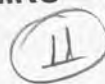




**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ - ΕΘΝΙΚΟ
ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**



**ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΗΝ
ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ:
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : Δ. ΚΑΛΙΑΜΠΑΚΟΣ

**ΘΕΜΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ : ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ
ΕΡΓΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΠΑΛΑΙΟΥ ΧΩΡΟΥ
ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΣΤΟ ΣΚΑΦΙΔΑΡΑ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ ΚΡΗΤΗΣ**



00140625

ΑΘΗΝΑ 2002

ΖΑΒΑΛΙΑΝΝΗΣ ΓΙΩΡΓΟΣ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ	
ΑΡ. ΕΙΣ.	40625
ΟΜΟΤ.	97545
ΤΑΞΙΝ.	363 7 2AB
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ	

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας αφορά την περίπτωση ενός ανεξέλεγκτου χώρου διάθεσης απορριμμάτων στην περιοχή Σκαφιδάρας του Νομού Ηρακλείου.

Η εργασία περιλαμβάνει 3 βασικές ενότητες:

- Η πρώτη αφορά γενικά ζητήματα που έχουν σχέση με τη ανεξέλεγκτη διάθεση απορριμμάτων στον Ελληνικό χώρο και τις περιβαλλοντικές τους επιπτώσεις.
- Η δεύτερη περιγράφει τα δεδομένα-χαρακτηριστικά της ευρύτερης περιοχής πριν τις εργασίες αποκατάστασης καθώς και τα έργα τα οποία έγιναν για τον περιορισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων .
- Τέλος στην τρίτη ενότητα γίνεται αποτίμηση των περιβαλλοντικών έργων, υπολογίζοντας το εξωτερικό –περιβαλλοντικό όφελος, που προήλθε από την υλοποίησή τους .

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Δ.Καλιαμπάκο για την ανάθεση του εξαιρετικά ενδιαφέροντος θέματος και τον κ.Α.Μαυρόπουλο για τις υποδείξεις και την ουσιαστική βοήθειά του πάνω σε θέματα τεχνικής φύσεως.

Ιανουάριος 2003

Ζαβαλιάννης Γιώργος

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

A ΕΝΟΤΗΤΑ	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	5
ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	14
Η ΑΝΕΞΕΛΕΓΚΤΗ ΑΠΟΡΡΙΨΗ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	14
Μόλυνση εδάφους	16
Ρύπανση αέρα	16
Ρύπανση νερών	17
Κίνδυνοι ατυχημάτων	17
Αντιαισθητική θέα - Οπτική ρύπανση	19
Λοιπές επιπτώσεις	19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	21
ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΠΟΥ ΛΑΜΒΑΝΟΥΝ ΧΩΡΑ ΣΕ ΧΩΡΟΥΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ	21
3.1 Σύσταση βιοαερίου	21
3.2 Διάρκεια παραγωγής βιοαερίου	24
3.3 Περιβαλλοντικά προβλήματα από το βιοαέριο	26
3.4 Μέτρα Ελέγχου του Βιοαερίου	30
3.5 Επιπτώσεις των Στραγγισμάτων στο Περιβάλλον	32
B ΕΝΟΤΗΤΑ	36
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΣΚΑΦΙΔΑΡΑ	36
4.1 Επικρατούσα κατάσταση	36
4.2 Κυρίαρχες διεργασίες –μετανάστευση βιοαερίου	37
4.2.1 Παραγόμενες ποσότητες βιοαερίου	40
4.3 Χαρακτηριστικά στραγγισμάτων	41
4.3.1 Παραγόμενες ποσότητες	44
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΣΤΟΝ ΣΚΑΦΙΔΑΡΑ	51
5.1 Μελέτη αξιολόγησης	53
5.1.1 Φρεάτια άντλησης	53
5.1.2 Οριζόντιο δίκτυο συλλογής – σύστημα απομάκρυνσης συμπτκνωμάτων	55
5.1.3 Πυρσός – αντλιοστάσιο	56
5.1.4 Μονάδα Μετρήσεων – Ρυθμίσεων	59
5.1.5 Φρεάτια ανίχνευσης	59
5.1.6 Λοιπός εξοπλισμός	60
5.1.7 Μέτρα ασφαλείας	60
5.2 Οριστικό δίκτυο διαχείρισης βιοαερίου	61
5.2.1 Φρεάτια συλλογής	61
5.2.2 Κεφαλές φρεατίων	62
5.2.3 Συλλογή του βιοαερίου	63
5.2.4 Σύστημα συλλογής συμπτκνωμάτων	64
5.2.5 Πυρσός καύσης του βιοαερίου	64
5.2.6 Προστασία από τρωκτικά	64

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 :ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ	66
6.1 Στόχοι και μεθοδολογία αντιμετώπισης	66
6.2 Περιμετρικοί και εγκάρσιοι συλλεκτήρες στραγγισμάτων	67
6.3 Δεξαμενή συλλογής στραγγισμάτων	70
6.4 Αντλιοστάσιο επανακυκλοφορίας των στραγγισμάτων	71
6.5 Αντλιοστάσιο συλλογής στραγγισμάτων	71
6.6 Άντληση από τα φρεάτια βιοαερίου	72
Γ ΕΝΟΤΗΤΑ.....	74
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 : ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΜΕΤΡΩΝ.....	74
7.1 Περιβαλλοντικό όφελος από την μείωση των αερίων εκπομπών	77
7.2 Περιβαλλοντικό όφελος από τη μείωση των στραγγισμάτων.....	85
7.3 Συνολική αποτίμηση	89
7.4 Υποτιθέμενο σενάριο.....	91
7.5 Συμπέρασμα	95
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	97

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

Α ΕΝΟΤΗΤΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ

Η ανεξέλεγκτη ή ημιελεγχόμενη απόθεση των απορριμμάτων σε χωματερές αποτελούσε μέχρι πρόσφατα την πιο διαδεδομένη μέθοδο τελικής διάθεσης τους. Αν και τα τελευταία χρόνια χιλιάδες χωματερές έχουν κλείσει, σε πολλά μέρη του κόσμου χρησιμοποιούνται ακόμα. Στην Ιαπωνία όπως αναφέρει ο Hirata et al., (1995), μέχρι το 2000 έκλεισαν 2300 χώροι διάθεσης οικιακών απορριμμάτων και 2500 χώροι διάθεσης βιομηχανικών αποβλήτων. Στις Η.Π.Α. σύμφωνα με καταγραφή του 1991 υπήρχαν 5812 χώροι διάθεσης αστικών απορριμμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων, που λειτουργούσαν σύμφωνα με τους κανονισμούς του EPA (Minor and Jacobs, 1994). Στην Ολλανδία (Van Vosse et al., 1995), 4000 περίπου χώροι διάθεσης απορριμμάτων-αποβλήτων. Στη Σουηδία σύμφωνα με το Flyhammar (1995), μετά από καταγραφή το 1990, 283 ενεργοί χώροι οικιακών απορριμμάτων και χιλιάδες άλλοι εγκαταλελειμμένοι. Στην Ελλάδα υπήρχαν μέχρι το 2000 περισσότεροι από 5000 χώροι διάθεσης, το 70% των οποίων αποτελούσαν χώρους ανεξέλεγκτης απόρριψης. Σύμφωνα με το Frantzis (1995) το 39% των χώρων αυτών δεν είχαν άδεια λειτουργίας, το 36% δεν διέθεταν τα απαραίτητα έργα υποδομής, το 53% βρισκόταν σε πέρατα εδάφη και το 19% σε ημιπερατά. Επιπλέον το 43% αυτών προκαλούσαν προβλήματα δυσσομίας, το 57% έχει προκαλέσει ρύπανση των υπογείων υδροφόρων στρωμάτων, το 32% παρουσίαζε προβλήματα ανάφλεξης και τέλος το 4% είχε επιφέρει ποιοτική υποβάθμιση στην περιοχή.

Με τον όρο "ανεξέλεγκτες χωματερές", εννοούμε τη διάθεση απορριμμάτων σε χώρους, οι οποίοι δεν πληρούν τους κανόνες προστασίας του ευρύτερου οικοσυστήματος.

Μελέτη που έγινε από το Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης έδειξε ότι ο όγκος των σκουπιδιών αυξάνεται κατά 2% το χρόνο. Το πιο ανησυχητικό είναι ότι έχουν καταλάβει όχι μόνον δάση, αλλά και ακτές, μνημεία, ακόμα και αρχαιολογικούς χώρους.

Στην Ανατολική Αττική λειτουργούν 22 τριτοκοσμικές χωματερές, που αποτελούν εστίες ρύπανσης των επιφανειακών και των υπογείων υδάτων, πηγές δυσσομίας και τοξικών ουσιών. Έχουν επίσης εντοπιστεί άλλα 60 σημεία που χρησιμοποιούνται ουσιαστικά ως σκουπιδότοποι. Ακόμα και μεγάλοι δήμοι, όπως το Λαύριο, το Κορωπί, η Παιανία, το

Μαρκόπουλο, η Κερατέα, ο Αυλώνας, το Γραμματικό, το Καπανδρίτι και ο Ωρωπός, καλύπτουν τις ανάγκες εναπόθεσης των απορριμμάτων τους σε παράνομους χώρους.

Οι χωματερές αυτές βρίσκονται κυρίως στη δυτική, βόρεια και ανατολική Αττική, με μεγαλύτερη πυκνότητα εμφάνισης στις περιοχές Μεσογείων και Λαυρεωτικής, και αποτελούν σοβαρό κίνδυνο για τη δημόσια υγεία. Σύμφωνα με τους υπολογισμούς των ερευνητών, 70 χιλιάδες τόνοι οικιακών απορριμμάτων εναποτίθεται ετησίως μόνο σ' αυτές τις 22 χωματερές. Πρόκειται για απορρίμματα που προέρχονται μόνο από 44 ΟΤΑ της ευρύτερης περιοχής των Αθηνών. Επιπλέον προκύπτει ότι στην Αττική οι 151 ΟΤΑ της ευρύτερης περιοχής παράγουν κατά μέσο όρο ημερησίως 3.400 τόνους οικιακών απορριμμάτων.

Σύμφωνα με αυτοψία του ΕΣΔΚΝΑ για μερικές από τις προαναφερθείσες ανεξέλεγκτες χωματερές ισχύουν τα εξής :

- Στον δήμο Καλυβίων λειτουργεί χωματερή, έκτασης 40 στρεμμάτων, σε απόσταση 1,5 Km από κατοικημένη περιοχή. Συνορεύει με καλλιέργειες, ενώ σε πολλά σημεία υπάρχει κίνδυνος από αυταναφλέξεις και έχει ζητηθεί το άμεσο κλείσιμό της, καθώς «η κατάσταση της χωματερής κρίνεται επικίνδυνη για τη δημόσια υγεία και το περιβάλλον».

- Στην κοινότητα Οινόης λειτουργεί μέσα σε δασική έκταση χωματερή, έκτασης 10 στρεμμάτων, η οποία συνορεύει με αμπέλια και σιτηρά.

- Στο Καπανδρίτι και μέσα σε ρέμα λειτουργεί χωματερή έκτασης 70 στρεμμάτων, η κατάσταση της οποίας «κρίνεται άκρως επικίνδυνη και πρέπει άμεσα να κλείσει».

- Στο Λαύριο λειτουργεί χωματερή έκτασης 10 στρεμμάτων, σε απόσταση 1Km από τον δήμο και διαπιστώθηκαν πολλοί καπνοί από αυτανάφλεξη.

- Στον Αυλώνα, σε απόσταση 300 m από την εθνική οδό, λειτουργεί χωματερή σε χώρο παλιού λατομείου, στην οποία τα σκουπίδια ούτε καν θάβονται, αλλά καίγονται.

- Στην κοινότητα Πολυδενδρίου, σε δασική έκταση λειτουργεί χωματερή έκτασης 15 στρεμμάτων, όπου εναποτίθενται και χημικά απόβλητα.

- Στην κοινότητα Βαρνάβα η χωματερή απέχει 500 m από το τελευταίο σπίτι του οικισμού και εφάπτεται σε πυκνό πευκοδάσος και σε αυτήν αποθέτουν τα απορρίμματά τους και οι στρατιωτικές μονάδες της περιοχής.

- Στον δήμο Μεγάρων η χωματερή λειτουργεί σε δημόσια δασική έκταση. Μέσα από τη χωματερή περνούν καλώδια υψηλής τάσης της ΔΕΗ. Είναι έκτασης 160 στρεμμάτων και διαπιστώθηκε έντονη οσμή από τη διαφυγή βιοαερίου.

- Στην κοινότητα Καλάμου και σε απόσταση 2Km από τη θάλασσα λειτουργεί χωματερή έκτασης 5 στρεμμάτων.

- Στη κοινότητα Κουβαρά λειτουργεί χωματερή έκτασης 100 στρεμμάτων, σε απόσταση 400m από την Κερατέα και επίσης διαπιστώθηκε έντονη οσμή βιοαερίου, ενώ γίνεται καύση των απορριμμάτων.
- Στον δήμο Παιανίας λειτουργεί χωματερή 100 στρεμμάτων σε απόσταση 500 m από την πόλη και η διάθεση των απορριμμάτων γίνεται μέσα σε ρέμα.
- Στον δήμο Μαρκοπούλου λειτουργεί χωματερή έκτασης 10 στρεμμάτων και γίνεται καύση των απορριμμάτων.



Εικόνα 1: Ανεξέλεγκτη διάθεση απορριμμάτων

Το πρόβλημα όμως δεν αφορά μόνο το λεκανοπέδιο της Αττικής αλλά και την επαρχία. Για παράδειγμα σύμφωνα με καταγραφές, στο Ν. Χαλκιδικής λειτουργούν τουλάχιστον 80 ανεξέλεγκτες χωματερές και σκουπιδότοποι. Σε αυτές τα απορρίμματα διατίθενται δίχως καμία επεξεργασία, προκαλώντας δυσμενείς επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον, ενώ ο κίνδυνος για εκδήλωση πυρκαγιών είναι συνεχής. Το ίδιο συμβαίνει και σε άλλες περιοχές της Ελλάδας όπως φαίνεται και στον πίνακα 1.

Σημειώνεται ότι, από το σύνολο των οικιακών αποβλήτων που παράγονται στη χώρα, ένα ποσοστό 53% διατίθεται σε 33 οργανωμένους χώρους υγειονομικής ταφής, ενώ το υπόλοιπο απορρίπτεται σε ανεξέλεγκτες χωματερές. Στο τέλος του 2001 ο αριθμός μειώθηκε σε 2.182 χωματερές και σήμερα έχουμε φτάσει στις 1300.

Όλες οι μεγάλες πόλεις αργά ή γρήγορα καλούνται να αντιμετωπίσουν το πρόβλημα διαχείρισης των σκουπιδιών τους. Οι κινητοποιήσεις των κατοίκων των γύρω περιοχών δε

σταμάτησαν καθόλου τα τελευταία χρόνια. Η κοινή γνώμη γνωρίζει το πρόβλημα αλλά το αφήνει στα υπόψη. "Είναι ευχάριστο να μαζεύουν τα σκουπίδια και να τα πηγαίνουν κάπου μακριά όπου δεν θα σε ενοχλούν, άσχετα από το που και το πώς, της συνέχειας".

Γεωγραφικό διαμέρισμα	Αδειοδοτημένοι χώροι	Χώροι μη αδειοδοτημένοι	Σύνολο
Αν. Μακ. -Θρ.	119	176	295
Κεντρ. Μακεδ.	310	265	575
Αντική Μακεδ.	274	221	495
Πελοπόννησος	64	510	574
Θεσσαλία	69	359	428
Αντική Ελλάδα	48	454	502
Στερεά Ελλάδα	175	159	334
Αττική	30	29	59
Πελοπόννησος	101	771	872
Κρήτη	91	476	567
Νήσοι Β. Αιγαίου	107	104	211
Νήσοι Ν. Αιγαίου	158	59	217
Νήσοι Ιονίου	36	204	240
Σύνολο	1582	3787	5369

Πίνακας 1: Χώροι διάθεσης απορριμμάτων ανά γεωγραφικό διαμέρισμα στην Ελλάδα(16)

Χειρότερη "διαφήμιση" στη χώρα μας δεν μπορούσε να γίνει εν όψει των Ολυμπιακών Αγώνων του 2004. Η Επιτροπή απέδωσε στην Ελλάδα το μετάλλιο της "ντροπής" στην Ευρώπη για το πρόβλημα των χωματερών, μαζί με την Ισπανία...Όπως αναφέρεται, σε σεμινάριο σχετικά με τους χώρους υγειονομικής ταφής αποβλήτων στα κράτη-μέλη, που οργάνωσε η Επιτροπή με τίτλο "Όνομα, Φήμη και Ντροπή", η αρμόδια για την προστασία του περιβάλλοντος, επίτροπος Μάργκοτ Βάλστρομ, κατήγγειλε τις χώρες που πρωταγωνιστούν στην Ε.Ε. στις παράνομες χωματερές. Η Ελλάδα και η Ισπανία βρίσκονται επικεφαλής με 10 περιπτώσεις η καθεμία. Ακολουθούν η Ιταλία με 8 περιπτώσεις, η Ιρλανδία με 5 και το Ηνωμένο Βασίλειο, η Γαλλία και η Γερμανία με 1 περίπτωση.

Η Επιτροπή κίνησε τη διαδικασία προσφυγής στο Ευρωδικαστήριο κατά της Ελλάδας για μη κοινοποίηση μεταφοράς της οδηγίας του 1999 για τους χώρους υγειονομικής ταφής εντός της προθεσμίας που έληγε τον Ιούνιο 2001...Η επίτροπος Μάργκοτ Βάλστρομ προέβη στο ακόλουθο σχόλιο: "Οι πολίτες μας ανησυχούν για τους χώρους υγειονομικής ταφής.

Είμαστε αποδέκτες μια συνεχούς ροής καταγγελιών από άτομα που ανησυχούν για τις επιπτώσεις που οι παράνομοι ή κακολειτουργούντες χώροι υγειονομικής ταφής μπορούν να έχουν στην υγεία τους... Ως εκ τούτου, αποφάσισα να οργανώσω το σεμινάριο, προκειμένου να ενισχυθεί η ευαισθητοποίηση, τόσο των επιχειρήσεων όσο και του κοινού, όσον αφορά τη σημασία της κατάλληλης διαχείρισης των αποβλήτων και επίσης προκειμένου να προωθηθεί η συμμόρφωση των κρατών-μελών με τη σχετική νομοθεσία της Ε.Ε. το συντομότερο δυνατόν. Μόνον αν οι εθνικές αρχές σέβονται τη νομοθεσία που διέπει τους χώρους υγειονομικής ταφής, θα αυξηθεί η εμπιστοσύνη των πολιτών στην υγειονομική ταφή, ως ενός περιβαλλοντικά βιώσιμου τρόπου διαχείρισης των αποβλήτων". (14)

Σύμφωνα με τις επιταγές της ευρωπαϊκής νομοθεσίας, όλες οι παράνομες χωματερές έπρεπε να έχουν κλείσει εδώ και μήνες. Έτσι έχουν ξεκινήσει διώξεις, οι οποίες δεν πρόκειται να σταματήσουν έως ότου κλείσουν όλες. Για να λυθεί ένα τόσο μεγάλο πρόβλημα πρέπει να χρησιμοποιηθεί και η νέα τεχνολογία: ανακύκλωση, κομποστοποίηση, επαναχρησιμοποίηση. Αυτό όμως προϋποθέτει μια τελείως διαφορετική οργάνωση, ώστε τα σκουπίδια να διαλέγονται στην πηγή.

Λείπουν οι δομές και οι υποδομές, το υπόβαθρο για να αντιμετωπιστούν τα προβλήματα. Η έλλειψη υπόβαθρου οφείλεται στο ότι συχνά λείπει η πολιτική βούληση, αλλά και η συνεργασία της Τοπικής Αυτοδιοίκησης. Έπειτα πρέπει να αντιληφθούν αυτήν την ανάγκη και οι ίδιοι οι πολίτες. Δεν έχουν μόνο οι αρχές ευθύνη, αλλά και ο κόσμος. Όλοι οι Έλληνες πιστεύουν ότι τα σκουπίδια είναι πρόβλημα, αλλά όλοι θεωρούν ότι είναι πρόβλημα του διπλανού. Οι άνθρωποι πρέπει να το συνειδητοποιήσουν και να πουν «είναι ο δικός μου αέρας, το δικό μου νερό, το δικό μου δάσος, τα δικά μου σκουπίδια, είναι και δικό μου πρόβλημα και κάτι πρέπει να κάνω για αυτό», άλλωστε η Ελλάδα έχει πολλά να κερδίσει προστατεύοντας το φυσικό της περιβάλλον όχι μόνο οικολογικά, αλλά και οικονομικά και τουριστικά. (14)

Με στόχο την ολοκληρωμένη και σε όλη την έκταση της χώρας ορθολογική διαχείριση των στερεών αποβλήτων μέχρι το τέλος του 2008, το ΥΠΕΧΩΔΕ επικαιροποίησε τον Εθνικό Σχεδιασμό Διαχείρισης των Στερεών Αποβλήτων και κατέστρωσε Σχέδιο Επιτελικής Παρακολούθησης της υλοποίησής του.

Οι στόχοι του σχεδιασμού αυτού είναι:

- Η σταδιακή μείωση του όγκου των βιοαποδομησίμων αποβλήτων που εναποτίθενται στους Χώρους Υγειονομικής Ταφής.
- Η τήρηση αυστηρών κανόνων λειτουργίας των Χώρων Υγειονομικής Ταφής

Απορριμμάτων για την προστασία του περιβάλλοντος.

– Η υποχρεωτική εφαρμογή και λειτουργία συστημάτων εναλλακτικής διαχείρισης των στερεών αποβλήτων με σκοπό την μείωση του όγκου τους και την αξιοποίηση μέρους των αποβλήτων, με την ανακύκλωση ή την επαναχρησιμοποίηση τους.

Η υλοποίηση των στόχων αυτών θα οδηγήσει στην εξάλειψη του απαράδεκτου φαινομένου της ανεξέλεγκτης εναπόθεσης των απορριμμάτων. Στο πλαίσιο της υλοποίησης του προγράμματος αυτού, προβλέπεται ότι:

– στο τέλος του 2003 θα λειτουργούν 1.000

– στο τέλος του 2006 δεν θα υπάρχουν χώροι ανεξέλεγκτης ταφής (15)

Μια τέτοια λοιπόν περίπτωση αποτελούσε και ο ανεξέλεγκτος χώρος διάθεσης απορριμμάτων, έκτασης 92 στρεμμάτων, του Δήμου Ηρακλείου Κρήτης στη θέση Σκαφιδάρας.

Ο χώρος εξυπηρετούσε την πόλη του Ηρακλείου και κάποια γειτονικά χωριά από το 1966-1992. Ωστόσο μέχρι το 1972 γινόταν συστηματική καύση των απορριμμάτων, με αποτέλεσμα να θεωρούνται ενεργά τα απορρίμματα που αποτέθηκαν από το 1973 και ύστερα.

Η ανεξέλεγκτη αυτή χωματερή σήμερα αποτελεί χώρο αναψυχής για τους κατοίκους του Ηρακλείου. Τα έργα αποκατάστασης ξεκίνησαν το 1997 και διήρκησαν μέχρι το 2000. Για την υλοποίηση τους πραγματοποιήθηκαν οι εξής σημαντικές παρεμβάσεις.

- Η πρώτη αφορά την ολοκλήρωση μιας σειράς εργασιών, ώστε να διαμορφωθεί το ανάγλυφο, με τέτοιο τρόπο ώστε να εξομαλυνθούν οι κλίσεις του εδάφους και να σταθεροποιηθεί ο όγκος των σκουπιδιών. Ακολούθησε η στεγανοποίηση του χώρου, με ειδική μεμβράνη, και άλλα υλικά ώστε να αποτραπεί η είσοδος νέων υγρών στοιχείων.
- Η δεύτερη τη διαχείριση των στραγγισμάτων.
- Η τρίτη το σύστημα διαχείρισης βιοαερίου.
- Η τέταρτη την κατασκευή των έργων που είχαν σχεδιαστεί να πραγματοποιηθούν με τη δημιουργία των χώρων άθλησης και αναψυχής και τη φυτοτεχνική διαμόρφωση του χώρου με τη φύτευση συνολικά είκοσι τεσσάρων χιλιάδων φυτών.

Τα τελευταία χρόνια στη χώρα μας έχουν δαπανηθεί αρκετά χρήματα για την αποκατάσταση τέτοιων χώρων, και με μια πρώτη άποψη τα ποσά αυτά φαίνονται αρκετά υψηλά. Η παρούσα εργασία καλείται να συνυπολογίσει και τα περιβαλλοντικά οφέλη που επιτεύχθηκαν από την πραγμάτωση των έργων διαχείρισης του βιοαερίου και των στραγγισμάτων αποδεικνύοντας, ότι το πραγματικό κόστος είναι αρκετά μικρότερο από το φαινομενικό, αλλά και να αποτελέσει οδηγό, συσχετίζοντας τα περιβαλλοντικά με τα

οικονομικά μεγέθη, για άλλους παρόμοιους χώρους που πρέπει επείγοντως να αποκατασταθούν στην χώρα μας.

Εξωτερικό κόστος από τη λειτουργία ενός χώρου διάθεσης απορριμμάτων προκύπτει εξαιτίας :

- Εκπομπής αέριων ρύπων.
- Επιβάρυνσης των υδάτων και του εδάφους από την ταφή των απορριμμάτων.

Για τον υπολογισμό του εξωτερικού κόστους θα χρησιμοποιηθούν στοιχεία από τη μελέτη της Ευρωπαϊκής πολιτικής για την αποτίμηση των εξωτερικοτήτων από την υγειονομική ταφή και την καύση απορριμμάτων ,η οποία βασίστηκε σε προγενέστερες εξειδικευμένες μελέτες πάνω στο θέμα.

Πριν όμως από αυτά καλό θα ήταν να επισημανθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την λειτουργία των ανεξέλεγκτων χώρων διάθεσης, για να γίνει κατανοητή, η άμεση ανάγκη για τερματισμό της λειτουργίας τους και η έναρξη των απαραίτητων διαδικασιών για την αποκατάστασή τους.

