστηκαν στο πεδίο (αλλά όχι σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών λυμάτων). Η βασική μεθοδολογία αντιστοιχεί σε αυτή που προτείνεται από το IPCC. Οι πληροφορίες ήταν συστηματοποιημένες όπως προτείνονται από το USEPA (1997) και το NGGIC (1998).

Εξετάζουν τις ακόλουθες πτυχές:

(I) εκτίμηση του πληθυσμού που δεν συνδέονται με το σύστημα λυμάτων και του πληθυσμού που δεν συνδέεται ακόμη με εγκαταστάσεις επεξεργασίας
(II) η συνολική οργανική φόρτωση ανά άτομο ετησίως (Kg BOD/person/year)

(III) το BOD που υποβιβάζεται από αναερόβιες συνθήκες .

Οι εκτιμήσεις του CO_2 έγιναν χρησιμοποιώντας τα ακόλουθα μοντέλα:

LZ1WWT-CO_2 και LZ2SST-CO_2: Και τα δύο μοντέλα αναπτύχθηκαν από τους Lexmond και Zeeman (1995) για να υπολογίσουν τις εκπομπές του CO_2 από το επεξεργασμένο λύμα και την ιλύ και να περιλάβουν τη χρήση του παράγοντα εκπομπής χρησιμοποιώντας την ηλεκτρική ενέργεια και τον ενεργειακό παράγοντα απαίτησης για να αφαιρέσουν την οργανική φόρτωση. Σε αυτήν την μελέτη, η βιογονική εκπομπή του CO_2 δεν εξετάστηκε σύμφωνα με τις προτάσεις του IPCC. Το μοντέλο υποθέτει ότι, στις περιπτώσεις που η αποκατάσταση του βιοαερίου είναι δυνατή στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας, το CO_2 μπορεί να απορριφθεί δεδομένου ότι η ενέργεια είναι απαραίτητη για ανακτήσει του βιοαερίου (KWH). Σε αυτήν την μελέτη, αυτοί οι υπολογισμοί έγιναν για τις συμβατικές ενεργοποιημένες εγκαταστάσεις ιλύος.

Για το N_2O οι εκτιμήσεις έγιναν χρησιμοποιώντας τα ακόλουθα μοντέλα: DLUS3WWT-N_2O: Αυτό το μοντέλο αντιστοιχεί σε μια προσαρμογή του μοντέλου Doorn και Liles (1999). Η τροποποίηση επιτρέπει την ενσωμάτωση των συγκεκριμένων πληροφοριών από κάθε εγκατάσταση επεξεργασίας.

IPCC3SST-N_2O: Αυτό το μοντέλο αντιστοιχεί στη (1997a, β, 2000) μέθοδο IPCC χρησιμοποιώντας τις πληροφορίες προεπιλογής, αλλά τροποποιημένο για να εξετάσει τις N_2O εκπομπές σε συνεργασία με την επεξεργασία ιλύος και την τελική διάθεση στο χώμα .

SLGSSTN2O: Αυτό το μοντέλο υπολογίζει τις εκπομπές από την ιλύ που επεξεργάζεται και που ξεφορτώνεται σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας, σύμφωνα με τον τύπο ιλύος που παράγεται και την τεχνολογία επεξεργασίας. Το N_2O παράγεται από την εναπομένουσα περιεκτικότητα σε άζωτο της ιλύος (που καθορίζεται αναλυτικά) που έχει αφομοιωθεί και έχει ξεφορτωθεί επί ενός τόπου. χρησιμοποιήθηκαν οι ίδιοι παράγοντες εκπομπής που προτάθηκαν από το IPCC (2000).

DL-IPCC3NTWW-N2O: Αυτό το μοντέλο προσαρμόστηκε από τους Doorn και Liles (1999) και το USEPA (1997) προκειμένου να υπολογιστούν οι N2O εκπομπές που παρήχθησαν από την αποξήρανση και τη διάθεση του μη επεξεργασμένου λύματος. Είναι βασισμένο στον προσδιορισμό του πληθυσμού που είτε δεν συνδέεται με ένα σύστημα λυμάτων είτε, ακόμα κι αν είναι συνδεμένος, δεν χρησιμοποιεί μια δυνατότητα επεξεργασίας αντίστοιχη στη μεθοδολογία προεπιλογής που προτείνεται από το IPCC

Το GWP από όλα τα GHG που αποδεσμεύθηκαν στην ατμόσφαιρα υπολογίστηκε για έναν ορίζοντα 20 ετών , που εξετάζει τις θερμαντικές ισοδυναμίες για CO2 που χρησιμοποιεί την εξίσωση που προτάθηκε από τους Lexmond και Zeeman (1995) και προσαρμόστηκε για αυτήν την μελέτη προκειμένου να ενσωματωθούν οι αντίστοιχες N2O τιμές, όπως φαίνεται στην παρακάτω εξίσωση 2.2:

$$GWP = (ECO2 * GWPCO2) + (ECH4 * GWPCH4) + (EN2O * GWPN2O) \qquad 2.2$$

όπου ECO2, ECH4 και EN2O αντιστοιχούν στην ετήσια εκπομπή για κάθε ένα αέριο.

Τα μοντέλα χρησιμοποιήθηκαν για τα διαφορετικά περιβαλλοντικά διοικητικά σενάρια και τις χρονικές περιόδους, συμπεριλαμβανομένων των διαφορετικών διοικητικών στρατηγικών, αφ' ενός σχετικών με τον έλεγχο και τη μείωση των GHG μέσα στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας, και αφ' ετέρου σε μια αλλαγή της τεχνολογίας. Αυτά τα σενάρια παρουσιάζονται λεπτομερώς στον πίνακα παρακάτω, θεωρώντας τις εκπομπές όπως CH4 όταν δεν ανακυκλώνεται το βιοαέριο.

Πίνακας 1 :Τα διαφορετικά σενάρια που χειρίζεται η μέθοδος (Lara-Gonzalez, 2007)

Σενάριο	Επεξεργασία λυμάτων	Επεξεργασία ιλύος	Επαναχρησιμοποίηση Βιοαερίου (%)
S1	90% αερόβια – 10% αναερόβια	100% αναερόβια	Καθόλου
S2	S1	S1	50
S3	S1	S1	75
S4	100% αερόβια	100% αναερόβια	75
S5	50% αερόβια – 50% αναερόβια	100% αναερόβια	75
S6	100% αναερόβια	100% αναερόβια	75

2.14.2 Η μέθοδος του IPCC (Διακυβερνητική Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή)

Η μέθοδος του IPCC συντάχθηκε από τους Doorn (Ολλανδία), Towprayoon (Ταϊλάνδη), Vieira (Βραζιλία), Irving (ΗΠΑ), Palmer (Καναδά),Pipatti (Φινλανδία) και Wang (Κίνα) (2006).

Η συγκεκριμένη μέθοδος εκτίμησης είναι πολύ ενδιαφέρουσα καλύπτοντας ένα ευρύ φάσμα παραμέτρων όπως θα δούμε και στη συνέχεια.

2.14.2.1 Θεωρητικό υπόβαθρο της εκτίμησης

Μεθάνιο (CH_4)

Τα λύματα καθώς επίσης και τα τμήματα ιλύος τους μπορούν να παραγάγουν το CH4 εάν επεξεργαστούν αναερόβια. Το μέγεθος της παραγωγής CH4 εξαρτάται πρώτιστα από την ποσότητα διασπάσιμου οργανικού υλικού στα υγρά απόβλητα, τη θερμοκρασία, και τον τύπο συστήματος επεξεργασίας. Με την αύξηση της θερμοκρασίας, το ποσοστό παραγωγής CH4 αυξάνεται. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό στα ανεξέλεγκτα συστήματα και στα θερμά κλίματα. Κάτω από 15°C, είναι απίθανη η σημαντική παραγωγή CH4 επειδή οι μεθανιογόνοι οργανισμοί δεν είναι ενεργοί και η λίμνη σταθεροποίησης θα χρησιμεύσει κυρίως ως μια δεξαμενή ιζηματογένεσης. Εντούτοις, όταν αυξάνεται η θερμοκρασία επάνω από 15°C, η παραγωγή CH4 είναι πιθανό να ξαναρχίσει.

Ο κύριος παράγοντας στον καθορισμό της δυνατότητας παραγωγής CH4 των υγρών αποβλήτων είναι το ποσό διασπάσιμου οργανικού υλικού στα λύματα. Οι κοινοί παράμετροι που χρησιμοποιούνται για να μετρήσουν το οργανικό συστατικό των υγρών αποβλήτων είναι η βιοχημική απαίτηση οξυγόνου (BOD) και η χημική απαίτηση οξυγόνου (COD). Υπό τις ίδιες συνθήκες , τα υγρά απόβλητα με τις υψηλότερες συγκεντρώσεις COD ή BOD θα παράγουν γενικά περισσότερο CH4 από τα υγρά απόβλητα με τις χαμηλότερες συγκεντρώσεις COD (ή BOD). Η συγκέντρωση BOD δείχνει μόνο το ποσό άνθρακα που είναι αερόβια βιοδιασπάσιμο. Η τυποποιημένη μέτρηση για τη BOD είναι μια μέτρηση πέντε ημερών, που παρουσιάζεται ως BOD_5. Ο όρος BOD θα αναφέρεται ως BOD_5. Το COD μετρά το συνολικό υλικό που είναι διαθέσιμο για τη χημική οξείδωση (βιοδιασπάσιμη και μη-βιοδιασπάσιμη). Δεδομένου ότι το BOD είναι μια αερόβια παράμετρος, μπορεί να είναι λιγότερο κατάλληλο για τον καθορισμό των οργανικών συστατικών στα αναερόβια περιβάλλοντα. Επίσης, ο τύπος υγρών αποβλήτων και ο τύπος βακτηριδίων που συναντώνται στο λύματα επηρεάζουν τη συγκέντρωση BOD σε αυτά. Συνήθως το BOD αναφέρεται συχνότερα για τα οικιακά λύματα, ενώ το COD χρησιμοποιείται κυρίως για τα βιομηχανικά.

Υποξείδιο του αζώτου (N_2O)

Το N_2O συνδέεται με την αποδόμιση των τμημάτων αζώτου στα υγρά απόβλητα, π.χ. την ουρία, το νιτρικό άλας και την πρωτεΐνη. Τα οικιακά λύματα περιλαμβάνουν τα ανθρώπινα λύματα που αναμιγνύονται με άλλα υγρά απόβλητα, που μπορεί να περιλαμβάνουν τα απόβλητα αποχέτευσης από τους αγωγούς ντους, αγωγούς νεροχυτών, πλυντήρια ρούχων, κ.λπ. Τα συστήματα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων μπορούν να περιλάβουν ποικίλες διαδικασίες, που φτάνουν ως την τριτοβάθμια τεχνολογία επεξεργασίας για την αφαίρεση των ενώσεων αζώτου. Μετά την επεξεργασία, τα απόβλητα αποχέτευσης απαλλάσσονται χαρακτηριστικά σε ένα υδάτινο περιβάλλον (π.χ., ποταμός, λίμνη, εκβολή, κ.λπ.). Οι άμεσες εκπομπές N_2O μπορούν να παραχθούν και κατά τη διάρκεια της νιτροποίησης και της διάσπασης νιτρικών του αζώτου . Και οι δύο διαδικασίες μπορούν να εμφανιστούν στις εγκαταστάσεις και στο νερό που λαμβάνει τα απόβλητα αποχέτευσης. Η νιτροποίηση είναι μια αερόβια διαδικασία που μετατρέπει την αμμωνία και άλλες ενώσεις αζώτου στο νιτρικό άλας (NO_3^-), ενώ η διάσπαση νιτρικών εμφανίζεται υπό τους ανοξικούς όρους (χωρίς ελεύθερο οξυγόνο), και περιλαμβάνει τη βιολογική μετατροπή του νιτρικού άλατος στο αέριο (N_2). Το υποξείδιο μπορεί να είναι ένα ενδιάμεσο προϊόν και των δύο διαδικασιών, αλλά συνδέεται συχνότερα με τη διάσπαση νιτρικών.

Συστήματα επεξεργασίας και απαλλαγής και δυνατότητα παραγωγής CH_4 και N_2O

Τα συστήματα επεξεργασίας ή οι τρόποι απαλλαγής που παρέχουν τα αναερόβια περιβάλλοντα θα παραγάγουν γενικά το CH_4 ενώ τα συστήματα που παρέχουν τα αερόβια περιβάλλοντα θα παραγάγουν κανονικά ελάχιστο ή καθόλου CH_4. Παραδείγματος χάριν, για τις λίμνες σταθεροποίησης χωρίς μίξη ή αερισμό, το βάθος τους είναι ένας κρίσιμος παράγοντας στην παραγωγή CH_4. Οι ρηχές λίμνες, λιγότερο από 1 μέτρο σε βάθος, παρέχουν γενικά τους αερόβιους όρους και ελάχιστο ή καθόλου CH_4 είναι πιθανό να παραχθεί. Οι λίμνες βαθύτερες από περίπου 2-3 μέτρα θα παράσχουν γενικά τα αναερόβια περιβάλλοντα και η παραγωγή CH_4 μπορεί να αναμένεται σημαντική.

2.14.2.2 Κύρια μέθοδος εκτίμησης εκπομπών

Εκπομπές Μεθανίου από τα λύματα

Μεθοδολογικά ζητήματα

Οι εκπομπές είναι μια συνάρτηση του ποσού οργανικών αποβλήτων που παράγονται και του παράγοντα εκπομπής που χαρακτηρίζει το βαθμό στον οποίο αυτά τα απόβλητα παράγουν το CH_4.

Τρεις σειρές μεθόδων για το CH_4 από αυτήν την κατηγορία συνοψίζονται παρακάτω:

Η σειρά 1 εφαρμόζει τις προκαθορισμένες αξίες για τους παράγοντες εκπομπής και της παραμέτρους δραστηριότητας. Αυτή η μέθοδος θεωρείται ορθή πρακτική για χώρες με περιορισμένα στοιχεία.
Η σειρά 2 ακολουθεί την ίδια μέθοδο με τη σειρά 1 αλλά επιτρέπει την ενσωμάτωση ενός ειδικού παράγοντα εκπομπής χωρών και ενός ειδικού στοιχείου δραστηριότητας χωρών. Παραδείγματος χάριν, ένας ειδικός παράγοντας εκπομπής για ένα προεξέχον σύστημα επεξεργασίας βασισμένο στις μετρήσεις τομέων θα μπορούσε να ενσωματωθεί κάτω από αυτήν την μέθοδο. Το ποσό ιλύος που αφαιρείται για την αποτέφρωση, η εδαφική εναπόθεση, και το γεωργικό έδαφος πρέπει να ληφθούν υπόψη.

Για μια χώρα με καλά στοιχεία και προηγμένες μεθοδολογίες, μια συγκεκριμένη μέθοδος χωρών θα μπορούσε να εφαρμοστεί ως σειρά 3 . Για μια πιο προηγμένη χώρα η συγκεκριμένη μέθοδος θα μπορούσε να βασιστεί στα στοιχεία από τις μεγάλες εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων. Οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων να περιλάβουν τα αναερόβια βήματα διαδικασίας. Το CH_4 που παράγεται σε τέτοιες εγκαταστάσεις μπορεί να ανακτηθεί και να καεί σε μια συσκευή φλογών ή ενέργειας. Το ποσό του CH_4 που είναι καμένο ή ανακτημένο για την ενεργειακή χρήση πρέπει να αφαιρεθεί από τις συνολικές εκπομπές μέσω της χρήσης μιας χωριστής παραμέτρου αποκατάστασης CH_4. Το ποσό του CH_4 που ανακτάται εκφράζεται ως ρ στην εξίσωση 2.3.