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

1. Flyhammar P., (1995). Leachate Quality and Environmental Effects at Active Swedish Municipal Landfills, In: Christensen T.H., Cossu R., Stegmann R., (Eds.), Regulation Environmental Impact and Aftercare, Proceedings Sardinia 95, Fifth International Landfill Symposium, Vol. III, pp. 550-557.
2. Frantzis I., (1995). Landfill Economics in the Framework of Waste Management in Greece, In: Christensen T.H., Cossu R., Stegmann R., (Eds.), Regulation Environmental Impact and Aftercare, Proceedings Sardinia 95, Fifth International Landfill Symposium, Vol. III, pp. 163-170.
3. Hirata T., Hanashima M., Matufuji Y., Yanase R. and Maeno Y., (1995). Construction of Facilities of the Closed Landfills, In: Christensen T.H., Cossu R., Stegmann R., (Eds.), Regulation Environmental Impact and Aftercare, Proceedings Sardinia 95, Fifth International Landfill Symposium, Vol. III, pp. 717-728.
4. Minor S.D. and Jacobs T., (1994). Optimizal Land Allocation for Solid and Hazardous Waste Landfill Siting, Journal of Environmental Engineering, Vol. 120, No. 5, pp. 1095-1108.
5. Van Vossen W.J., Gravesteijn L.J.J., Kamsma T.P.J. and Vos J.A.M., (1995). Masterplan for the Aftercare of Abandoned Landfills, In: Christensen T.H., Cossu R., Stegmann R., (Eds.), Regulation Environmental Impact and Aftercare, Proceedings Sardinia 95, Fifth International Landfill Symposium, Vol. III, pp.737-748.
6. (<http://express.gr/showafarticle.php?article=18324&categ=17&lang=1>)
7. (<http://www.hri.org/E/2000/00-06-24.dir/keimena/greece/greece6.htm>)
8. (<http://www.hri.org/E/2000/00-07-30.dir/keimena/greece/greece4.htm>)
9. (<http://users.panafonet.gr/forest/forestnet/dasoprostasia.htm>)
10. (<http://www.qualitynet.gr/eidisi.asp?url=2465>)
11. (www.asda.gr/elxoroi/articles2.htm ΕΛΕΥΘΕΡΟΤΥΠΙΑ - 02/10/2002)

12. (http://www.cretanyouth.gr/cretanyouth/editions/info_e/dtp002/index.htm)
13. (<http://www.praktika.gr/ypourgoi2002.html>)
14. (http://www.kathimerini.gr/4dcgi/w_articles_ell_1712156_14/07/2002_31362)
15. (<http://www.tnn.gr/perivalon/diaxirisisterapovl.htm>)
16. Α. Σαλινικήδου, Α. Καραγιαννίδης, Ν. Μουσιόπουλος, Καταγραφή Χώρων Απόθεσης των Δημοτικών Απορριμμάτων στο Νομό Θεσσαλονίκης, Τεχνικά Χρονικά Επιστ. Έκδ. ΤΕΕ, IV, τεύχ. 1-2, 2000

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

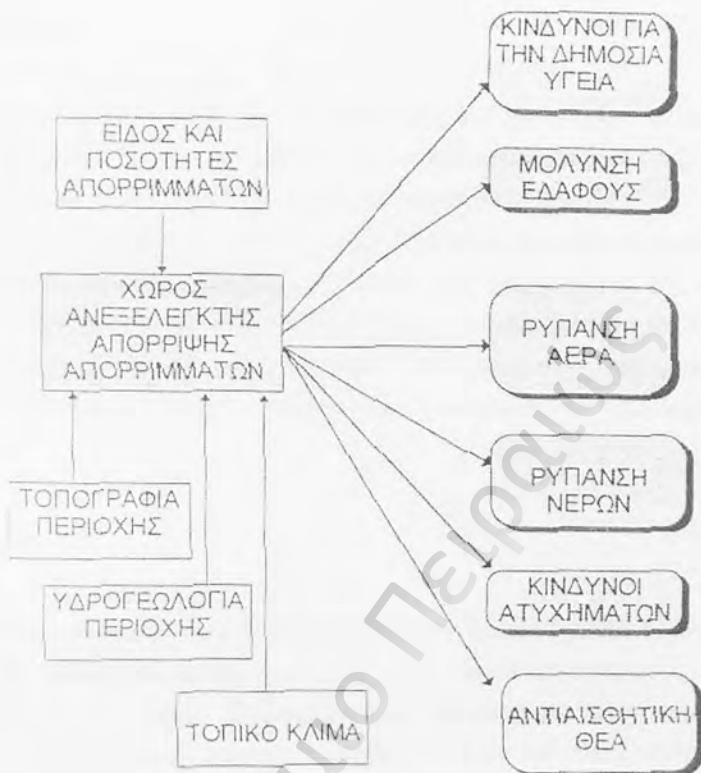
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Η ΑΝΕΞΕΛΕΓΚΤΗ ΑΠΟΡΡΙΨΗ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Από τυπική άποψη κάθε απόρριψη ή/και άλλου είδους διάθεση στερεών αποβλήτων χωρίς επιστημονικό σχεδιασμό και εποπτεία από ειδικευμένο προσωπικό, θεωρείται ανεξέλεγκτη. Οι μορφές που συνήθως εμφανίζονται είναι οι ακόλουθες:

- α. Διάθεση απορριμμάτων, κυρίως οικιακών, από μεμονωμένους ΟΤΑ με απλή απόρριψη σε συγκεκριμένους χώρους.
- β. Απόρριψη από ιδιώτες φορτίων απορριμμάτων και άλλων αποβλήτων (εμπορικών, βιομηχανικών) σε ανεξέλεγκτους χώρους.
- γ. Απόρριψη από ιδιωτικά ή/και δημοτικά αυτοκίνητα κοντά στους εγκεκριμένους χώρους υγειονομικής ταφής.
- δ. Εγκατάλειψη, από εκδρομείς ή κατοίκους, απορριμμάτων σε εξοχικούς χώρους, παραλίες κλπ.

Οι επιπτώσεις από την ανεξέλεγκτη διάθεση απορριμμάτων παρουσιάζονται στο Σχήμα 1 και αναλύονται ξεχωριστά παρακάτω. Στο ίδιο σχήμα φαίνονται και οι πιο καθοριστικοί παράγοντες για την έκταση και το είδος των επιπτώσεων. Αυτό που πρέπει να τονιστεί, είναι ότι σε κάθε περίπτωση οι επιπτώσεις είναι άμεσα συνδεδεμένες με παραμέτρους όπως το είδος των απορριμμάτων, τα εδαφολογικά και υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά της περιοχής, το τοπικό κλίμα κ.ο.κ. συνιστώντας ένα μοναδικό κάθε φορά πρόβλημα που μπορεί να αντιμετωπιστεί μόνο με συγκεκριμένη μελέτη και όχι με γενικού χαρακτήρα "συνταγές". Από αυτή την άποψη, τα όσα ακολουθούν απλά σκιαγραφούν τις βασικές πλευρές του προβλήματος της ανεξέλεγκτης απόρριψης απορριμμάτων. (1)



Σχήμα 1: Οι επιπτώσεις της ανεξέλεγκτης διάθεσης απορριμμάτων και οι παράγοντες που επιδρούν στο είδος και την ένταση των επιπτώσεων

Μόλυνση εδάφους

Η μόλυνση του εδάφους προκαλείται από τρεις παράγοντες. Ο πρώτος είναι αυτά καθαυτά τα απορρίμματα, που αποσυντίθενται αφήνοντας διαφόρων ειδών κατάλοιπα στο έδαφος. Ο δεύτερος είναι η παραγωγή στραγγισμάτων από την διαδικασία αποσύνθεσης των απορριμμάτων και ο τρίτος η παραγωγή των αερίων. Η ρύπανση του εδάφους ενδέχεται να έχει σοβαρές επιπτώσεις στην χλωρίδα και την πανίδα της περιοχής, ενώ δεν πρέπει να αποκλείεται και η μεταφορά επικινδύνων ουσιών στην τροφική αλυσίδα. Όσον αφορά το σχηματιζόμενο αέριο, έχουν αναφερθεί πολύ σοβαρές επιπτώσεις στα είδη βλάστησης της περιοχής, με πιο σοβαρή την πρόκληση ασφυξίας στα φυτά.(1,3)

Ρύπανση αέρα

Στα αέρια που παράγονται σε χώρους διάθεσης απορριμμάτων έχουν ανιχνευθεί πάνω από 136 πτητικές οργανικές ουσίες, σε μικρές πάντα συγκεντρώσεις. Οι ενώσεις αυτές, γνωστές και ως VOCs (Volatile Organic Compounds), είναι αρωματικοί και αλειφατικοί υδρογονάνθρακες, αιθέρες, εστέρες, αλκοόλες και άλλες αλογονούχες και θειούχες οργανικές ενώσεις. Η παρουσία αυτών των ενώσεων δημιουργεί εξαιρετικά δυσάρεστες οσμές που γίνονται αισθητές κυρίως κατά τη διάρκεια θερμοκρασιακών αναστροφών. Σύμφωνα με ορισμένους μελετητές, ενδέχεται 13 από αυτές τις ουσίες, να είναι καρκινογόνες. Ανάμεσα τους συμπεριλαμβάνονται το βενζόλιο, το βουταδιένιο και το χλωροαιθυλένιο. Πάντως, σύμφωνα με τις εκτιμήσεις της EPA οι συγκεντρώσεις αυτών των ουσιών είναι πολύ κάτω από τα επιτρεπόμενα όρια.

Σύμφωνα με μια σειρά επιστημονικές μελέτες, είναι βέβαιο ότι σε μια εκτεταμένη περιοχή της ατμόσφαιρας, γύρω από χώρους διάθεσης απορριμμάτων (σε αποστάσεις που φτάνουν ως και 100 χλμ.), δημιουργείται το φαινόμενο του "θερμοκηπίου", ενώ ταυτόχρονα οι απελευθερούμενοι στην ατμόσφαιρα ρύποι ευθύνονται μερικά και για την καταστροφή της στοιβάδας του όζοντος.(1,2,3)

Ρύπανση νερών

Η απόρριψη απορριμμάτων κοντά σε ροές επιφανειακών νερών, οδηγεί αναμφίβολα σε ρύπανση του υδάτινου αποδέκτη, είτε μέσω της εισροής στραγγισμάτων στην ροή των νερών, είτε μέσω της μόλυνσης των ομβρίων που καταλήγουν στα νερά. Είναι δυνατόν λίμνες να περιβάλλονται από πληθώρα τέτοιων χώρων, ενώ το ίδιο συμβαίνει και με ορισμένες κοίτες ποταμών. Τα επιφανειακά εκπλύματα από τους χώρους αυτούς καταλήγουν με μεγάλη ευκολία στις λίμνες, περαιτέρω δε επιβάρυνση προκαλείται λόγω της ρύπανσης του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα και της επαφής των λιμνών με αυτόν, ενώ η γενικότερη προκαλούμενη περιβαλλοντική υποβάθμιση έχει πολύπλευρη επίπτωση σε αυτές λόγω της άμεσης γεινίασης. Αντίστοιχα ισχύουν και για τα υπόγεια νερά, ιδίως αν τα πετρώματα του πυθμένα του χώρου διάθεσης απορριμμάτων είναι διαπερατά ή/και ημιδιαπερατά. Το μέγεθος της μόλυνσης εξαρτάται από το είδος των ρύπων που θα εισέλθουν στα υπόγεια νερά. Για παράδειγμα, τοξικές ουσίες όπως τα κυανιούχα άλατα και το αρσενικό δύναται να έχουν τεράστιες συνέπειες για το οικοσύστημα της περιοχής και θα δημιουργούσαν μεγάλο κίνδυνο για τη δημόσια υγεία. Ακόμα όμως και λιγότερο τοξικές ουσίες σε μικρές συγκεντρώσεις, όπως οι φαινόλες, μεταβάλουν τη γεύση του νερού και των ψαριών με άγνωστες τελικές συνέπειες από μακροχρόνια χρήση. Για να γίνει ακόμα πιο κατανοητό το μέγεθος του προβλήματος, πρέπει να προστεθεί ότι ακόμα και κατά το σχεδιασμό μιας εγκατάστασης υγειονομικής ταφής απορριμμάτων, είναι σχεδόν βέβαιο ότι μετά από κάποιο χρονικό διάστημα θα υπάρξουν διαρροές προς τον υδροφόρο ορίζοντα, παρά τα προστατευτικά μέτρα που λαμβάνονται. Η μόλυνση του υδροφόρου ορίζοντα μιας περιοχής είναι ένας από τους πιο μεγάλους κινδύνους από την ανεξέλεγκτη διάθεση απορριμμάτων. (1, 2)

Κίνδυνοι ατυχημάτων

Ο κίνδυνος για ατυχήματα σε χώρους ανεξέλεγκτης ταφής απορριμμάτων είναι πολύ μεγάλος και προέρχεται από πολλές και διαφορετικές αιτίες. Αναφέρονται ενδεικτικά ορισμένες από τις πιο συνηθισμένες περιπτώσεις:

Κατ' αρχήν ο κίνδυνος πυρκαγιάς που διευκολύνεται από τη συγκέντρωση των εύφλεκτων υλικών. Λαμβάνει χώρα με αυτανάφλεξη του παραγόμενου βιοαερίου ή και επίτηδες (για λόγους μείωσης του όγκου των προς χωματοκάλυψη απορριμμάτων και περιορισμού του κινδύνου αυτανάφλεξης) και προκαλεί σημαντική αέρια ρύπανση (με

αξιοσημείωτη την πιθανότητα παραγωγής και εκπομπής ακόμη και τοξικών αερίων ρύπων, όπως οι πολυ-χλωριωμένες διβενζο-διοξίνες και -φουράνια) αλλά και κίνδυνο πυρκαϊών ιδιαίτερα το καλοκαίρι, λόγω της συχνής γειννίασης με δάση και λοιπές περιοχές πρασίνου. Η Δασική Υπηρεσία υπολογίζει ότι το 2% από τις 12.000 πυρκαγιές που έχουν καταγραφεί την τελευταία 15ετία έχουν αφετηρία τις χωματερές. Τα αυτοαναφλεγόμενα σκουπίδια, αλλά και ένα απλό γυαλί ή ένα κομμάτι καθρέπτη μπορεί να μετατραπεί σε ένα είδος κάτοπτρου και να συντελέσει σε μια μεγάλη πυρκαγιά. Τα στοιχεία του υπουργείου αναφέρουν ότι μόνον στην περιοχή της Αττικής από το 1985 έως και το 2000 κήκαν 83.429 στρέμματα δάσους. Σε όλες τις περιπτώσεις οι πυρκαγιές ξεκίνησαν από ανεξέλεγκτες χωματερές. Το γεγονός είναι κάθε άλλο παρά τυχαίο.

Με τα αέρια σχετίζονται και άλλοι κίνδυνοι όπως τοπικού μεγέθους εκρήξεις, αναπνευστικά προβλήματα σε εργαζόμενους και περιοίκους κλπ. Να προστεθεί ακόμα ότι η κίνηση των αερίων εντός του εδάφους δημιουργεί ρωγμές που θέτουν συχνά σε κίνδυνο την σταθερότητα του.

Ειδικά στην περίπτωση που γίνεται απλή εναπόθεση των απορριμμάτων, χωρίς συμπίεση, η ανομοιόμορφη καθίζηση δημιουργεί σοβαρά προβλήματα στις προσπάθειες αποκατάστασης ή/και εξυγίανσης του χώρου.

Οι 75 τοξικές ουσίες που περιέχουν χλώριο και ανήκουν στην κατηγορία των διοξινών επηρεάζουν τη δημόσια υγεία, μέσω των ανεξέλεγκτων φλεγόμενων χωματερών. Ζώα που βόσκουν ελεύθερα κοντά σε χωματερές μεταφέρουν διοξίνες στους Έλληνες πολίτες, οι οποίοι τις προσλαμβάνουν κυρίως μέσω της κατανάλωσης γαλακτοκομικών προϊόντων. Αυτό τουλάχιστον υποστήριξε η οικολογική οργάνωση Greenpeace σε συνέντευξη τύπου και τα στοιχεία που έδωσε στη δημοσιότητα μόνο καθυστερημένα δεν είναι για τους Έλληνες καταναλωτές. Όπως ειπώθηκε από το διευθυντή της οργάνωσης, η ποσότητα διοξίνης που παράγεται στη χώρα μας κάθε χρόνο από ανεξέλεγκτες πυρκαγιές σε χωματερές, ανέρχεται από 47,7 έως 920 gr, που κι αν φαινομενικά είναι ελάχιστη, αξίζει να υπογραμμιστεί ότι είναι εκατοντάδες χιλιάδες φορές μεγαλύτερη από την ποσότητα διοξίνης που προκάλεσε το διατροφικό σκάνδαλο στο Βέλγιο. «Ο κίνδυνος για την υγεία των εργαζομένων ή των παροικούντων δίπλα στις φλεγόμενες χωματερές είναι άμεσος», σημείωσε. «Μόνο ο αέρας που εισπνέουν περιέχει διοξίνες σε συγκεντρώσεις έως και πέντε φορές μεγαλύτερες από το ανώτατο όριο εκπομπών για εργοστάσια καύσης αποβλήτων. Αρκεί ένα τρισεκατομμυριοστό του γραμμαρίου διοξίνης για να προκαλέσει καρκίνο κι ένα μόλις δισεκατομμυριοστό του γραμμαρίου για να σκοτώσει πειραματόζωα στο εργαστήριο. Ακόμη και απειροελάχιστες συγκεντρώσεις διοξινών μπορούν να επηρεάσουν το ανοσοποιητικό και νευρικό σύστημα».

Το πρόβλημα, εξήγησε, επιτείνεται όταν οι χωματερές καίγονται, είτε λόγω του ότι αυταναφλέγονται, είτε επειδή οι πολίτες, βλέποντας το αντιαισθητικό θέαμα, επιχειρούν να βάλουν φωτιά στα σκουπίδια. Εκείνη τη στιγμή εκλύονται πολύ μεγάλες ποσότητες διοξινών, ικανές να προκαλέσουν σοβαρά προβλήματα υγείας στους ανθρώπους που παρίστανται στη διαδικασία ή μένουν σε γειτονικές περιοχές. Επειδή όμως η πρόσληψη διοξινών στον άνθρωπο γίνεται κυρίως μέσω της τροφικής αλυσίδας και όχι τόσο μέσω του αέρα, όλες οι ανεξέλεγκτες χωματερές θα πρέπει να κλείσουν ή προσωρινώς να φυλάσσονται ώστε να μην τις προσεγγίζουν τα ζώα. Περισσότερο εκτεθειμένες στις διοξίνες είναι οι έγκυες, οι λεχώνες, και βέβαια τα έμβρυα και τα μωρά. Ο διευθυντής της Greenpeace υπογράμμισε ότι η κατάσταση με τις χωματερές είναι κατά τι χειρότερη στα νησιά και την Κρήτη, με την αύξηση του τουρισμού το καλοκαίρι. Αν και όπως είπε δεν υπάρχουν στοιχεία ξεχωριστά για την έκλυση διοξινών για κάθε χωματερή στην Ελλάδα, η Αμερικανική Υπηρεσία Περιβάλλοντος (EPA) σε πρόσφατη έκθεσή της εκτιμά ότι η επικινδυνότητα των εν λόγω τοξικών ουσιών είναι τουλάχιστον δεκαπλάσια απ' ό,τι πιστεύετο μέχρι τώρα. Έρευνα που δημοσιεύτηκε σε ιατρικό επιστημονικό περιοδικό τον περασμένο Μάιο και αφορά τις επιπτώσεις των διοξινών στην ευρύτερη περιοχή του Σεβέζο της Ιταλίας, όπου είχε σημειωθεί σημαντική έκλυση διοξίνης το 1976, έδειξε πως έχει επηρεαστεί σημαντικά το φύλο των νεογέννητων παιδιών, με αποτέλεσμα να έχει ανατραπεί η ισορροπία αγοριών-κοριτσιών, προς όφελος των δεύτερων. (1,5)

Αντιαισθητική θέα - Οπτική ρύπανση

Ο τραυματισμός του τοπίου από την ανεξέλεγκτη διάθεση απορριμμάτων, είναι άλλη μια επίπτωση που σε ορισμένες περιοχές (π.χ. τουριστικές) μπορεί να αποκτά μεγάλη σημασία.

Λοιπές επιπτώσεις

Η μόνη από τις λοιπές περιβαλλοντικές επιπτώσεις που είναι άξια μνείας και εξέτασης είναι η προσέλκυση παρασιτικών ζώων και πτηνών.

Ο κυριότερος εκπρόσωπος των παρασιτικών ζώων που προσελκύονται είναι διάφορα τρωκτικά (ποντικοί, αρουραίοι) τα οποία τρέφονται με οργανική ύλη (ζυμώσιμα, χαρτιά, ξύλα κ.λ.π.) και η ανάπτυξη τους ευνοείται σε υγρό και θερμό περιβάλλον, όπως αυτό που δημιουργείται σε ένα τέτοιο χώρο. Με δεδομένο ότι υπάρχει συνεχώς άφθονη τροφή για

τέτοια ζώα είναι δυνατό να λάβει χώρα εξαιρετικά μεγάλη αύξηση του αριθμού τους, ενώ μπορεί να επεκταθούν σε οικιστικές περιοχές που τον περιβάλλουν.

Ένα επιπλέον πρόβλημα είναι η προσέλκυση πτηνών, κυρίως γλάρων και ίσως και κορακιών, τα οποία βρίσκουν ως πόλο συσπείρωσης τους χώρους ταφής, εφόσον οι άφθονες ποσότητες οργανικού υλικού αποτελούν βορά για αυτά, με αποτέλεσμα την αύξηση του πληθυσμού τους στην περιοχή. Τα προβλήματα που συνοδεύουν τη μαζική παρουσία των πτηνών αυτών είναι τα ακόλουθα:

α) Παρενόχληση αεροπλάνων.

β) Μεταφορά παθογόνων μικροοργανισμών σε λίμνες ή αρδευτικές δεξαμενές.

γ) Διασπορά απορριμμάτων εντός και εκτός του χώρου.

Εκτός των προαναφερθέντων, μπορούν κάλλιστα να αποτελέσουν τόπους προσέλκυσης και αναπαραγωγής εντόμων, κυρίως μυγών. Η εμπειρία δείχνει ότι το μεγαλύτερο πρόβλημα με τα έντομα εστιάζεται κατά τη θερινή περίοδο, οπότε οι κλιματολογικές συνθήκες ευνοούν τον πολλαπλασιασμό τους.

Ένα σύνηθες φαινόμενο είναι η διασπορά ελαφρών αντικειμένων με τη βοήθεια του αέρα. Αυτή η διασπορά αφορά κυρίως τεμάχια πλαστικού (ιδίως πλαστικών σακουλών) και χαρτιού και δευτερευόντως μικροτεμάχια μετάλλων. Τα προαναφερθέντα αντικείμενα λόγω του χαμηλού ειδικού τους βάρους μεταφέρονται σχετικά εύκολα με τη βοήθεια ανέμων ή ρευμάτων αέρα σε σημαντικές αποστάσεις, με αποτέλεσμα την έντονη αισθητική ρύπανση των γύρω περιοχών. (4)

1. Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων και αποκατάστασης ανενεργού λατομείου περιοχής Καρέα – Βύρωνα, σελ 1143-1147, Αθήνα 1996.
2. Α. Μαυρόπουλος, Δ. Καλιαμπάκος, Investigation Methodology for Uncontrolled Landfills, Proceeding Sardinia, 1999.
3. Α. Σαλινικίδου, Α. Καραγιαννίδης, Ν. Μουσιόπουλος, Καταγραφή Χώρων Απόθεσης των Δημοτικών Απορριμμάτων στο Νομό Θεσσαλονίκης, Τεχνικά Χρονικά Επιστ. Έκδ. ΤΕΕ, IV, τεύχ. 1-2, 2000
4. Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων από τη δημιουργία Χ.Υ.Τ.Α. στη θέση Βελανιδοβούνι.
5. (<http://www.hri.org/E/2000/00-07-21.dir/keimena/fpage/fpage.htm>)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΠΟΥ ΛΑΜΒΑΝΟΥΝ ΧΩΡΑ ΣΕ ΧΩΡΟΥΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΑΤΩΝ

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που αναφέρθηκαν προηγουμένως προέρχονται κατά κύριο λόγο από τη δημιουργία στραγγισμάτων και τις αέριες εκπομπές (Stegmann, 1995). Τα στραγγίσματα εμφανίζονται κατά την κατείσδυση νερού στο χώρο, όταν υπερνικηθεί η ικανότητα κατακράτησης υγρασίας από τα απορρίμματα. Πολλές φορές όμως εμφανίζονται πριν ακόμα αυτά κορεσθούν λόγω της ετερογένειας τους και της γενικής ανομοιομορφίας μετά την ταφή τους. Δημιουργούνται δηλαδή, κανάλια μέσα από τα οποία ρέει το στράγγισμα. Το νερό που διεισδύει επιβαρύνεται με διάφορους ανόργανους και οργανικούς ρυπαντές καθώς και με προϊόντα που δημιουργούνται κατά την αποδόμηση των απορριμμάτων, με αποτέλεσμα το παραγόμενο στράγγισμα να είναι ιδιαίτερα επικίνδυνο τόσο για τα υπόγεια όσο και για τα επιφανειακά ύδατα (EPA, 1985).

Η άλλη πηγή πιθανού κινδύνου είναι η παραγωγή και διαφυγή βιοαερίου (κυρίως μεθανίου και διοξειδίου του άνθρακα) (Tosh et al., 1994) το οποίο παράγεται κατά την αναερόβια αποδόμηση του οργανικού φορτίου των απορριμμάτων.

3.1 Σύσταση βιοαερίου

Τα αέρια που βρίσκονται σε μεγαλύτερη συγκέντρωση στο βιοαέριο είναι η αμμωνία (NH_3), το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), το υδρογόνο (H_2), το υδρόθειο (H_2S), το μεθάνιο (CH_4), το άζωτο (N_2), και το οξυγόνο (O_2). Η περιεκτικότητα σε καθένα από αυτά ποικίλει ανάλογα με την ηλικία της χωματερής.

Οι συστάσεις που παρουσιάζονται κατά τις χρονικές φάσεις παραγωγής του βιοαερίου φαίνονται στον Πίνακα 2 .

ΧΡΟΝΙΚΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΠΟΠΕΡΑΤΩΣΗ ΤΗΣ ΤΑΦΗΣ (ΜΗΝΕΣ)	N ₂ %	CO ₂ %	CH ₄ %
0-3	5.2	88	5
3-6	3.8	76	21
6-12	0.4	65	29
12-18	1.1	52	40
18-24	0.4	53	47
24-30	0.2	52	48
30-36	1.3	46	51
36-42	0.9	50	47
42-48	0.4	51	48

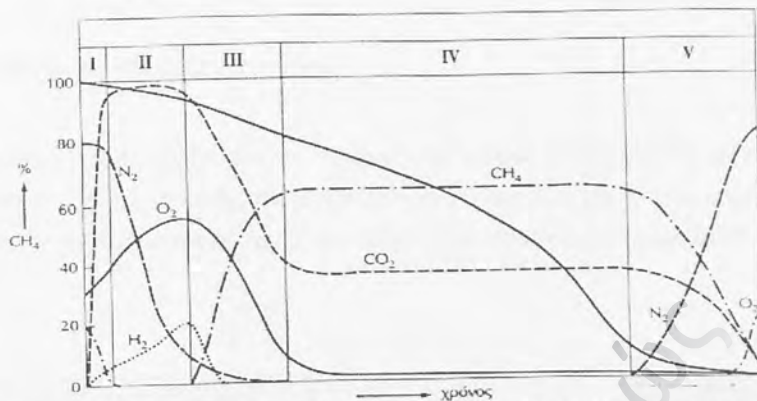
Πίνακας 2: Τυπική εκατοστιαία σύσταση βιοαερίου κατά τη διάρκεια των πρώτων σαράντα οκτώ μηνών από την αποπεράτωση της ταφής

Όπως φαίνεται από τον πίνακα 3 τα κύρια συστατικά του βιοαερίου είναι το μεθάνιο και το διοξείδιο του άνθρακα.

ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ	ΧΗΜΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ	ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ%κ.ο
Μεθάνιο	CH ₄	0-85
Διοξείδιο άνθρακα	CO ₂	0-88
Μονοξείδιο	CO	0-3
Υδρογόνο	H ₂	0-3.6
Οξυγόνο	O ₂	0-31
Άζωτο	N ₂	0-82.5
Αμμωνία	NH ₃	0-0.35 ppm
Υδρόθειο	H ₂ S	0-70 ppm

Πίνακας 3: Κύρια οργανικά και ανόργανα συστατικά βιοαερίου

Τέλος οι κυριότερες φυσικοχημικές ιδιότητες των βασικών συστατικών του βιοαερίου και μια σειρά άλλες ουσίες που κατά καιρούς έχουν ανιχνευθεί στο βιοαέριο φαίνονται στον Πίνακα 4. (5)



Σχήμα 2 : Τυπική παραγωγή βιοαερίου σε ένα χώρο διάθεσης απορριμμάτων

Αέριο	Ειδικό βάρος (kg m^{-3})	Όριο ανάφλεξης στον αέρα	Ταχύτητα φλόγας (m sec^{-1})	Ελάχιστη ενέργεια ανάφλεξης (MJ)	Διαλυτότητα νερού (g l^{-1})	Κοινές ιδιότητες
CH ₄	0.717	5/15	0.4	0.6-0.7	0.0645	άοσμο, άχρωμο, μη δηλητηριώδες
CO ₂	1.977				1.688	άοσμο, άχρωμο, μη δηλητηριώδες σε χαμηλές συγκεντρώσεις
O ₂	1.429				0.043	άοσμο, άχρωμο, μη δηλητηριώδες
N ₂	1.250				0.019	άοσμο, άχρωμο, μη δηλητηριώδες, μη εύφλεκτο
CO	1.250	12,5/74	0.5		0.028	άοσμο, άχρωμο, δηλητηριώδες, εύφλεκτο
H ₂	0.090	4/74	2.8	0.05	0.001	άοσμο, άχρωμο, μη δηλητηριώδες, εύφλεκτο
H ₂ S	1.539	4.3/45.5			3.846	άχρωμο, δηλητηριώδες
Αέρας	1.29					άοσμος, άχρωμος, μη δηλητηριώδης, μη εύφλεκτος

Πίνακας 4: Ιδιότητες των κυριότερων οργανικών και ανόργανων συστατικών του βιοαερίου.

3.2 Διάρκεια παραγωγής βιοαερίου

Μια καλή προσέγγιση για τα συνηθισμένα αστικά απορρίμματα είναι ότι μετά τα 20 χρόνια (από την ημέρα ταφής τους) η παραγωγή βιοαερίου είναι πολύ μικρή και μετά τα 30 χρόνια (από την ημέρα ταφής τους) αμελητέα. Η προσέγγιση αυτή βασίζεται στα στοιχεία του Πίνακα 5.

ΕΙΔΟΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ	ΡΥΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΜΗΣΗΣ	ΗΜΙΣΕΙΑ ΑΠΟΔΟΜΗΣΗΣ	ΖΩΗ
Τρόφιμα, υπολείμματα κουζίνας	Πολύ γρήγορος	1 χρόνια	
Απορρίμματα κήπων	Γρήγορος	5 χρόνια	
Χαρτί, χαρτόνι, ξύλο, ύφασμα	Αργός	15 χρόνια	
Πλαστικά, δέρμα, λάστιχα, αδρανή	ΔΕΝ ΑΠΟΔΟΜΟΥΝΤΑΙ	-	

Πίνακας 5: Ημίσεια ζωή αποδόμησης για διάφορα υλικά

Στο Σχήμα 3 παρουσιάζεται ο ρυθμός παραγωγής βιοαερίου από διάφορες κατηγορίες υλικών:

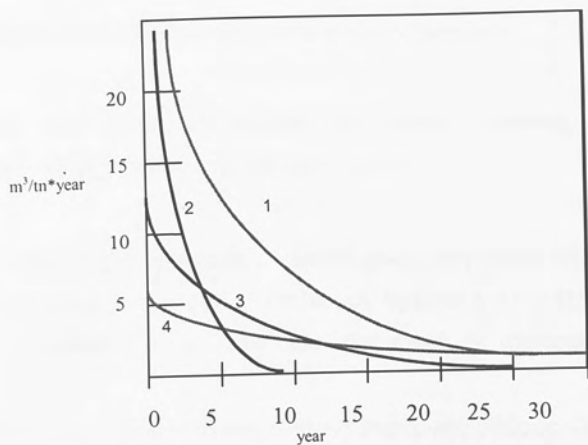
Καμπύλη 1 (κόκκινη): ρυθμός παραγωγής από συνήθη αστικά απορρίμματα

Καμπύλη 2 (μαύρη): ρυθμός παραγωγής από γρήγορα αποδομούμενα υλικά

Καμπύλη 3 (μπλε): ρυθμός παραγωγής από μέτρια αποδομούμενα υλικά

Καμπύλη 4 (πράσινη): ρυθμός παραγωγής από αργά αποδομούμενα υλικά

Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι τα απορρίμματα κουζίνας, για την καμπύλη 2, το χαρτί για την καμπύλη 3 και τα ελαστικά για την καμπύλη 4, ενώ η καμπύλη 1 είναι ο “μέσος όρος” που προκύπτει αν ληφθεί υπόψη η τυπική σύσταση των απορριμμάτων. (5)



Σχήμα 3: Ρυθμός παραγωγής βιοαερίου από διάφορες κατηγορίες υλικών.

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

3.3 Περιβαλλοντικά προβλήματα από το βιοαέριο

Από την παραγωγή αερίων σε χώρους διάθεσης απορριμμάτων, δημιουργούνται διάφορα περιβαλλοντικά προβλήματα όπως:

- Εκρήξεις ή πυρκαγιές, οφειλόμενες στη συγκέντρωση αερίων σε περιορισμένους χώρους, όπως κτίρια, υπόνομοι, φρέατα ή στην έξοδο του αερίου από ρωγμές στην επιφάνεια (το μεθάνιο είναι εκρηκτικό σε ατμοσφαιρική συγκέντρωση 5-15% κατ' όγκο).

Ιδιαίτερος είναι ο κίνδυνος από τις πυρκαγιές βάθους. Οι πυρκαγιές βάθους ξεκινάνε από το πρανές. Αυτό το είδος της πυρκαγιάς είναι δύσκολο να συγκρατηθεί κυρίως στους μεγάλους χώρους διάθεσης. Αυτό συμβαίνει λόγω των αερίων της ζύμωσης που συντηρούν την πυρκαγιά στη μάζα των απορριμμάτων. Σοβαροί κίνδυνοι μπορούν να παρουσιαστούν εξαιτίας μιας τέτοιας πυρκαγιάς. Για παράδειγμα, εάν το στρώμα των απορριμμάτων είναι καλυμμένο με αργιλικό υλικό, μπορεί να δημιουργηθεί κενό πάνω από την κρούστα του αργιλικού υλικού. Σε περίπτωση που εφαρμοστούν μεγάλα φορτία (π.χ. από διέλευση οχημάτων), μπορεί να σπάσει η κρούστα και να δημιουργηθούν συνθήκες διάδοσης της φωτιάς, με απρόβλεπτες συνέπειες και κινδύνους για τη ζωή των εργαζομένων στον χώρο.(4)

- Επιζήμια αποτελέσματα στις καλλιέργειες ή την βλάστηση που καλύπτει το χώρο διάθεσης και τη γειτονική περιοχή.

Αν και το μεθάνιο δεν είναι τοξικό για τα φυτά, η δημιουργία μεγάλων ποσοτήτων μεθανίου, απομακρύνει το οξυγόνο από τη ζώνη των ριζών της βλάστησης και ξηραίνει τα φυτά, διότι εμποδίζει την αναπνοή του εδάφους. Ο πιο συνήθης λόγος έχει να κάνει με την παρουσία του βιοαερίου στην περιοχή των ριζών. Τα συστατικά του βιοαερίου το μεθάνιο και το διοξείδιο του άνθρακα αντικαθιστούν τον αέρα δημιουργώντας συνθήκες ασφυξίας ή δρουν έμμεσα αλλάζοντας τη φυσική σύσταση του χώματος. Η έλλειψη οξυγόνου που δημιουργείται από τις αναερόβιες συνθήκες είναι ο κύριος λόγος για την καταστροφή της βλάστησης. Η ασφυξία από τη μία πλευρά οδηγεί σε μία έλλειψη ιχνοστοιχείων στα φυτά όπως ποτάσιο,νάτριο, φώσφορο ,κέλσιο ,μαγνήσιο. Από την άλλη πλευρά οι αναερόβιες συνθήκες δημιουργούν μια μείωση στα βαρέα μέταλλα όπως ο σίδηρος και το μαγγάνιο, τα οποία γίνονται πιο διαλυτά στο νερό, καθιστώντας τα φυτά επιρρεπή σε τοξικές συγκεντρώσεις. Τελικά η αναερόβια δραστηριότητα μεταβάλλει κάποια από τα

χαρακτηριστικά του χώματος, κυρίως υποβιβάζοντας το λόγο του άνθρακα προς το άζωτο στο χώμα το οποίο γίνεται επιβλαβή για τα φυτά. Επίσης συμβάλλει στη μείωση του pH κάτι που δεν ευνοεί την ανάπτυξη της βλάστησης.

Η συνηθισμένη συγκέντρωση του CO₂ στο χώμα πρέπει να είναι μικρότερη από 5%, για να είναι δυνατή μια φυσιολογική ανάπτυξη της βλάστησης. Περαιτέρω αύξηση από την αποσύνθεση των απορριμμάτων είναι τοξική για την περιοχή των ριζών ακόμη και υπό αναερόβιες συνθήκες. Από την άλλη πλευρά το CH₄ δεν είναι τοξικό, αλλά η ασφυξία μπορεί να προέλθει με μικροβιακή οξειδωσή του από το O₂ προς CO₂. Όταν η οξειδωση του μεθανίου συμβαίνει σε βάθος μέχρι 25 cm από την επιφάνεια του εδάφους η επίδραση είναι η ίδια για όλα τα είδη, ενώ όταν πραγματοποιείται σε βάθος μεγαλύτερο από 50 cm προσβάλλονται μόνο φυτά με βαθιές ρίζες όπως δένδρα. Πρόκειται για εξώθερμη αντίδραση που αυξάνει τη θερμοκρασία του εδάφους, φαινόμενο που δημιουργεί ασφυξία. Τέτοια εδάφη παρουσιάζουν υψηλότερη θερμοκρασία από τα συνηθισμένα και μπορεί να ξεπερνά τους 40⁰ C ή και τους 60⁰ C. (6)

- Κίνδυνοι για την ανθρώπινη υγεία από τις εκπομπές αερίων.

Τα εκπεμπόμενα αέρια διαλύονται εξερχόμενα του χώρου, 1000 φορές και άνω, μέσα στον αέρα. Επίσης διαλύονται και οι περιεχόμενες οργανικές ενώσεις, σε όρια αρκετά κάτω από τα επιτρεπόμενα. Τα συστατικά του βιοαερίου όπως CH₄, NO, SO, CO₂ είναι επιβλαβή για την υγεία επειδή δρουν ως ασφυξιογόνα. Αντικαθιστούν το οξυγόνο του ατμοσφαιρικού αέρα σε κλειστούς χώρους και η έλλειψη του οδηγεί σε ασφυξία. Ειδικότερα, όταν η συγκέντρωσή του πέσει κάτω από 16 % κ.ο, η αναπνοή επιταχύνεται, και κάτω από 10% κ.ο δύναται να προκαλέσει εγκεφαλικές βλάβες. Σε κανονικές συνθήκες πίεσης η συγκέντρωση του οξυγόνου δεν πρέπει να πέφτει κάτω από 18% κ.ο.

Το όριο οκτάωρης έκθεσης του ανθρώπου στο μεθάνιο, σε κλειστό χώρο, καθορίζεται από την Occupational Safety and Health Administration (OSHA) και είναι 50 ppm ή 0,335 gr/m³. Δεν υπάρχουν νομοθετημένα όρια για τις συγκεντρώσεις του μεθανίου στην ατμόσφαιρα. (6)

- Προβλήματα ενοχλήσεων από οσμές.

Οι οσμές μπορεί να γίνουν φοβερά ενοχλητικές, όταν η απαιτούμενη αραίωση δεν επιτυγχάνεται λόγω των καιρικών συνθηκών. Επιπροσθέτως το πρόβλημα των οσμών, είναι χειρότερο τους ψυχρούς και υγρούς μήνες του χειμώνα από ότι το καλοκαίρι, διότι θεωρείται ότι το χειμώνα διενεργείται λιγότερη βιοχημική οξειδωση. Τα κύρια συστατικά του βιοαερίου είναι άσσμα και δεν δημιουργούν προβλήματα δυσσομίας .

Το εκλυόμενο υδρόθειο και η αμμωνία είναι κυρίως οι ενώσεις που δημιουργούν το πρόβλημα των δυσάρεστων οσμών.

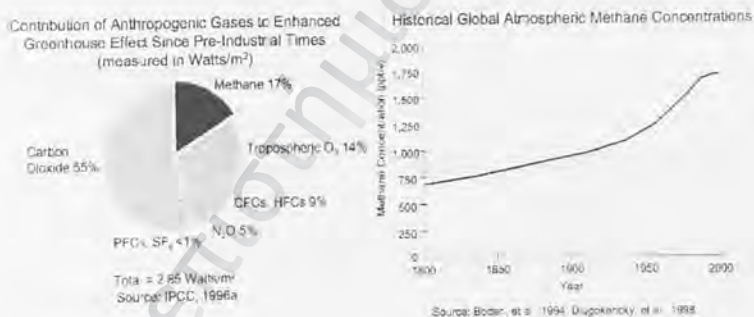
Δυσάρεστες οσμές προέρχονται επίσης από οργανικές ενώσεις σε μικρότερο βαθμό (λόγω και της χαμηλής συγκέντρωσης τους), όπως μερκαπτάνες, αμιδία και μεθυλοσουλφίδια.

Η επίδραση των οσμών στον άνθρωπο σχετίζεται πρωτίστως με τη ψυχολογική πίεση που δημιουργούν παρά σε βλάβες που προκαλούν στην ανθρώπινη υγεία. Οι ενοχλητικές οσμές μπορεί να μειώσουν το επίπεδο της όρεξης, της κατανάλωσης νερού, να προκαλέσουν ναυτία και τάση προς εμετό. Σε ακραίες καταστάσεις πολύ δυσάρεστες οσμές μπορεί να οδηγήσουν στην επιδείνωση της προσωπικής και κοινωνικής κατάστασης, να επιδράσουν στις ανθρώπινες σχέσεις, να αποθαρρύνουν τυχόν επενδύσεις, να μειώσουν το κοινωνικοοικονομικό επίπεδο και τους ρυθμούς ανάπτυξης.(6)

- Η δράση του βιοαερίου δεν περιορίζεται μόνο στη μικροκλίμακα αλλά και στη μακροκλίμακα, εξαιτίας της συμμετοχής του στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και στη μείωση του προστατευτικού στρώματος της στιβάδας του όζοντος .

Η συνεισφορά των διαφόρων αερίων στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, εξαρτάται από τη συγκέντρωση τους στην ατμόσφαιρα αλλά και από την καθεαυτή ένταση της ακτινοβολίας τους . Το CH₄ είναι υπεύθυνο για το 20% της αύξησης της θερμοκρασίας στον πλανήτη την τελευταία δεκαετία και η συμμετοχή του είναι ίση με το 1/3 αυτής του CO₂ .Οι εκπομπές του έχουν αυξήσει την θερμοκρασία πάνω από 0,23 °C τα τελευταία τετρακόσια χρόνια και αυξάνονται με μεγάλο ρυθμό. (6)

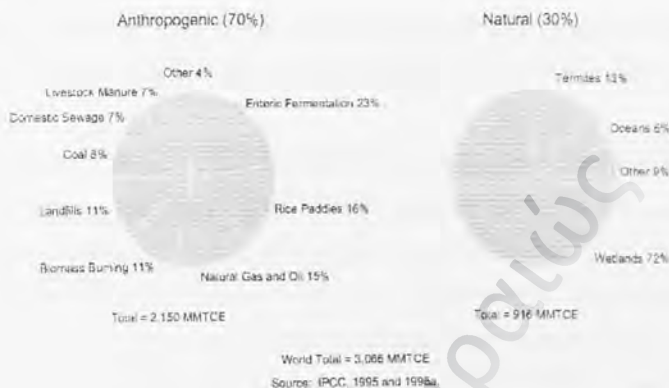
Το μεθάνιο είναι αέριο το οποίο έχει κυρίως φυσική προέλευση αλλά, τα τελευταία χρόνια, παρατηρείται αύξηση των ατμοσφαιρικών του συγκεντρώσεων η οποία οφείλεται στις ανθρώπινες δραστηριότητες. Ο χρόνος παραμονής του στην ατμόσφαιρα είναι μεγάλος (εκτιμάται στα επίπεδα των 8-11ετών). Μετά το CO₂ το CH₄ είναι το δεύτερο μεγαλύτερο αέριο σε συνεισφορά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Η συνεισφορά του είναι σημαντική επειδή για ένα διάστημα άνω των 100 ετών εκτιμάται ότι είναι 21 φορές πιο επιβλαβή σε μοριακή βάση από το CO₂, κατά την παγίδευση του στην ατμόσφαιρα. Όπως φαίνεται και στο σχήμα 4 συνεισφέρει κατά 17% στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, ενώ η συγκέντρωση του στην ατμόσφαιρα τους δύο τελευταίους αιώνες έχει διπλασιαστεί. Αν και η συγκέντρωση του συνεχίζει να αυξάνεται, ωστόσο ο ρυθμός αύξησης έχει μειωθεί μετά τη δεκαετία του 1980 και αν συνεχιστεί με τον ίδιο ρυθμό το 2020 θα φτάσει τα 1800 ppbv.



Σχήμα 4: Συμμετοχή διαφόρων αερίων στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και ιστορική εξέλιξη της συγκέντρωσης του μεθανίου στην ατμόσφαιρα.

Ελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα από φυσικές και ανθρωπογενείς πηγές. Μέχρι το 1990 οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες ήταν υπεύθυνες για το 70% των εκπομπών του (σχήμα 5). Στις Η.Π.Α. οι μεγαλύτερες πηγές είναι οι χωματερές, το φυσικό αέριο και το πετρέλαιο. Οι εκπομπές του το 1997 στις

Η.Π.Α. κυμάνθηκαν στους 179,6 ΜΜΤΣΕ και αποτέλεσαν το 10% των παγκόσμιων εκπομπών για αυτό το έτος. Από αυτές(εκπομπές) το 37% που αντιστοιχεί σε 66,7 ΜΜΤΣΕ προερχόταν από τις χωματερές. (9)



Σχήμα 5: Φυσικές και ανθρωπογενείς πηγές μεθανίου.

3.4 Μέτρα Ελέγχου του Βιοαερίου

Οι έλεγχοι που απαιτούνται στο βιοαέριο στοχεύουν στην παροχή αποτελεσματικής προστασίας:

Ι) Στους τελικούς χρήστες του χώρου, έναντι των βλαβερών επιδράσεων του αερίου.

ΙΙ) Στο τοπικό και περιφερειακό περιβάλλον, έναντι μετανάστευσης του βιοαερίου.

Ο σχεδιασμός των συστημάτων ελέγχου πρέπει να παρέχει ταυτόχρονα κατάλληλη, αξιόπιστη και ισχυρή προστασία.

Πρακτικά, δεν επιτυγχάνεται έλεγχος του βιοαερίου, στην πηγή δημιουργίας του. Ωστόσο, λόγω των κινδύνων που συνδέονται με το βιοαέριο, θεωρείται σήμερα στοιχειώδες, η έκλυση αερίου από την χωματερή να εντάσσεται και να πραγματοποιείται σύμφωνα με ένα προσχεδιασμένο και ελεγχόμενο τρόπο. Για την επίτευξη των στόχων αυτών, απαιτείται η

παρουσία κατάλληλων μέσων και εγκαταστάσεων.

Σε ένα σύστημα ελέγχου βιοαερίου, υπάρχουν δύο στοιχεία:

I) Εγκαταστάσεις εμποδισμού ανεξέλεγκτης διαφυγής του αερίου πέραν των ορίων της χωματερής

II) Εγκαταστάσεις ενθάρρυνσης και υποβοήθησης της κινήσεως του αερίου κατά μήκος σχεδιασμένων διαδρομών, προς επιλεγμένα σημεία διάθεσής του.

Με το πνεύμα αυτό σχεδιάζονται τα μέτρα διαχείρισης του βιοαερίου. Τα μέτρα περιορισμού του είναι μικρής διαπερατότητας φραγμοί, φυσικοί ή τεχνητοί. Το φυσικό υλικό που χρησιμοποιείται συνήθως για την κατασκευή τέτοιων φραγμών είναι η άργιλος, που είτε προϋπάρχει στον χώρο (σαν φυσικές αποθέσεις), είτε εισάγεται και διαστρώνεται σε στρώσεις. Σε άλλη περίπτωση, μπορούν να κατασκευασθούν φραγμοί από ελαστικές ή πλαστικές μεμβράνες (οι συνηθέστερες σήμερα είναι από πολυαιθυλένιο υψηλής, μέσης, ή πολύ χαμηλής πυκνότητας HDPE, MDPE ή VLDPE αντίστοιχα). Εναλλακτικά, σε ορισμένες περιπτώσεις εφαρμόζεται διάφραγμα λάσπης από μίγμα μπεντονίτη /τσιμέντου.

Οι διατάξεις υποβοήθησης της απαγωγής και κυκλοφορίας του βιοαερίου, μπορεί να είναι είτε ορύγματα (τάφροι) υψηλής διαπερατότητας (που διατάσσονται γενικά σε οριζόντιο ή ελαφρά κεκλιμένο επίπεδο) είτε κατακόρυφα φρέατα, επιτρέποντας έτσι στο αέριο να οδεύει κατά προτίμηση προς την επιφάνεια.

Αφού κατασκευασθεί ένα σύστημα συλλογής του βιοαερίου, το αέριο πρέπει να οδηγηθεί:

- είτε προς απαγωγή
- είτε προς αξιοποίηση

Απαγωγή επιτυγχάνεται ή με απ'ευθείας διάθεση στην ατμόσφαιρα (παθητικός αερισμός), είτε με καύση σε πυρσό.

Απ'ευθείας διάθεση (αερισμός) γίνεται μόνο όταν οι όγκοι του αερίου είναι περιορισμένοι και η τυχόν δυσοσμία δεν αποτελεί πρόβλημα. Άλλη προϋπόθεση είναι οι κίνδυνοι από πιθανή έκρηξη να είναι μικροί. Ο συνήθης τρόπος απαγωγής, είναι η καύση του αερίου σε πυρσό. (5)

3.5 Επιπτώσεις των Στραγγισμάτων στο Περιβάλλον.

Μετά την έξοδο τους από το χώρο ταφής και πριν φθάσουν στα υπόγεια υδροφόρα στρώματα, τα στραγγίσματα διέρχονται από το έδαφος που βρίσκεται κάτω ή γύρω από το χώρο, όπου και υφίστανται φυσική απορρύπανση. Το έδαφος έχει την ικανότητα να ελαττώνει ή γενικά να μεταβάλλει τις συγκεντρώσεις διαφόρων συστατικών των στραγγισμάτων. Οι μηχανισμοί της φυσικής απορρύπανσης είναι αρκετά πολύπλοκοι και περιλαμβάνουν βιοχημικές, φυσικές και χημικές δράσεις. Παρά τη φυσική απορρύπανση που υφίστανται τα στραγγίσματα μετά την έξοδο τους από τη χωματερή, εντούτοις παραμένουν ιδιαίτερα βεβαρημένα σε οργανικό και ανόργανο φορτίο. Αποτέλεσμα του γεγονότος αυτού είναι η σημαντική ρυπαντική επιβάρυνση των υπογείων ή/και των επιφανειακών υδάτων.

Μετά την ανάμιξη, παρουσιάζεται αύξηση του βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου (BOD) μέσα στο υπόγειο νερό, σαν αποτέλεσμα της εισαγωγής οργανικού άνθρακα στο σύστημα. Το γεγονός αυτό προκαλεί αύξηση της τάσης για αναπαραγωγή των παθογόνων μικροοργανισμών. Η βιοαποδόμηση του νέου οργανικού φορτίου είναι πολύ αργή, καθώς δεν υπάρχει αναπλήρωση του διαλυμένου οξυγόνου που καταναλώνεται. Όταν το οξυγόνο καταναλωθεί πλήρως, επικρατούν αναερόβιες συνθήκες και τα προβλήματα αυξάνονται εξαιτίας της διάλυσης στο νερό διαφόρων ουσιών από τα περιβάλλοντα εδάφη (κυρίως σιδήρου και μαγνησίου).

Εξίσου σοβαρή επίπτωση των στραγγισμάτων στο υπόγειο νερό είναι η αύξηση της συγκέντρωσης μετάλλων και άλλων ανόργανων ιόντων σε αυτό, με τελικό αποτέλεσμα την αύξηση των διαλυμένων στερεών και της αλατότητας, γεγονός που το καθιστά μη πόσιμο.

Σπανιότερη, αλλά πιο επικίνδυνη είναι η ρύπανση του νερού με τοξικές ουσίες. Για παράδειγμα, οι οργανικές ενώσεις, που συνήθως εκφράζονται με τις παραμέτρους BOD, COD και TOC, μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα γεύσης, οσμής καθώς και μείωση του οξυγόνου στα υπόγεια νερά (Matthess 1989, Svitana, 1989). Μερικές οργανικές ενώσεις λειτουργούν ως θρεπτικά υποστρώματα για τους μικροοργανισμούς οι οποίοι με τη σειρά τους διευκολύνουν τη μετατροπή ορισμένων επικίνδυνων ουσιών σε ακόμα

πιο επικίνδυνες. Για παράδειγμα, το TCE μετατρέπεται σε βινυλοχλωρίδιο το οποίο είναι γνωστό ως καρκινογόνο. Η ρύπανση των υπογείων υδάτων από στραγγίσματα χωματερών συντελεί στη δημιουργία ανοξικών συνθηκών που επιταχύνουν τη μετατροπή αυτή. Σημαντικό επίσης είναι ότι το 90-95% των οργανικών ενώσεων στις χωματερές οικιακών απορριμμάτων είναι άγνωστης σύνθεσης. Επομένως δεν είναι δυνατή η εξακρίβωση της επίδρασης που μπορεί να έχουν τα στραγγίσματα στη δημόσια υγεία και στον υδροφόρο ορίζοντα (Sudicky and MacQuarrie, 1989).

Η πρόληψη ή/και παρεμπόδιση ρύπανσης των υπογείων υδάτων από στραγγίσματα είναι εξαιρετικής σπουδαιότητας διότι αφενός, ο απαιτούμενος χρόνος για τον αυτοκαθαρισμό του συστήματος ανέρχεται σε δεκάδες χρόνια, και αφετέρου ο τεχνητός καθαρισμός είναι σχεδόν αδύνατος.

Τα στραγγίσματα αποτελούν τη μεγαλύτερη απειλή ρύπανσης του υπεδάφους. Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητη η στεγανοποίηση του χώρου και η συλλογή και επεξεργασία τους. Τα στραγγίσματα αφού συγκεντρωθούν πρέπει απαραίτητα να υποστούν επεξεργασία πριν την τελική τους διάθεση. Η μέθοδος διάθεσης και επεξεργασίας ποικίλει κατά περίπτωση και μπορεί να αφορά επανακυκλοφορία, εξάτμιση, διάθεση με αστικά λύματα σε μονάδα καθαρισμού ή ανεξάρτητη μονάδα επεξεργασίας στραγγισμάτων. Στην κυριολεξία, η σωστή διαχείριση των στραγγισμάτων και των επιφανειακών απορροών που εισέρχονται στο σώμα των απορριμμάτων, είναι το κλειδί για την περιβαλλοντικά αποδεκτή λειτουργία μιας χωματερής

1. Stegmann R., (1995). Concepts of Waste Landfilling, In: Christensen T.H., Cossu R., Stegmann R., (Eds.), Concepts, Processes, Technologies and Operation, Proceedings Sardinia 95, Fifth International Landfill Symposium, Vol.I., pp. 3-12.
2. Environmental Protection Agency (U.S. EPA), (1985). Remedial Action at Waste Disposal Sites, EPA/625/6-85/006.

3. Tosh J.E., Senior E., Smith J.E. and Watson-Craik I.A., (1994). Landfill Site Restoration: The Inimical Challenges of Ethylene and Methane, Environmental Pollution, Vol. 83, pp.335-340.
4. Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων και αποκατάστασης ανενεργού λατομείου περιοχής Καρέα –Βύρωνα, σελ 1143-1147, Αθήνα 1996.
5. Ε.Π.Ε.Μ ,Μελέτη Διαχείρισης Βιοαερίου –Αποκατάσταση της παλαιάς χωματερής του Δ. Ηρακλείου στο Σκαφιδάρα.
6. Landfill gas, from environment to energy”, COMMISSION OF THE E.C.,1992
7. Commision of the European Communitities, Landfill gas from environment to energy, Final report,1992.
8. Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων από την ίδρυση Χ.Υ.Τ.Α. στη Β-ΒΑ και Ν-ΝΑ Αττική.
9. www.gov/ghginfo/pdfs/02-landfills.pdf
10. Δ.Γεωργόπουλος , Σημειώσεις για την εκτίμηση Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων από Χ.Υ.Τ.Α., Σεπτέμβριος 1998.
11. Lagervist A. and Kylefors K., (1993). Composition and Treatment of Leachates from Different Wastes, In: Christensen T.H., Cossu Raffaello, Stegmann R., (Eds.), Barrier Systems, Environmental Aspects, Upgrading and Remediation, Siting Effects of Waste Pretreatment, Landfilling in Developing Countries, Proceedings Sardinia 93, Fourth International Landfill Symposium, Vol. I, pp. 811-819.

12. Walker T.L., (1993). Leachate Management Concepts in the UK, In: Christensen T.H., Cossu Raffaello, Stegmann R., (Eds.), Barrier Systems, Environmental Aspects, Upgrading and Remediation, Siting Effects of Waste Pretreatment, Landfilling in Developing Countries, Proceedings Sardinia 93, Fourth International Landfill Symposium, Vol. I, pp. 797-810.
13. Luyten C.J.L.M. and Olie J.J., (1995). Hidden Contaminant Plumes from Dutch Landfill Kragge, In: Christensen T.H., Cossu R., Stegmann R., (Eds.), Regulation Environmental Impact and Aftercare, Proceedings Sardinia 95, Fifth International Landfill Symposium, Vol. III, pp. 567-574.
14. Matthess G., (1989). Behavior of Organic Micro-Pollutants in Aquifers, In: Kobus H.E. and Kinzelbach W., (Eds.), Contaminant Transport in Groundwater, Symposium, Stuttgart, pp. 127-131.
15. Gibbons R.D., (1990). A General Statistical Procedure for Ground Water Detection Monitoring at Waste Disposal Facilities, Ground Water, Vol. 28, No. 2, pp. 235-243.
- Giroud J.P. and Bonaparte R, (1985). Waterproofing and Drainage: Geomembranes and Synthetic Drainage Layers, Geotextiles and Geomembranes - Definitions, Properties and design - Selected papers, revisions and Comments, 2nd Ed., Industrial Fabrics Association International, St. Paul, MN.
16. Sudicky E.A. and MacQuarrie K.T.B., (1989). Behavior of Biodegradable Organic Contaminants in Random Stationary Hydraulic Conductivity Fields, In: Kobus H.E. and Kinzelbach W., (Eds.), Contaminant Transport in Groundwater, Symposium, Stuttgart, pp. 307-315.
17. Α. Σκορδίλης ,Ελεγχόμενη Εναπόθεση Στερεών μη Επικίνδυνων Αποβλήτων, Εκδόσεις Ίων, 2001

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΣΚΑΦΙΔΑΡΑ

4.1 Επικρατούσα κατάσταση

Στην περιοχή του Σκαφιδάρα, η επικρατούσα κατάσταση είχε ως εξής:

- Ο χώρος εξυπηρετούσε την πόλη του Ηρακλείου και κάποια γειτονικά χωριά από το 1966-1992. Ωστόσο μέχρι το 1972 γινόταν συστηματική καύση των απορριμμάτων, με αποτέλεσμα να θεωρούνται ενεργά τα απορρίμματα που αποτέθηκαν από το 1973 και ύστερα. Η έκταση του χώρου φτάνει τα 92 στρέμματα.
- Η απόθεση ήταν χωρισμένη σε τρεις διακριτές φάσεις, η κάθε μία εκ των οποίων ολοκληρώθηκε σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα. Πιο συγκεκριμένα, όπως φαίνεται και στο σχέδιο 1, η μεγαλύτερη (στο πάνω μέρος του σχεδίου) απόθεση περιελάμβανε απορρίμματα ηλικίας 16-25 ετών, η μεσαία 11-15 ετών και η κάτω 6-10 ετών. Το σύνολο των απορριμμάτων υπολογίστηκε σε 1.000.000. tn.
- Η δυνητική παροχή μεθανίου λόγω διασποράς ήταν 11500 m³/day, τη στιγμή που η παραγώμενη ποσότητα ήταν μεγαλύτερη.
- Δεν υπήρχε κανένα διαθέσιμο στοιχείο για να υπολογιστεί η παραγωγή βιοαερίου, αντίθετα υπήρχαν σημάδια που υποδείκνυαν ότι το πιθανότερο είναι να υπάρχουν πολύ μικρές ποσότητες βιοαερίου.
- Ο χώρος δεν είχε καμία στεγανοποιητική στρώση, στον πυθμένα ή στην επιφάνειά του, ενώ δεν υπήρχε και κανένα μέτρο διαχείρισης στραγγισμάτων ή ομβρίων.
- Σε ορισμένα κοντινά πηγάδια βρέθηκαν ίχνη διαρροών στραγγισμάτων.
- Δεν υπήρχε κανένα στοιχείο σχετικά με τη γεωτεχνική συμπεριφορά και δομή του χώρου. (1)



Εικόνα 2: Απεικόνιση του χώρου πριν τα έργα αποκατάστασης

4.2 Κυρίαρχες διεργασίες –μετανάστευση βιοαερίου

Ο βαθμός αποσύνθεσης των απορριμμάτων ήταν σχετικά προχωρημένος σε όλο το χώρο του Σκαφιδará, γεγονός που αποδείκνυε η ελεύθερη κυκλοφορία οξυγόνου σε ορισμένες περιοχές ,σε συνδυασμό με τα χαμηλά ποσοστά διοξειδίου του άνθρακα ,που δηλώνουν αερόβια διεργασία που ολοκληρώνεται. Ο χώρος διακρίθηκε σε δύο περιοχές:

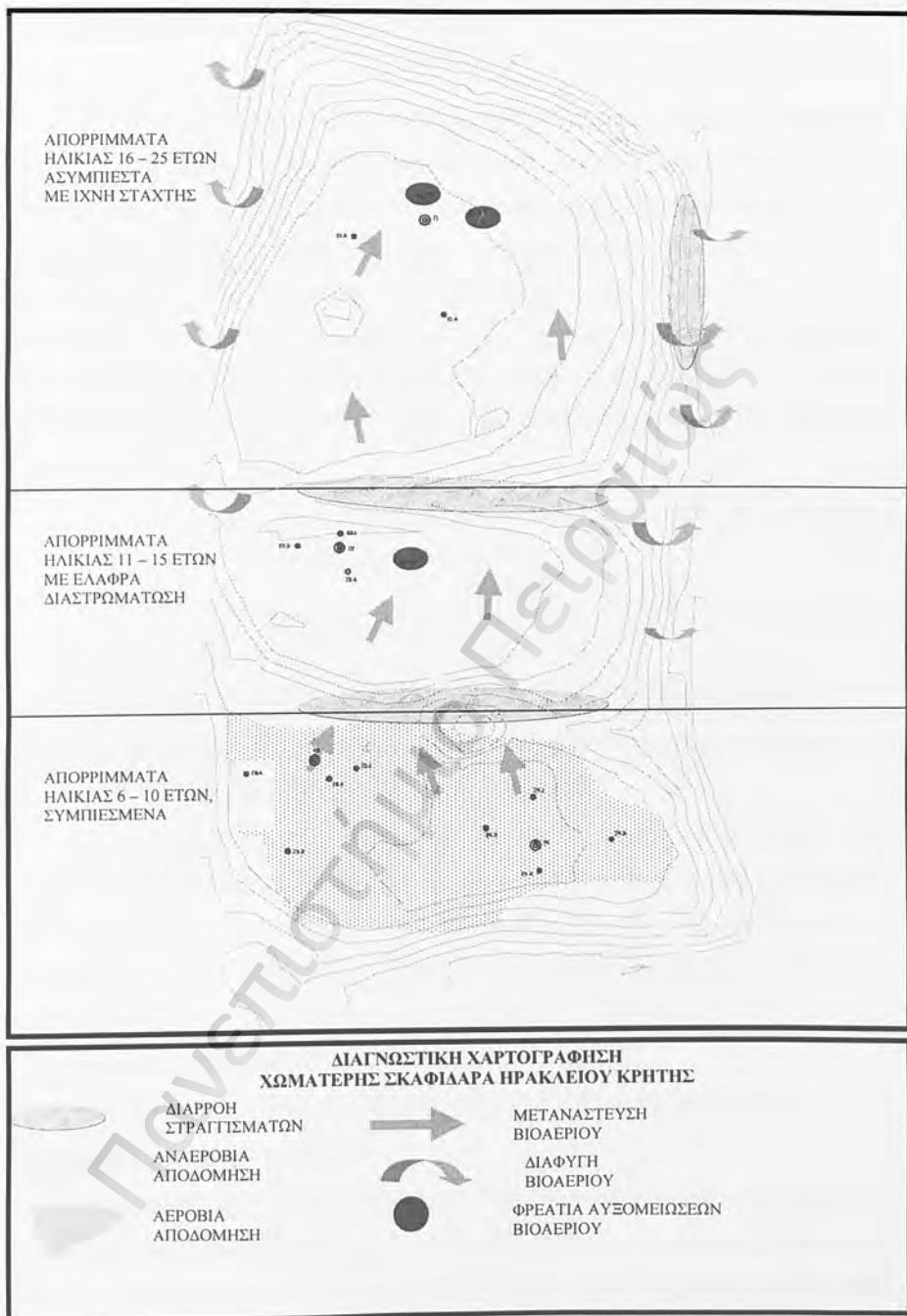
- Περιοχές στις οποίες κυριαρχούσε η αναερόβια αποσύνθεση (ανατολική απόθεση).
- Περιοχές που επικρατούσαν αερόβιες διεργασίες (Σχέδιο 1).

Στον υπόλοιπο χώρο συνυπήρχαν και οι δύο κατηγορίες διεργασιών, χωρίς καμία ιδιαίτερη ένδειξη για το ποια είναι η επικρατέστερη. Σε πολλές πάντως περιπτώσεις , ιδιαίτερα στην μεσαία και δυτική απόθεση , τα ποσοστά του CO₂ έδειχναν ότι οι αερόβιες διεργασίες όδευαν προς το τέλος τους. Εντοπίστηκε βέβαια ένα παράδοξο, πολύ υψηλές ποσότητες CH₄ στις γεωτρήσεις Γ₁ και Γ₂, στις οποίες τα απορρίμματα είχαν μεγάλη ηλικία και άρα θα έπρεπε να εμφανιζόταν αμελητέες ποσότητες CH₄ , ενώ στις Γ₃ και Γ₄

εμφανίστηκε μια σχετικά σταθερή συγκέντρωση CH_4 . Αυτό σημαίνει ότι το CH_4 που ανιχνεύτηκε σε αυτές τις γεωτρήσεις Γ_1 και Γ_2 , δεν παράχθηκε από κάποια διεργασία αλλά μετανάστευσε από άλλα σημεία του χώρου. Αντίθετα στις Γ_3 και Γ_4 οι διεργασίες αποδόμησης θα συνεχιζόταν για μερικά χρόνια ακόμη.

Η περατή χωματοκάλυψη, η απουσία διαστρωμάτωσης και συμπίεσης των απορριμμάτων και ο εντοπισμός περιοχών με σχετικά ελεύθερη κυκλοφορία του αέρα και κυρίως η εικόνα που παρουσίασαν οι συγκεντρώσεις CH_4 έκαναν σχεδόν απίθανη την μεθανοπαραγωγή στις συγκεκριμένες γεωτρήσεις, σε συνδυασμό με την μεγάλη ηλικία των απορριμμάτων και την εκτεταμένη καύση οργανικών που συνόδευε την ταφή τους. Παράλληλα το γεγονός ότι οι διαφορές πίεσης μέσα στις γεωτρήσεις σε σχέση με την ατμοσφαιρική ήταν ελάχιστες και όχι σταθερές είχε ως αποτέλεσμα μια αργή διαδικασία εκτόνωσης. Αυτός ήταν και ο λόγος για τον οποίο δημιουργήθηκαν θύλακες, παρά το γεγονός ότι δεν υπήρχε κάποια αδιαπέραστη στρώση που να εμποδίζει την εκτόνωση του βιοαερίου.

Στο σχέδιο 1 παρουσιάζεται μια πιθανή οδός μετανάστευσης του βιοαερίου. Ο εντοπισμός ημιπερατών πετρωμάτων στο υπόβαθρο του χώρου, καθώς και η ελαφρά ανοδική κλίση του ευρύτερου χώρου, διαμόρφωσε προϋποθέσεις μετανάστευσής του CH_4 μέσω του υποβάθρου. (1)



Σχέδιο1 : Διαγνωστική χαρτογράφηση χωματερής Σκαφιδάρá

4.2.1 Παραγόμενες ποσότητες βιοαερίου

Για τον υπολογισμό της ποσότητας του αναμενόμενου βιοαερίου υπάρχουν διάφορα μοντέλα υπολογισμού, τα πλέον αξιόπιστα των οποίων βασίζονται στην βιοαποδομησιμότητα της οργανικής ύλης που περιέχεται στα απορρίμματα. Στην παρούσα μελέτη ο υπολογισμός των ποσοτήτων του βιοαερίου έγινε με το μοντέλο του Tabasaran , το οποίο είναι διεθνώς αποδεκτό και ευρέως χρησιμοποιούμενο, τόσο σαν αυτοτελές μοντέλο όσο και σαν βάση για τη διαμόρφωση άλλων τροποποιημένων μοντέλων. Τυπικές αβεβαιότητες σε σταθερές που επηρεάζουν την παραγωγή του βιοαερίου και την μοντελοποίησή του είναι:

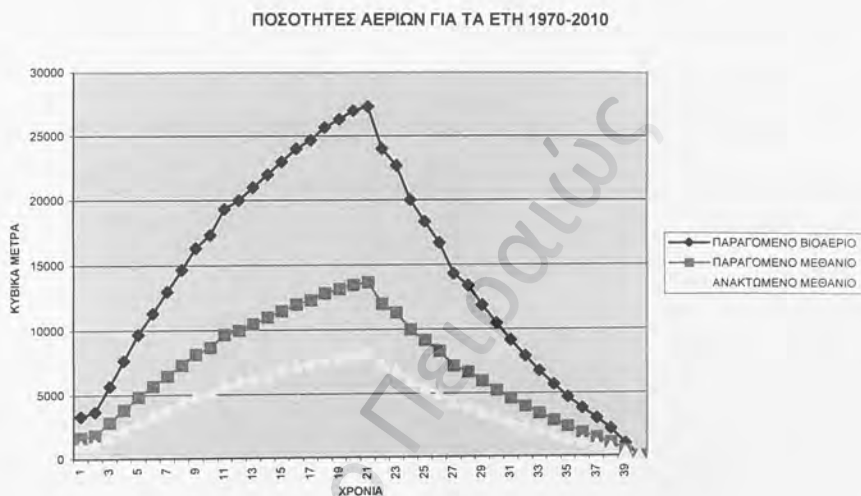
- Ο τρόπος απόθεσης των απορριμμάτων, το ιστορικό και η σύνθεσή τους, ειδικότερα για παλιές χωματερές.
- Βιολογικές παράμετροι, πχ. θρεπτικά συστατικά, pH, βακτήρια, θερμοκρασία, υγρασία.
- Αποτελεσματικότητα συλλογής, που κυμαίνεται μεταξύ 40-90%.
- Περιεχόμενη υγρασία, η οποία είναι δύσκολο να μετρηθεί ή να εκτιμηθεί και είναι διακεχυμένη χρονικά αλλά και τοπικά.

Είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι όλη η ποσότητα βιοαερίου που παράγεται δεν μπορεί να ανακτηθεί. Με βάση την διεθνή εμπειρία η ποσότητα βιοαερίου που μπορεί να ανακτηθεί κυμαίνεται στο 40-75% της θεωρητικά παραγόμενης. Οι απώλειες μεθανίου είναι αποτέλεσμα των παρακάτω παραγόντων:

1. Διάχυση διαμέσου της επιφανειακής επικάλυψης.
2. Μετανάστευση μέσω των πλευρικών τοιχωμάτων της χωματελής.
3. Καθυστερημένη ανάκτηση.

Στο Διάγραμμα 1 παρουσιάζεται η παραγωγή βιοαερίου στο χώρο του Σκαφιδαρά, για τα έτη 1970 έως 2010. Όπως φαίνεται οι μέγιστες ποσότητες βιοαερίου παρήχθησαν κατά την περίοδο 1989 - 1991, κατά την οποία ήταν ενεργές όλες οι ετήσιες αποθέσεις. Στη σημερινή περίοδο βρισκόμαστε σε φθίνουσα πορεία παραγωγής βιοαερίου, που αναμένεται να μηδενιστεί περίπου το 2010. Με βάση τις ποσότητες απορριμμάτων (ετήσια ποσότητα

απορριμμάτων 50.000 τόνοι, σύνολο απορριμμάτων Σκαφιδαρά 1.000.000 τόνοι), παίρνοντας υπόψη ότι η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι 18,61 °C, υπολογίστηκε η παραγωγή του βιοαερίου, η οποία ανά τόνο απορριμμάτων κυμαίνεται περίπου στα 200 m³ /tn .



Διάγραμμα 1: Παραγωγή αερίων στο Σκαφιδαρά

Αποδεχόμενοι απώλειες βιοαερίου της τάξης του 40% και συγκέντρωση μεθανίου περίπου 50%, προκύπτουν οι ποσότητες μεθανίου που μπορούν να ανακτηθούν (Διάγραμμα 1). (2)

4.3 Χαρακτηριστικά στραγγισμάτων

Αποκαλυπτικοί ήταν οι τρεις δειγματοληπτικοί έλεγχοι που έγιναν και παρουσιάζονται στη συνέχεια. Τα δείγματα στραγγισμάτων ελήφθησαν από στραγγίσματα που διέφευγαν στην περίμετρο της χωματερής στη βόρεια πλευρά του χώρου, τα δε δείγματα του νερού ελήφθησαν από παρακείμενα πηγάδια, αναλυτικότερα δε από πηγάδι που βρίσκεται στην άμεση γειτονιά του χώρου (Β.Δ. άκρο του) και από πηγάδι που απέχει περίπου 250 m από το χώρο προς Ανατολάς.

Όλες οι ποιοτικές αναλύσεις έγιναν στο Γενικό Χημείο του κράτους τον Απρίλιο του 1996. Οι αναλύσεις αυτές ελήφθησαν υπόψη στο σχεδιασμό του συστήματος επεξεργασίας των στραγγισμάτων.

Τα αποτελέσματα των αναλύσεων είχαν ως εξής:

Παράμετροι	Δείγμα 1 Νερό Πηγαδιού Β.Δ. του χώρου	Δείγμα 2 Νερό Πηγαδιού Ανατολικά του χώρου	Δείγμα 3 Στραγγίσματα παλαιάς χωματερής Δήμου Ηρακλείου
Ολική σκληρότητα Α. αγγλικό β. Γερμανικό	α. 140,8 β.78.8	Α. 110 β.61,6	α.39 β. 21,8
Χλωρίοντα mgr/lt	1100	355	-
Θειικά mgr/lt	-	-	100
Νιτρώδη mgr/lt	0,15	0,12	0,22
Νιτρικά mgr/lt	80	70	90
Οργανικό άζωτο mgr/	1,68	1,2	20,23
Φωσφορικά (PO ₄)mg/lt	0,9	0,1	12
Σίδηρος mgr/lt	5	4	200
Μόλυβδος mgr/lt	48,4	24	297,5
Χρώμιο mgr/lt	11,3	3	1458
PH	7,5	7,8	8,6
Ολικά αιωρούμενα στερεά mgr/lt	-	-	898
BOD5 mgr/lt	1	0,5	220
COD mgr/lt	2	1,5	4560

Πίνακας 6: Αποτελέσματα αναλύσεων στραγγισμάτων και νερού, στην περιοχή Σκαφιδαρά

Στον Πίνακα 7 που ακολουθεί παρουσιάζεται μια σύγκριση των τιμών των στραγγισμάτων του Σκαφιδαρά με τις τιμές που εμφανίζουν τα στραγγίσματα ενός ΧΥΤΑ.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΑ ΣΚΑΦΙΔΑΡΑ	ΤΥΠΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΝΕΟΥ ΧΥΤΑ (ΚΑΤΩ ΑΠΟ 2 ΕΤΗ)	ΤΥΠΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΩΡΙΜΟΥ ΧΥΤΑ (ΠΑΝΩ ΑΠΟ 10 ΕΤΗ)
ΘΕΙΙΚΑ (mg/l)	100	300	20-50
ΝΙΤΡΙΚΑ (mg/l)	90	25	5-10
ΟΡΓΑΝΙΚΟ ΑΖΩΤΟ (mg/l)	20,23	200	80-120
ΣΙΔΗΡΟΣ(mg/l)	200	60	20-200
Ph	8,6	6	6,6-7,5
TSS (mg/l)	900	500	100-400
BOD (mg/l)	220	10000	100-200
COD (mg/l)	4560	18000	100-500

Πίνακας 7: Χαρακτηριστικές τιμές στραγγισμάτων Σκαφιδάρá και σύγκριση με τις τυπικές τιμές στραγγισμάτων ενός ΧΥΤΑ

Τα στραγγίσματα του χώρου παρουσίαζαν σημάδια "γήρανσης", κάτι που διαπιστώθηκε από τις τιμές των COD, BOD, οι οποίες ήταν χαρακτηριστικές απορριμμάτων ηλικίας άνω των 6 ετών. Επίσης ο λόγος BOD/ COD ήταν της τάξης του 0,048 και συνηγορεί σε αυτή τη διαπίστωση.

Η εξασθένηση του οργανικού φορτίου των στραγγισμάτων με το χρόνο είναι βασικό χαρακτηριστικό από το οποίο μπορεί να υπολογιστεί η γήρανση των απορριμμάτων. Το ίδιο ισχύει και για την άνοδο της τιμής του pH, ενώ σε αντίστοιχα συμπεράσματα οδηγεί και η τιμή του σιδήρου, η οποία βρέθηκε 200 mg/l.

Από μετρήσεις του οργανικού άνθρακα των απορριμμάτων, που πραγματοποιήθηκαν, διαφάνηκε η γήρανση των απορριμμάτων της χωματερής του Σκαφιδάρá, αφού η τιμή του οργανικού άνθρακα ήταν 6%, ενώ τα απορρίμματα πριν την ταφή τους έχουν τυπική τιμή 30%, σύμφωνα με μετρήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας. Η τιμή αυτή του οργανικού άνθρακα αποδεικνύει ότι τα στραγγίσματα που παράγονται πλέον στη χωματερή του Σκαφιδάρá είναι λιγότερο ρυπογόνα από όταν διατέθηκαν στο χώρο, αλλά και ότι με την πάροδο του χρόνου θα μειώνεται ολοένα και το ρυπαντικό τους φορτίο.

Τα σημάδια γήρανσης των απορριμμάτων ταίριαζαν απόλυτα με τον τερματισμό λειτουργίας του χώρου σαν χώρου διάθεσης απορριμμάτων, από το 1992 και ύστερα. Ωστόσο, πέρα από αυτό, επειδή δεν υπήρχαν

δειγματοληψίες από πολλά διαφορετικά σημεία του χώρου, δεν ήταν εύκολο να βγουν πιο συγκεκριμένα συμπεράσματα.

Η δυσκολία οφειλόταν στο ότι η υπεδάφια μετανάστευση των στραγγισμάτων ήταν άγνωστη, αφού δεν υπήρχε καμιά πληροφορία για τον τρόπο διαστρωμάτωσης των απορριμμάτων. Έτσι ήταν αδύνατο να συσχετιστεί η ποιότητα των στραγγισμάτων με κάποια συγκεκριμένη περιοχή του χώρου.

Από την άλλη μεριά, τα στοιχεία του Πίνακα 6 επιβεβαίωσαν την διαρροή στραγγισμάτων και στον υδροφόρο ορίζοντα, με ιδιαίτερο κίνδυνο για το περιβάλλον και τη δημόσια υγεία. Όσο αφορά το υπέδαφος που αναπτύσσεται η χλωματερή, είναι ημιδιαπερατό, με τιμή 10^{-5} εκατ./δευτ., ενώ από τις γεωτρήσεις που πραγματοποιήθηκαν δεν διαφάνηκε κάποιο ρήγμα στο χώρο.

Συμπερασματικά, η κατάσταση είχε ως εξής:

- Η παραγωγή στραγγισμάτων συνεχιζόταν. Βασική αιτία για αυτό θεωρήθηκε η ανεμπόδιστη εισροή ομβρίων στο σώμα των απορριμμάτων, λόγω της απουσίας τελικής προστατευτικής κάλυψης του χώρου.
- Η διαρροή στον υδροφόρο ορίζοντα και μέσω των πλευρικών πρυνών συνεχιζόταν. Οι πλευρικές διαρροές ενδέχεται να οφειλόταν και σε πιέσεις αερίων.
- Η ποιότητα των στραγγισμάτων υποδήλωνε σημάδια "γήρανσης" των απορριμμάτων.
- Υπήρχε σοβαρό έλλειμμα πληροφοριών για την παραγωγή των στραγγισμάτων και την υπεδάφια μετανάστευσή τους.

4.3.1 Παραγόμενες ποσότητες

Ο υπολογισμός του υδατικού ισοζυγίου χρησιμοποιήθηκε για την εκτίμηση της ποσότητας των παραγόμενων στραγγισμάτων, λαμβάνοντας υπόψη τα μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής, της προς αποκατάσταση χλωματερής. Ο κλασικότερος και πιο αξιόπιστος υπολογισμός του υδατικού

ισοζυγίου ενός χώρου διάθεσης απορριμμάτων εκφράζεται από την εξίσωση:

$$L = P - R - E - a*W$$

όπου:

L = η αναμενόμενη παραγωγή στραγγισμάτων

P = οι ατμοσφαιρικές κατακρημνίσεις

R = η επιφανειακή απορροή από τον χώρο

E = η πραγματική εξατμισοδιαπνοή

a = η απορροφητική ικανότητα των απορριμμάτων

W = η ποσότητα των απορριμμάτων ανά έτος.

Στην περίπτωση του Σκαφιδαρά, όπως προαναφέρθηκε, τα στραγγίσματα (L) διέφευγαν προς τον υδροφόρο ορίζοντα, αφού ο χώρος δεν ήταν στεγανοποιημένος.

Είναι επίσης φανερό ότι σε ένα πλήρες υδατικό ισοζύγιο θα έπρεπε να υπολογιστούν η διήθηση στραγγισμάτων στον υδροφόρο ορίζοντα και οι πλευρικές εισροές. Ωστόσο στο Σκαφιδαρά θεωρήθηκε ότι δεν υπήρχαν εισροές ομβρίων, από την ευρύτερη λεκάνη απορροής, γιατί θα κατασκευαζόταν περιμετρική τάφρος όπου θα συλλεγόταν τα απορρέοντα ύδατα. Επίσης η περιμετρική τάφρος απορροής των ομβρίων συλλέγει και τα απορρέοντα ύδατα από τον κύριο όγκο του αποκαταστημένου χώρου, χάρη στην ύπαρξη των γεωλογικών φραγμών .

Για τον υπολογισμό της ποσότητας των στραγγισμάτων οι απαιτούμενες παράμετροι υπολογίστηκαν με βάση τις επόμενες παραδοχές:

- Δεν υπάρχουν εισροές ομβρίων, από την ευρύτερη λεκάνη απορροής.

- Η εξατμισοδιαπνοή παριστά το μέρος της βροχόπτωσης ή της υγρασίας του εδάφους που χάνεται λόγω εξάτμισης από το έδαφος ή λόγω της διαπνοής των φυτών. Επειδή δεν υπάρχουν πειραματικά δεδομένα, συνήθως υπολογίζεται η δυνητική εξατμισοδιαπνοή από τον τύπο του Turc, ο οποίος βασίζεται στη μέση θερμοκρασία (T) και το ύψος της βροχής (P). Πιο συγκεκριμένα η δυνητική εξατμισοδιαπνοή υπολογίζεται ως εξής:

$$E_{\delta} = \frac{P}{\sqrt{(0,9 + \frac{P^2}{K^2})}}$$

όπου $K = 300 + 25T + 0,05 T^3$.

Η δυνητική εξατμισοδιαπνοή, στην περίπτωση της χωματερής Σκαφιδάρá υπολογίστηκε στο 95,7% του ετήσιου ύψους βροχής. Επειδή το ποσοστό αυτό είναι αφύσικα μεγάλο, η πραγματική εξατμισοδιαπνοή υπολογίστηκε σαν ποσοστό του ετήσιου ύψους υετού. Το ποσοστό αυτό εξαρτάται από τη συγκεκριμένη περιοχή, πιο συγκεκριμένα από τις ετήσιες βροχοπτώσεις, τη μέση υγρασία, τη θερμοκρασία κλπ. Για λόγους ασφαλείας, στη συγκεκριμένη περίπτωση, το ποσοστό αυτό λήφθηκε ίσο με 60%. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι θεωρούμε την πραγματική εξατμισοδιαπνοή σχετικά μικρή και μεγάλο μέρος των βροχοπτώσεων απορρέει επιφανειακά ή κατεισδύει στον όγκο των απορριμμάτων.

- Η ενεργός επιφάνεια της χωματερής, λήφθηκε ίση με 92 στρέμματα και θεωρήθηκε ενιαία επιφάνεια.
- Το νερό που κατακρατείται στον όγκο των απορριμμάτων που βρίσκονται στο χώρο της χωματερής λήφθηκε ίσο με 0,08 m³/tn, σύμφωνα και με τις μετρήσεις υγρασίας που πραγματοποιήθηκαν στα απορρίμματα και στις κυψέλες. Η τιμή αυτή θεωρείται τιμή κορεσμού. Στο βαθμό που μια συγκεκριμένη περίοδο, τα απορρίμματα που υπάρχουν στο χώρο φτάσουν σε αυτή την τιμή, θεωρήθηκε ότι δεν μπορούν να κατακρατήσουν άλλο νερό. Στην περίπτωση της αποκατάστασης της χωματερής θεωρούμε ότι τα απορρίμματα έχουν

κατακρατήσει υγρασία και είναι κορεσμένα.

- Η επιφανειακή απορροή, θεωρήθηκε ίση με 30% της βροχόπτωσης, ποσοστό μικρό, που λήφθηκε για λόγους ασφαλείας, αφού οι κλίσεις που έχει το τελικό ανάγλυφο και η χωματοκάλυψη του χώρου των απορριμμάτων, συνηγορούσαν σε μεγαλύτερη επιφανειακή απορροή.

Οι υπολογισμοί που ακολουθούν βασίζονται στα κλιματολογικά στοιχεία που παρουσιάζονται, όσον αφορά το ύψος βροχής και τις θερμοκρασίες.