Πρέπει να σημειωθεί ότι μόνο μερικές χώρες μπορούν να έχουν τα στοιχεία αφαίρεσης ιλύος και τα στοιχεία αποκατάστασης CH_4. Η προεπιλογή για την αφαίρεση ιλύος είναι μηδέν. Η προεπιλογή για την αποκατάσταση CH_4 είναι μηδέν. Εάν μια χώρα επιλέγει να εκθέσει την αποκατάσταση CH_4, είναι πρέπον να διακρίνει μεταξύ της καύσης και της αποκατάστασης CH_4 για την ενεργειακή παραγωγή, η οποία πρέπει να αναφερθεί στον τομέα της ενέργειας λαμβάνοντας υπόψη την αποφυγή των εκπομπών διπλού υπολογισμού από την καύση και την ενέργεια που χρησιμοποιήθηκε.

Οι εκπομπές από την καύση δεν είναι σημαντικές, δεδομένου ότι οι εκπομπές του CO_2 είναι βιογονικής προέλευσης, και οι CH_4 και N_2O εκπομπές είναι πολύ μικρές. Έτσι δεν θεωρείται απαραίτητη πρακτική η εκτίμησή τους. Εντούτοις, εάν το επιθυμούν να γίνει έτσι αυτές οι εκπομπές πρέπει να αναφερθούν κάτω από τον τομέα των αποβλήτων.

Τα βήματα που θα ακολουθηθούν είναι τα εξής:

Βήμα 1: Εξίσωση 2.5 για να υπολογίσει ο συνολικός οργανικός διασπάσιμος άνθρακας στα λύματα (TOW).

Βήμα 2: Επιλέξτε το τρόπο και τα συστήματα σύμφωνα με τα στοιχεία δραστηριότητας χωρών. Χρησιμοποιήστε την εξίσωση 2.4 για να λάβετε τον παράγοντα εκπομπής για κάθε επεξεργασία υγρών αποβλήτων ή το σύστημα απαλλαγής.

Βήμα 3: Η εξίσωση 2.3 χρησιμοποιείται για να υπολογίσει τις εκπομπές, ρυθμίζει την πιθανή αφαίρεση ιλύος ή και την αποκατάσταση CH4 και αθροίζει τα αποτελέσματα για κάθε τρόπο.

Ο χαρακτηρισμός των λυμάτων θα καθορίσει το μέρος των υγρών αποβλήτων που επεξεργάζεται ή που απαλλάσσεται από ένα ιδιαίτερο σύστημα. Για να καθορίσει τη χρήση κάθε τύπου συστήματος επεξεργασίας ή απαλλαγής, είναι ορθή πρακτική να αναφερθεί στις εθνικές στατιστικές (π.χ. από τις ρυθμιστικές αρχές). Εάν αυτά τα στοιχεία δεν είναι διαθέσιμα οι διεθνείς οργανισμοί όπως η Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας (WHO) μπορούν να έχουν τα στοιχεία όσον αφορά τη χρήση συστημάτων. Διαφορετικά, οι διαβουλεύσεις με τους εμπειρογνώμονες υγιεινής μπορούν να βοηθήσουν, και η ειδική κρίση μπορεί επίσης να εφαρμοστεί.

Το σύστημα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων διαφέρει συχνά για τους αγροτικούς και αστικούς κατοίκους. Επίσης, στις αναπτυσσόμενες χώρες, είναι πιθανό να υπάρξουν διαφορές μεταξύ των κατοίκων υψηλού εισοδήματος και αυτών χαμηλού εισοδήματος. Ως εκ τούτου, ο U παράγοντας εισάγεται για να εκφράσει κάθε μέρος εισοδηματικής ομάδας. Είναι ορθή πρακτική να αντιμετωπιστούν οι τρεις κατηγορίες: αγροτικός πληθυσμός, αστικός πληθυσμός υψηλού εισοδήματος, και αστικός πληθυσμός χαμηλού εισοδήματος χωριστά.

Η γενική εξίσωση για να υπολογιστούν οι εκπομπές CH4 από τα οικιακά λύματα είναι η ακόλουθη:

$$CH4\ Emissions = [\ \Sigma_{i,j}\ (\ Ui * Ti,j * EFj\ )\ ] * (\ TOW - S\ ) - R \qquad 2.3$$

όπου,

CH4 emissions= εκπομπές Kg CH4/yr

TOW= συνολικές οργανικές ουσίες kg BOD/yr

S= οργανικό συστατικό που αφαιρείται ως λάσπη kg BOD/yr

Ui= τιμή για τον πληθυσμό στην εισοδηματική ομάδα

Ti,j= βαθμός χρησιμοποίησης της επεξεργασίας j, για κάθε εισοδηματική ομάδα
I= εισοδηματική ομάδα: αγροτικό, αστικό υψηλό εισόδημα και αστικό χαμηλό εισόδημα
j= κάθε επεξεργασία ή σύστημα απαλλαγής
EFj= παράγοντας εκπομπής kg CH4 / kg BOD
R= ποσό του CH4 που ανακτάται kg CH4/yr
Επιλογή των παραγόντων εκπομπής

Ο παράγοντας εκπομπής για μια επεξεργασία υγρών αποβλήτων και για το σύστημα απαλλαγής είναι μια λειτουργία της μέγιστης δυνατής παραγωγής CH4 (Bo) και ο παράγοντας διορθώσεων μεθανίου (MCF) για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων και το σύστημα απαλλαγής, όπως φαίνεται στην εξίσωση 2.4. Το B_0 είναι το μέγιστο ποσό του CH4 που μπορεί να παραχθεί από μια δεδομένη ποσότητα οργανικών ουσιών (όπως εκφράζεται στη BOD ή το COD) στο απόβλητο. Το MCF δείχνει το βαθμό στον οποίο το CH4 που παράγεται (Bo) πραγματοποιείται σε κάθε τύπο επεξεργασίας και διάβασης και συστήματος απαλλαγής. Κατά συνέπεια, είναι μια ένδειξη του βαθμού στον οποίο το σύστημα είναι αναερόβιο.

$$EFj = Bo * MCFj \qquad 2.4$$

όπου,
EFj= παράγοντας εκπομπής kg CH4 / kg BOD
J= κάθε επεξεργασία ή σύστημα απαλλαγής
Bo= μέγιστο CH4 που παράγεται kg CH4/kg BOD
MCFj= συντελεστής διόρθωσης μεθανίου

Η ορθή πρακτική είναι να χρησιμοποιηθούν τα συγκεκριμένα στοιχεία της κάθε χώρας για το BO, όπου είναι διαθέσιμα, που εκφράζονται σε kg CH4/kg BOD που αφαιρείται για να είναι σύμφωνα με τα στοιχεία δραστηριότητας. Εάν τα συγκεκριμένα στοιχεία της χώρας δεν είναι διαθέσιμα, μια προκαθορισμένη τιμή, 0,6 kg CH4/kg BOD μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Για τα οικιακά λύματα, το COD βασισμένο στον αξία του Bo μπορεί να μετατραπεί σε μια αξία BOD με τον πολλαπλασιασμό του με έναν παράγοντα 2.4.

Πίνακας 2 :Ο παρακάτω πίνακας περιλαμβάνει την μέγιστη δυνατή παραγωγή CH4 (Bo) για τα οικιακά λύματα (Doorn et al.,1997).

0.6 kg CH_4/kg BOD
0.25 kg CH_4/kg COD

Πίνακας με τις τιμές MCF παρατίθεται στο παράρτημα

Επιλογή των στοιχείων δραστηριότητας

Το στοιχείο δραστηριότητας για αυτήν την κατηγορία πηγής είναι το συνολικό ποσό οργανικά διασπάσιμου υλικού στα υγρά απόβλητα (TOW). Αυτή η παράμετρος είναι μια λειτουργία του ανθρώπινου πληθυσμού και της παραγωγής BOD ανά άτομο. Εκφράζεται από την άποψη της βιοχημικής απαίτησης οξυγόνου (kg BOD/year). Η εξίσωση για το TOW είναι:

$$TOW = P * BOD * 0.001 * I * 365 \qquad 2.5$$

όπου,
TOW = συνολικές οργανικές ουσίες στα υγρά απόβλητα kg BOD/yr
P = πληθυσμός χωρών (person)
BOD =BOD ανά κάτοικο g/person/day
0.001 =μετατροπή από γραμμάρια σε κιλά BOD
I = παράγοντας διορθώσεων της πρόσθετης βιομηχανικής τιμής BOD που απαλλάσσεται στους υπονόμους (για συλλογή 1,25 για μη συλλογή 1,00)

Στο παράρτημα παρατίθεται ένας πίνακας με BOD_5 για την περίπτωση που δεν έχουμε μετρήσεις (Doorn -Liles 1999 και Metcalf- Eddy 2003) καθώς επίσης και πίνακες με τιμές για το T(i,j) (Doorn και Liles 1999).

Συνέπεια χρονικής σειράς

Η ίδια μέθοδος και το σύνολο των στοιχείων πρέπει να χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό των εκπομπών CH4 από τα λύματα για κάθε έτος. Το MCF για τα διαφορετικά συστήματα επεξεργασίας δεν πρέπει να αλλάξει από χρόνο σε χρόνο, εκτός αν μια τέτοια αλλαγή είναι δικαιολογήσιμη και τεκμηριωμένη. Εάν το μέρος του λύματος που επεξεργάζεται στα διαφορετικά συστήματα επεξεργασίας αλλάζει κατά τη διάρκεια του χρονικού διαστήματος, οι λόγοι για αυτές τις αλλαγές πρέπει να τεκμηριωθούν.

Η απομάκρυνση της ιλύος και η αποκατάσταση CH4 πρέπει να υπολογιστούν με συνέπεια στα έτη και στη χρονική σειρά. Η αποκατάσταση μεθανίου πρέπει να περιληφθεί μόνο εάν υπάρχουν ικανοποιητικά στοιχεία. Η ποσότητα ανακτημένου μεθανίου πρέπει να αφαιρεθεί από το μεθάνιο που παράγεται .

Επειδή τα στοιχεία δραστηριότητας προκύπτουν από το στοιχείο πληθυσμών, το οποίο είναι διαθέσιμο για όλες τις χώρες και όλα τα έτη, οι χώρες πρέπει να είναι σε θέση να κατασκευάσουν μια ολόκληρη χρονική σειρά για το διεσπαρμένο και συλλεχθέν υγρό απόβλητο. Εάν τα στοιχεία όσον αφορά το μερίδιο του απόβλητου που επεξεργάζεται εναντίον του μη επεξεργασμένου λείπουν για ένα ή περισσότερα έτη, τα αναπληρωματικά στοιχεία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να υπολογιστούν οι εκπομπές. Οι εκπομπές από τα λύματα χαρακτηριστικά δεν αυξομειώνονται σημαντικά από χρόνο σε χρόνο.

Αβεβαιότητες

Καθοδήγηση σχετικά με την απόσπαση και τη χρησιμοποίηση των ειδικών κρίσεων που σε συνδυασμό με τα εμπειρικά στοιχεία μπορούν να παρέχουν τις γενικές εκτιμήσεις αβεβαιότητας. Ο πίνακας στο παράρτημα παρέχει τις τιμές αβεβαιότητας προεπιλογής για τον παράγοντα εκπομπής και τα στοιχεία δραστηριότητας των υγρών αποβλήτων. Οι ακόλουθες παράμετροι θεωρούνται πολύ αβέβαιες.

- Ο βαθμός στον οποίο τα λύματα στις αναπτυσσόμενες χώρες αντιμετωπίζεται στις τουαλέτες, σηπτικές δεξαμενές, ή αφαιρούνται από τον υπόνομο, για τις αστικές ομάδες χαμηλού και υψηλού εισοδήματος και τον αγροτικό πληθυσμό (Tj, j).
- Το μέρος των υπονόμων που είναι ανοικτό , καθώς επίσης και ο βαθμός στους οποίους οι ανοικτοί υπόνομοι στις αναπτυσσόμενες χώρες είναι αναερόβιοι και θα εκπεμφθεί το CH_4. Αυτό θα εξαρτηθεί από το χρόνο και τη θερμοκρασία διατήρησης, και από άλλους παράγοντες συμπεριλαμβανομένης της παρουσίας ενός προαιρετικού στρώματος και ενδεχομένως συστατικών που είναι τοξικά στα αναερόβια βακτηρίδια (π.χ. ορισμένες βιομηχανικές απαλλαγές υγρών αποβλήτων).
- Το ποσό του βιομηχανικού TOW που απαλλάσσεται στους ανοικτούς ή κλειστούς εσωτερικούς υπονόμους για κάθε χώρα είναι πολύ δύσκολο να υπολογισθεί.

Εκπομπές N_2O από τα λύματα

Μεθοδολογικά ζητήματα

Οι εκπομπές N_2O μπορούν να εμφανιστούν ως άμεσες εκπομπές από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας ή από τις έμμεσες εκπομπές από λύματα μετά από τη διάθεση των αποβλήτων αποχέτευσης στις υδάτινες οδούς, τις λίμνες ή τη θάλασσα. Οι άμεσες εκπομπές από τη νιτροποίηση και τη διάσπαση νιτρικών στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων μπορούν να θεωρηθούν ως δευτερεύουσα πηγή και η καθοδήγηση προσφέρεται για να τις υπολογίσει. Χαρακτηριστικά, αυτές οι εκπομπές είναι πολύ μικρότερες από εκείνες των αποβλήτων αποχέτευσης και μπορούν μόνο να είναι ενδιαφέρουσες στις χώρες που κυρίως έχουν προωθήσει τις συγκεντρωμένες μονάδες επεξεργασίας λυμάτων με τα βήματα νιτροποίησης και διάσπασης νιτρικών.

Είναι ορθή πρακτική να υπολογιστεί το N_2O από τα οικιακά απόβλητα αποχέτευσης υγρών αποβλήτων που χρησιμοποιούν τη μέθοδο που δίνεται εδώ. Οι άμεσες εκπομπές πρέπει να υπολογιστούν μόνο για τις χώρες που έχουν τις κυρίως προηγμένες συγκεντρωμένες εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων με τα βήματα νιτροποίησης και διάσπασης νιτρικών.

Συνεπώς, αυτό το τμήμα εξετάζει τις έμμεσες N_2O εκπομπές από τα απόβλητα αποχέτευσης επεξεργασίας λυμάτων που απαλλάσσονται στα υδρόβια περιβάλλοντα.

Η απλουστευμένη γενική εξίσωση είναι η ακόλουθη:

$$N2O\ Emissions = N_{EFFLUENT} * EF_{EFFLUENT} * 44/28 \qquad 2.6$$

όπου,

N2O emissions = εκπομπές N2O kg N2O/yr

$N_{EFFLUENT}$ =άζωτο στα απόβλητα αποχέτευσης που απαλλάσσονται στα υδρόβια περιβάλλοντα kg N/yr

$EF_{EFFLUENT}$ = παράγοντας εκπομπής για N2O εκπομπές απαλλαγμένες στα λύματα kg N2O-N/kg N

Ο συντελεστής 44/28 είναι για να μετατρέψει τα kg N2O-N σε kg N2O.

Επιλογή των παραγόντων εκπομπής

Ο παράγοντας εκπομπής προεπιλογής IPCC για τις N_2O εκπομπές από τα οικιακά λύματα αζώτου υγρών αποβλήτων είναι 0,005 (0.0005 - 0.25) kg N2O-N/kg N. Αυτός ο παράγοντας εκπομπής είναι βασισμένος στα περιορισμένα στοιχεία τομέων και στις συγκεκριμένες υποθέσεις σχετικά με το περιστατικό της νιτροποίησης και της διάσπασης νιτρικών στους ποταμούς και στις εκβολές. Η πρώτη υπόθεση είναι ότι όλο το άζωτο απαλλάσσεται με τα απόβλητα αποχέτευσης. Η δεύτερη υπόθεση είναι ότι η N_2O παραγωγή στους ποταμούς και τις εκβολές συσχετίζεται άμεσα με τη νιτροποίηση και τη διάσπαση νιτρικών και επομένως με το άζωτο που απαλλάσσεται στον ποταμό.

Επιλογή των στοιχείων δραστηριότητας

Τα στοιχεία δραστηριότητας που απαιτούνται για τον υπολογισμό των εκπομπών N2O είναι περιεκτικότητα σε άζωτο στα απόβλητα αποχέτευσης, πληθυσμός χωρών και υπολογίζουν κατά μέσο όρο την ετήσια κατά κεφαλήν πρωτεϊνική παραγωγή (kg/person/yr). Η κατά κεφαλήν πρωτεϊνική παραγωγή αποτελείται από την εισαγωγή (κατανάλωση) που είναι διαθέσιμη από την Οργάνωση για τη Διατροφή και την Υγεία (FAO, 2004), που πολλαπλασιάζεται με τους παράγοντες για να αποτελέσει την πρόσθετη μη-καταναλωμένη πρωτεΐνη και για τη βιομηχανική πρωτεΐ'νη που απαλλάσσεται στο σύστημα υπονόμων. Τρόφιμα (απόβλητα) που δεν καταναλώνονται μπορούν να πλυθούν κάτω από τον αγωγό (π.χ., όπως αποτέλεσμα της χρήσης των διαθέσεων απορριμμάτων σε μερικές αναπτυγμένες χώρες) και επίσης, το νερό λουτρών και πλυντηρίων μπορεί να αναμένεται για να συμβάλει στις φορτώσεις αζώτου. Για τις αναπτυγμένες χώρες που χρησιμοποιούν τις διαθέσεις απορριμμάτων, η προεπιλογή για την μη-καταναλωμένη πρωτεΐνη που απαλλάσσεται στις διαβάσεις υγρών αποβλήτων είναι 1,4, ενώ για τις αναπτυσσόμενες χώρες είναι 1,1 από τις βιομηχανικές ή εμπορικές πηγές που απαλλάσσονται στον υπόνομο μπορεί να περιέχουν τη πρωτεΐνη (π.χ., από τα καταστήματα και τους χασάπηδες παντοπωλείων). Η προεπιλογή για αυτό το μέρος είναι 1,25.

Το συνολικό άζωτο στα απόβλητα αποχέτευσης υπολογίζεται ως εξής:

$$N_{EFFLUENT} = (P * Protein * F_{NPR} * F_{NON\text{-}CON} * F_{IND\text{-}COM}) - N_{SLUDGE} \quad 2.7$$

όπου,

$N_{EFFLUENT}$ = συνολικό ετήσιο ποσό αζώτου στα απόβλητα αποχέτευσης λυμάτων kg N/yr

P = ανθρώπινος πληθυσμός

Protein = ετήσια κατά κεφαλήν πρωτεϊνική κατανάλωση
kg/person/yr
F_{NPR} =ποσό αζώτου στην πρωτεΐνη , τυπική τιμή = 0.16, kg N/kg πρωτεΐνης
$F_{NON-CON}$ = παράγοντας για την μη-καταναλωμένη πρωτεΐνη που προστίθεται στο λύμα
$F_{IND-COM}$ = παράγοντας για τη βιομηχανική και εμπορική απαλλαγμένη πρωτεΐνη στο σύστημα υπονόμων
N_{SLUDGE} = άζωτο που αφαιρείται με την ιλύ (τυπική τιμή = 0), kg N/yr

Υποκατηγορία – Εκπομπές από τις προηγμένες εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων

Οι εκπομπές από τις προηγμένες εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων είναι χαρακτηριστικά πολύ μικρότερες από εκείνες των αποβλήτων αποχέτευσης και μπορούν μόνο να είναι ενδιαφέρουσες για τις χώρες που έχουν τις κυρίως προηγμένες εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων με τα ελεγχόμενα βήματα νιτροποίησης και διάσπασης νιτρικών. Ο γενικός παράγοντας εκπομπής για να υπολογίσει τις N_2O εκπομπές από τέτοιες εγκαταστάσεις είναι 3,2 g N_2O/person/year. Αυτός ο παράγοντας εκπομπής καθορίστηκε κατά τη διάρκεια της δοκιμής εγκαταστάσεων επεξεργασίας οικιακών λυμάτων (Czepiel et Al, 1995). Τα στοιχεία εκπομπής λήφθηκαν σε εγκαταστάσεις που έλαβαν μόνο το οικιακά λύματα. Αυτά τα υγρά απόβλητα περιέλαβαν ήδη την πρωτεΐνη μη-κατανάλωσης, αλλά δεν περιέλαβαν οποιοδήποτε απαλλαγμένο βιομηχανικό και εμπορικό λύμα. Κανένας άλλος παράγοντας εκπομπής δεν είναι διαθέσιμος.

Οι εκπομπές από N_2O από τις διαδικασίες επεξεργασίας λυμάτων υπολογίζονται ως εξής:

$$N_2O_{PLANTS} = P * T_{PLANT} * F_{IND-COM} * EF_{PLANT} \qquad 2.8$$

όπου,
N_2O_{PLANTS} = συνολικές N_2O εκπομπές από τις εγκαταστάσεις kg N_2O/yr
P = πληθυσμός

T_{PLANT} = βαθμός χρησιμοποίησης των σύγχρονων εγκαταστάσεων WWT %
$F_{IND-COM}$ = βιομηχανική και εμπορική απαλλαγή πρωτεΐνης (τυπική τιμή= 1.25, Metcalf & Eddy,2003)
EF_{PLANT} = παράγοντας εκπομπής 3,2 g N2O/person/year

Όταν μια χώρα επιλέγει να περιλάβει τις N2O εκπομπές από τις εγκαταστάσεις, το ποσό αζώτου που συνδέεται με αυτές τις εκπομπές (N_{WWT}) πρέπει να ξανά υπολογιστεί και να αφαιρεθεί από το $N_{EFFLUENT}$. Το N_{WWT} μπορεί να υπολογιστεί με τον πολλαπλασιασμό N_2O από το 28/44, χρησιμοποιώντας τα μοριακά βάρη.

Συνέπεια χρονικής σειράς

Εάν μια χώρα αποφασίζει να ενσωματώσει τις εκπομπές εγκαταστάσεων στην εκτίμηση, αυτή η αλλαγή πρέπει να γίνει για ολόκληρη την χρονική σειρά. Η πιθανή αφαίρεση ιλύος πρέπει να αντιμετωπιστεί με συνέπεια στα έτη της χρονικής σειράς.

3 Κύρια μεθοδολογία

Η κύρια μεθοδολογία αφορά μία λογική διαδικασία για την εκτίμηση θερμοκηπικών αέριων εκπομπών από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων από τους συγγραφείς Monteith, Sahely, MacLean, Bagley (2005).

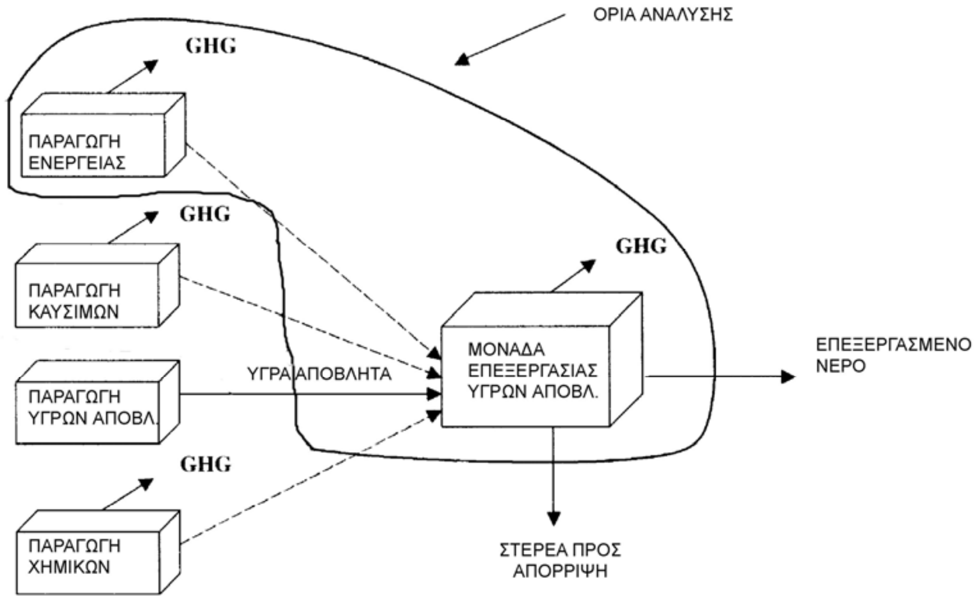
Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως η διακυβερνητική επιτροπή στην προσέγγιση αλλαγής κλίματος (Γενεύη, Ελβετία) αποδίδει μόνο τις εκπομπές μεθανίου στην επεξεργασία λυμάτων, αλλά αυτή η προσέγγιση μπορεί να υπερεκτιμήσει τις εκπομπές θερμοκηπικών αέριο από τις ιδιαίτερα αερόβιες διαδικασίες που χρησιμοποιούνται. Για να υπολογιστούν καλύτερα οι εκπομπές θερμοκηπικών αερίων, έχει αναπτυχθεί μια διαδικασία που μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε με τα συγκεκριμένα στοιχεία εγκατάστασης είτε τα γενικότερα περιφερειακά στοιχεία. Η διαδικασία αξιολογήθηκε χρησιμοποιώντας τα πραγματικού μεγέθους στοιχεία από διάφορες εγκαταστάσεις επεξεργασίας απόβλητων. Το κύριο θερμοκηπικό αέριο που εκπέμφθηκε από τις μονάδες επεξεργασίας λυμάτων υπολογίστηκε να είναι διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), με πολύ λίγο μεθάνιο αναμενόμενο. Η αύξηση της αποτελεσματικότητας της παραγωγής και της χρήσης βιοαερίων θα μειώσει τις εκπομπές θερμοκηπικών αερίων που μπορούν να οριστούν στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων. Στη συνέχεια θα δημιουργηθεί ένα Excel για την τυποποίηση της μεθόδου και τη γρήγορη εφαρμογή της.

3.1 Γενική προσέγγιση διαδικασίας εκτίμησης.

Η παρούσα διαδικασία εκτίμησης για τις εκπομπές GHG προορίζεται να ισχύσει σε πολλές διαφορετικές εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων. Επιπλέον, αυτή η διαδικασία μπορεί να εφαρμοστεί ελλείψει συγκεκριμένων στοιχείων για να υπολογίσει GHG λόγω της επεξεργασίας λυμάτων σε μια περιοχή. Για να αναπτυχθεί αυτή η διαδικασία αρχικά προσδιορίστηκαν ένα κατάλληλο όριο συστημάτων και οι εισαγωγές που απαιτούνται για αυτό το σύστημα. Κατόπιν, τα GHG που παράγουν οι διαδικασίες μέσα στο σύστημα καθορίστηκαν και στη συνέχεια αναπτύχθηκαν οι προσεγγίσεις για τον καθορισμό των εκπομπών GHG για τις περιπτώσεις όπου τα συγκεκριμένα στοιχεία εγκατάστασης είναι διαθέσιμα και για τις περιπτώσεις όπου απουσιάζουν. Για να ελεγχθεί αυτήν την διαδικασία, τα στοιχεία ελήφθησαν από διάφορες μονάδες επεξεργασίας λυμάτων. Οι υπολογισμοί εκπομπής GHG που χρησιμοποιούν τα συγκεκριμένα στοιχεία της εγκατάστασης συγκρίθηκαν με τους γενικευμένους υπολογισμούς που αναπτύχθηκαν για τη χρήση ελλείψει των στοιχείων. Μόλις ολοκληρώθηκε η επαλήθευση οι εκτιμήσεις αναπτύχθηκαν και έτσι είμαστε σε θέση να χρησιμοποιήσουμε τη μέθοδο.

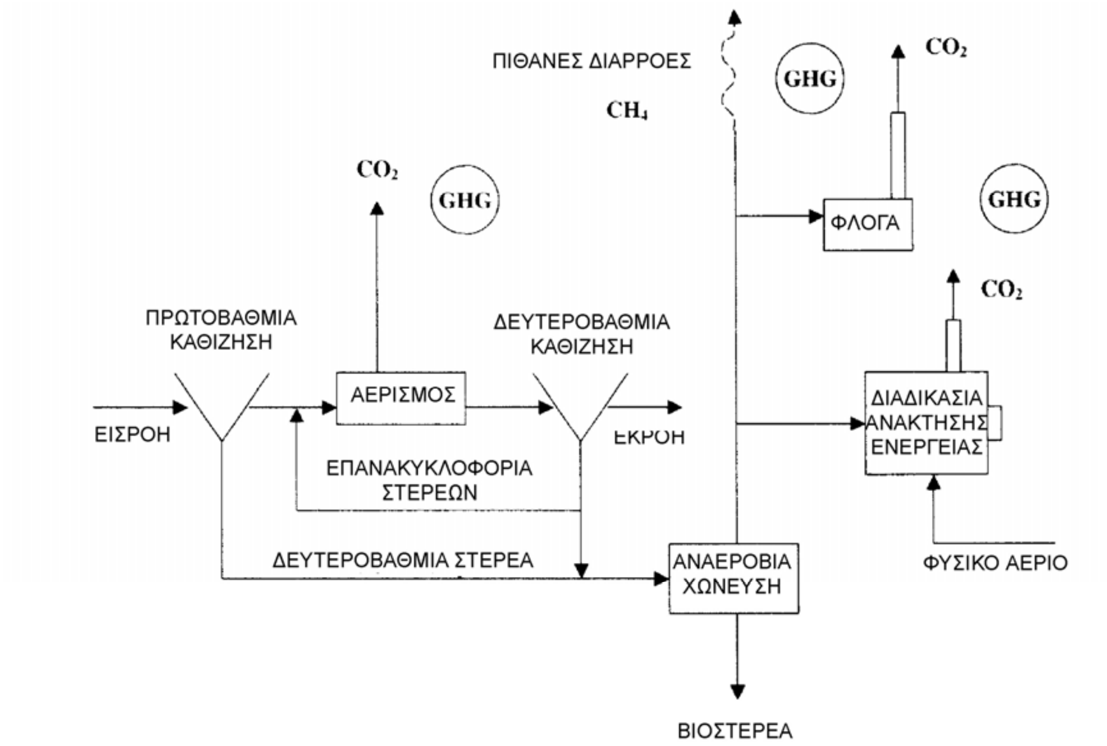
3.2 Όριο συστημάτων και εισαγόμενες απαιτήσεις.

Οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων λαμβάνουν τα υγρά απόβλητα και παράγουν τα επεξεργασμένα χρησιμοποιώντας μια συλλογή διαδικασιών. Θερμοκηπικά αέρια παράγονται από τις διαδικασίες επεξεργασίας λυμάτων, από τις διαδικασίες επεξεργασίας ιλύος, και από την καύση του βιοαερίου και των ορυκτών καυσίμων για την ενεργειακή παραγωγή. Τα αέρια θερμοκηπίου μπορούν επίσης να παραχθούν λόγω της διάθεσης της ιλύος (μεταφορά και υποβάθμιση της ιλύος), της εκτός πεδίου ενεργειακής παραγωγής και παραγωγής χημικών ουσιών, και ακόμη και από την υποβάθμιση των συστατικών που παραμένουν στο επεξεργασμένο λύμα.