Μήνας	Μέση θερμοκρασία (C ⁰)	Μέσο ύψος υετού (mm)	Μέγιστο ύψος υετού 24ωρου (mm)
Ιανουάριος	12.0	90.9	91,5
Φεβρουάριος	12.2	67.9	46,9
Μάρτιος	13.5	53.4	66,7
Απρίλιος	16.6	29.4	107,5
Μάιος	20.2	15.0	73,8
Ιούνιος	24.3	3.4	34,2
Ιούλιος	26.1	1.0	12,8
Αύγουστος	26.0	0.7	17,2
Σεπτέμβριος	23.4	18.7	102,7
Οκτώβριος	20.1	63.1	99,0
Νοέμβριος	16.7	57.4	88,4
Δεκέμβριος	13.7	79.8	62,4
Σύνολο		480,7	

Πίνακας 8 : Κλιματολογικά δεδομένα

Με βάση τα παραπάνω, υπολογίστηκαν:

- Η μηνιαία παραγωγή στραγγισμάτων που παρουσιάζεται στον Πίνακα 9 και στο Διάγραμμα 2.
- Η παραγωγή στραγγισμάτων ανά εποχή του έτους, που παρουσιάζεται στο Πίνακα 9.α και στο Διάγραμμα 3.
- Το ετήσιο υδατικό ισοζύγιο.

Μήνες	Μέσο ύψος υετού (P)	Στραγγίσματα ανά μήνα (m3)	Στραγγίσματα ανά ημέρα (m3)	Στραγγίσματα ανά ώρα (m3)
Ιανουάριος	90,9	615,65	20,52	0,85
Φεβρουάριος	67,9	442,67	14,75	0,62
Μάρτιος	53,4	340,31	11,34	0,47
Απρίλιος	29,4	183,62	6,12	0,25
Μάιος	15	93,29	3,11	0,13
Ιούνιος	3,4	21,13	0,70	0,03
Ιούλιος	1	6,21	0,21	0,01
Αύγουστος	0,7	4,35	0,14	0,01
Σεπτέμβριος	18,7	116,29	3,88	0,16
Οκτώβριος	63,1	397,66	13,26	0,55
Νοέμβριος	57,4	363,44	12,11	0,50
Δεκέμβριος	79,8	523,27	17,44	0,73
Σύνολο	480,7	3107,89	-	-

Πίνακας 9 : Μηνιαία, ημερήσια, ωριαία παραγωγή στραγγισμάτων χωματερής Σκαφιδαρά

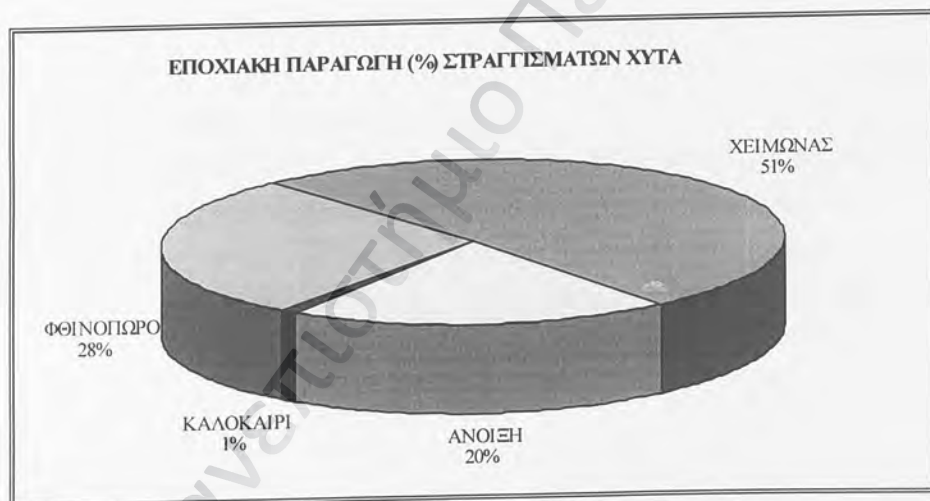
Εποχή	Παραγωγή στραγγισμάτων (m ³)
ΧΕΙΜΩΝΑΣ	1581,6
ΑΝΟΙΞΗ	617,209
ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	31,6924
ΦΘΙΝΟΠΩΡΟ	877,388

Πίνακας 9.α : Εποχιακή παραγωγή στραγγισμάτων χωματερής Σκαφιδαρά

Στο Διάγραμμα 2 παρουσιάζεται η μηνιαία παραγωγή στραγγισμάτων και στο Διάγραμμα 3 η εποχιακή.



Διάγραμμα 2 : Μηνιαία παραγωγή στραγγισμάτων Σκαφιδάρá



Διάγραμμα 3: Εποχιακή παραγωγή στραγγισμάτων χωματερής Σκαφιδάρá

Τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν ερμηνεύονται εύκολα, από ποιοτική άποψη. Για παράδειγμα, ο μήνας με τη μεγαλύτερη βροχόπτωση είναι ο Ιανουάριος, στον οποίο παρουσιάζεται η μεγαλύτερη παραγωγή στραγγισμάτων. Επίσης τελείως φυσιολογικά, κατά τους μήνες Ιούλιο και

Αύγουστο παρουσιάζεται μηδενική παραγωγή στραγγισμάτων, αφού τους μήνες αυτούς είναι ελάχιστες οι βροχοπτώσεις.

Από ποσοτική άποψη τώρα, το ετήσιο υδατικό ισοζύγιο εμφανίζει παραγωγή στραγγισμάτων περίπου 3.108 m^3 ανά έτος. Η τιμή αυτή αντιστοιχεί στο 7% της ετήσιας βροχόπτωσης. Η διεθνής εμπειρία, σχετικά με την παραγωγή στραγγισμάτων σε ΧΥΤΑ που λειτουργούν, παρουσιάζει ποσοστό στραγγισμάτων ίσο με 15% - 25% της ετήσιας βροχόπτωσης. Η απόκλιση αυτή όμως δικαιολογείται γιατί στους χώρους διάθεσης απορριμμάτων που λειτουργούν το νερό διεισδύει με πολλούς τρόπους στα απορρίμματα, ενώ στην περίπτωση του Σκαφιδάρá, λόγω της χωματοκάλυψης και των μεγάλων κλίσεων των πρανών τα όμβρια που εισέρχονται είναι πολύ λιγότερα. (3)

1. Α. Μαυρόπουλος, Ο ρόλος του βιοαερίου στη διερεύνηση ανεξέλεγκτων χωματερών, Πυρφόρος Έκδοση Πολυτεχνείου, Τεύχος 2, 1999.
2. Ε.Π.Ε.Μ Α.Ε, Μελέτη Διαχείρισης Βιοαερίου –Αποκατάσταση της παλαιάς χωματερός του Δ. Ηρακλείου στο Σκαφιδάρá.
3. Ε.Π.Ε.Μ Α.Ε, Μελέτη Διαχείρισης Στραγγισμάτων – Αποκατάσταση της παλαιάς χωματερός του Δ. Ηρακλείου στο Σκαφιδάρá.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΣΤΟΝ ΣΚΑΦΙΔΑΡΑ.

Είναι φανερό ότι η πρώτη προτεραιότητα ήταν να καλυφθεί το έλλειμμα δεδομένων . Το πρώτο βήμα ήταν η διεξαγωγή των δοκιμών άντλησης του βιοαερίου.

Για το σκοπό αυτό ανοίχθηκαν 4 δοκιμαστικές γεωτρήσεις (με τον τρόπο που θα περιγραφεί αναλυτικά στη συνέχεια), συνοδευόμενες από 4 φρεάτια ανίχνευσης βιοαερίου ανά γεώτρηση. Από τη δοκιμή άντλησης προσδιορίστηκαν:

Ο ρυθμός άντλησης υπό ενεργητική άντληση.

Η συγκέντρωση μεθανίου στην κεφαλή των φρεατίων δοκιμής και ανίχνευσης.

Η συγκέντρωση οξυγόνου (% κ.ο.) σε κάθε κεφαλή φρεατίου.

Η συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα (% κ.ο.) σε κάθε κεφαλή φρεατίου.

Η στάθμη νερού στα φρεάτια άντλησης κατά την διάρκεια της άντλησης.

Οι όγκοι των συσσωρευμένων συμπυκνωμάτων.

Στη συνέχεια, με βάση τα αποτελέσματα των παραπάνω μετρήσεων, συντάχθηκε η μελέτη αξιολόγησης του βιοαερίου στο χώρο του Σκαφιδάρα. Στη μελέτη αυτή κατεγράφησαν τα βασικά συμπεράσματα – πορίσματα των δοκιμών άντλησης, τα οποία αφορούσαν:

την εκτίμηση των ποσοτήτων βιοαερίου που παράγονται στο χώρο

την αξιολόγηση των δυνατοτήτων αξιοποίησής του

την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας ενός ενεργού συστήματος συλλογής του

την εξαγωγή συμπερασμάτων για τα τεχνικά στοιχεία σχεδιασμού του συστήματος άντλησης.

Ειδικότερα, στο τέλος της δοκιμής άντλησης, εκτιμήθηκαν με σχετική ασφάλεια, καλύπτοντας το έλλειμμα πληροφοριών που υπήρχε, οι ακόλουθες παράμετροι :

οι ποσότητες του παραγομένου βιοαερίου

η σύσταση του

η χωροταξική κατανομή και διαφοροποίηση των παραγομένων ποσοτήτων και της σύστασης

η επίπτωση της ενεργού άντλησης στην μετανάστευση του αερίου

η σφαίρα επιρροής κάθε δοκιμαστικού φρεατίου άντλησης

ο ρυθμός άντλησης του μεθανίου όταν η ενεργητική ανάκτηση σταματήσει.

Στη συνέχεια, με βάση τη μελέτη αξιολόγησης του βιοαερίου έγινε ο οριστικός σχεδιασμός της διαχείρισης του βιοαερίου, ο οποίος περιελάμβανε:

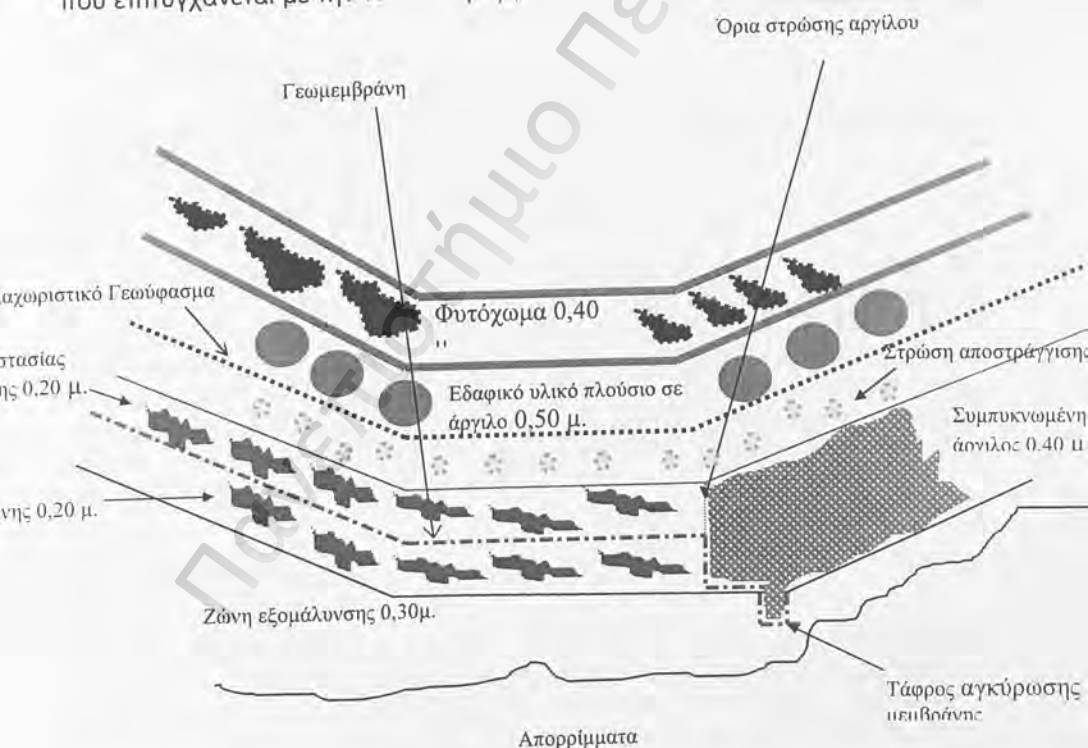
την τελική κατανομή των φρεατίων άντλησης στο χώρο του Σκαφιδάρα

την διαστασιολόγηση του δικτύου άντλησης

τυχόν απαιτούμενα πρόσθετα μέτρα ασφαλείας και παρεμπόδισης της μετανάστευσης του βιοαερίου την επιλογή επιπρόσθετου εξοπλισμού.

Με βάση αυτό το σχεδιασμό κατασκευάστηκαν τα έργα διαχείρισης του βιοαερίου. Πρέπει να σημειωθεί ότι τοποθετήθηκαν και μια σειρά περιμετρικά φρεάτια παρακολούθησης του βιοαερίου, από τα οποία, με τακτικές μετρήσεις, εντοπίζονται τυχόν ανεξέλεγκτες διαφυγές και αντιμετωπίζονται κατάλληλα.

Πριν από αυτό όμως έγινε στεγανοποίηση ολόκληρης της επιφάνειας του χώρου του Σκαφιδάρα, είτε με τη χρήση γεωμεμβράνης (στην ανατολική απόθεση απορριμμάτων) είτε με τη χρήση συμπυκνωμένης αργίλου (στη δυτική και τη μεσαία απόθεση). Η στεγανοποίηση της επιφάνειας και των πρηνών του χώρου διάθεσης των απορριμμάτων, είναι πρωταρχική προϋπόθεση για την ομαλή και αποτελεσματική συλλογή βιοαερίου. Η επιλογή της γεωμεμβράνης για την ανατολική απόθεση του χώρου, σχετίστηκε με την εκτίμηση ύπαρξης μεγαλύτερου δυναμικού βιοαερίου σε αυτή την απόθεση, λόγω της μικρής σχετικά ηλικίας των απορριμμάτων. Η εκτίμηση αυτή οδήγησε στην ανάγκη καλύτερου ελέγχου της μετανάστευσης του βιοαερίου και στον αποκλεισμό των διόδων ανεξέλεγκτης διαφυγής αυτού, που επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση γεωμεμβράνης.



Σχέδιο 2 : Ένωση των στρώσεων στα σημεία επαφής της Ανατολικής και της μεσαίας Κυψέλης

5.1 Μελέτη αξιολόγησης

Η μελέτη αξιολόγησης περιλάμβανε δοκιμή άντλησης με την ανόρυξη 4 γεωτρήσεων. Για την μεγαλύτερη πληρότητα των αποτελεσμάτων γύρω από κάθε γεώτρηση κατασκευάστηκαν 4 φρεάτια ανίχνευσης βιοαερίου. Ο ρόλος των φρεατίων ανίχνευσης ήταν καθοριστικός για την εκτίμηση της μετανάστευσης του βιοαερίου, κάτω από συνθήκες ενεργητικής άντλησης και χωρίς την εφαρμογή υποπίεσης στα φρεάτια άντλησης, έτσι ώστε να προσδιοριστούν οι επιπτώσεις της άντλησης στην υπεδάφια μετανάστευση του βιοαερίου και να σχεδιαστεί αντίστοιχα η κατανομή των φρεατίων άντλησης στο χώρο. Ουσιαστικά, τα φρεάτια ανίχνευσης, με κατάλληλη τοποθέτησή τους, επιτρέπουν τον προσδιορισμό της ακτίνας επιρροής κάθε φρεατίου με σχετικά μεγάλη ακρίβεια και διευκολύνουν τη βέλτιστη χωροταξική κατανομή τους.

Επιπρόσθετα, κατασκευάστηκαν και 8 περιμετρικά φρεάτια ανίχνευσης βιοαερίου στο χώρο, με στόχο τον έλεγχο της μετανάστευσης του βιοαερίου εκτός του χώρου του Σκαφιδάρα. Η μία από τις γεωτρήσεις ορύχθηκε σε βάθος 25 μέτρων και εκτός της μάζας των απορριμμάτων για να ελεγχθεί η πιθανή διαφυγή στραγγισμάτων εκτός του χώρου και η ποιότητα των υπογείων νερών, με μέτρηση των τιμών συγκεκριμένων παραμέτρων των στραγγισμάτων. Το σύστημα που εγκαταστάθηκε αποτελούντο από τα ακόλουθα μέρη:

- Φρεάτια άντλησης βιοαερίου
- Φρεάτια ανίχνευσης βιοαερίου
- Οριζόντιοι σωλήνες απαγωγής του βιοαερίου προς τον πυρσό καύσης
- Οικίσκος Μετρήσεων / Ρυθμίσεων
- Πυρσός καύσης με αντλιοστάσιο
- Εξοπλισμός μετρήσεων

Η λειτουργία του συστήματος, σε βασικές γραμμές έχει ως εξής. Το βιοαέριο αντλείται ξεχωριστά από κάθε φρεάτιο με την εφαρμογή υποπίεσης 80 mbar, στη συνέχεια οδηγείται στον οικίσκο Μετρήσεων / Ρυθμίσεων, μέσω των οριζοντίων αγωγών απαγωγής, με στόχο τον έλεγχο "συμπεριφοράς" του κάθε φρεατίου και την σταθεροποίηση της παροχής του. Κατόπιν, μέσω κεντρικού αγωγού, οδηγείται στον πυρσό καύσης. Πιο συγκεκριμένα, οι εργασίες και ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε για τη διενέργεια της δοκιμής άντλησης, έχει ως εξής.

5.1.1 Φρεάτια άντλησης

Ορύχθησαν 4 γεωτρήσεις, η κάθε μία εκ των οποίων συνοδεύτηκε από 4 φρεάτια ανίχνευσης βιοαερίου. Οι θέσεις των γεωτρήσεων δοκιμαστικής άντλησης, των φρεατίων ανίχνευσης και των περιμετρικών φρεατίων, παρουσιάζονται στο Σχέδιο 1. Όπως φαίνεται δύο γεωτρήσεις έγιναν στην ανατολική απόθεση απορριμμάτων, που έχει και το μεγαλύτερο δυναμικό βιοαερίου, μία στη μεσαία και μία στη δυτική. Η διάμετρος της γεώτρησης είναι 400 mm. Για τη διάνοιξη των γεωτρήσεων χρησιμοποιήθηκε κοχλιωτό

γεωτρύπανο με τηλεσκοπικό άξονα. Το βάθος των γεωτρήσεων, παρουσιάζεται στον Πίνακα 10 .

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ (m)	ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΦΥΣΙΚΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ (m)	ΒΑΘΟΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ (m)
No 1	37,6	16	16,2
No 2	29,2	16	25
No 3	27,7	16	8,6
No 4	27,8	18	7,35

Πίνακας 10: Βάθος γεωτρήσεων δοκιμαστικής άντλησης

Για λόγους καλύτερης απόδοσης του συστήματος, αλλά και ασφάλειας της όλης εγκατάστασης, υπάρχει κεντρικός και παράλληλα αυτοματοποιημένος έλεγχος του κάθε φρεατίου από τον οικίσκο Μετρήσεων / Ρυθμίσεων. Με τον κεντρικό έλεγχο ρυθμίζεται αυτόματα για κάθε φρεάτιο η παροχή, λαμβάνοντας υπ'όψη τις μεταβολές και την ποιότητα του αντλούμενου αερίου. Για λόγους ασφαλείας υπάρχει συνεχής μέτρηση του περιεχόμενου στο αέριο οξυγόνου, διακόπτεται δε η άντληση για την αποφυγή εκρήξεων, όταν υπάρχει η ανάγκη. Ο εξοπλισμός του οικίσκου, περιγράφεται με λεπτομέρεια σε επόμενη παράγραφο.

Η κάθε γεώτρηση επενδύθηκε με πλαστικό διάτρητο σωλήνα PVC Φ125. Η επιφάνεια του σωλήνα είναι διάτρητη με οπές σε ποσοστό 10-20% περίπου. Η επιλογή του PVC έγινε επειδή το υλικό αυτό είναι χημικά αδρανές και δεν είναι ευάλωτο στο αέριο της χλωματερής. Ο χώρος που δημιουργήθηκε μεταξύ της γεώτρησης και του διάτρητου σωλήνα πληρώθηκε με χονδρόκοκκο υλικό (λιθοσύντριμμα) διαμέτρου 10-20 mm, κατά προτίμηση μη ανθρακικής προέλευσης, δηλαδή με υλικό που να αποτελείται όχι από ασβεστολιθικά αλλά από πυριτικά υλικά.

Στα τελευταία 3m της κάθε γεώτρησης ο χρησιμοποιούμενος σωλήνας είναι τυφλός (δεν φέρει οπές), από PVC Φ150, 6 ATM ώστε να μην γίνεται άντληση από την επιφανειακή στρώση των απορριμμάτων. Ο χώρος που δημιουργήθηκε μεταξύ της γεώτρησης και του αδιάτρητου σωλήνα πληρώθηκε με μπεντονίτη, με σκοπό την παρεμπόδιση της εισόδου ατμοσφαιρικού αέρα στο εσωτερικό του.

Η επιφάνεια της κάθε γεώτρησης τσιμεντώθηκε, με σκυρόδεμα Β160, πάνω δε σ'αυτήν έχει τοποθετηθεί τσιμεντοσωλήνας Φ1500 για την προστασία και έλεγχο της κάθε γεώτρησης. Το φρεάτιο / τσιμεντοσωλήνας σκεπάστηκε με καπάκι από PVC.

Σε κάθε φρεάτιο άντλησης η υψηλότερη πίεση βρίσκεται στην περιοχή γύρω από την έξοδο του στην επιφάνεια της χλωματερής, και κατά συνέπεια στην περιοχή αυτή η τάση εισόδου του ατμοσφαιρικού αέρα είναι αυξημένη. Για την αποφυγή αυτού του προβλήματος, περιμετρικά του κάθε φρεατίου και σε ακτίνα τριών (3) μέτρων γύρω από αυτό, έγινε εκσκαφή της υπάρχουσας επικάλυψης σε βάθος 1m. Εντός της εκσκαφής τοποθετήθηκε άργιλος πάχους 50 cm σαν στεγανωτικό υλικό, ο οποίος για λόγους προστασίας επικαλύφθηκε με χώμα πάχους 0,5 m.

Η στεγανοποίηση διαμόρφωσε πολύ καλύτερη κατανομή πιέσεων περιμετρικά του φρεατίου, με αποτέλεσμα την διευκόλυνση της άντλησης του βιοαερίου.

Οι σωλήνες άντλησης καταλήγουν σε τάπες, στις οποίες υπάρχει πρόβλεψη τοποθέτησης βαλβίδας ασφαλείας για έλεγχο της υπερπίεσης. Η βαλβίδα αυτή τίθεται σε λειτουργία όταν η πίεση φθάσει τα 200 mbar. Παράλληλα έχει τοποθετηθεί και χειροκίνητη βαλβίδα (πεταλούδα) για περιπτώσεις επισκευής τμήματος του δικτύου ή απομόνωσης φρεατίου. Στην τυφλή φλάντζα τοποθετήθηκαν αναμονές μέτρησης πίεσης και δειγματοληψίας.

Η κεφαλή (wellhead) κάθε φρεατίου φέρει βαλβίδα ελέγχου και συνδέεται σε εύκαμπτο σωλήνα HDPE, που οδηγεί στη μονάδα άντλησης. Κάθε τέτοιο τεμάχιο αγωγού φέρει έξοδο δειγματοληψίας στο ένα άκρο, όσο γίνεται πλησιέστερα στην κεφαλή, ενώ στο άλλο άκρο έχει τοποθετηθεί έξοδος για μέτρηση παροχής. Η έξοδος μέτρησης παροχής τοποθετήθηκε σε ελάχιστη απόσταση 12 διαμέτρων από την κεφαλή του φρεατίου για να εξασφαλιστεί στρωτή ροή του αερίου στο σημείο μέτρησης. Από το σημείο αυτό ο εύκαμπτος σωλήνας οδεύει στη μονάδα άντλησης.

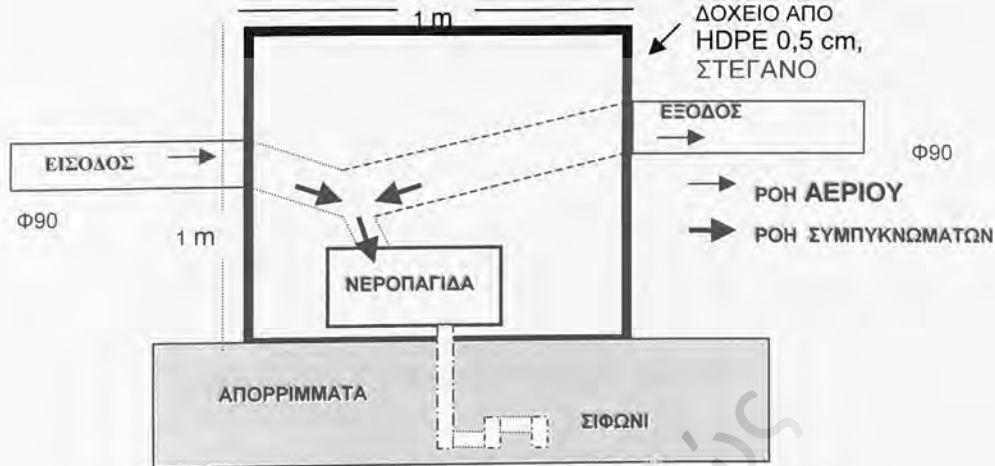
Η σύνδεση του τυφλού σωλήνα με το δίκτυο των οριζοντίων σωληνών απαγωγής του αερίου, έγινε με ελαστικούς συνδέσμους σπирάλ. Κάθε φρεάτιο άντλησης συνδέθηκε ξεχωριστά με τον οικίσκο Μετρήσεων / Ρυθμίσεων. Το μέτρο αυτό κρίθηκε απαραίτητο για λόγους ασφαλείας και καλύτερου ελέγχου κάθε φρεατίου.

5.1.2 Οριζόντιο δίκτυο συλλογής – σύστημα απομάκρυνσης συμπτυκνωμάτων

Ο οριζόντιος σωλήνας απαγωγής αποτελείται από σκληρό πολυαιθυλένιο (HDPE) Φ150, 10 ATM. Η χρήση του HDPE είναι η πλέον κατάλληλη, για τη δοκιμή άντλησης, επειδή το σκληρό πολυαιθυλένιο είναι εύκαμπτο υλικό, προσαρμόζεται εύκολα στις κλίσεις της επιφάνειας της χωματερής και διατίθεται σε κουλούρα, οπότε δεν απαιτούνται ενδιάμεσες κολλήσεις (σημαντικό πλεονέκτημα για την αποφυγή εισόδου ατμοσφαιρικού αέρα στο δίκτυο). Οι οριζόντιες σωληνώσεις (HDPE) τοποθετήθηκαν πάνω στην επιφάνεια της χωματερής καλυμμένες με χώμα, με τέτοιο τρόπο ώστε:

- να προστατεύονται από πιθανές ζημιές,
- να διατηρείται ενιαία η θερμοκρασία του αερίου και
- να αποφεύγονται προβλήματα από παγετούς.

Το αέριο μόλις εξέρχεται της χωματερής είναι κορεσμένο από υδρατμούς. Για τον λόγο αυτό απαιτείται σύστημα αφύγρανσης για την κατακράτηση των συμπτυκνωμάτων. Τα συμπτυκνώματα έχουν έντονα διαβρωτικές ιδιότητες, η μη αφαίρεση των οποίων δημιουργεί σοβαρά προβλήματα στις συσκευές και τα όργανα του δικτύου.



Σχέδιο 3: Σύστημα κατακράτησης συμπυκνωμάτων στους κόμβους

Η αφύγρανση γίνεται σε κάθε φρεάτιο άντλησης, με στόχο να κατακρατείται η βασική ποσότητα των συμπυκνωμάτων και να επιστρέφει στο φρεάτιο. Για τον λόγο αυτό ο σωλήνας του φρεατίου και ο οριζόντιος σωλήνας μεταφοράς του αερίου συνδέονται με σωλήνα PVC με κλίση προς το φρεάτιο, στον οποίο τοποθετείται νεροπαγίδα. Με τον τρόπο αυτό απάγεται μεγάλο ποσοστό από την υγρασία του αερίου και αυτό μεταφέρεται προς την μονάδα Μετρήσεων / Ρυθμίσεων αρκετά "καθαρό".

Τα κολλεκτέρ της μονάδας Μετρήσεων / Ρυθμίσεων τοποθετήθηκαν με ελαφρά κλίση, στο κατώτερο σημείο των οποίων υπάρχει μούφα για την προσαρμογή συστήματος άντλησης των συμπυκνωμάτων.