Σχήμα 3 : όρια ανάλυσης

Η ποσότητα και η διανομή των παραγόμενων GHG θα εξαρτηθούν από τα χαρακτηριστικά των εισερχόμενων λυμάτων, των απαραίτητων κριτηρίων επεξεργασμένων υγρών, και των επί τόπου διαδικασιών. Μπορούν να ληφθούν τα στοιχεία ροής και τα εισρέοντα χαρακτηριστικά καθώς επίσης μπορούν να καθοριστούν και το BOD, τα ανασταλμένα στερεά, και οι φορτώσεις αζώτου και φωσφόρου στη γραμμή επεξεργασίας υγρών. Για την παραγωγή των εκτιμήσεων για τις ευρύτερες περιοχές, τα στοιχεία μπορεί να μην είναι εύκολα διαθέσιμα. Εάν οι λεπτομερείς πληροφορίες ροής δεν είναι διαθέσιμες, οι ροές μπορούν να υπολογιστούν από τις εκτιμήσεις πληθυσμών και των παραγόντων σχεδίου ροής. Ομοίως, ελλείψει των πραγματικών εισρεόντων χαρακτηριστικών χρησιμοποιούνται τυποποιημένες τιμές κατά κεφαλήν BOD, ανασταλμένα στερεά, άζωτο, φώσφορο και υπολογίζονται οι συγκεντρώσεις.



Σχήμα 4 : διαδικασίες και εκπομπές στα στάδια επεξεργασίας (Sahely et Al.,2006).

3.3 Προκλήσεις που προκύπτουν από τις απλές εκτιμήσεις εκπομπής αέριων θερμοκηπίου.

Σε αυτό το σημείο, η πρόκληση υπάρχει για να υπολογιστούν τα ποσοστά εκπομπής GHG απλώς βάσει των μαζικών ισορροπιών. Παραδείγματος χάριν φανταστείτε τις διαδικασίες όπου μετατρέπει όλος ο εισερχόμενος βιοδιασπάσιμος άνθρακας σε CO_2 (παρέχοντας ιδιαίτερα καθαρισμένα απόβλητα αποχέτευσης και μόνο ανόργανα στερεά αποβλήτων). Σε αυτήν την περίπτωση, η θεωρητική μέγιστη εκπομπή του CO_2 θα ήταν 3,7 kg Co_2 αντίτιμο σε kg βιοδιασπάσιμου άνθρακα. Τώρα, φανταστείτε τις διαδικασίες μέσα στο όριο που μετατρέπει το μισό του εισερχόμενου βιοδιασπάσιμου άνθρακα στο CH4 αντί στο Co2. Εάν όλα τα παραχθέντα αέρια απελευθερώνονται, η εκπομπή GHG από τον άνθρακα θα ήταν 1,8 kg Co_2 αντίτιμο kg βιοδιασπάσιμου άνθρακα, υπό μορφή Co2, συν τα 15,3 kg Co_2 αντίτιμο kg βιοδιασπάσιμου άνθρακα από το CH4. Η θεωρητική μέγιστη εκπομπή είναι τώρα 17,1, όχι 3,7, από τον ίδιο εισερχόμενο άνθρακα.

Αυτά τα παραδείγματα παρέχουν μια ένδειξη των προκλήσεων σχετικά με τον καθορισμό ακριβώς των εκπομπών GHG από τον άνθρακα που εισάγεται στα λύματα. Μια πρόσθετη πρόκληση προκύπτει όταν εξετάζονται οι εκπομπές GHG, που προκύπτουν από την καύση των ορυκτών καυσίμων (για να παραγάγουν την ηλεκτρική ενέργεια και τη θερμότητα για τη χρήση). Εάν το CH_4 που παρήχθη στο δεύτερο παράδειγμα παραπάνω χρησιμοποιήθηκε σε μια δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας για να αντισταθμίσει τη χρήση φυσικού καυσίμου , θα προέκυπταν δύο αποταμιεύσεις στις εκπομπές GHG. Κατ' αρχάς, το CH_4 θα μετατρεπόταν σε CO_2 κατά τη διάρκεια της καύσης, που μειώνει τη θεωρητικά μέγιστη εκπομπή πίσω στο3,7 kg Co_2 αντίτιμο kg βιοδιασπάσιμου άνθρακα. Δεύτερον, οι εκπομπές που εμφανίστηκαν λόγω καύσης φυσικών καυσίμων θα αποβάλλονταν πλήρως, με συνέπεια μια καθαρή μείωση στις γενικές εκπομπές GHG λόγω της επεξεργασίας λυμάτων.

Αυτές οι προκλήσεις δίνουν έμφαση στην ανάγκη για μια συστηματική προσέγγιση να καθοριστούν οι εκπομπές GHG από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων. Επιπλέον, αυτές οι προκλήσεις δείχνουν αμέσως τις ευκαιρίες για τις μονάδες επεξεργασίας λυμάτων να μειωθούν οι GHG εκπομπές τους, χρησιμοποιώντας τις τρέχουσες τεχνολογίες για την παραγωγή CH_4 και την ενεργειακή χρήση. Επιπλέον, αυτές οι προκλήσεις δείχνουν επίσης τον τρόπο της εξέλιξης νέας τεχνολογίας (π.χ., ανανεώσιμη παραγωγή), οι οποίες θα μπορούσαν να μειώσουν τις εκπομπές GHG κάτω από το θεωρητικό ελάχιστο που προβλέφθηκε .

3.4 Διαδικασίες επεξεργασίας λυμάτων

Πολλές διαφορετικές διαδικασίες επεξεργασίας λυμάτων υπάρχουν και είναι σε χρήση σε όλο το κόσμο. Παρόλα αυτά παρουσιάζονται οι απαραίτητες πληροφορίες και για το BOD και για τις θρεπτικές διαδικασίες αφαίρεσης.

Οι εκπομπές υπολογίστηκαν για τους περισσότερους τύπους επεξεργασίας BOD που αντιμετωπίζονται. Για την απλοποίηση, οι παρόμοιες διαδικασίες ομαδοποιήθηκαν. Οι γενικοί σχηματισμοί ομάδων και οι διαδικασίες που θεωρήθηκαν ισοδύναμες για αυτήν την αξιολόγηση παρουσιάζονται στον πίνακα 2.

Πίνακας 2 : ομαδοποιημένες διαδικασίες

Πρωτοβάθμια επεξεργασία	**Συμβατική ενεργοποιημένη ιλύς**	**Παρατεταμένος αερισμός**	**Αεριζόμενες λίμνες**
Πρωτοβάθμια επεξεργασία	συμβατική ενεργοποιημένη ιλύς (CAS)	Παρατεταμένος αερισμός	Αεριζόμενες Λίμνες
	υψηλού ποσοστού	Οξειδωτικοί Τάφροι	
	Σύστημα Σταθεροποίησης (C-S)		
	Περιστρεφόμενοι βιοδίσκοι (RBC)		
	Βιολογικά φίλτρα		

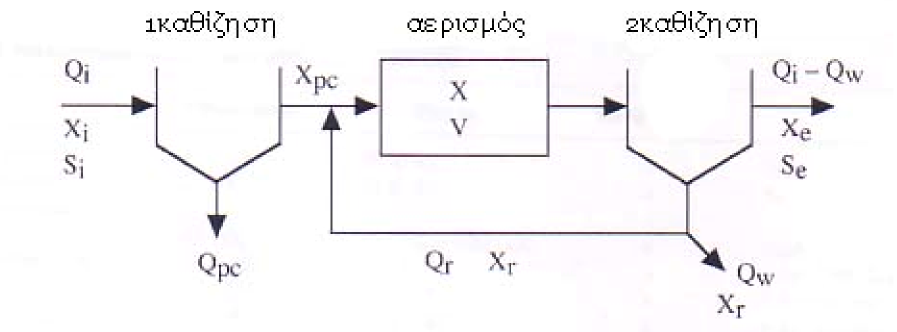
Στις περιπτώσεις που παρέχονται μόνο ο πληθυσμός και ο τύπος διαδικασίας, μια υπόθεση έγινε για να ταξινομήσει τους δήμους που είχαν μια κατ' εκτίμηση ροή υγρών αποβλήτων λιγότερη ή ίση με 4500 m3/d ως εκτεταμένες εγκαταστάσεις αερισμού, ενώ εκείνοι μεγαλύτεροι από 4500 m3/d θεωρήθηκαν συμβατικές εγκαταστάσεις ενεργών αποβλήτων. Οποιεσδήποτε εγκαταστάσεις που υποδείχθηκαν ως λίμνες αντιμετωπίστηκαν ως τυποποιημένες μεικτές λίμνες σταθεροποίησης, και ως εκ τούτου δεν περιλήφθηκαν στην αξιολόγηση. Αυτό δεν πρόκειται να υπονοήσει ότι οι μεικτές λίμνες σταθεροποίησης δεν έχουν εκπομπές GHG. Η συνολική ροή λυμάτων που επεξεργάστηκε στις λίμνες υπολογίστηκε να είναι αρκετά μικρή έτσι ώστε η αδιαφορία των λιμνών θα είχε λίγη επίδραση σε μια γενική ισορροπία.

Στην διαδικασίας επεξεργασίας λυμάτων καθορίστηκε μόνο η παραγωγή CO_2 στην αερόβια βιολογική επεξεργασία. Οι πρωτοβάθμιοι διαχωριστές, υπό ορισμένους όρους (όπως η ανεπαρκής αφαίρεση υποχείλισης που οδηγεί στα βαθιά καλύμματα ιλύος), μπορούν να οδηγήσουν στο σχηματισμό του CH_4 και του CO_2. Η ακούσια παραγωγή GHG στην πρωτοβάθμια επεξεργασία, ως αποτέλεσμα του κακού σχεδιασμού ή της λειτουργίας, εντούτοις, δεν μπορεί να προβλεφθεί με οποιαδήποτε βεβαιότητα. Συνεπώς, καμία προσπάθεια εκτίμησης δεν έγινε στις εκπομπές GHG από τις πρωτοβάθμιες μονάδες επεξεργασίας.

3.5 Εκτίμηση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από την αερόβια βιοδιάσπαση της βιοχημικής απαίτησης οξυγόνου.

Πολλές εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων μετρούν το BOD των πέντε ημερών (BOD_5) και χρησιμοποιούν αυτή τη πληροφορία για να διαχειριστούν τη λειτουργία και να καλύψουν τις ρυθμιστικές απαιτήσεις. Το BOD_5 είναι το ποσό οξυγόνου που καταναλώνεται σε πέντε ημέρες μετά από μια τυποποιημένη μέθοδο (μέθοδος 5210B APHA et Al, 1995), εντούτοις, δεν είναι μια άμεση μέτρηση της συνολικής μάζας του βιοδιασπάσιμου υλικού. Άλλες μετρήσεις, όπως η απαίτηση χημικού οξυγόνου (COD), χρησιμοποιούνται επίσης για να υπολογίσουν τη μάζα του οξειδώσιμου υλικού. Παραδείγματος χάριν, τα πρότυπα ενεργών αποβλήτων που δημοσιεύονται από τη διεθνή ένωση νερού (IWA Task Group, 2000) είναι βασισμένα στο COD. Η μέτρηση COD παρουσιάζει τις δικές της προκλήσεις, επειδή μετρά όλο το υλικό που είναι χημικά οξειδωμένο κατά τη διάρκεια μιας τυποποιημένης μεθόδου (μέθοδος 5220 APHA et Al, 1995) αλλά δεν παρέχει καμία ένδειξη του βιοδιασπάσιμου μέρους. Αυτό πρέπει να καθοριστεί χωριστά.

Η ανάπτυξη που ακολουθεί κατασκευάζεται για να χρησιμοποιήσει BOD5 επειδή τα στοιχεία αυτά είναι ευρέως διαθέσιμα και κατά συνέπεια, πολλές εγκαταστάσεις μπορούν εύκολα να υπολογίσουν τις εκπομπές GHG χρησιμοποιώντας αυτήν την ανάπτυξη. Οι εξισώσεις μπορούν να μετατραπούν εύκολα για να χρησιμοποιηθούν με τις μετρήσεις COD (που χωρίζονται κατάλληλα) εάν επιδιώκεται. Οι μετρήσεις COD πρέπει να διευθυνθούν σε συγκεκριμένη βάση.



Σχήμα 5 : Τυπική δευτεροβάθμια επεξεργασία (Monteith et Al,2005).

Ένα χαρακτηριστικό συμβατικό σύστημα επεξεργασίας λυμάτων, που αποτελείται από τον αρχικό διαχωρισμό σε μια δεξαμενή καθίζησης και έναν αερόβιο αντιδραστήρα, που ακολουθείται από μία δεύτερη δεξαμενή καθίζησης για την τακτοποίηση της βιομάζας, απεικονίζεται στο σχήμα 5. Σε πρώτη φάση, ο αρχικός διαχωρισμός γίνεται εύκολα, τα στερεά που μπορούν να καθιζάνουν αφαιρούνται, ενώ η συγκέντρωση των διαλυτών συστατικών παραμένει η ίδια. Η μάζα των ακατέργαστων αρχικών πτητικών στερεών που απομακρύνθηκαν υπολογίστηκε ως εξής:

$$rx_{pc} = PctRmvx_{pc} * Qi * Xi \qquad 3.1$$

όπου,

rx_{pc} = αρχικό ανασταλμένο ποσοστό απομάκρυνσης πτητικών στερεών (g VSS/d)

PctRmvxpc = απομάκρυνση τοις εκατό των ανασταλμένων πτητικών στερεών στην αρχική δεξαμενή καθίζησης
Qi = εισρέουσα μέση καθημερινή ροή υγρών αποβλήτων (m3/d) και
Xj = εισρέοντα αιωρούμενα πτητικά στερεά (VSS) (g VSS/m3).

Ο άνθρακας που αφαιρείται με τη πρωτοβάθμια καθίζηση στερεών θα μετατραπεί σε άλλες μορφές κατά τη διάρκεια της βιολογικής επεξεργασίας στερεών, όπως περιγράφεται αργότερα. Η μάζα του BOD που αφαιρέθηκε κατά τη διάρκεια της πρωτοβάθμιας καθίζησης υπολογίστηκε ως εξής

$$r_{Spc} = PctRmv_{spc} * Qi * Si \qquad 3.2$$

Όπου,
r_{spc} = αρχικό BOD5 ποσοστό αφαίρεσης (g BOD5/d)
$PctRmv_{Spc}$ = αφαίρεση %του BOD στην πρωτοβάθμια καθίζηση
Si = εισρέον BOD5 (g/m3).

Τα απόβλητα από την πρωτοβάθμια καθίζηση εισάγονται στη λεκάνη αερισμού για τη βιολογική επεξεργασία. Ένα μέρος του άνθρακα που περιλαμβάνεται στο BOD θα οξειδωθεί από τους αερόβιους μικροοργανισμούς (βιομάζα) σε CO_2, ενώ το υπόλοιπο θα ενσωματωθεί στη νέα βιομάζα. Για να προσδιορίσουμε αρχικά τον άνθρακα που ενσωματώθηκε στη νέα βιομάζα, έχουμε μια μαζική ισορροπία για τα ανασταλμένα στερεά στη δευτεροβάθμια επεξεργασία που μπορεί να γραφτεί ως εξής:

$$V(dX/dt) = f_{nd} * (Qi - Qpc) * Xpc + Y * V * rs - Qw * Xr - (Qi - Q_{Pc} - Qw) * Xe - V * k_d * X \qquad 3.3$$

Όπου,
V = όγκος αερόβιων αντιδραστήρων (m^3)

(dX/dt) = ποσοστό αλλαγής της συγκέντρωσης βιομαζών όσον αφορά το χρόνο (g VSS/m3/d)
f_{nd} = μέρος των VSS που εισάγονται στη λεκάνη αερισμού από την πρωτοβάθμια καθίζηση που δεν υποβιβάζονται
Q_{Pc} = πρωτοβάθμια καθημερινή ροή ιλύος καθίζησης (m3/d)
Xpc = VSS στη πρωτοβάθμια καθίζηση αποβλήτων (g VSS/m3)
Y = συντελεστής παραγωγής (g VSS/g BOD5)
r_s = ποσοστό αφαίρεσης BOD5 αερισμού (g BOD5 m^{-3} d^{-1})
Qw = ροή βιομαζών λυμάτων (m3/d)
Xr = συγκέντρωση επιστροφής βιομάζας (g VSS/m3)
Xe = VSS λυμάτων (g VSS/m3)
k_d = ενδογενής συντελεστής αποσύνθεσης βιομάζας (d^{-1})
X = συγκέντρωση βιομαζών στον αερόβιο αντιδραστήρα (g VSS/m^3).

Υποθέτοντας ότι Qpc είναι πολύ μικρότερο από το Qi (έτσι ώστε Qi - Qpc = Qi) και οι όροι σταθερής κατάστασης δίνουν (δηλ., dX/dt = 0) αποτελέσματα στον ακόλουθο τύπο :

$$Y^*V^*rs = Qw^*Xr + (Qi - Qw)^*Xe + V^*k_d^*X - f_{nd}^*Qi^*X_{pc} \qquad 3.4$$

Η παραπάνω εξίσωση καθορίζει τη συνολική αύξηση της μάζας των στερεών λόγω του BOD, ορισμένο στον αντιδραστήρα ως Y*V*rs. Λαμβάνοντας υπόψη τις συγκεντρώσεις BOD5 στα υγρά απόβλητα που εισάγονται και που αφήνονται από τον αντιδραστήρα και τη ροή των λυμάτων, το V*rs υπολογίζεται εύκολα ανεξάρτητα από τις συγκεντρώσεις στερεών.

Ένα μέρος του άνθρακα που ενσωματώνεται στη βιομάζα (Qw*Xr + (Qi - Qw)*Xe) θα αφήσει τη λεκάνη αερισμού. Η δευτεροβάθμιας επεξεργασίας εγκαταστάσεις χρησιμοποιούν μια παράμετρο ελέγχου καταλόγων βιομαζών αποκαλούμενη χρόνος διατήρησης στερεών (SRT) που σημαίνει το χρόνο διατήρησης κυττάρων, ή την ηλικία της ιλύος. Η αξία SRT είναι η ποσότητα βιομάζας που διατηρείται στον αερόβιο αντιδραστήρα που διαιρείται με τη μάζα των κυττάρων που χάνονται από το σύστημα, είτε στα απόβλητα αποχέτευσης είτε με τη σκόπιμη σπατάλη για να ισορροπήσουν το ποσοστό παραγωγής κυττάρων εξίσωση 3.5.

$$SRT=(V*X)/(Qw*Xr + (Qj - Qw)*Xe) \qquad 3.5$$

Όπου,
SRT = χρόνος παραμονής στερεών (d)

Η γνώση των χαρακτηριστικών σειρών SRT και των συγκεντρώσεων στερεών στα ρεύματα ανακύκλωσης για διαδικασίες, όπως η συμβατική ενεργοποιημένη ιλύς (CAS) ή ο παρεκτεταμένος αερισμός, επιτρέπει την εκτίμηση του ποσοστού που σπαταλήθηκε Qw. Ο άνθρακας στα στερεά απόβλητα, Qw*Xr, θα μετατραπεί σε άλλες μορφές κατά τη διάρκεια της βιολογικής επεξεργασίας στερεών, όπως περιγράφεται αργότερα. Η μάζα των στερεών που χάθηκε από τα αερόβια βιολογικά συστήματα επεξεργασίας υπολογίστηκε με την υπόθεση ορισμένων τιμών για τις συγκεντρώσεις SRT και στερεών και έπειτα με λύσει της παραπάνω εξίσωσης για Qw.

Στην ουσία η μέθοδος απλοποιείται περιλαμβάνοντας τα εξής βήματα για τον υπολογισμό του CO2 :

Ένα μέρος του άνθρακα που ενσωματώνεται στη βιομάζα κατά τον αερισμό, $V*k_d*X$, μετατρέπεται σε Co2 μέσω της ενδογενούς αναπνοής. Υποθέτοντας ότι η βιομάζα μπορεί να αντιπροσωπευθεί από τον τύπο $C_5H_7O_2N$ (Rittmann and McCarty,2001), οι Co2 εκπομπές που προκύπτουν από την ενδογενή αποσύνθεση μπορούν να υπολογιστούν από :

$$C_5H_7O_2N + 5\,O_2 \rightarrow 5\,CO_2 + 2\,H_2o + NH_3 \qquad 3.6$$

Η σχέση αποκαλύπτει ότι 5 moles Co2 απελευθερώνονται για κάθε mole της βιομάζας που αναπνέεται. Τα μοριακά βάρη γραμμαρίου της βιομάζας ($C_5H_7No_2$) και CO2 είναι 113 και 44 αντίστοιχα και προκαλούν έναν παράγοντα μετατροπής 1.947 kg Co2/kg βιομάζας αναπνέοντας ενδογενώς.

Ο άνθρακας που δεν ενσωματώνεται στη βιομάζα μετατρέπεται σε CO2 υπό τους αερόβιους όρους. Ο υπολογισμός του CO2 που παράγεται από αυτήν την διαδικασία γίνεται έμμεσα από την απαίτηση οξυγόνου. Υποθέτοντας ότι το διαλυτό BOD μπορεί να εκφραστεί με χημική μορφή, από την έκφραση $C_{10}H_{19}NO_3$ (Rittmann and McCarty, 2001), η εξίσωση για την οξείδωση του BOD για να παραγάγει την ενέργεια για την αύξηση είναι :

$$2\ C_{10}H_{19}O_3N + 25\ O_2 \rightarrow 20\ CO_2 + 16\ H_2O + 2\ NH_3 \qquad 3.7$$

Η εξίσωση αυτή προβλέπει ότι για κάθε mole του οξυγόνου που καταναλώνεται, 0,8 moles CO2 απελευθερώνονται. Τα μοριακά βάρη γραμμαρίου του οξυγόνου και του CO2 είναι 32 και 44 γραμμάρια αντίστοιχα, οδηγώντας σε μια αναλογία μετατροπής 1,1 $kgCO_2/kgO_2$.

Το οξυγόνο που καταναλώνεται για την αύξηση είναι μόνο το μέρος V* rs που δεν ενσωματώνεται στη βιομάζα. Ο όρος rs είναι βασισμένος στο BOD5 παρά το BOD (BODu), που παρουσιάζεται στη τελευταία εξίσωση. Μια χαρακτηριστική αναλογίας του BOD5/BODu (οριζόμενου f) είναι 0,68 (Metcalf and Eddy,2004). Με τις κατάλληλες μετατροπές μονάδων (για τα rs και Y), το ποσοστό αφαίρεσης οξυγόνου μπορεί να γραφτεί ως εξής:

$$r_{o2} = V^* rs *((1/f) - 1.42^* Y) \qquad 3.8.α$$

Όπου,
rO2 = ποσοστό αφαίρεσης οξυγόνου (g O2/d)
f = αναλογία του BOD5 /BODu.

Για τις ανάγκες του excel και την ευκολότερη εισαγωγή δεδομένων μπορούμε να αντικαταστήσουμε τον παραπάνω τύπο με την απομάκρυνση του BOD5 ανά λίτρο επί την παροχή Q των λυμάτων. Έτσι προκύπτει:

$$r_{o2} = Q*(BOD5_{εξ} - BOD5_{εισ})*((1/f) - 1.42*Y) \qquad 3.8.β$$

όπου,

Q= παροχή λυμάτων προς την αερόβια επεξεργασία

$BOD5_{εξ}$= BOD5 εξόδου από την αερόβια επεξεργασία

$BOD5_{εις}$= BOD5 εισόδου στην αερόβια επεξεργασία

* Μπορούμε επίσης να επιλέξουμε σαν παροχή Q ως τη συνολική παροχή και τα BOD5 αντίστοιχα ως τις τιμές εισόδου και εξόδου σε ολόκληρη τη μονάδα.

Το ποσοστό εκπομπής CO_2 (g/d) για αυτήν την διαδικασία είναι επομένως 1,1 r_{O2}.

Οι υπολογισμοί χρησιμοποιούνται για να υπολογίσουν τις εκπομπές GHG από την επεξεργασία λυμάτων χρησιμοποιώντας διάφορες υποτιθέμενες τιμές, επειδή οι λεπτομερείς πληροφορίες για τις διαδικασίας δεν ήταν πάντα διαθέσιμες για να καθοριστούν για κάθε περιοχή. Επιπλέον, η υιοθέτηση αυτών των γενικών παραμέτρων διαδικασίας επιτρέπει την ομοιόμορφη εκτίμηση . Στη περίπτωση απουσίας δεδομένων συλλέχθηκαν οι παρακάτω τυπικές τιμές :

Πίνακας 3 : τυπικές τιμές

Παράμετροι	Τυπική τιμή	εύρος	πηγή	Μονάδες
Απομάκρυνση BOD5	25	25-40	α	%
Απομάκρυνση TSS	65	50-70	α	%
Συγκέντρωση ιλύος TSS	45000	20000-120000	α	mg/l
Χρόνος υδ διατ.	6 24 120	3-8 18-36 72-240	α α α	h

SRT	5 20	3-15 20-30	α α	d
ML VSS(X)	1800 4000 200	1000-6500 1500-5000 100-260	α α α	mg VSS/L
Xr	7500 15000		β β	mg VSS/L
Συγκ. σε λιμν.	1000		β	
f	0.68	0.6-0.7	α	
Y	0.68	0.4-0.8	β	kg VSS/kg BOD5
Kd	0.05	0.004-0.075	β	d^{-1}

α = Metcalf και Eddy (2003)

β = WEF και ASCE (1998)

3.6 Επεξεργασία ιλύος, καύση, και εκτιμήσεις καυσίμων.

Ενώ CO_2 παράγεται κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας λυμάτων, όπως περιγράφεται παραπάνω, οι εκπομπές GHG μπορούν επίσης να παραχθούν κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας της ιλύος. Αντίθετα από τις διαδικασίες επεξεργασίας λύματος, που κάθε δυνατότητα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων πρέπει να έχει, οι διαδικασίες επεξεργασίας ιλύος δεν μπορούν να καθοριστούν συγκεκριμένα, ανάλογα με την χρησιμοποιούμενη διαδικασία επεξεργασίας λυμάτων και τις εναλλακτικές λύσεις.

Ανεξάρτητα από την επιλεγμένη επεξεργασία ιλύος , το πρώτο βήμα είναι να υπολογιστεί η μάζα των στερεών που επεξεργάζονται. Αυτό είναι το ποσό των στερεών που αφαιρούνται κατά τη διάρκεια της πρωτοβάθμιας καθίζησης, rXpC και του καθαρού βάρους στερεών αποβλήτων που αφαιρούνται από τη δευτεροβάθμια διαδικασία επεξεργασίας, Qw*Xr .

$$M_{Xw} = r_{Xpc} + Qw*Xr \qquad 3.9$$

Όπου,
M_{Xw} = συνολική μάζα των πτητικών στερεών στην αρχική ιλύ(g VS/d).

Η σταθεροποίηση της ιλύος των λυμάτων ολοκληρώνεται γενικά είτε από την αερόβια είτε από την αναερόβια χώνευση.

Στην αερόβια αποσύνθεση ιλύος, το μέτρο της σταθεροποίησης στερεών είναι η μείωση των πτητικών στερεών. Το ποσό πτητικών στερεών που μειώνεται είναι η ποσότητα μικροβιακής βιομάζας που υποβάλλεται στην πρόσθετη ενδογενή αναπνοή. Αυτή η ποσότητα υπολογίζεται στη παρακάτω εξίσωση :

$$VS_{deg.\,Aer} = PctRmv_{Aer}*Mxw \qquad 3.10$$

Όπου,
$VS_{deg.Aer}$ = πτητική μείωση στερεών λόγω της αερόβιας αποσύνθεσης (g VS/d)
$PctRmv_{Aer}$ = το ποσοστό της απομάκρυνσης των πτητικών στερεών κατά την αερόβια χώνευση.

Η μετατροπή του άνθρακα στα πτητικά στερεά σε CO2 έγινε χρησιμοποιώντας την $C_5H_7O_2N + 5\ O_2 \rightarrow 5\ CO_2 + 2\ H_2O + NH_3$ (υποθέτοντας ότι το $C_5H_7O_2N$ περιέγραψε ικανοποιητικά τα πτητικά στερεά στο ρεύμα ιλύος).

Τα πτητικά στερεά μετατρέπονται σε CH4 και CO2 κατά τη διάρκεια της αναερόβιας χώνευσης. Η σχέση που περιγράφει τη διαδικασία είναι :

$$VS_{deg\,.An} = PctRmV_{An}*M_{Xw} \qquad 3.11$$

Όπου,
$VS_{deg.An}$ = Πτητική μείωση στερεών λόγω της αναερόβιας χώνευσης (g VS/d)

$PctRmv_{An}$ = το ποσοστό της απομάκρυνσης των πτητικών στερεών κατά τη διάρκεια της αναερόβιας χώνευσης.

Ο όγκος του βιοαερίου που παράγεται συσχετίζεται με τη μάζα των πτητικών στερεών που καταστρέφονται μέσω της :

$$BG_{prod} = GPR * VS_{deg.An} \qquad 3.12$$

Όπου,

BG_{prod} = όγκος του βιοαερίου που παράγεται στην αναερόβια χώνευση (m^3/d)

GPR = ποσοστό αναερόβιας παραγωγής βιοαερίου (m^3 gas/g VS κατ).

Με το να οριστούν τα σχετικά ποσοστά του CH_4 και Co_2 στο βιοαέριο, μπορούν να καθοριστούν οι όγκοι κάθε συστατικού. Η μαζική παραγωγή κάθε αερίου (Gi, g gas i/d) υπολογίζεται από την παρακάτω εξίσωση σύμφωνα με τον ιδανικό νόμο των αερίων :

$$Gi = (gi * BG_{prod} * MWi * P)/(R*T) \qquad 3.13$$

Όπου,

Gi = ποσοστό παραγωγής του αερίου i (g/d)

gi = ογκομετρικό μέρος του βιοαερίου που αποτελείται από αέριο i

MWi = μοριακό βάρος του αερίου i (g/mol)

P = πίεση βιοαερίου (atm)

R = σταθερά αερίου ($8{,}21*10^{-5}$ $atm*m^3/mol*K$)

T = θερμοκρασία βιοαερίου (K)

Όσον αφορά το αέριο που προκύπτει από την αναερόβια χώνευση είναι γνωστό πως σπάνια ελευθερώνεται άμεσα στην ατμόσφαιρα, αν και ένα μικρό ποσοστό του μπορεί να διαρρεύσει ακούσια. Επειδή το αέριο που διαρρέετε εμπεριέχει ένα κίνδυνο έκρηξης, η ποσότητα του αναμένεται για να είναι πολύ μικρή. Ακόμα , το βιοαέριο είναι πιθανό να καεί. Η διαδικασία καύσης μπορεί να ποικίλει από το να καεί σε ένα καυστήρα ως απόβλητο-αέριο ή σε ένα λέβητα για την παραγωγή ατμού και θερμότητας και τέλος την καύση στις μηχανές ή τους στροβίλους για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Σε όλες τις περιπτώσεις, το CH4 μετατρέπεται σε CO2 μέσω της:

$$CH_4 + 2\ O_2 — CO_2 + 2H_2O \qquad 3.14$$

Όπως συμβαίνει στους περισσότερους βιολογικούς καθαρισμούς και της Ελλάδας έτσι και σε αυτή την μελέτη, το CH4 στο βιοαέριο υποτίθεται ότι μετατράπηκε 100% σε Co2 στην παροχή, σε μια μαζική βάση, 2,75 kg Co2 ανά kg CH4 που οξειδώθηκε. Αν και τα μικρά ποσά άλλων ενώσεων μπορούν να εκπεμφθούν λόγω της ελλιπούς καύσης, αυτά τα ποσά δεν θα είχαν σημαντικές επιπτώσεις στα αποτελέσματα.