Για την αντιμετώπιση του προβλήματος μπλοκαρίσματος των σωληνώσεων από τα συμπυκνώματα, το αέριο οδηγείται κατά διαστήματα προς την αντίθετη κατεύθυνση - reverse blowing. Πρακτικά αυτό επιτυγχάνεται με άντληση της γραμμής μεταφοράς του βιοαερίου (δεν υπάρχει προς το παρόν στον σχεδιασμό) σε μέγιστη πίεση και με σταμάτημα της αντλίας. Το αέριο από την γραμμή μεταφοράς επιστρέφει στον οικίσκο Μετρήσεων / Ρυθμίσεων, όπου οι ρυθμιστικές βαλβίδες ανοίγονται μία-μία. Λόγω της υψηλής πίεσης και της μεγάλης διαθέσιμης ποσότητας βιοαερίου, το αέριο κινείται τόσο γρήγορα ώστε συμπαρασύρει τα συμπυκνώματα προς το φρεάτιο.

Τέλος, όλα τα τμήματα του δικτύου συλλογής κατασκευάστηκαν από υλικά ανθεκτικά στο διαβρωτικό περιβάλλον του βιοαερίου.

5.1.3 Πυρσός – αντλιοστάσιο

Ο προσφερόμενος πυρσός είναι ο τύπος EC 250 της γνωστής εταιρείας CONVECO, η οποία κατασκευάζει εξοπλισμό για χώρους διάθεσης απορριμμάτων. Ο πυρσός καύσης έχει βαθμονόμηση 250 m³/h και πίνακα μετρήσεων που περιλαμβάνει:

Χρονοδιακόπτη και χρονομετρητή.

Διακόπτη εναλλαγής μεταξύ λειτουργίας σε συνθήκες καύσης του αερίου και απλής απαερίωσης.

Διακόπτη ανάγκης.

Ο πυρσός επίσης εφοδιάστηκε με τα παρακάτω εξαρτήματα:

Βαλβίδα απομόνωσης.

Κατάλληλου μεγέθους σημείο μετρήσεων της παροχής.

Σημεία δειγματοληψιών, στην είσοδο και έξοδο.

Γεννήτρια 25 kVA τριφασική, 415 V, 50 Hz διπλού καυσίμου.

Ορισμένα τεχνικά χαρακτηριστικά του παρουσιάζονται στον πίνακα 11.

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΥΡΣΟΥ ΚΑΥΣΗΣ CONVECO EC 250	
ΡΟΗ	250 m ³ /h
ΔΙΑΦΟΡΙΚΗ ΠΙΕΣΗ	1600 mm H ₂ O
ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ CH ₄	20%
ΕΥΡΟΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	800 – 1200°C
ΧΡΟΝΟΣ ΠΑΡΑΜΟΝΗΣ	0,3 sec
ΥΛΙΚΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΚΑΥΣΤΗΡΑ	Ανοξ, Χάλυβας
ΕΙΣΟΔΟΙ	2

Πίνακας 12 :Τεχνικά χαρακτηριστικά πυρσού καύσης

Η διαδικασία της καύσης γίνεται σε ελεγχόμενη εγκατάσταση (flaring stack) η οποία πρέπει να προβλέπεται σε κάθε περίπτωση, ακόμα και σε περίπτωση χρήσης του αερίου. Ο λόγος για τον οποίο αυτή η λύση επιβάλλεται είναι ότι σε περιπτώσεις που στο σύστημα διανομής παρουσιάζονται προβλήματα ή υπάρχει μεγαλύτερη στιγμιαία παροχή, η περίσσεια ή και ολόκληρη η ποσότητα του παραγόμενου βιοαερίου πρέπει να καίγεται.

Η συσκευή καύσης περιλαμβάνει:

- σωλήνα προσαγωγής
- σωλήνας καύσης
- αντιανέμιο
- σύστημα αυτόματης ανάφλεξης (βοηθητική ανάφλεξη με χρήση προπανίου)
- ηλεκτρική ανάφλεξη (σπινθηριστή),
- επιτηρητή φλόγας ο οποίος θα συνεργάζεται με την εφεδρική πηγή ανάφλεξης (προπάνιο) για την διατήρηση της φλόγας
- διάταξη ασφάλειας για υπερθέρμανση
- φλογοπαγίδα για την παρεμπόδιση αναστροφής της φλόγας στο δίκτυο
- ηλεκτρικό πίνακα
- μετρητή πίεσης, με έλεγχο της πίεσης στην είσοδο (βαλβίδα ασφάλειας).

Οι διαστάσεις του πυρσού είναι 1,5 x 2 x 3,5 m. Ο προσφερόμενος πυρσός είναι εφοδιασμένος με:

- Αντλίες τύπου blower,
- Αναλυτή αερίων O₂, CH₄, CO₂

Κεντρικό σύστημα αυτομάτου ελέγχου με PLC

Ροόμετρο

Φίλτρο κατακράτησης στερεών σωματιδίων διαμέτρου μεγαλύτερων από 40 μ .

Σύστημα συλλογής των συμπυκνωμάτων, τα οποία ελέγχονται και μετρώνται ως προς την ποσότητα. Η απομάκρυνση των συμπυκνωμάτων και των σωματιδίων είναι απόλυτα απαραίτητη για προστασία από την διάβρωση.

Ειδικά συστήματα ασφαλείας, που προστατεύουν την εγκατάσταση (αυτόματους διακόπτες που κλείνουν σε απαγορευμένες τιμές πίεσης και θερμοκρασίας).

Γραμμή μέτρησης παραμέτρων του αντλούμενου βιοαερίου, μεταξύ της αντλίας και του πυρσού καύσης. Οι μετρήσεις αφορούν:

- την παροχή του αερίου,
- την περιεκτικότητά του σε μεθάνιο και οξυγόνο και
- την θερμοκρασία του.

Η αντλία που συνοδεύει τον πυρσό καύσης, είναι ηλεκτροκίνητη, αντiekρηκτική, φυγοκεντρική, ειδική για βιοαέριο. Προβλέπεται η δυνατότητα χρήσης μας ή δύο αντλιών, ανάλογα με τις ανάγκες του δικτύου άντλησης



Φωτογραφία 1: πυρσός καύσης βιοαερίου

5.1.4 Μονάδα Μετρήσεων – Ρυθμίσεων

Στα πλαίσια της δοκιμής άντλησης, κάθε οριζόντιος αγωγός καταλήγει ξεχωριστά σε έναν κόμβο, αμέσως μετά τον οικίσκο Μετρήσεων / Ρυθμίσεων. Στη συνέχεια, με κοινό αγωγό HDPE Φ160, το βιοαέριο οδηγείται προς το αντλιοστάσιο και τον πυρσό καύσης.

Ο οικίσκος Μετρήσεων / Ρυθμίσεων είναι ελαφριάς κατασκευής τοποθετημένος στο κέντρο περίπου του δικτύου, κατασκευασμένος από δομικό πλέγμα και ορθοστάτες με στέγη από πλαστικά κυματοειδή φύλλα βαρέως τύπου. Το δάπεδο είναι από σκυρόδεμα Β160.

Λόγω της κακής ποιότητας της επικάλυψης, η χωματερή είναι πολύ ευαίσθητη στις χαμηλές πιέσεις στα φρεάτια, επειδή η πολύ δυνατή άντληση μπορεί να προκαλέσει διείσδυση του ατμοσφαιρικού αέρα και να επέλθουν αερόβιες συνθήκες. Γι' αυτό τον λόγο το σύστημα ανάκτησης του αέριου ελέγχεται από κεντρικό σύστημα αυτοματισμών (computer-controlled).

Η επιλογή αυτού του συστήματος έγινε λόγω της ύπαρξης πολλών άγνωστων παραμέτρων, ώστε να είναι δυνατός ο απόλυτος έλεγχος του κάθε φρεατίου άντλησης, ελαχιστοποιώντας κατά συνέπεια τον κίνδυνο αστοχίας, ενώ παράλληλα μεγιστοποιείται και η απόδοση του κάθε φρεατίου.

Πριν την απόληξη κάθε σωλήνα στο κολλεκτέρ τοποθετείται ηλεκτρική και πνευματική βαλβίδα. Από κάθε σωλήνα αντλείται μικρή ποσότητα αέριου (δείγμα) από το οποίο μετρείται η περιεκτικότητα σε μεθάνιο και οξυγόνο. Όταν ξεπεραστούν τα κρίσιμα όρια, διακόπτεται αυτόματα η άντληση από το συγκεκριμένο φρεάτιο.

Η επιλογή του ρυθμού άντλησης γίνεται με βάση μετρήσεις για :

- την αντλούμενη ποσότητα αέριου (παροχή).
- την σύσταση του αέριου για κάθε παροχή.
- την ποιότητα του αντλούμενου αέριου στην κάθε περίπτωση.

Οι σωλήνες καταλήγουν σε δύο κολλεκτέρ από ανοξείδωτο χάλυβα, διαστάσεων 180/25. Τα δύο κολλεκτέρ, μέσω σωλήνων Φ 260 από ανοξείδωτο χάλυβα, καταλήγουν σε σωλήνα από HDPE Φ 260, 10 ATM. Οι σωληνώσεις μέσα στον οικίσκο Μ/Ρ είναι από ανοξείδωτο χάλυβα.

5.1.5 Φρεάτια ανίχνευσης

Όπως προαναφέρθηκε, διανοίχθηκαν 4 φρεάτια ανίχνευσης γύρω από κάθε φρεάτιο άντλησης του βιοαερίου, δηλαδή συνολικά κατασκευάστηκαν 16 φρεάτια ανίχνευσης του βιοαερίου. Τα φρεάτια αυτά τοποθετήθηκαν σε σταυρωτή διάταξη γύρω από κάθε φρεάτιο άντλησης και σε 10, 20, 30 και 40 μέτρα από τη γεώτρηση. Με την μέθοδο αυτή επιδιώκεται, όπως προαναφέρθηκε, να οριστεί με μεγάλη ακρίβεια η σφαίρα επιρροής του κάθε φρεατίου άντλησης.

Τα φρεάτια ανίχνευσης φτάνουν σε βάθος 3m και αποτελούνται από στενό αδιάτρητο σωλήνα με θέση σύνδεσης πιεσόμετρου στον πυθμένα. Την ίδια ακριβώς κατασκευή έχουν και τα περιμετρικά φρεάτια ανίχνευσης του βιοαερίου. Τα φρεάτια αυτά χρησιμεύουν:

στην παρακολούθηση της υπεδάφιας μετανάστευσης του βιοαερίου, κατά τη διάρκεια της δοκιμαστικής άντλησης και τον εντοπισμό των πιθανών οδών διαφυγής του εκτός χώρου.

στο δίκτυο παρακολούθησης του χώρου.

5.1.6 Λοιπός εξοπλισμός

Στα πλαίσια της δοκιμής άντλησης χρησιμοποιήθηκαν επίσης:

Αναλυτές αερίου. GA94 – infrared Gas Analyser της Geotechnical Instruments

Παροχόμετρα Flow Pod της Geotechnical Instruments

Πιεσόμετρα.

Συσκευή δειγματοληψίας αερίου Gas/Air Sampling Apparatus της Geotechnical Instruments

Βαθύμετρο για τον έλεγχο της στάθμης του νερού μέσα στα φρεατία άντλησης. Για να είναι αυτές οι μετρήσεις εφικτές, οι κεφαλές των φρεατίων φέρουν κατάλληλη διάταξη όπως προαναφέρθηκε.

5.1.7 Μέτρα ασφαλείας

Κατά την άντληση και καύση του βιοαερίου, λόγω της σύστασης και της συμπεριφοράς του, είναι απόλυτα αναγκαίο να προσδιοριστούν οι περιοχές στις οποίες το αέριο δρα επικίνδυνα και να τοποθετηθούν γι' αυτόν τον λόγο κατάλληλες διατάξεις ασφαλείας.

α. Το πλέον επικίνδυνο φαινόμενο είναι η δημιουργία, κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες, εκρηκτικού μίγματος. Αυτό συμβαίνει όταν η περιεκτικότητα σε O_2 ξεπερνά το 12-14%. Αυτό το φαινόμενο παρουσιάζεται λόγω βλάβης του δικτύου συλλογής και σε περιπτώσεις που λόγω μεγάλης ασκούμενης υποπίεσης, γίνεται αναρρόφηση ατμοσφαιρικού αέρα μέσω της επιφάνειας της χωματερής. Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος στο τμήμα της σύνδεσης μέχρι την αντλία τοποθετήθηκε μόνιμος μετρητής του O_2 . Με τον τρόπο αυτό όταν η περιεκτικότητα σε O_2 ξεπερνάει το επιτρεπτό όριο (5%), σε συνεργασία με την ηλεκτροβάννα, όλο το σύστημα διακόπτεται, ενώ όταν η περιεκτικότητα σε O_2 φθάσει το 3% λειτουργεί προειδοποιητικά ηχητικό αλάρμ. Γενικά μια περιεκτικότητα σε O_2 της τάξης του 0,2% θεωρείται αποδεκτή για την ασφαλή λειτουργία του συστήματος άντλησης. Η ίδια διάταξη ελέγχου του συστήματος είναι τοποθετημένη και στην μονάδα Μετρήσεων / Ρυθμίσεων για τον συνεχή έλεγχο του κάθε φρεατίου άντλησης.

β. Ένα ακόμα επικίνδυνο σημείο είναι το τμήμα πριν την αντλία το οποίο πρέπει να διαφυλάσσεται από πιθανές υπερπίεσεις. Στο σημείο αυτό έχει τοποθετηθεί ανακουφιστική βαλβίδα που τίθεται σε λειτουργία σε πιέσεις πάνω από 200mbar. Η ίδια διάταξη ασφαλείας έχει τοποθετηθεί και σε κάθε φρεατίο άντλησης.

γ. Στο σύστημα καύσης είναι απαραίτητο να εμποδίζεται η αναστροφή της φλόγας στον σωλήνα καύσης. Για τον λόγο αυτό ήταν αναγκαία η τοποθέτηση φλογοπαγίδας κάτω από το σημείο καύσης.

δ. Τέλος, στον χώρο του αντλιοστασίου υπάρχει πυροσβεστήρας και ενδεικτικές πινακίδες οι οποίες προειδοποιούν για τους κινδύνους που υπάρχουν στην εγκατάσταση.

ε. Στα μέτρα ασφαλείας εντάσσονται και οι τακτικές μετρήσεις στα φρεάτια ανίχνευσης βιοαερίου που προαναφέρθηκαν.

5.2 Οριστικό δίκτυο διαχείρισης βιοαερίου

5.2.1 Φρεάτια συλλογής

Σε όλη την επιφάνεια της χωματερής δημιουργήθηκε δίκτυο φρεατίων απαγωγής και άντλησης του βιοαερίου. Το δίκτυο είναι μορφής ισόπλευρου τριγώνου, στην κορυφή του καθενός από τα οποία οριοθετήθηκαν οι κεφαλές των φρεατίων. Οι αποστάσεις μεταξύ των φρεατίων άντλησης κυμαίνονται μεταξύ 40-80 m.

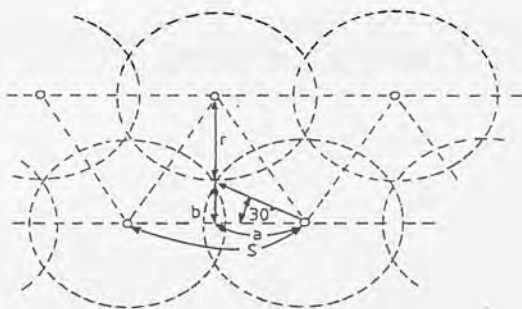
Ο χώρος που δημιουργήθηκε μεταξύ του φρεατίου και του σωλήνα PVC πληρώθηκε με χονδρόκοκκο υλικό - λιθοσύντριμμα, κατά προτίμηση μη ανθρακικής προέλευσης δηλ. να αποτελείται όχι από ασβεστολιθικά αλλά από πυριτικά υλικά.

Κατά μήκος του αδιάτρητου αγωγού, το φρεάτιο καλύφθηκε με μονωτικό υλικό(π.χ. μπεντονίτη) για την παρεμπόδιση της εισόδου ατμοσφαιρικού αέρα στο εσωτερικό του.

Ο αγωγός PVC εξέρχεται του φρεατίου και της ανώτερης τελικής επιφάνειας της χωματερής κατά 50-60 cm περίπου, ενώ παράλληλα επί του στεγανωτικού υλικού έχει τοποθετηθεί σκυρόδεμα πάχους 10 cm για την κάλυψη του φρεατίου και την στερέωση του τσιμεντοσωλήνα προστασίας του φρεατίου.

Ο τσιμεντοσωλήνας ουσιαστικά οριοθετεί την θέση του φρεατίου στο χώρο, ενώ στην κορυφή του τοποθετήθηκε στεγανό καπάκι από PVC για την προστασία του από τα νερά της βροχής.

Στην κορυφή του σωλήνα αυτού τοποθετήθηκε επίσης κεφαλή, η οποία είναι εφοδιασμένη με είσοδο για πιθανές μετρήσεις π.χ. πίεση, παροχή κλπ. Η τοποθέτηση ανακουφιστικής βαλβίδας σε κάθε φρεάτιο κρίθηκε απαραίτητη για λόγους ασφαλείας. Επιπρόσθετα, στο τμήμα μεταξύ της κεφαλής του φρεατίου και της σύνδεσής του με τον οριζόντιο αγωγό μεταφοράς του αερίου από HDPE, τοποθετήθηκε χειροκίνητη βαλβίδα / πεταλούδα, εφοδιασμένη με μετρητή υποπίεσης, με την οποία μπορεί να απομονώνεται το φρεάτιο από το υπόλοιπο σύστημα άντλησης και να ρυθμίζεται η παροχή του βιοαερίου από κάθε φρεάτιο.



Σχέδιο 4: Τρόπος εργασίας για τη χωροθέτηση των φρεατίων άντλησης.

Μια ουσιαστική διαφορά, σε σύγκριση με τη δοκιμή άντλησης, είναι ότι το τελικό δίκτυο άντλησης λειτουργεί με στεγανοποιημένο ολόκληρο το χώρο, με ευεργετικά αποτελέσματα στην απόδοση του δικτύου. Έτσι η υποπίεση των 80 mbar που εφαρμόζεται σε κάθε φρεάτιο έχει πολύ μεγάλη αποτελεσματικότητα στην άντληση του βιοαερίου.

5.2.2 Κεφαλές φρεατίων

Λόγω του ύψους της χωμάτερης απαιτήθηκε η λήψη πρόσθετων μέτρων για την αντιμετώπιση του προβλήματος των καθιζήσεων. Αυτό επιτεύχθηκε με την επιλογή και τοποθέτηση ειδικών συστημάτων στις κεφαλές των φρεατίων άντλησης τα οποία επιτρέπουν στην κεφαλή να μετακινείται κατακόρυφα και παράλληλα ακολουθώντας τους ρυθμούς καθίζησης της χωμάτερης.

Η κεφαλή εγκαθίσταται στην εσωτερική επιφάνεια του σωλήνα του φρεατίου μέχρι βάθους 50 cm . Αυτό έχει σαν σκοπό να διασφαλίζει ότι η κεφαλή δεν αστοχεί στο περιβάλλον του χαλικιού που περιβάλλει τον σωλήνα.



Φωτογραφία 2: Η διαμόρφωση κεφαλών φρεατίων όπου διακρίνεται το σύστημα προσαρμογής στις καθιζήσεις

Η κεφαλή εσωτερικής μετακίνησης ελέγχεται από δύο δακτυλίους οι οποίοι παρέχουν την δυνατότητα κίνησης πάνω στον πλαστικό σωλήνα, δημιουργώντας ένα αρμό ολίσθησης πάνω στον κατακόρυφο αγωγό. Επίσης οι δακτύλιοι αυτοί λειτουργούν ως μονωτικά μέσα, παρεμποδίζοντας την είσοδο του αέρα. Ο τύπος αυτός της κεφαλής παρουσιάζει το χαρακτηριστικό ότι εφαρμόζει εσωτερικά του αγωγού και έτσι μπορεί να παρακολουθεί τις μετακινήσεις του κατακόρυφου αγωγού συλλογής (PVC) που προέρχονται λόγω καθιζήσεων.

Κατά τα λοιπά, η κεφαλή κάθε φρεατίου φέρει βραχίονα από σκληρό πολυαιθυλένιο - HDPE, 10 ATM για τη σύνδεση του κατακόρυφου αγωγού του φρεατίου με τον αντίστοιχο οριζόντιο αγωγό μεταφοράς, ενώ παράλληλα φέρει καπάκι με εισόδους μέτρησης διαφόρων παραμέτρων.

Για τη διαμόρφωση των κεφαλών των φρεατίων, ισχύουν επίσης και όσα προαναφέρθηκαν στην αντίστοιχη παράγραφο της δοκιμής άντλησης.

5.2.3 Συλλογή του βιοαερίου

Η μεταφορά του αερίου από κάθε φρεάτιο στον πυρσό καύσης γίνεται μέσω δικτύου οριζόντιων σωληνώσεων HDPE, $\Phi 150$, 10 ATM (DIN 8072 και 8074) μεταβαλλόμενης διαμέτρου.

Η διάταξη των αγωγών μεταφοράς του αερίου από τα φρεάτια άντλησης προς τον πυρσό καύσης αποτελείται από κλάδους στους οποίους επιμερίζεται η συνολική παροχή του βιοαερίου της χωματερής. Η ταχύτητα του αερίου, εντός των οριζόντιων αγωγών είναι της τάξης του 1 – 3 m/sec, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει πρόβλημα στην ομαλή ροή του αερίου στα σημεία με τις μεγάλες κλίσεις.

Το δίκτυο των οριζοντίων σωληνώσεων είναι κατασκευασμένο ως εξής:

Κάθε φρεάτιο καταλήγει σε οριζόντιο αγωγό HDPE, 6ATM (DIN 8072 και 8074), Φ 150 ο οποίος είναι τοποθετημένος μέσα στις στρώσεις απαγωγής του βιοαερίου.

Κατά μήκος των οριζοντίων αγωγών, υπάρχουν ανοδικά και καθοδικά τμήματα, με κλίσεις 2%. Το μέγιστο μήκος αυτών των τμημάτων είναι 25 μέτρα. Στα κατώτερα σημεία τοποθετήθηκε σύστημα συλλογής των συμπυκνωμάτων, τα οποία οδηγούνται μέσω βαρύτητας και κατόπιν διαχέονται στη μάζα των απορριμμάτων. Να σημειωθεί ότι η κατασκευή των παγίδων συλλογής των συμπυκνωμάτων, είναι τέτοια που αποτρέπει την είσοδο αέρα στο δίκτυο συλλογής.

Σε όλα τα σημεία που υπάρχουν αλλαγές κλίσεων, οι αγωγοί συνδέονται μεταξύ τους με εύκαμπτο σωλήνα σπирάλ, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η προσαρμογή τους σε καθιζήσεις.

Τέλος, οι οριζόντιοι σωλήνες οδηγούνται στον οικίσκο Μετρήσεων – Ρυθμίσεων και από εκεί στον πυρσό καύσης, με τον τρόπο που έχει ήδη περιγραφεί στη δοκιμή άντλησης.

5.2.4 Σύστημα συλλογής συμπυκνωμάτων

Κατά το σχεδιασμό των συστημάτων συλλογής του βιοαερίου, βασικός στόχος ήταν η αντιμετώπιση των προβλημάτων που σχετίζονται με την συσσώρευση των συμπυκνωμάτων και την ασφαλή λειτουργία του δικτύου.

Συστήματα αφύγρανσης εγκαταστάθηκαν σαν εξοπλισμός του συστήματος άντλησης του βιοαερίου, όπως έχει ήδη αναφερθεί.

Στο πιο χαμηλό σημείο του αγωγού συνδέθηκε ο αγωγός μεταφοράς από HDPE, περιβαλλόμενος από χαλίκια. Τα συμπυκνώματα μέσω του σωλήνα αυτού κατευθύνονται προς τα χαμηλά σημεία και κατόπιν μέσω πλαστικού δοχείου από HDPE διαχέονται στα απορρίμματα.

5.2.5 Πυρσός καύσης του βιοαερίου

Για τον πυρσό καύσης, ισχύουν όσα έχουν ήδη αναφερθεί σε προηγούμενα σημεία της μελέτης. Με βάση τα αποτελέσματα της δοκιμής άντλησης και της μελέτης αξιολόγησης, διαστασιολογούνται κατάλληλα οι απαιτούμενες αντλίες, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται με επάρκεια η αποτελεσματικότητα του αντλητικού δικτύου, με την εφαρμογή υποπίεσης 80 mbar σε κάθε φρεάτιο.

5.2.6 Προστασία από τρωκτικά

Το σύνολο των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων (καλωδίων, διακοπών, συνδέσεων κλπ.) τοποθετήθηκαν μέσα σε σωλήνες PVC, για την προστασία τους από τα τρωκτικά.

Ε.Π.Ε.Μ Α.Ε, Μελέτη Διαχείρισης Βιοαερίου –Αποκατάσταση της παλαιάς χωματερής του Δ. Ηρακλείου στο Σκαφιδάρ.

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 :ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ

6.1Στόχοι και μεθοδολογία αντιμετώπισης

Όσο αναφορά τον έλεγχο των στραγγισμάτων οι στόχοι που τέθηκαν ήταν οι εξής:

Πρώτος στόχος ήταν η δραστική μείωση της ποσότητας των ομβρίων που εισερχόταν στα απορρίμματα. Το άμεσο αποτέλεσμα στόχευε στη δραστική μείωση της ποσότητας των παραγομένων στραγγισμάτων, με συνέπεια αντίστοιχη μείωση και των διαρροών στον υδροφόρο ορίζοντα.

Δεύτερος, ο όσο γίνεται καλύτερος έλεγχος και παρακολούθηση της σύστασης και της ποσότητας των παραγομένων στραγγισμάτων. Άμεση συνέπεια της υλοποίησης αυτού του στόχου ήταν η πρόβλεψη της εξέλιξης της κατάστασης και η εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, ιδιαίτερα στον υδροφόρο ορίζοντα.

Τρίτος, η κατά το δυνατό, μεγαλύτερη συλλογή της πλευρικής συνιστώσας των στραγγισμάτων με σκοπό την ελαχιστοποίηση των ποσοτήτων που διέφευγαν στον υδροφόρο ορίζοντα.

Έτσι ο πρώτος στόχος (μείωση των ομβρίων που εισέρχονται στα απορρίμματα), εξυπηρετήθηκε :

- Από ολόκληρο το σύστημα διαχείρισης ομβρίων .
- Από την επιλογή της τελικής κάλυψης και στεγανοποίησης του χώρου.
- Από τη συνολική διαμόρφωση του ανάγλυφου.

Ο δεύτερος στόχος (καλύτερος έλεγχος και παρακολούθηση της σύστασης και της ποσότητας των παραγομένων στραγγισμάτων), εξυπηρετήθηκε :

- Από το σύστημα παρακολούθησης .
- Από δειγματοληψίες στραγγισμάτων που γίνονται στα φρεάτια βιοαερίου

- Ο τρίτος στόχος (συλλογή πλευρικής μετανάστευσης στραγγισμάτων) :
- Από την κατασκευή περιμετρικών και εγκάρσιων συλλεκτήρων των στραγγισμάτων.
 - Από την τακτική άντληση στραγγισμάτων από τα φρεάτια βιοαερίου.

Το σχέδιο διαχείρισης των στραγγισμάτων συμπληρώθηκε από σύστημα επανακυκλοφορίας των συλλεγόμενων στραγγισμάτων, με αντλιοστάσιο που τα μεταφέρει από τη δεξαμενή συλλογής στα απορρίμματα.

Τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει η επιλογή της επανακυκλοφορίας, είναι:

- η διευκόλυνση της δημιουργίας συνθηκών αναερόβιας ζύμωσης
- η μείωση της ποσότητας των στραγγισμάτων λόγω της εξάτμισης αυτών στη δεξαμενή συλλογής
- η σταθεροποίηση της “συγκέντρωσης” των μεθανοπαραγωγών μικροοργανισμών στο σώμα των απορριμμάτων και κατά συνέπεια η “διευκόλυνση” της παραγωγής μεθανίου
- η ευκολία εφαρμογής
- το μικρό οικονομικό κόστος και οι απλές εγκαταστάσεις που απαιτούνται.

Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν αναλυτικά οι τεχνικές λεπτομέρειες του σχεδίου διαχείρισης στραγγισμάτων. Πιο συγκεκριμένα :

- Ο περιμετρικός και οι εγκάρσιοι συλλεκτήρες των στραγγισμάτων.
- Η δεξαμενή συλλογής και το σύστημα επανακυκλοφορίας των στραγγισμάτων.
- Τα μέτρα ελέγχου και παρακολούθησης των στραγγισμάτων.