Το βιοαέριο μπορεί να μην ικανοποιήσει εντελώς τα ενεργειακά αιτήματα των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων, γι 'αυτό και είναι απαραίτητες οι πρόσθετες αγορές καυσίμων. Τα συμπληρωματικά καύσιμα περιλαμβάνουν φυσικό αέριο στους λέβητες και πετρέλαιο που χρησιμοποιείται στις εφεδρικές γεννήτριες μηχανών. Τα καύσιμα που χρησιμοποιήθηκαν για τη συμπαραγωγή δεν περιλήφθηκαν σε αυτήν την μελέτη. Το φυσικό αέριο που καίγεται επιτόπου σε έναν λέβητα υποτίθεται ότι μετατρέπεται εξ ολοκλήρου σε Co2 . Όταν τα στοιχεία κατανάλωσης φυσικού αερίου δεν είναι διαθέσιμα, οι παράγοντες υπολογίζονται από τα συλλεχθέντα στοιχεία για να αποτελέσουν τη μεγαλύτερη κατανάλωση στις εγκαταστάσεις χρησιμοποιώντας την θερμασμένη αναερόβια χώνευση (0,010 m^3 natural gas/m^3 απόβλητου) απ 'ό,τι στις εγκαταστάσεις χωρίς θερμασμένες διαδικασίες χώνευσης (0.0025 m^3 natural gas/m^3 απόβλητου) (Enviromega, Inc., 2002).

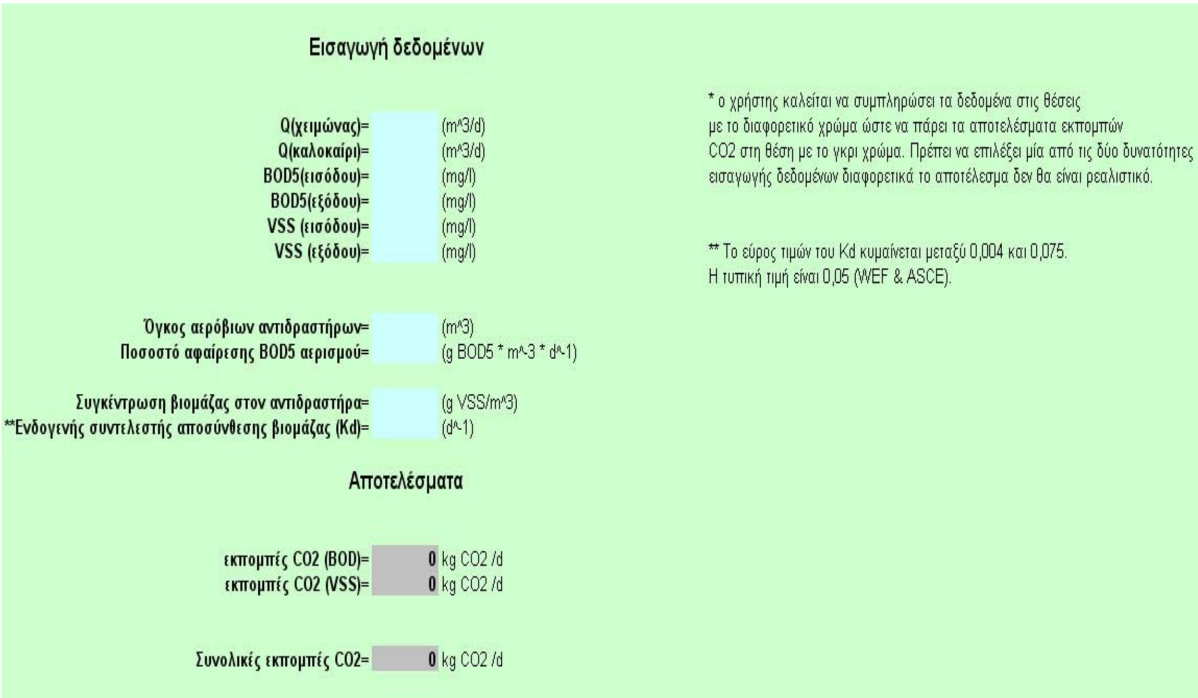
Οι υπολογισμοί που χρησιμοποιούνται για να υπολογίσουν τις εκπομπές GHG από την επεξεργασία και την επιτόπια καύση χρησιμοποιούν διάφορες υποτιθέμενες τιμές, επειδή οι λεπτομερείς πληροφορίες δεν είναι πάντα διαθέσιμες για κάθε περιοχή.

3.7 Εκπομπές λόγω ηλεκτρικής ενέργειας

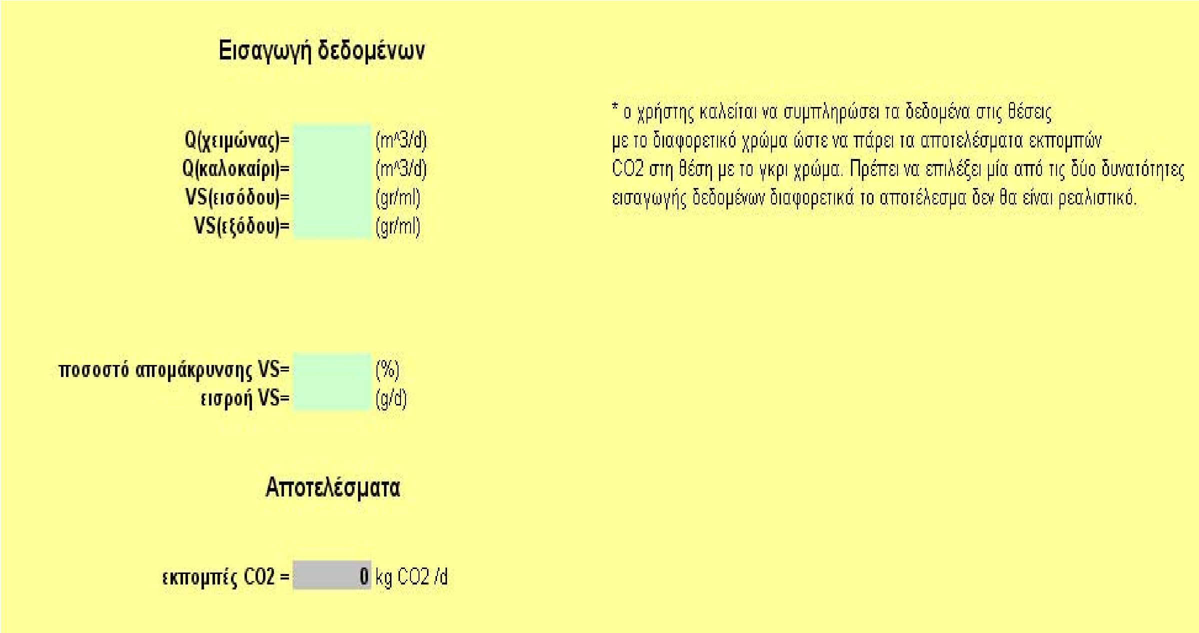
Οι εκπομπές GHG λόγω της ηλεκτρικής ενέργειας εξετάστηκαν ξεχωριστά. Κατά μέσον όρο, η ανάθεση αυτών των εκπομπών GHG στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων, ανάλογες προς το ποσό ηλεκτρικής ενέργειας και καυσίμων που χρησιμοποιήθηκαν, αυξάνει τις γενικές εκπομπές GHG των εγκαταστάσεων κατά πάνω από 50% των εκπομπών που αναπτύσσονται. Αυτά τα αποτελέσματα εξαρτώνται από τις τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιούνται.

Στη παρούσα μελέτη οι εκπομπές από την παραγωγή ενέργειας θα υπολογιστούν με το λογισμικό RETscreen χρησιμοποιώντας ως στοιχεία τις αναλογίες σε λιγνίτη , μαζούτ , diesel και φυσικό αέριο καθώς επίσης και το μέγεθος των Kwh που καταναλώνονται σε μία μονάδα επεξεργασίας λυμάτων.

3.8 Παρουσίαση Φόρμας Excel



Σχήμα 6 : Φύλλο Excel για την αερόβια επεξεργασία



Εισαγωγή δεδομένων

Q(χειμώνας)= (m^3/d)
Q(καλοκαίρι)= (m^3/d)
VS(εισόδου)= (gr/ml)
VS(εξόδου)= (gr/ml)

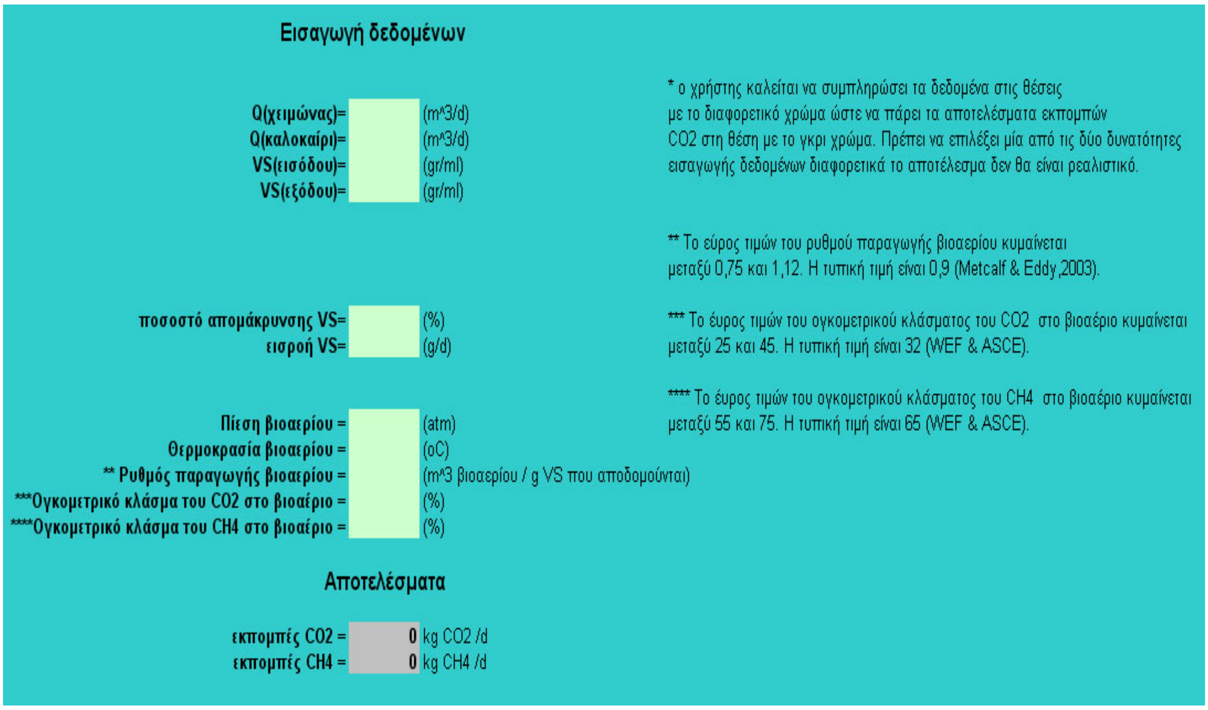
ποσοστό απομάκρυνσης VS= (%)
εισροή VS= (g/d)

* ο χρήστης καλείται να συμπληρώσει τα δεδομένα στις θέσεις με το διαφορετικό χρώμα ώστε να πάρει τα αποτελέσματα εκπομπών CO2 στη θέση με το γκρι χρώμα. Πρέπει να επιλέξει μία από τις δύο δυνατότητες εισαγωγής δεδομένων διαφορετικά το αποτέλεσμα δεν θα είναι ρεαλιστικό.

Αποτελέσματα

εκπομπές CO2 = 0 kg CO2 /d

Σχήμα 7 : Φύλλο Excel για την αερόβια χώνευση



Εισαγωγή δεδομένων

Q(χειμώνας)= (m^3/d)
Q(καλοκαίρι)= (m^3/d)
VS(εισόδου)= (gr/ml)
VS(εξόδου)= (gr/ml)

ποσοστό απομάκρυνσης VS= (%)
εισροή VS= (g/d)

Πίεση βιοαερίου = (atm)
Θερμοκρασία βιοαερίου = (oC)
** Ρυθμός παραγωγής βιοαερίου = (m^3 βιοαερίου / g VS που αποδομούνται)
***Ογκομετρικό κλάσμα του CO2 στο βιοαέριο = (%)
****Ογκομετρικό κλάσμα του CH4 στο βιοαέριο = (%)

* ο χρήστης καλείται να συμπληρώσει τα δεδομένα στις θέσεις με το διαφορετικό χρώμα ώστε να πάρει τα αποτελέσματα εκπομπών CO2 στη θέση με το γκρι χρώμα. Πρέπει να επιλέξει μία από τις δύο δυνατότητες εισαγωγής δεδομένων διαφορετικά το αποτέλεσμα δεν θα είναι ρεαλιστικό.

** Το εύρος τιμών του ρυθμού παραγωγής βιοαερίου κυμαίνεται μεταξύ 0,75 και 1,12. Η τυπική τιμή είναι 0,9 (Metcalf & Eddy,2003).

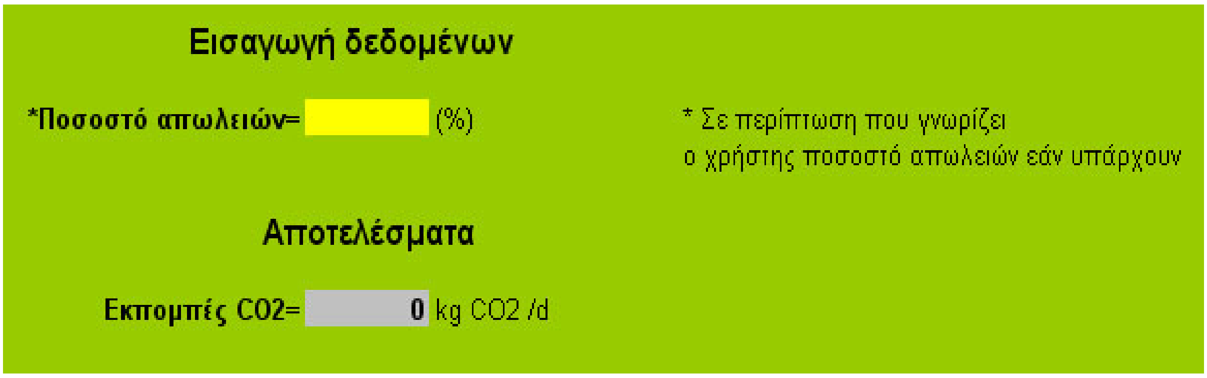
*** Το εύρος τιμών του ογκομετρικού κλάσματος του CO2 στο βιοαέριο κυμαίνεται μεταξύ 25 και 45. Η τυπική τιμή είναι 32 (WEF & ASCE).

**** Το εύρος τιμών του ογκομετρικού κλάσματος του CH4 στο βιοαέριο κυμαίνεται μεταξύ 55 και 75. Η τυπική τιμή είναι 65 (WEF & ASCE).

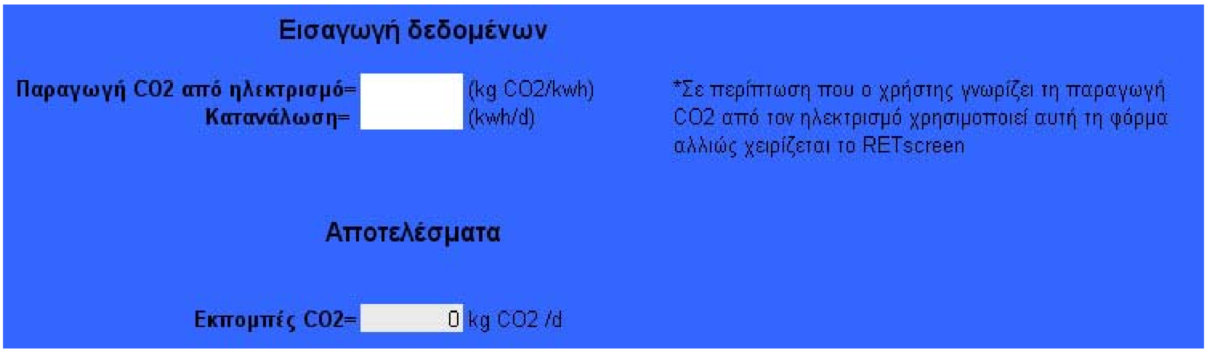
Αποτελέσματα

εκπομπές CO2 = 0 kg CO2 /d
εκπομπές CH4 = 0 kg CH4 /d

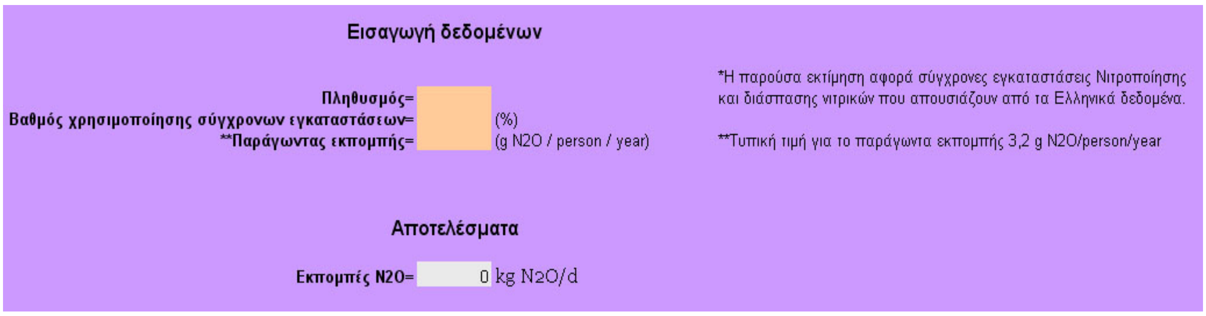
Σχήμα 8 : Φύλλο Excel για την αναερόβια χώνευση



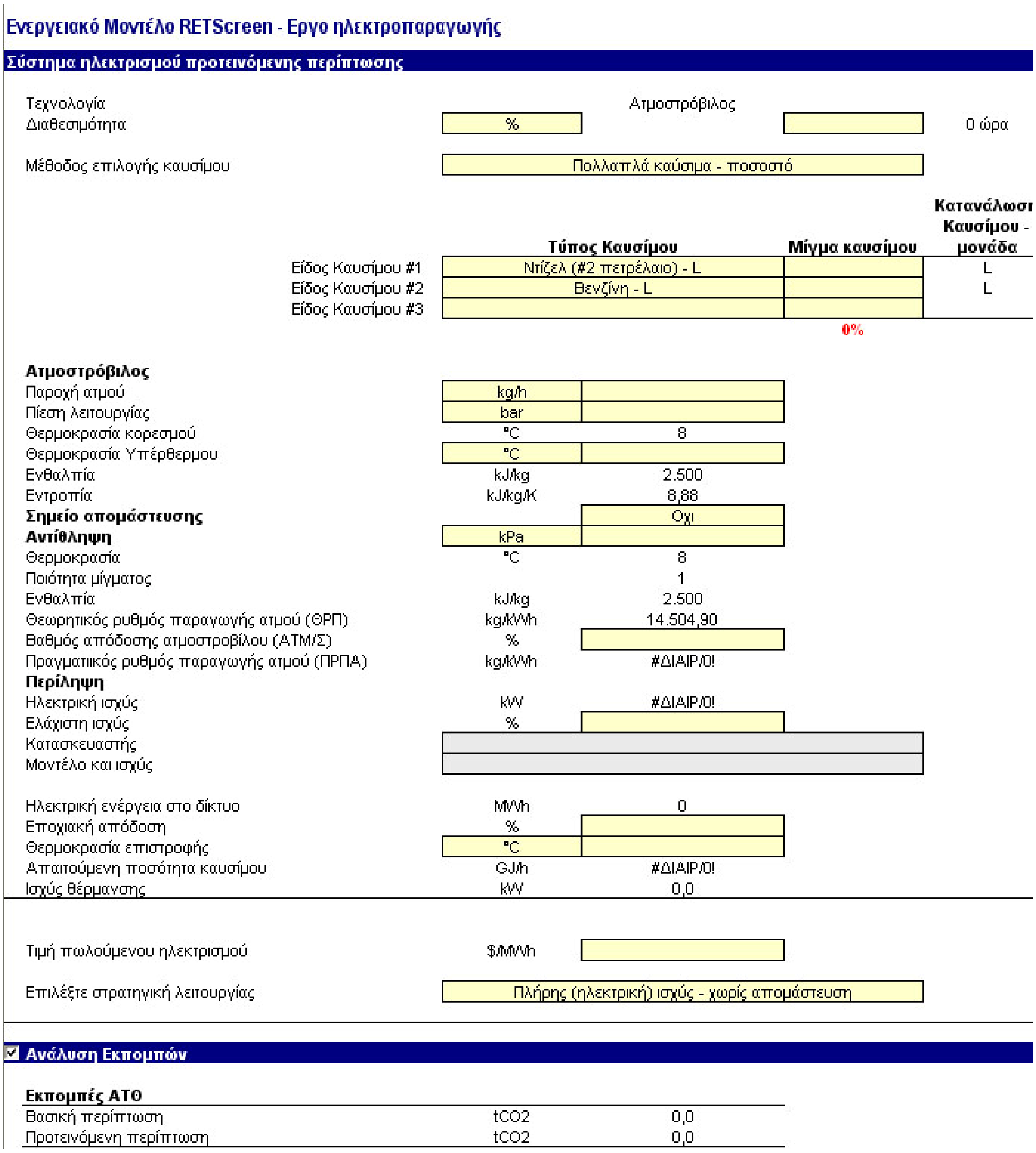
Σχήμα 9 : Φύλλο Excel για την καύση βιοαερίου



Σχήμα 10 : Φύλλο Excel για τις εκπομπές από την ηλεκτρική ενέργεια



Σχήμα 11 : Φύλλο Excel για τις εκπομπές από τη νιτροποίηση και τη διάσπαση νιτρικών



Ενεργειακό Μοντέλο RETScreen - Εργο ηλεκτροπαραγωγής

Σύστημα ηλεκτρισμού προτεινόμενης περίπτωσης

Τεχνολογία		Ατμοστρόβιλος		
Διαθεσιμότητα	%			0 ώρα
Μέθοδος επιλογής καυσίμου	Πολλαπλά καύσιμα - ποσοστό			

	Τύπος Καυσίμου	Μίγμα καυσίμου	Κατανάλωσ Καυσίμου - μονάδα
Είδος Καυσίμου #1	Ντίζελ (#2 πετρέλαιο) - L		L
Είδος Καυσίμου #2	Βενζίνη - L		L
Είδος Καυσίμου #3			
		0%	

Ατμοστρόβιλος		
Παροχή ατμού	kg/h	
Πίεση λειτουργίας	bar	
Θερμοκρασία κορεσμού	°C	8
Θερμοκρασία Υπέρθερμου	°C	
Ενθαλπία	kJ/kg	2.500
Εντροπία	kJ/kg/K	8,88
Σημείο απομάστευσης		Οχι
Αντίθληψη	kPa	
Θερμοκρασία	°C	8
Ποιότητα μίγματος		1
Ενθαλπία	kJ/kg	2.500
Θεωρητικός ρυθμός παραγωγής ατμού (ΘΡΠ)	kg/kWh	14.504,90
Βαθμός απόδοσης ατμοστροβίλου (ΑΤΜ/Σ)	%	
Πραγματικός ρυθμός παραγωγής ατμού (ΠΡΠΑ)	kg/kWh	#ΔΙΑΙΡ/0!
Περίληψη		
Ηλεκτρική ισχύς	kW	#ΔΙΑΙΡ/0!
Ελάχιστη ισχύς	%	
Κατασκευαστής		
Μοντέλο και ισχύς		
Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο	MWh	0
Εποχιακή απόδοση	%	
Θερμοκρασία επιστροφής	°C	
Απαιτούμενη ποσότητα καυσίμου	GJ/h	#ΔΙΑΙΡ/0!
Ισχύς θέρμανσης	kW	0,0
Τιμή πωλούμενου ηλεκτρισμού	$/MWh	
Επιλέξτε στρατηγική λειτουργίας	Πλήρης (ηλεκτρική) ισχύς - χωρίς απομάστευση	

Ανάλυση Εκπομπών

Εκπομπές ΑΤΘ		
Βασική περίπτωση	tCO2	0,0
Προτεινόμενη περίπτωση	tCO2	0,0

Σχήμα 12 : Φύλλο RETscreen για τις εκπομπές από ενεργειακή παραγωγή

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΕΛΙΚΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

	kg/day	kg/month	kg/year
Αερόβια επεξεργασία			
CO2	0,00	0,00	0,00
Αερόβια Χώνευση			
CO2	0,00	0,00	0,00
Αναερόβια Χώνευση			
CO2	0,00	0,00	0,00
CH4	0,00	0,00	0,00
Καύση βιοαερίου			
CO2	0,00	0,00	0,00
Ηλεκτρική Ενέργεια			
CO2	0,0	0,00	0,00
Νιτροποίηση			
N2O	0,00	0,00	0,00

Αθροιστικά Αποτελέσματα

Βιολογικού

Συνολικό CO2=	0,00	kg CO2 /d			
Συνολικό CH4=	0,00	kg CH4 /d			
Συνολικό N2O=	0,00	kg N2O /d			

Παραγωγή Ενέργειας

Συνολικό CO2=	0,0	kg CO2 /d			

Συνολικό

Συνολικό CO2=	0,00	kg CO2 /d	--------------->	0,00	kg CO2 /year
Συνολικό CH4=	0,00	kg CH4 /d	--------------->	0,00	kg CH4 /year
Συνολικό N2O=	0,00	kg N2O /d	--------------->	0,00	kg N2O /year

Σχήμα 13 : Φύλλο Excel με τα αποτελέσματα

4 Αποτελέσματα

Ακολουθεί μία προσπάθεια εκτίμησης των θερμοκηπικών αερίων για τη μονάδα επεξεργασίας λυμάτων της πόλης των Χανίων. Για το λόγο αυτό κρίνεται απαραίτητη μία σύντομη περιγραφή των επιμέρους τμημάτων της μονάδας επεξεργασίας λυμάτων των Χανίων

4.1 σύντομη περιγραφή των επιμέρους τμημάτων της μονάδας επεξεργασίας λυμάτων των Χανίων

- Έργα εισόδου και αντλιοστάσιο εισόδου
- Έργα προκαταρκτικής επεξεργασίας
- Μονάδα υποδοχής και προεπεξεργασίας λυμάτων
- Πρωτοβάθμια επεξεργασία
- Βιολογική επεξεργασία
- Μονάδα απολύμανσης
- Πάχυνση περίσσειας ιλύος
- Πάχυνση – ομογενοποίηση πρωτοβάθμιας και περίσσειας ιλύος
- Αναερόβια χώνευση
- Μεταπάχυνση
- Αφυδάτωση

Παρατηρούμε πως το στάδιο αερόβιας χώνευσης απουσιάζει από τη μονάδα των Χανίων.

4.2 Δεδομένα

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα απαραίτητα δεδομένα που έχουν συλλεχθεί :

Κρήτη: λιγνίτης (0%), μαζούτ (58%), diesel (42%), φυσικό αέριο (0%), υδροηλεκτρικά (0%)

Κατανάλωση ηλεκτρισμού = 3,471,880 kWh/yr

Παροχή λυμάτων = 17000 m^3/d για το Χειμώνα

Παροχή λυμάτων = 20000 m^3/d για το Καλοκαίρι

Όγκος αερόβιου αντιδραστήρα = 9072 m^3

είσοδος πτητικών στην αναερόβια χώνευση = 3,82 gr/ml

έξοδος πτητικών από την αναερόβια χώνευση = 2,84 gr/ml

Πίεση βιοαερίου = 1 atm

Θερμοκρασία βιοαερίου = 25 oC

BOD_5 εισόδου = 381,82 mg/l

BOD_5 εξόδου = 6 mg/l

Παραγωγή CO_2 από ηλεκτρισμό = 996 ton CO_2/GWh

Παραγωγή ιλύος (πρωτοβάθμια) προς την αναερόβια χώνευση = 100 m^3/d

MLSS=5500 mg/lt
Από τα οποία το 71 με 76 % είναι VSS

4.3 Αποτελέσματα εφαρμογής

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΕΛΙΚΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

	kg/day	kg/month	kg/year
Αερόβια επεξεργασία			
CO2	7.431,67	222.950,08	2.712.559,26
Αερόβια Χώνευση			
CO2	0,00	0,00	0,00
Αναερόβια Χώνευση			
CO2	416,03	12.480,96	151.851,74
CH4	307,30	9.218,89	112.163,22
Καύση βιοαερίου			
CO2	845,07	25.351,96	308.448,84
Ηλεκτρική Ενέργεια			
CO2	9.473,95	284.218,56	3.457.992,48
Νιτροποίηση			
N2O	0,00	0,00	0,00

Αθροιστικά Αποτελέσματα

Βιολογικού

Συνολικό CO2=	9.000,06	kg CO2 /d			
Συνολικό CH4=	0,00	kg CH4 /d			
Συνολικό N2O=	0,00	kg N2O /d			

Παραγωγή Ενέργειας

Συνολικό CO2=	9.473,95	kg CO2 /d			

Συνολικό

Συνολικό CO2=	18.474,02	kg CO2 /d	-------------->	6.743.015,54	kg CO2 /year
Συνολικό CH4=	0,00	kg CH4 /d	-------------->	0,00	kg CH4 /year
Συνολικό N2O=	0,00	kg N2O /d	-------------->	0,00	kg N2O /year

Σχήμα 14: Παρουσίαση αποτελεσμάτων για την εφαρμογή στη πόλη των Χανίων

5 Συμπεράσματα – Προτάσεις

Η παρούσα εργασία είχε ως σκοπό την ανάπτυξη και εφαρμογή μιας μεθοδολογίας από την οποία θα γινόταν εκτίμηση των θερμοκηπικών αερίων για οποιασδήποτε μονάδας είχαμε επιλέξει να δώσουμε τα στοιχεία . Έγινε εφαρμογή για τη μονάδα της πόλης των Χανίων. Τα αποτελέσματα αυτής της εργασίας δείχνουν ότι το κυρίαρχο θερμοκηπικό αέριο που εκπέμπεται από τις εγκαταστάσεις είναι το CO_2. Το μεθάνιο που παράγεται κατά τη διάρκεια της αναερόβιας χώνευσης των στερεών συνήθως καίγεται (από την καύση, τη λειτουργία λεβήτων, την επιτόπια ενεργειακή ανάκτηση, κ.λπ.), παράγοντας CO_2. Επειδή το CH_4 είναι πιο ισχυρό θερμοκηπικό αέριο από το CO_2, το πρωτόκολλο IPCC, που θεωρεί το CH_4 το προϊστάμενο αέριο της ανησυχίας, μπορεί να οδηγήσει σε μια σημαντική υπερεκτίμηση της συμβολής των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων στην εκπομπή GHG .

Συγκεκριμένα από την εφαρμογή της μεθόδου για την πόλη των Χανίων προκύπτουν τα εξής:

Από την αερόβια επεξεργασία οι εκπομπές σε CO_2 είναι7431,67 kg/d δηλαδή 2712559 kg/year. Η διαδικασία της αερόβιας χώνευσης απουσιάζει από τη μονάδα των Χανίων γι αυτό και δεν προκύπτει κάποιο αποτέλεσμα. Στη συνέχεια για τη διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης εκπέμπεται και CO_2 και CH_4. Οι εκπομπές φτάνουν 416,03 kg CO_2/d και 307,30 kg CH_4/d. Το μεθάνιο στη προκειμένη περίπτωση καίγεται και αν υποθέσουμε πως δεν υπάρχουν καθόλου διαρροές προς το περιβάλλον τότε μετατρέπεται σε 845,06 kg CO_2/d. Όσον αφορά τις εκπομπές από τη παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας είναι 9473,95 kg CO_2/d. Παρατηρούμε πως οι εκπομπές από την ηλεκτρική ενέργεια είναι μεγαλύτερες από τις εκπομπές που οφείλονται στο βιολογικό καθαρισμό και προκύπτουν στο πεδίο. Η συνολική ποσότητα εκπομπών ανέρχεται σε 18474,02 kg CO_2/d δηλαδή 6743015,54 Kg CO_2/year. Τέλος σημειώνεται πως οι διαδικασίες της νιτροποίησης και της διάσπασης νιτρικών απουσιάζουν από τη μονάδα των Χανίων με αποτέλεσμα να μην έχουμε παρουσία N_2O.