6.2 Περιμετρικοί και εγκάρσιοι συλλεκτήρες στραγγισμάτων

Η συλλογή των στραγγισμάτων γίνεται με τρεις κλάδους συλλεκτήρων συνολικού μήκους 1668,50 μ.:

- Περιμετρικά της χωματερής, με τη τοποθέτηση ημιδιάτρητου αγωγού σε ικανό βάθος, έτσι ώστε να συλλέγει τα στραγγίσματα.

- Εγκάρσια του χώρου και κατά μήκος των διαμορφωμένων μισαγγειών, με δύο εγκάρσιους συλλεκτήρες, ίδιας κατασκευής με τον περιμετρικό αγωγό.

Η κατασκευή των εγκάρσιων αγωγών συλλογής των στραγγισμάτων θεωρήθηκε απαραίτητη για τους ακόλουθους λόγους:

- ♦ Η διαμόρφωση των τριών διακριτών αποθέσεων, που μεταξύ τους χωρίζονται από δύο μισαγγείες, καθώς και οι κλίσεις του υφιστάμενου ανάγλυφου, έχουν σαν αποτέλεσμα να υπάρχει δυνατότητα συλλογής στραγγισμάτων όχι μόνο περιμετρικά αλλά και στα όρια μεταξύ των αποθέσεων.
- ♦ Η τοποθέτηση των εγκάρσιων αγωγών, αναμένεται να πολλαπλασιάσει τα συλλεγόμενα στραγγίσματα, που σε άλλη περίπτωση θα κατέληγαν στον υδροφόρο ορίζοντα. Με τον τρόπο αυτό μειώνεται και η κατακόρυφη συνιστώσα της κίνησης των στραγγισμάτων.

Η διαστασιολόγηση του αγωγού συλλογής των στραγγισμάτων και το βάθος τοποθέτησης, εξαρτάται από την αναμενόμενη παραγωγή των στραγγισμάτων, το αναμενόμενο ποσοστό συλλογής των στραγγισμάτων και την κίνηση τους μέσα στο σώμα των απορριμμάτων και του εδάφους.

Όπως αναφέρθηκε η κίνηση των στραγγισμάτων μέσα στο σώμα των απορριμμάτων οφείλεται στη βαρύτητα, στην ύπαρξη κενών, στη διάστρωσή τους και στις διάφορες συγκεντρώσεις των ρύπων.

Όπως είναι αναμενόμενο το μεγαλύτερο ποσοστό από τα παραγόμενα στραγγίσματα οδηγούνται στον πυθμένα της χωματερής, ενώ ένα μικρότερο ποσοστό της τάξης του 30% (υπερεκτίμηση) πλευρικά στα όρια της χωματερής και εμφανίζονται σε βάθος μικρότερο του 1m, λόγω του ημιπερατού πυθμένα της χωματερής, αλλά και λόγω της υγρασίας του πυθμένα από τα είδη υπάρχοντα στραγγίσματα.

Η αναμενόμενη συλλογή στραγγισμάτων σε βάθος ενός μέτρου κάτω από το υφιστάμενο ανάγλυφο, στον πόδα του τελικά διαμορφωμένου πρανούς της χωματερής, πραγματοποιείται με ημιδιάτρητο αγωγό Φ200 HDPE 6 ATM.

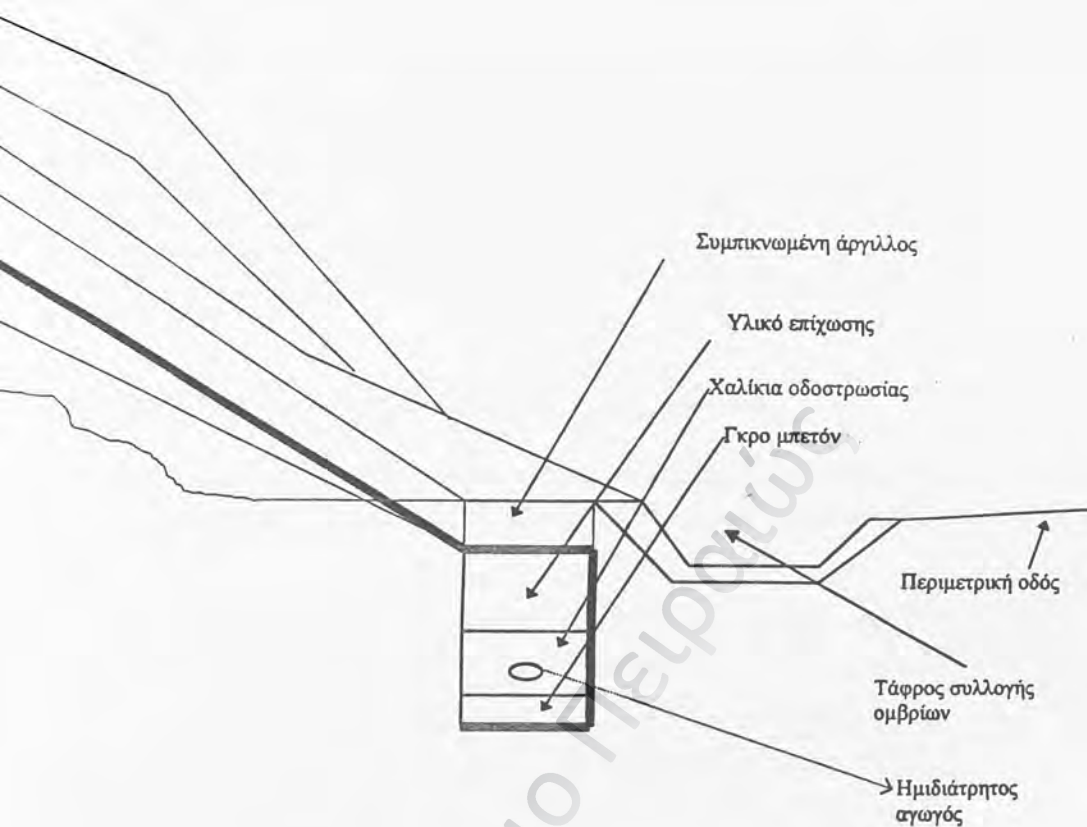
Ο αγωγός τοποθετήθηκε εντός τάφρου πλάτους 80 cm, ο πυθμένας της οποίας επιστρώθηκε από gross beton πάχους 15 cm. Η τάφρος πληρώθηκε, από κάτω προς τα πάνω, με χάλικες οδοστρωσίας για πάχος 40 cm. Μέσα στην στρώση αυτή τοποθετήθηκε ο ημιδιάτρητος αγωγός συλλογής και σε ύψος λίγων εκατοστών από τη στάθμη του διαμορφωμένου πυθμένα. Στη συνέχεια τοποθετήθηκε χονδρόκοκκο υλικό επίχωσης πάχους 80 cm μέχρι πάνω. Η ζώνη αποστράγγισης καταλήγει στο χείλος της τάφρου ομβρίων για να διευκολύνει την επιφανειακή απορροή των ομβρίων προς την τάφρο συλλογής αυτών.

Η τάφρος συλλογής των ομβρίων κατασκευάστηκε αμέσως μετά τη τάφρο συλλογής στραγγισμάτων και όχι πάνω από την τάφρο συλλογής των στραγγισμάτων για δύο λόγους :

- Τα φρεάτια του αγωγού συλλογής στραγγισμάτων θα βγαίνουνε στην τάφρο συλλογής των ομβρίων
- Η βάση της τάφρου συλλογής ομβρίων πιθανά θα υποχωρούσε, λόγω καθιζήσεων του επιχώματος της τάφρου συλλογής στραγγισμάτων, με αποτέλεσμα τη δημιουργία ρηγματώσεων του gross beton στο πυθμένα της τάφρου και τη διαφυγή των ομβρίων.

Λόγω των μεγάλων κλίσεων περιμετρικά της χωματερής και της ανάγκης συλλογής στη δεξαμενή στραγγισμάτων, το βάθος του αγωγού σε κάποια σημεία αυξομειώνεται, έτσι ώστε να διατηρούνται οι κλίσεις που επιτρέπουν τη συλλογή του, αλλά σε καμιά περίπτωση δεν είναι λιγότερο από τα 80 cm για την προστασία του. Η κλίση του αγωγού συλλογής στραγγισμάτων είναι το ελάχιστο 1% ώστε να επιτρέπεται η ευχερής αποστράγγιση και παροχέτευση των στραγγισμάτων στα σημεία συλλογής των. Για την επιτυχή συλλογή των στραγγισμάτων θεωρήθηκε αναγκαία η τοποθέτηση αντλιοστασίου στο ΒΔ μέρος του χώρου.

Η επιλογή του αγωγού από HDPE έγινε επειδή η χημική συμπεριφορά του είναι πολύ καλή, απέναντι στην παρουσία των στραγγισμάτων της χωματερής.



Σχέδιο 5: Συλλογή στραγγισμάτων και ομβρίων

6.3 Δεξαμενή συλλογής στραγγισμάτων

Τα στραγγίσματα από τον αγωγό συλλογής στραγγισμάτων, καταλήγουν με φυσική ροή για το μεγαλύτερο μέρος της κίνησής τους, σε υπόγεια δεξαμενή συλλογής, κατάλληλα διαστασιολογημένης, ευρισκόμενης στο χαμηλότερο σημείο της περιμετρικής τάφρου, ανατολικά του χώρου και σε υψόμετρο εδάφους 11,60 m. Οι διαστάσεις της δεξαμενής (ωφέλιμη χωρητικότητα) είναι:

μήκος X πλάτος X ύψος = 10 X 5X 4,7.

Η ωφέλιμη χωρητικότητα της δεξαμενής είναι 235 m³ κρίθηκε επαρκής για τη συλλογή των στραγγισμάτων.

Ο αγωγός τροφοδοσίας καταλήγει στο φρεάτιο συλλογής σε βάθος 10,7 m . Τα στραγγίσματα μέσα στο φρεάτιο, όταν φτάσουν σε υψόμετρο 30 cm από τον πυθμένα του φρεατίου ή βάθους ενός 1m από το έδαφος θα οδηγούνται με υπερχειλιστή στη δεξαμενή. Το επίπεδο των στραγγισμάτων βρίσκεται στα 1,2 m. κάτω από την οροφή της δεξαμενής και σε περίπτωση που ξεπεράσει το υψόμετρο αυτό οδηγείται με υπερχειλιστή σε φρεάτιο όπου απομακρύνονται με αγωγό PVC Φ200 στο χώρο τελικής διάθεσης.

Εντός της δεξαμενής στραγγιδίων έχει τοποθετηθεί σύστημα αερισμού των στραγγιδίων .

6.4 Αντλιοστάσιο επανακυκλοφορίας των στραγγισμάτων

Τα στραγγίσματα που συγκεντρώνονται στην δεξαμενή επαναφέρονται στον χώρο διάθεσης, με την βοήθεια αντλίας λυμάτων, μέσω σωλήνα PVC Φ200.

Το αντλιοστάσιο στραγγιδίων στη δεξαμενή αποτελείται από δύο υποβρύχιες αντλίες εκ των οποίων η μία είναι εφεδρική .

Η επανακυκλοφορία (recirculation) γίνεται με λαστιχένιο σωλήνα τοποθετημένο στο ύψος της ζώνης απαγωγής βιαερίου πάνω από την ζώνη εξομάλυνσης, ενώ η λάσπη που συγκεντρώνεται στον πυθμένα της δεξαμενής, συλλέγεται μέσω ειδικού φρεατίου και οδηγείται στο ΧΥΤΑ.

Τα φρεάτια, η δεξαμενή και τα αντλιοστάσια φέρουν τοιχώματα από οπλισμένο σκυρόδεμα και επαλείφονται με εποξειδική ρητίνη για την αντιμετώπιση των προβλημάτων διάβρωσης.

6.5 Αντλιοστάσιο συλλογής στραγγισμάτων

Στα βορειοδυτικά του χώρου έχει κατασκευαστεί αντλιοστάσιο σε υψόμετρο εδάφους 11,64m, όπου συλλέγονται με αγωγό βαρύτητας τα στραγγίσματα που βρίσκονται σε υψηλότερα σημεία και με καταθλιπτικό αγωγό PVC Φ150 μεταφέρονται σε φρεάτιο βάθους 1m , σε υψόμετρο εδάφους 15,11 m, για να οδηγούνται με αγωγό βαρύτητας PVC Φ200 στη δεξαμενή συλλογής στραγγισμάτων.

Το αντλιοστάσιο στραγγιδίων αποτελείται από δύο υποβρύχιες αντλίες εκ των οποίων η μια είναι εφεδρική.

6.6 Άντληση από τα φρεάτια βιοαερίου

Άλλο ένα μέτρο μείωσης της διαρροής των στραγγισμάτων προς τον υδροφόρο ορίζοντα είναι η τακτική άντληση στραγγισμάτων από τα φρεάτια του βιοαερίου. Η εφαρμογή υποπίεσης 80mbar στα φρεάτια έχει σαν αποτέλεσμα την ενίσχυση της πλευρικής κίνησης των στραγγισμάτων προς τα φρεάτια βιοαερίου. Ιδιαίτερα σε περιπτώσεις έντονης βροχόπτωσης, η άντληση των στραγγισμάτων από τα φρεάτια βιοαερίου κρίθηκε απαραίτητη για δύο λόγους:

- Για την απομάκρυνση μεγάλης ποσότητας στραγγισμάτων και την μείωση της διαρροής τους στον υδροφόρο ορίζοντα.
- Για την ομαλή λειτουργία των φρεατίων βιοαερίου.

Τα απομακρυσμένα στραγγίσματα οδηγούνται στη δεξαμενή συλλογής, με εύκαμπτο σωλήνα HDPE Φ150.

6.7 Έλεγχος και παρακολούθηση των στραγγισμάτων

Για τον έλεγχο και την παρακολούθηση της σύστασης, της ποσότητας και της υπεδάφιας μετανάστευσης των στραγγισμάτων έχουν ληφθεί τα εξής μέτρα:

Τακτικές δειγματοληψίες από γεωτρήσεις εκτός του χώρου.

Φρεάτια παρακολούθησης.

Δειγματοληψίες από τα φρεάτια βιοαερίου και τη δεξαμενή στραγγισμάτων κ.ο.κ.



Εικόνα 3 :Απεικόνιση του χώρου μετά τα έργα αποκατάστασης

Ε.Π.Ε.Μ Α.Ε , Μελέτη Διαχείρισης Στραγγισμάτων –Αποκατάσταση της παλαιάς χωματερής του Δ. Ηρακλείου στο Σκαφιδάρα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 : ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΜΕΤΡΩΝ

Το ζήτημα των ανεξέλεγκτων χώρων διάθεσης απορριμμάτων στην Ελλάδα έχει φθάσει σε ένα κρίσιμο σημείο, ένα σημείο καμπής. Τα σημαντικότερα σημεία που επιβάλλουν μια άμεση δράση είναι μια παγκόσμια ευαισθητοποίηση σε θέματα περιβάλλοντος και η υιοθέτηση από την Ευρωπαϊκή Κοινότητα μιας ενιαίας νομοθεσίας, που με αυτήν θα πρέπει άμεσα να συμμορφωθεί και η Ελλάδα, στην προσπάθεια για την επίτευξη της αειφορίας.

Όπως αναφέρθηκε τα σημαντικότερα προβλήματα αυτών των χώρων προέρχονται εξαιτίας της εκπομπής αερίων ρύπων (CH_4, CO_2) και των στραγγισμάτων που απορρέουν από αυτούς. Η αποτίμηση των επιπτώσεων από τις αέριες εκπομπές είναι σε γενικές γραμμές πιο εύκολη, καθώς υπάρχει εκτεταμένη βιβλιογραφία επιδημιολογικών μελετών και συναρτήσεων έκθεσης – απόκρισης (dose - response functions) για την ποσοτικοποίηση των αποτελεσμάτων. Αντίθετα, έχουν γίνει λίγες προσπάθειες έως σήμερα για την ποσοτικοποίηση των εξωτερικότητων σε έδαφος και νερά, οι επιπτώσεις των οποίων εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τη συγκεκριμένη θέση της εγκατάστασης (ποιότητα του εδάφους, θέση της δραστηριότητας σε σχέση με τον υδροφόρο ορίζοντα και τους αποδέκτες κ.λ.π.).

Στο σημείο αυτό θα δοθεί ο ορισμός του MTCE. Το MTCE (Metric Tones of Carbon Equivalent) είναι η μονάδα η οποία χρησιμοποιείται διεθνώς για τον υπολογισμό των παραγόμενων αερίων θερμοκηπίου και ορίζεται ως εξής: 1 MTCE είναι ίσο με 0,27 (12/44, με βάση τη συμμετοχή του άνθρακα στο διοξείδιο του) μετρικούς τόνους CO_2 . Λαμβάνεται ως βάση το CO_2 επειδή είναι το αέριο που συμμετέχει σε μεγαλύτερο ποσοστό στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Για τη μετατροπή των υπολοίπων αερίων σε MTCE, χρησιμοποιείται η αναλογία συνεισφοράς των αερίων στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Η αναλογία αυτή προκύπτει ως εξής. Η μονάδα μέτρησης GWP (Global Warming Potential) ισούται με 1 (ένα) kg CO_2 . Το μεθάνιο ισούται με 21 GWP, το οξείδιο του αζώτου με 320 GWP κλπ. Έτσι για να

μετατραπών οι μετρικοί τόνοι του αερίου χ σε MTCE, χρησιμοποιείται η εξίσωση

$$X (\text{MTCE}) = X (\text{MT}) \times A (\text{GWP}) \times 0,27$$

Όπου Α η αναλογία συνεισφοράς στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.(1,2,3)

Στην προσπάθεια να υπολογιστεί το εξωτερικό κόστος που μετατρέπεται σε περιβαλλοντικό όφελος θα χρησιμοποιηθούν κάποιοι δείκτες όπως :

Ο δείκτης διαφοράς περιβαλλοντικού κόστους (%) : το περιβαλλοντικό κόστος χωρίς τα έργα αποκατάστασης, μείον το περιβαλλοντικό κόστος μετά τα έργα αποκατάστασης προς το περιβαλλοντικό κόστος, χωρίς τα έργα αποκατάστασης. Ο δείκτης αυτός εκφράζει σε ποσοστό επί τοις εκατό το περιβαλλοντικό - οικονομικό όφελος που επιφέρει η εκτέλεση των εργασιών αποκατάστασης.

Ο λόγος κόστους -οφέλους : ο λόγος της παρούσας αξίας όλων των συνιστωσών οφέλους, προς την παρούσα αξία όλων των συνιστωσών κόστους. Ο λόγος αυτός πρέπει να είναι μεγαλύτερος της μονάδας και παρέχει ένα μέτρο της κοινωνικής ωφελιμότητας της εκάστοτε δράσης ή/ και ένα μέτρο συγκριτικής αξιολόγησης εναλλακτικών δράσεων.

Η καθαρή παρούσα αξία : η διαφορά της παρούσας αξίας όλων των συνιστωσών οφέλους από την παρούσα αξία όλων των συνιστωσών κόστους. Πρέπει να είναι μεγαλύτερη του μηδέν και εκφράζει την αξία που προκύπτει από την προεξόφληση στο παρόν όλων των ετήσιων καθαρών οφελών που προβλέπονται σε ολόκληρο το χρονικό ορίζοντα ζωής του έργου.

$$NPV = \sum C (1+r)^{-t}$$

C: το ποσό το οποίο προκύπτει σε t χρόνια από σήμερα και προεξοφλείται στο παρόν.

r: το επιτόκιο προεξόφλησης, το οποίο στους υπολογισμούς τους οποίους γίνονται λαμβάνεται ίσο με $\frac{6}{100}$. Όσο χαμηλότερο είναι το επιτόκιο προεξόφλησης τόσο μεγαλύτερη είναι η καθαρή παρούσα αξία.

Το μοναδιαίο κόστος μείωσης εκπομπών MTCE : το σύνολο του κόστους επένδυσης και λειτουργίας των έργων υπολογιζόμενο σε καθαρά παρούσα αξία, προς τη μείωση των εκπομπών σε MTCE που επιτεύχθηκε με το πέρας των έργων . Ο δείκτης αυτός εκφράζει τις δαπάνες σε Euro/ MTCE που πραγματοποιήθηκαν για την μείωση των εκπομπών κατά μία μονάδα MTCE.

Το μοναδιαίο εξωτερικό όφελος MTCE : το περιβαλλοντικό όφελος υπολογιζόμενο σε καθαρά παρούσα αξία σε Euro, που επιτεύχθηκε από την πραγματοποίηση των έργων, προς τη μείωση των εκπομπών σε MTCE που επιτεύχθηκε. Ο δείκτης αυτός εκφράζει το οικονομικό – περιβαλλοντικό όφελος από κάθε μονάδα MTCE που δεν εκπέμπεται.

Το μοναδιαίο καθαρό κέρδος MTCE : το μοναδιαίο εξωτερικό κόστος εκπομπής MTCE, μείον το μοναδιαίο κόστος μείωσης εκπομπής MTCE, Ο δείκτης αυτός εκφράζει το καθαρό περιβαλλοντικό - οικονομικό όφελος από την μείωση των εκπομπών κατά μία μονάδα MTCE.

Αντίστοιχοι με τους τρεις τελευταίους δείκτες θα χρησιμοποιηθούν και για τα στραγγίσματα, με τη διαφορά ότι θα αναφέρονται σε m^3 και όχι σε MTCE.

Στο σημείο αυτό πρέπει να επισημανθεί ότι όλοι οι υπολογισμοί έγιναν για ένα χρονικό ορίζοντα δέκα ετών, γιατί σύμφωνα με τους υπολογισμούς μετά το πέρας τους αναμένεται να μηδενιστεί η παραγωγή βιοαερίου.

Αυτοί οι δείκτες θα δώσουν πληροφορίες για να αξιολογηθεί στην προκειμένη περίπτωση η αποτελεσματικότητα των εν λόγω έργων, καθιστώντας μετρήσιμες ταυτόχρονα τις δράσεις των αποφασιζόντων και των εκτελεστών του. Γίνονται πιο δυναμικοί αν συνδέονται με επίσημους ή ανεπίσημους στόχους ή ακόμα και ενδεικτικές τιμές αναφοράς υποδεικνύοντας ακόμη και την πορεία προς τη βιώσιμη ανάπτυξη, εφόσον δεν υπάρχει σαφής και καθορισμένος ορισμός της, διευκρινίζοντας αν οδηγούμαστε προς την σωστή κατεύθυνση ή όχι.

Επίσης απλοποιώντας μια περίπλοκη πραγματική κατάσταση, δίνουν έμφαση στις τάσεις και στις σχέσεις με τρόπο σαφή, περιεκτικό και συγκεκριμένο και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως δυναμικό εργαλείο για την ολοκληρωμένη και εμπειριστατωμένη ενημέρωση των πολιτών όσον αφορά τα περιβαλλοντικά ζητήματα.

7.1 Περιβαλλοντικό όφελος από την μείωση των αερίων εκπομπών

Γνωρίζοντας τις παραγόμενες ποσότητες βιοαερίου σε m^3 ανά ημέρα για τα έτη 2000-2009 (πίνακας 12), υπολογίζονται αυτές που παράγονται για κάθε έτος, κατά τη διάρκεια της δεκαετίας 2000-2009 σε m^3 και στη συνέχεια βάση των πυκνοτήτων του CH_4 και του CO_2 ($d=m/v$), σε Kgr. Οι πυκνότητες του CH_4 και του CO_2 είναι αντίστοιχα 0,717 και 1,977. Οι υπολογισμοί γίνονται για δύο περιπτώσεις, πριν και μετά τα έργα αποκατάστασης (πίνακας 13,14,15).(5)

Αναλυτικότερα, πριν τα έργα αποκατάστασης το παραγόμενο βιοαέριο διέφευγε στην ατμόσφαιρα 50% ως CH_4 και 50% ως CO_2 , ενώ μετά διαφεύγει το 40% του βιοαερίου 20% ως CH_4 και 20% ως CO_2 και το υπόλοιπο 60% συλλέγεται και οδηγείται στον πυρσό για καύση με αποτέλεσμα την έκλυση στην ατμόσφαιρα μόνο CO_2 . Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την μείωση των εκπομπών του μεθανίου κατά 60% με μια ταυτόχρονη αύξηση των εκπομπών του διοξειδίου κατά 37,4% .

ΕΤΟΣ	ΒΙΟΑΕΡΙΟ(m^3/day)
1997	13400
2000	9167
2001	7933
2002	6767
2003	5700
2004	4700
2005	3800
2006	3000
2007	2167
2008	1000
2009	0

Πίνακας 12 : Ποσότητες βιοαερίου σε m^3/day

ΕΤΟΣ	ΠΑΡΑΓΩΜΕΝΕΣ ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ(m ³ /year)			ΠΑΡΑΓΩΜΕΝΕΣ ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ(Kgr/year)	
	ΒΙΟΑΕΡΙΟ	ΜΕΘΑΝΙΟ	ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ	ΜΕΘΑΝΙΟ	ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ
2000	3345955	1672978	1672978	1199525	3307477
2001	2895545	1447773	1447773	1038053	2862246
2002	2469955	1234978	1234978	885479	2441551
2003	2080500	1040250	1040250	745859	2056574
2004	1715500	857750	857750	615007	1695772
2005	1387000	693500	693500	497240	1371050
2006	1095000	547500	547500	392558	1082408
2007	790955	395478	395478	283557	781859
2008	365000	182500	182500	130853	360803
2009	0	0	0	0	0
ΣΥΝΟΛΑ	16.145.410	8.072.705	8.072.705	5.788.129	15.959.738

Πίνακας 13 :Ποσότητες αερίων πριν τα έργα αποκατάστασης

ΕΤΟΣ	ΕΚΠΕΜΠΟΜΕΝΕΣ ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ(m ³ /year)			ΣΥΛΛΕΓΟΜΕΝΕΣ ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ(m ³ /year)		
	ΒΙΟΑΕΡΙΟ	ΜΕΘΑΝΙΟ	ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ	ΒΙΟΑΕΡΙΟ	ΜΕΘΑΝΙΟ	ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ
2000	1338382	669191	669191	2007573	1003787	1003787
2001	1158218	579109	579109	1737327	868664	868664
2002	987982	493991	493991	1481973	740987	740987
2003	832200	416100	416100	1248300	624150	624150
2004	686200	343100	343100	1029300	514650	514650
2005	554800	277400	277400	832200	416100	416100
2006	438000	219000	219000	657000	328500	328500
2007	316382	158191	158191	474573	237287	237287
2008	146000	73000	73000	219000	109500	109500
2009	0	0	0	0	0	0
ΣΥΝΟΛΑ	6.458.164	3.229.082	3.229.082	9.687.246	4.843.623	4.843.623

Πίνακας 14: Ποσότητες αερίων σε m³/year μετά τα έργα αποκατάστασης

ΕΤΟΣ	ΕΚΠΕΜΠΟΜΕΝΕΣ ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ(kgr/year)		ΣΥΛΛΕΓΟΜΕΝΕΣ ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ(Kgr/year)	
	ΜΕΘΑΝΙΟ	ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ	ΜΕΘΑΝΙΟ	ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ
2000	479810	1322991	719715	1984486
2001	415221	1144898	622832	1717348
2002	354192	976620	531287	1464930
2003	298344	822630	447516	1233945
2004	246003	678309	369004	1017463
2005	198896	548420	298344	822630
2006	157023	432963	235535	649445
2007	113423	312744	170134	469115
2008	52341	144321	78512	216482
2009	0	0	0	0
ΣΥΝΟΛΑ	2.315.252	6.383.895	3.472.878	9.575.843

Πίνακας 15: Ποσότητες αερίων σε Kgr/ year μετά τα έργα αποκατάστασης

Έχοντας ως βάση τα μοναδιαία εξωτερικά κόστη του CH₄ και του CO₂ που για τον Σκαφιδάρα είναι αντίστοιχα 2,223 και 0,042 Euro για κάθε κιλό αερίου που εκπέμπεται, υπολογίζεται το περιβαλλοντικό κόστος (Κ.Π.Α.) για κάθε έτος και στη συνέχεια η καθαρά παρούσα αξία του περιβαλλοντικού κόστους για όλα τα έτη πριν (πίνακας 16) και μετά (πίνακας 17) τα έργα αποκατάστασης (περιβαλλοντικό κόστος = ποσότητα CH₄ (Kgr) * 2,223(Euro/ Kgr) + ποσότητα CO₂ (Kgr) * 0,042 (Euro/ Kgr)).(1,2,3)

ΕΤΟΣ	ΜΕΘΑΝΙΟ	ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ	ΑΡΧΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ(Euro)
2000	1199525	3307477	2805458
2001	1038053	2862246	2427806
2002	885479	2441551	2070965
2003	745859	2056574	1744421
2004	615007	1695772	1438382
2005	497240	1371050	1162947
2006	392558	1082408	918116
2007	283557	781859	663186
2008	130853	360803	306039
2009	0	0	0
ΣΥΝΟΛΑ	5.788.129	15.959.738	11.030.474 (NPV)

Πίνακας 16 : Κ.Π.Α. περιβαλλοντικού κόστους πριν τα έργα αποκατάστασης

ΕΤΟΣ	ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΜΕΘΑΝΙΟΥ	ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ	ΚΟΣΤΟΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ (Euro)	ΣΥΛΟΓΗ ΜΕΘΑΝΙΟΥ	ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ	ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΥΣΗ ΣΤΟΝ ΠΥΡΣΟ	ΚΟΣΤΟΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΥΣΗ ΣΤΟΝ ΠΥΡΣΟ (Euro)	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ (Euro)
2000	479810	1322991	1122183	719715	1984486	3963702	166475	1288659
2001	415221	1144898	971122	622832	1717348	3430135	144066	1115188
2002	354192	976620	828386	531287	1464930	2925970	122891	951277
2003	298344	822630	697768	447516	1233945	2464612	103514	801282
2004	246003	678309	575353	369004	1017463	2032224	85353	660706
2005	198896	548420	465179	298344	822630	1643075	69009	534188
2006	157023	432963	367247	235535	649445	1297164	54481	421727
2007	113423	312744	265274	170134	469115	936985	39353	304628
2008	52341	144321	122416	78512	216482	432388	18160	140576
2009	0	0	0	0	0	0	0	0
ΣΥΝΟΛΑ	2.315.252	6.383.895	4.412.190(NPV)	3.472.878	9.575.843	19.126.256	654.547(NPV)	5.066.736(NPV)

Πίνακας 17 : Κ.Π.Α. περιβαλλοντικού κόστους μετά τα έργα αποκατάστασης

Η διαφορά τους (διάγραμμα 4) δείχνει την καθαρά παρούσα αξία του περιβαλλοντικού οφέλους που επήλθε και ισούται με 5.963737 Euro.