Το βιοαέριο που δημιουργήθηκε μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να μειώσει τις εκπομπές GHG. Μόλις η καύση των φυσικών καυσίμων αντικατασταθεί εντελώς από το βιοαέριο, αυτό (αντί των ορυκτών καυσίμων) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παραγάγει την ηλεκτρική ενέργεια που απαιτείται. Κάτι τέτοιο θα μειώσει τις γενικές εκπομπές GHG που παράγονται, επειδή το βιοαέριο είναι μια ανανεώσιμη ενεργειακή πηγή και όχι φυσικό ορυκτό καύσιμο. Η οικονομική αποτελεσματικότητα της χρήσης του βιοαερίου με αυτόν τον τρόπο θα εξαρτηθεί από διάφορα ζητήματα, όπως η τοπική τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας. Αν αναλογιστεί κανείς την υψηλή τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας στη περιοχή της Κρήτης φαντάζει μονόδρομος η χρήση του βιοαερίου.

6 Βιβλιογραφία

APHA, AWWA & WEF (1995). Standard Methods for examination of water and wastewater 19th edition

Burrowes, P. (2000). Biosolids Treatment, Use and disposal : Opportunities for Energy Recovery and Greenhouse Gas Reductions. CH2M Gore & Storrie Ltd.

Czepiel, P., Crill, P. and Harriss, R. (1995). Nitrous oxide emissions from domestic wastewater treatment. Environmental Science and Technology, vol. 29, no.9, pp. 2352-2356.

Doorn, M.R.J., Strait, R., Barnand, W. and Eklund, B. (1997). Estimate of Global Greenhouse Gas Emissions from Industrial and Domestic Wastewater Treatment, Final Report, EPA-600/R-97-091, Prepared for United states Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC, USA.

Doorn, M.R.J. and Liles, D. (1999). Global Methane, Quantification of Methane Emissions and Discussion of Nitrous Oxide, and Ammoxia Emissions from Septic Tanks, Latrines and Stagnant Open Sewers in the World. EPA-600/R-99-089, Prepared for U.S. EPA, Research Triangle Park, NC, USA.

Emmerson, R.H.C., Morse, G.K., Lester, J.N. and Edge, D.R. (1995). The life cycle analysis of small-scale sewage-treatment processes. Water Environ. Manage. 9(3): 317-325.

FAO (2004). FAOSTAT statistical Database, United Nations Food and Agriculture Organization.

Halla R. Sahely, Heather L. Maclean, Hugh D. Monteith and David M. Bagley (2006). Comparison of on-site and upstream greenhouse gas emissions from Canadian municipal wastewater treatment facilities.

Houillon G, Joliet O. (2001). Ecosludge project: life cycle assessment of several processes applied to treat wastewater urban sludge. Journal of cleaner Production 11 (2001).

Houillon G, Joliet O. (2005). Life cycle assessment of processes for the treatment of wastewater urban sludge: energy and warming analysis. Journal of cleaner Production 13 (2005) 287-299.

Hugh D. Monteith, Halla R. Sahely, Heather L. MacLean, David M. Bagley (2005). A rational procedure for estimation of greenhouse gas emissions from municipal wastewater treatment plants. Water Environ. Res., 77, 390 (2005).

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), (1997a). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, vol.1. IPCC/OECD/IEA, Paris France.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), (1997b). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, vol.2. IPCC/OECD/IEA, Paris France.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), (1997c). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, vol.3. IPCC/OECD/IEA, Paris France.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), (2000). IPCC good practice guidance and uncertainly management in national greenhouse gas inventories. United Nations Environment Programme, Organization for Economic Cooperation and Development, International Energy Agency, Paris France.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), (2001). Climate change 2001: the scientific basis. Cambridge University Press, Cambridge, U.K.

Kitto, B. (2001). Biogas: An opportunity Fuel that will be increasingly used in the feature. Presented at the 5th International Biomass Conference of the Americas, Orlando, Florida.

Lexmond, M.J., Zeeman, G., (1995). Potential of controlled anaerobic wastewater treatment in order to reduce the global emissions of the greenhouse methane and carbon dioxide. Report No 95-1.

Margarita Prendez , Scarlette Lara-Gonzalez (2007) Application of strategies for sanitation management in wastewater treatment plants in order to control/reduce greenhouse gas emissions.

Metcalf & Eddy. (2003). Wastewater Engineering Treatment and Reuse. 4th Edition.

Michiel R.J. Doorn, Sirintornthep Towprayoon, Sonia Maria Manso Vieira, William Irving, Craig Palmer, Riitta Pipatti and Can Wang (2006) Wastewater treatment and discharge (IPCC).

Rittman, B. E., McCarty, P. L. (2001). Environmental Biotechnology: Principles and Applications.

Shizas, I. and Bagley, D.M. (2004). Experimental determination of the energy content of unknown organics in municipal wastewater streams. ASCE J. Energy Eng.130(2):164-165.

Suh, Y. and Rousseaux, P. (2002). An LCA of alternative wastewater sludge treatment scenarios. Resour:35 :191-200.

Tillman, A., Svingby, M., and Lundstrom, H. (1998). Life cycle assessment of municipal wastewater systems. Int. J. Life cycle assess. 3: 145-157.

USEPA, United States Environmental Protection Agency, (1997). Estimates of global greenhouse gas emissions from industrial and domestic wastewater treatment. Office of Policy, Planning and Evalution, Final Report, EPA-600/R-97-091, pp.3 7 : 11 32.

UTC Power (2004). UTC Introduces New Brand Name for Fuel Cell Power Systems.

Water Environment Federation, American Society of Civil Engineers (1998). Design of municipal Wastewater Treatment Plants, 4th edition.

Λαζαρίδης Μ. (2005). Ατμοσφαιρική ρύπανση με στοιχεία μετεωρολογίας. Εκδόσεις Τζιόλα.

Οικονομόπουλος Α.(1999). Χημεία και έλεγχος ρύπανσης ατμόσφαιρας. Πανεπιστημιακές παραδόσεις.

Σάμουελ Π. (1992). Το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Εναλλακτικές εκδόσεις, οικολογική σκέψη 7.

7 Παράρτημα

Στο παράρτημα παρουσιάζονται πίνακες με τυπικές τιμές για τη μέθοδο του IPCC.

Πίνακας 1 : Τιμές για MCF

Τύπος επεξεργασίας	Σχόλια	MCF	Εύρος
μη επεξεργασμένο σύστημα			
Θάλασσα, ποτάμι και λίμνη		0,1	0-0,2
Στάσιμος Υπόνομος		0,5	0,4-0,8
Υπόνομος ροή		0	0
Επεξεργασμένο σύστημα			
Αερόβια επεξεργασία		0	0-0,1
Αερόβια επεξεργασία		0,3	0,2-0,4
Αναερόβια καύση για λάσπη		0,8	0,8-1,0
Αναερόβιος αντιδραστήρας		0,8	0,8-1,0
Αναερόβια λίμνη (ρηχή)	Βάθος μικρότερο από 2 μέτρα	0,2	0-0,3
Αναερόβια λίμνη (βαθιά)	Βάθος μεγαλύτερο από 2 μέτρα	0,8	0,8-1,0
Σηπτική δεξαμενή		0,5	0,5

Πίνακας 2 : Τιμές για BOD5

Χώρα/περιοχή	BOD5 (g/person/day)	Εύρος
Αφρική	37	35-45
Αίγυπτος	34	27-41
Ασία, Μέση Ανατολή, Λατινική Αμερική	40	35-45
Ινδία	34	27-41
Παλαιστίνη	50	32-68
Ιαπωνία	42	40-45
Βραζιλία	50	45-55
Καναδάς, Ευρώπη, Ρωσία, Ωκεανία	60	50-70
Δανία	62	55-68
Γερμανία	62	55-68
Ελλάδα	57	55-60
Ιταλία	60	49-60
Σουηδία	75	68-82
Τουρκία	38	27-50
ΗΠΑ	85	50-120

Πίνακας 3 : Τιμές για U

Τιμές (U)			
Πληθυσμός			
Χώρα	Αγροτικός	Αστικός υψηλός	Αστικός χαμηλός
Αφρική			
Νιγηρία	0,52	0,10	0,38
Αίγυπτος	0,57	0,09	0,34
Κένυα	0,62	0,08	0,30
Νότια Αφρική	0,39	0,12	0,49
Ασία			
Κίνα	0,59	0,12	0,29
Ινδία	0,71	0,06	0,23
Ινδονησία	0,54	0,12	0,34
Πακιστάν	0,65	0,07	0,28
Μπαγκλαντές	0,72	0,06	0,22
Ιαπωνία	0,20	0,80	0,00
Ευρώπη			
Γερμανία	0,06	0,94	0,00
Ηνωμένο Βασίλειο	0,10	0,90	0,00
Γαλλία	0,24	0,76	0,00
Ιταλία	0,32	0,68	0,00
Βόρεια Αμερική			
Η.Π.Α.	0,22	0,78	0,00
Καναδάς	0,20	0,80	0,00
Λατινική Αμερική			
Βραζιλία	0,16	0,25	0,59
Μεξικό	0,25	0,19	0,56
Ωκεανία			
Αυστραλία και Νέα Ζηλανδία	0,08	0,92	0,00

Πίνακας 4 : Τιμές για Ti,j

Τιμές (Ti,j)					
U=αγροτικός					
Χώρα	Σηπτική δεξαμενή	Τουαλέτα	Άλλο	υπόνομος	κανένα
Αφρική					
Νιγηρία	0,02	0,28	0,04	0,10	0,56
Αίγυπτος	0,02	0,28	0,04	0,10	0,56
Κένυα	0,02	0,28	0,04	0,10	0,56
Νότια Αφρική	0,10	0,28	0,04	0,10	0,48
Ασία					
Κίνα	0,00	0,47	0,50	0,00	0,3
Ινδία	0,00	0,47	0,10	0,10	0,33
Ινδονησία	0,00	0,47	0,00	0,10	0,43
Πακιστάν	0,00	0,47	0,00	0,10	0,43
Μπαγκλαντές	0,00	0,47	0,00	0,10	0,43
Ιαπωνία	0,20	0,00	0,50	0,30	0,00
Ευρώπη					
Γερμανία	0,20	0,00	0,00	0,80	0,00
Ηνωμένο Βασίλειο	0,11	0,00	0,00	0,89	0,00
Γαλλία	0,37	0,00	0,00	0,63	0,00
Ιταλία	0,42	0,00	0,00	0,58	0,00
Βόρεια Αμερική					
Η.Π.Α.	0,90	0,02	0,00	0,08	0,00
Καναδάς	0,90	0,02	0,00	0,08	0,00
Λατινική Αμερική					
Βραζιλία	0,00	0,45	0,00	0,10	0,45
Μεξικό	0,00	0,45	0,00	0,10	0,45
Ωκεανία					
Αυστραλία και Νέα Ζηλανδία	0,90	0,02	0,00	0,08	0,00

Πίνακας 5 : Τιμές για Ti,j

Τιμές (Ti,j)					
U=αστικός υψηλού εισοδήματος					
Χώρα	Σηπτική δεξαμενή	Τουαλέτα	Άλλο	υπόνομος	κανένα
Αφρική					
Νιγηρία	0,32	0,31	0,00	0,37	0,00
Αίγυπτος	0,15	0,05	0,10	0,70	0,00
Κένυα	0,32	0,31	0,00	0,37	0,00
Νότια Αφρική	0,15	0,15	0,00	0,70	0,00
Ασία					
Κίνα	0,18	0,08	0,07	0,67	0,00
Ινδία	0,18	0,08	0,07	0,67	0,00
Ινδονησία	0,18	0,08	0,00	0,74	0,00
Πακιστάν	0,18	0,08	0,00	0,74	0,00
Μπαγκλαντές	0,18	0,08	0,00	0,74	0,00
Ιαπωνία	0,00	0,00	0,10	0,90	0,00
Ευρώπη					
Γερμανία	0,05	0,00	0,00	0,95	0,00
Ηνωμένο Βασίλειο	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
Γαλλία	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
Ιταλία	0,04	0,00	0,00	0,96	0,00
Βόρεια Αμερική					
Η.Π.Α.	0,05	0,00	0,00	0,95	0,00
Καναδάς	0,05	0,00	0,00	0,95	0,00
Λατινική Αμερική					
Βραζιλία	0,00	0,20	0,00	0,80	0,00
Μεξικό	0,00	0,20	0,00	0,80	0,00
Ωκεανία					
Αυστραλία και Νέα Ζηλανδία	0,05	0,00	0,00	0,95	0,00

Πίνακας 6 : Τιμές για Ti,j

Τιμές (Ti,j)					
U=αστικός χαμηλού εισοδήματος					
Χώρα	Σηπτική δεξαμενή	Τουαλέτα	Άλλο	υπόνομος	κανένα
Αφρική					
Νιγηρία	0,17	0,24	0,05	0,34	0,20
Αίγυπτος	0,17	0,24	0,05	0,34	0,20
Κένυα	0,17	0,24	0,05	0,34	0,20
Νότια Αφρική	0,17	0,24	0,05	0,34	0,20
Ασία					
Κίνα	0,14	0,10	0,03	0,68	0,05
Ινδία	0,14	0,10	0,03	0,53	0,20
Ινδονησία	0,14	0,10	0,03	0,53	0,20
Πακιστάν	0,14	0,10	0,03	0,53	0,20
Μπαγκλαντές	0,14	0,10	0,03	0,53	0,20
Ιαπωνία	0,10	0,00	0,00	0,90	0,00
Ευρώπη					
Γερμανία	-	-	-	-	-
Ηνωμένο Βασίλειο	-	-	-	-	-
Γαλλία	-	-	-	-	-
Ιταλία	-	-	-	-	-
Βόρεια Αμερική					
Η.Π.Α.	-	-	-	-	-
Καναδάς	-	-	-	-	-
Λατινική Αμερική					
Βραζιλία	0,00	0,40	0,00	0,40	0,20
Μεξικό	0,00	0,40	0,00	0,40	0,20
Ωκεανία					
Αυστραλία και Νέα Ζηλανδία	-	-	-	-	-

Πίνακας 7 : Εύρος αβεβαιότητας

Παράμετροι	Εύρος αβεβαιότητας
Παράγοντες εκπομπής	
Μέγιστη παραγωγή CH_4 (Bo)	+-30
(MCF)	+-10%
στοιχεία δραστηριότητας	
Πληθυσμός (P)	+-5%
BOD ανά άτομο	+-30%
(U)	+-15%
(I)	+-20%
(Ti,j)	Συνολικό 100% , +-3%

Πίνακας 8 : Τυπικές Τιμές

	Καθορισμός	Τυπική τιμή	Εύρος
Παράγοντας εκπομπής			
$EF_{EFFLUENT}$	(kg N_2O-N/kg-N)	0,005	0,005-0,25
EF_{PLANTS}	(gN_2O/person/year)	3,2	2-8
Στοιχεία δραστηριότητας			
P	Αριθμός ανθρώπων	Ανάλογα τη χώρα	+-10%
Protein	-	Ανάλογα τη χώρα	+-10%
F_{NPR}	(kgN/kg protein)	0,16	0,15-0,17
T_{plant}	-	Ανάλογα τη χώρα	+-20%
$F_{NON-CON}$	-	1,4	1,0-1,5
$F_{IND-COM}$	-	1,25	1,0-1,5