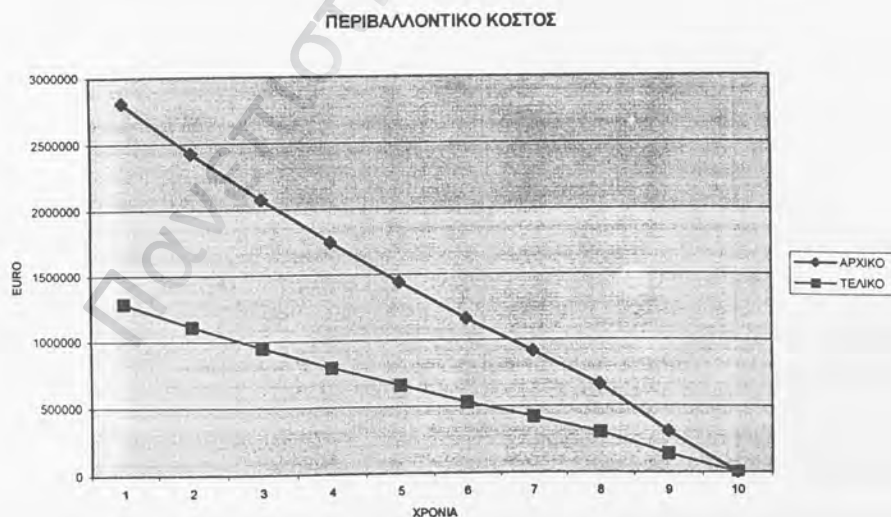
Στον πίνακα 18 παρατίθενται τα κόστη επένδυσης και λειτουργίας για τα έργα διαχείρισης του βιοαερίου, ενώ στον πίνακα 19 υπολογίζεται η καθαρά παρούσα αξία τους.

ΚΟΣΤΟΣ ΕΡΓΩΝ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ(Euro)	
ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ ΑΝΤΛΗΣΗΣ	190.000,00
ΠΥΡΣΟΥ ΚΑΥΣΗΣ-ΑΝΤΛΙΑ	75.000,00
ΔΙΚΤΥΟΥ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΑΕΡΙΟΥ	100.000,00
ΠΑΓΙΔΩΝ ΣΥΜΠΗΚΝΩΜΑΤΩΝ	5.000,00
ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΛΥΨΗ -ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ	510.000,00
ΣΥΝΟΛΟ	880.000,00
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ	15.000,00

Πίνακας 18 :Κόστος επένδυσης και λειτουργίας των έργων διαχείρισης του βιοαερίου (Euro).

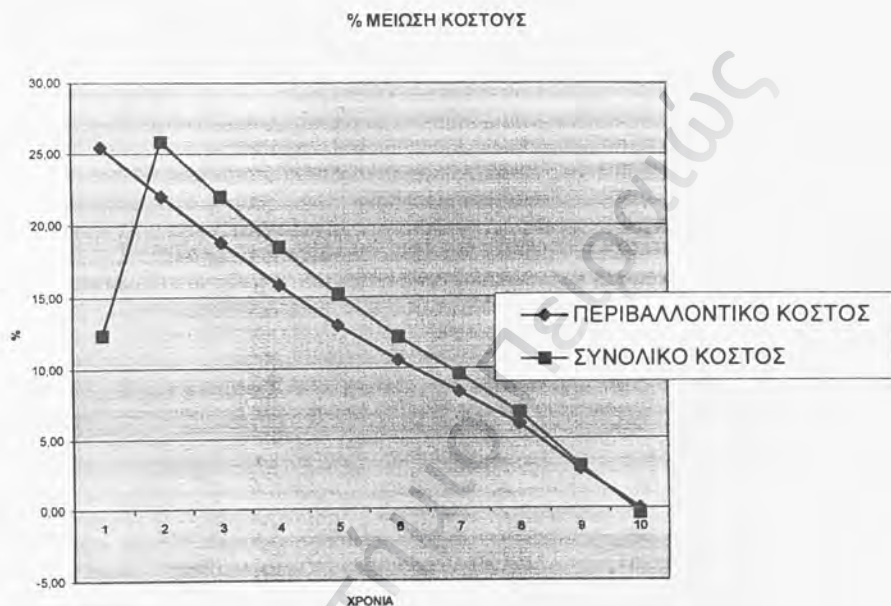
ΕΤΟΣ	ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ(Euro)
2000	895.000
2001	15000
2002	15000
2003	15000
2004	15000
2005	15000
2006	15000
2007	15000
2008	15000
2009	15000
NPV	940590

Πίνακας 19 : Κ.Π.Α. κόστους έργων διαχείρισης βιοαερίου



Διάγραμμα 4 :Αρχικό και τελικό περιβαλλοντικό κόστος

Από το διάγραμμα 5 που παρατίθεται στη συνέχεια παρατηρείται ότι η επί τις % μείωση του περιβαλλοντικού κόστους ανά έτος, σχεδόν συμπίπτει με αυτή του συνολικού κόστους (περιλαμβάνει και το κόστος επένδυσής και λειτουργίας), εκτός από το πρώτο έτος όπου τα μισά περίπου έσοδα αντισταθμίζονται από το κόστος επένδυσης .



Διάγραμμα 5: % μείωση κόστους

Χρησιμοποιώντας τη σχέση $X (MTCE) = X (MT) \times A (GWP) \times 0,27$, με αναλογία συνεισφοράς στο φαινόμενο του θερμοκηπίου $A=21$ για το CH_4 και 1 για το CO_2 , υπολογίζεται η ποσότητα των αερίων που εκπέμπεται σε MTCE ανά έτος και στην συνέχεια αθροίζοντας τες, η συνολική πριν (πίνακας 20)και μετά (πίνακας 21) τις εργασίες αποκατάστασης.(1 MTCE =1tn).

Η μείωση (πίνακας 22) ανέρχεται στους 17.113 MTCE , δηλαδή επιτυγχάνεται μια ύφεση κατά 46,09% σε σχέση με τις αρχικές εκπομπές, η οποία όπως είναι φυσιολογικό φθίνει με το χρόνο (διάγραμμα 6,7) ,αφού μειώνονται οι εκπομπές του βιοαερίου.

ΕΤΟΣ	ΕΚΠΟΜΠΕΣ		
	ΜΕΘΑΝΙΟ(Kgr)	ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ(Kgr)	ΜΤΣΕ
2000	1199525	3307477	7694
2001	1038053	2862246	6659
2002	885479	2441551	5680
2003	745859	2056574	4784
2004	615007	1695772	3945
2005	497240	1371050	3190
2006	392558	1082408	2518
2007	283557	781859	1819
2008	130853	360803	839
2009	0	0	0
ΣΥΝΟΛΑ			37.128

Πίνακας 20 : Αρχικές εκπομπές σε ΜΤΣΕ

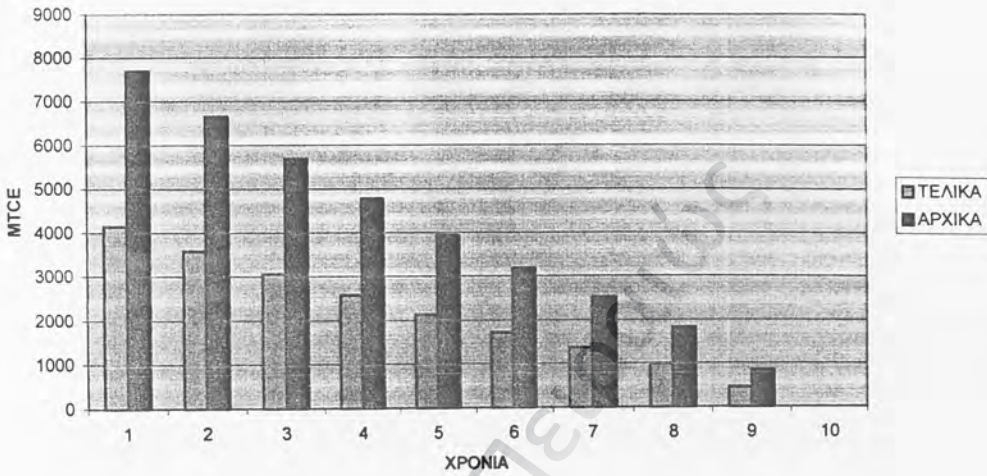
ΕΤΟΣ	ΕΚΠΕΜΠΟΜΕΝΕΣ ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ		ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΥΣΗ ΣΤΟΝ ΠΥΡΣΟ	
	ΜΕΘΑΝΙΟ(Kgr)	ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ(Kgr)	ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ(Kgr)	ΜΤΣΕ
2000	479810	1322991	3963702	4148
2001	415221	1144898	3430135	3590
2002	354192	976620	2925970	3062
2003	298344	822630	2464612	2579
2004	246003	678309	2032224	2127
2005	198896	548420	1643075	1719
2006	157023	432963	1297164	1357
2007	113423	312744	936985	981
2008	52341	144321	432388	452
2009	0	0	0	0
ΣΥΝΟΛΑ				20.015

Πίνακας 21: Τελικές εκπομπές σε ΜΤΣΕ

ΕΤΟΣ	ΜΕΙΩΣΗ ΜΤΣΕ	% ΜΕΙΩΣΗ
2000	3546	20,72
2001	3069	17,93
2002	2618	15,30
2003	2205	12,89
2004	1818	10,63
2005	1470	8,59
2006	1161	6,78
2007	838	4,90
2008	387	2,26
2009	0	0,00
ΣΥΝΟΛΑ	17.113	100,00

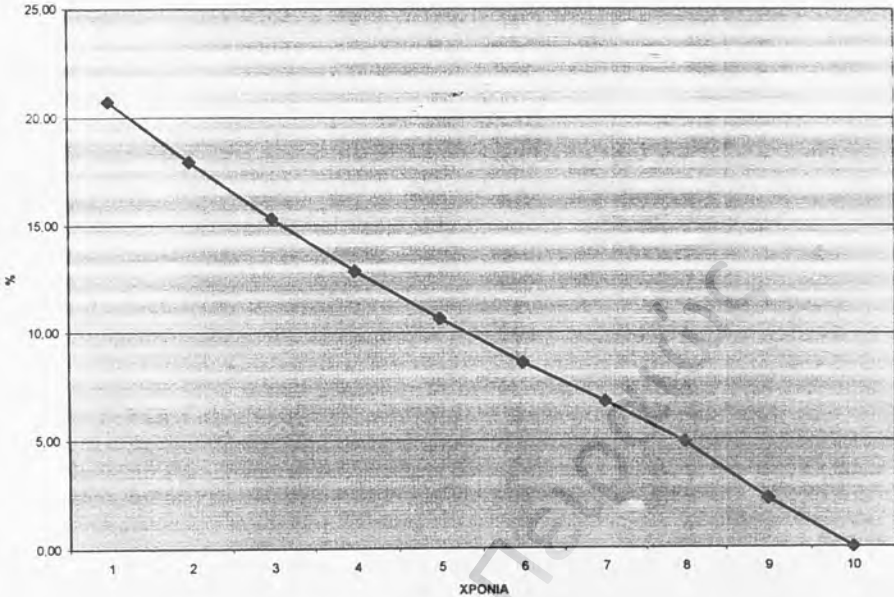
Πίνακας 22: Μείωση εκπομπών ανά έτος σε ΜΤΣΕ

ΕΚΠΟΜΠΕΣ



Διάγραμμα 6: Μείωση εκπομπών σε MTCE

% ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ



Διάγραμμα 7: % Μείωση των εκπομπών ανά έτος

Με την βοήθεια όλων των παραπάνω υπολογίζεται :

Ο δείκτης διαφοράς περιβαλλοντικού κόστους ίσος με 54,1%, που φανερώνει ότι το περιβαλλοντικό κόστος μετά τα έργα διαχείρισης του βιοαερίου μειώθηκε περίπου κατά το ήμισυ.

Το μοναδιαίο εξωτερικό όφελος ίσο με 348,5 Euro.

Το μοναδιαίο κόστος μείωσης των εκπομπών ίσο με 55Euro.

Το μοναδιαίο καθαρό κέρδος ίσο με 293,5 Euro.

7.2 Περιβαλλοντικό όφελος από τη μείωση των στραγγισμάτων

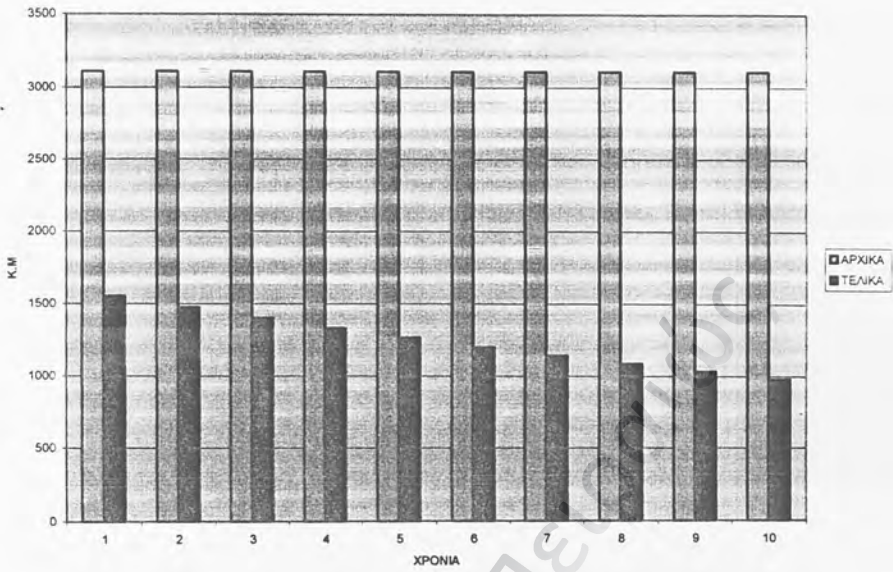
Σε ότι αναφορά τα στραγγίσματα, όπως αναφέρθηκε το ετήσιο υδατικό ισοζύγιο εμφανίζει μια σταθερή παραγωγή που ανέρχεται κατά προσέγγιση στα 3.108 m³. Με το πέρας των έργων η ποσότητα των στραγγισμάτων που εξέρχεται από την χωματερή μειώθηκε κατά 50% τον πρώτο χρόνο (2000), ενώ για κάθε έτος που ακολουθεί σύμφωνα με τα μέχρι στιγμής δεδομένα αναμένεται μια μείωση της τάξης του 5% σε σχέση με το προηγούμενο (πίνακας 23).

ΕΤΟΣ	ΑΡΧΙΚΑ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΑ(Κ.Μ)	ΕΤΟΣ	ΤΕΛΙΚΑ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΑ (Κ.Μ)	ΜΕΙΩΣΗ(Κ.Μ)
2000	3107,89	2000	1553,95	1553,95
2001	3107,89	2001	1476,25	1631,64
2002	3107,89	2002	1402,44	1705,45
2003	3107,89	2003	1332,31	1775,58
2004	3107,89	2004	1265,70	1842,19
2005	3107,89	2005	1202,41	1905,48
2006	3107,89	2006	1142,29	1965,60
2007	3107,89	2007	1085,18	2022,71
2008	3107,89	2008	1030,92	2076,97
2009	3107,89	2009	979,37	2128,52
ΣΥΝΟΛΟ				18608,09

Πίνακας 23: Παραγωγή στραγγισμάτων

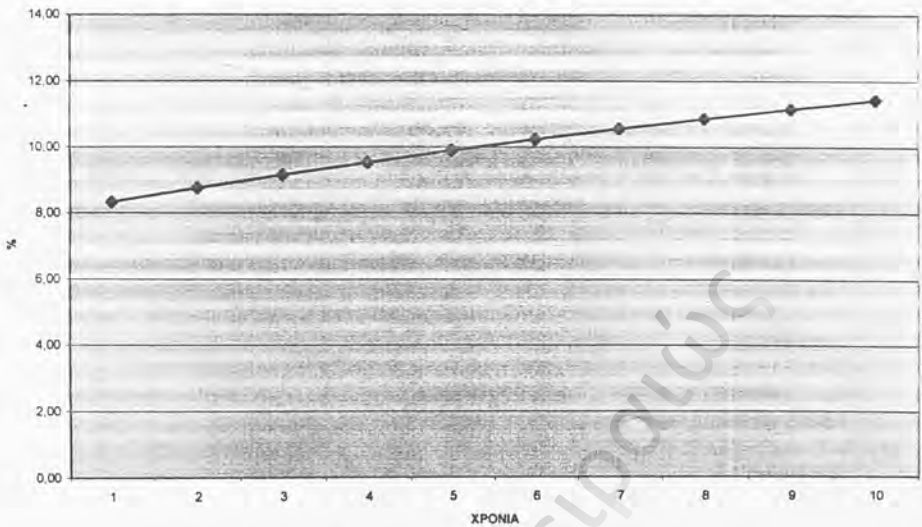
Από τα στοιχεία του πίνακα προκύπτει μια μείωση των στραγγισμάτων κατά 18.608 m³, που αντιστοιχεί σε ένα ποσοστό 59,87% του αρχικού. Στο διάγραμμα 8 που ακολουθεί διαπιστώνεται αυτή η μείωση, ενώ στο επόμενο παρατίθεται το ποσοστό αυτής της μείωσης για κάθε χρόνο. Πάντως σε αντίθεση με το βιοαέριο η παραγωγή στραγγισμάτων συνεχίζεται για εκατοντάδες χρόνια μετά το κλείσιμο της χωματερής, στοιχείο το οποίο είναι ένα επιπλέον εμπόδιο στο να υπολογίσουμε επακριβώς το περιβαλλοντικό όφελος από τα έργα διαχείρισης των υγρών στοιχείων του χώρου απόθεσης, το οποίο σύμφωνα με την ανωτέρα διαπίστωση θα είναι μεγαλύτερο αυτού του οποίου έχει υπολογιστεί για τα έτη 2000-2009.

ΣΤΑΓΓΙΣΜΑΤΑ



Διάγραμμα 8 Ποσότητες στραγγισμάτων

% ΜΕΙΩΣΗ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ ΑΝΑ ΕΤΟΣ



Διάγραμμα 9 % Μείωση στραγγισμάτων ανά έτος

Το εξωτερικό κόστος της υποβάθμισης των υδάτων και του εδάφους από τα στραγγίσματα ενός χώρου ταφής εμφανίζει ένα εύρος τιμών από 0-3 Euro ανά κυβικό μέτρο στραγγισμάτων που παράγεται από τη μονάδα. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι τιμές αυτές έχουν μεγάλη αβεβαιότητα, καθώς δεν έχουν αναπτυχθεί ακόμη οι απαραίτητες συναρτήσεις έκθεσης απόκρισης για τον υπολογισμό των επιπτώσεων από την ταφή των απορριμμάτων. Θεωρείται ότι η τιμή που προσεγγίζει στο 0 αναφέρεται σε περίπτωση Χ.Υ.Τ.Α. με πλήρη στεγάνωση πυθμένα και συλλογή και επεξεργασία στραγγισμάτων και η τιμή 3 για την περίπτωση μη στεγάνωσης και συλλογή και επεξεργασία στραγγισμάτων. Έτσι το εξωτερικό κόστος για την περίπτωση του Σκαφιδάρα θεωρείται ίσο με 3 Euro/m³.

Στον πίνακα 24 παρουσιάζεται το εξωτερικό κόστος από την εκροή των στραγγισμάτων. Παρατηρείται μια μείωση κατά 40.412 Euro, που αντιστοιχεί σε ένα ποσοστό 59% περίπου σε σχέση με το αρχικό. Εξετάζοντας το λόγο οφέλους-κόστους μεμονωμένα για τα στραγγίσματα παρατηρείται ότι είναι αρκετά μικρότερος της μονάδας, εξαιτίας του υψηλού κόστους επένδυσης (πίνακες 25,26), και τα έργα με μια πρώτη σκέψη μπορεί να κριθούν ασύμφορα. Στο σύνολο όμως του έργου κρίνονται επιβεβλημένα, γιατί οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που δύναται να προκαλέσουν είναι δύσκολο να αποτιμηθούν επακριβώς τόσο ποσοτικά όσο και ποιοτικά, αλλά και η τιμή του εξωτερικού κόστους που θεωρήθηκε παρουσιάζει αβεβαιότητα.

Επίσης το εξωτερικό όφελος για τη μείωση των στραγγισμάτων κατά 1m³ υπολογίστηκε 2,17 Euro, ενώ το μοναδιαίο κόστος μείωσης τους 47,63 Euro και ο δείκτης διαφοράς περιβαλλοντικού κόστους 58,89 %.

ΕΤΟΣ	ΚΟΣΤΟΣ(Euro) ΠΡΙΝ ΤΑ ΕΡΓΑ	ΚΟΣΤΟΣ(Euro) ΜΕΤΑ ΤΑ ΕΡΓΑ
2000	9323,7	4661,8
2001	9323,7	4428,7
2002	9323,7	4207,3
2003	9323,7	3996,9
2004	9323,7	3797,1
2005	9323,7	3607,2
2006	9323,7	3426,9
2007	9323,7	3255,5
2008	9323,7	3092,8
2009	9323,7	2938,1
	68.623	28.211

Πίνακας 24 :Εξωτερικό κόστος στραγγισμάτων

ΚΟΣΤΟΣ ΕΡΓΩΝ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ	
Τελική κάλυψη-παρακολούθηση	510.000
Δεξαμενή συλλογής/ ανακυκλοφορίας	140.000
Δίκτυο στραγγισμάτων	110.000
ΣΥΝΟΛΑ	760000
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ	23.000

Πίνακας 25 : Κόστος επένδυσης και λειτουργίας των έργων διαχείρισης των στραγγισμάτων

ΕΤΟΣ	ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ-ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ
2000	783000
2001	23000
2002	23000
2003	23000
2004	23000
2005	23000
2006	23000
2007	23000
2008	23000
2009	23000
NPV	886263

Πίνακας 26:Κ.Π.Α. κόστους έργων διαχείρισης στραγγισμάτων

7.3 Συνολική αποτίμηση

Από την παραπάνω ανάλυση προκύπτει ότι η υλοποίηση των έργων διαχείρισης του βιοαερίου και των στραγγισμάτων έχει ιδιαίτερα σημαντικά πλεονεκτήματα σε όρους κοινωνικού κόστους και οφέλους. Τα αποτελέσματα σε σχέση με το όφελος που επέρχεται παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.

ΚΟΣΤΟΣ(Euro) ΠΡΙΝ ΤΑ ΕΡΓΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ				ΚΟΣΤΟΣ(Euro) ΜΕΤΑ ΤΑ ΕΡΓΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ			
ΕΤΟΣ	ΒΙΟΑΕΡΙΟ	ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΑ	ΣΥΝΟΛΟ	ΕΤΟΣ	ΒΙΟΑΕΡΙΟ	ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΑ	ΣΥΝΟΛΟ
2000	2805458	9323,67	2814781	2000	1288659	4662	1293320
2001	2427806	9323,67	2437130	2001	1115188	4429	1119617
2002	2070965	9323,67	2080288	2002	951277	4207	955484
2003	1744421	9323,67	1753745	2003	801282	3997	805279
2004	1438382	9323,67	1447706	2004	660706	3797	664503
2005	1162947	9323,67	1172271	2005	534188	3607	537795
2006	918116	9323,67	927440	2006	421727	3427	425154
2007	663186	9323,67	672510	2007	304628	3256	307883
2008	306039	9323,67	315362	2008	140576	3093	143669
2009	0	9323,67	9324	2009	0	2938	2938
NPV	11030474	68623	11.099.097	NPV	5066736	28211	5.094.948

Πίνακας :27 Σύγκριση συνολικού εξωτερικού κόστους

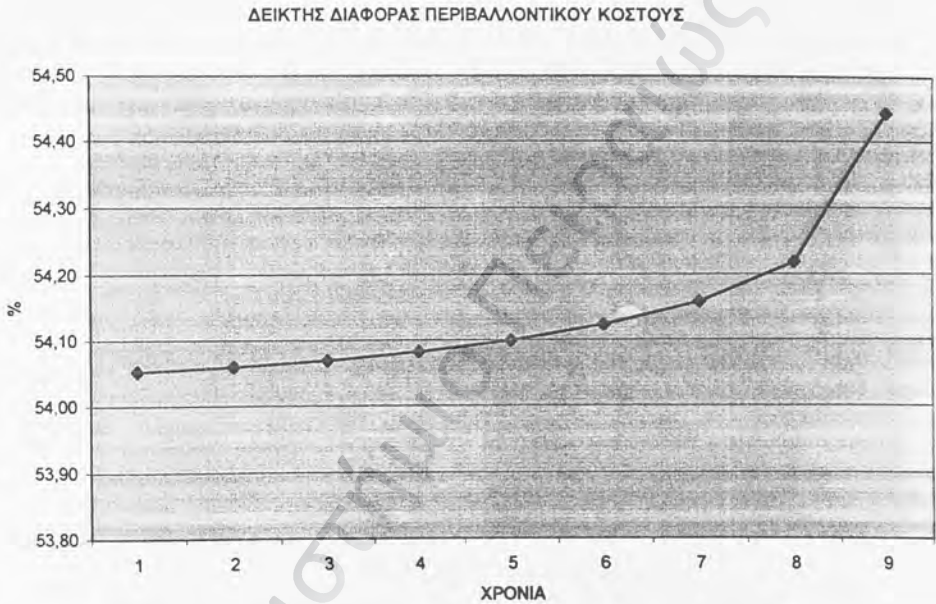
Προκύπτει ότι επέρχεται μια μείωση κόστους της τάξης των 6.004,149 Euro , η ποια ανά έτος φαίνεται στο παρακάτω πίνακα.

ΜΕΙΩΣΗ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΑΝΑ ΕΤΟΣ		
ΕΤΟΣ	(Euro)	% ΜΕΙΩΣΗ
2000	1521461	25,3
2001	1317513	21,9
2002	1124804	18,7
2003	948466	15,8
2004	783203	13,0
2005	634476	10,6
2006	502286	8,4
2007	364626	6,1
2008	171694	2,9
2009	6386	0,1
	6.004.149	100

Πίνακας :28 Μείωση συνολικού κόστους ανά έτος

Ο λόγος κόστους / οφέλους ισούται με 3,29 ,ενώ η καθαρά παρούσα αξία της επένδυσής ανέρχεται στα 4.177.296 Ευρο ,τιμές που καθιστούν βιώσιμη την επένδυση που πραγματοποιήθηκε.

Ο δείκτης διαφοράς κόστους παίρνει τελικά τιμή 54,1%, ενώ η διακύμανσή του με την πάροδο του χρόνου παρατίθεται στο επόμενο διάγραμμα.



Διάγραμμα 10 :Δείκτης διαφοράς περιβαλλοντικού κόστους

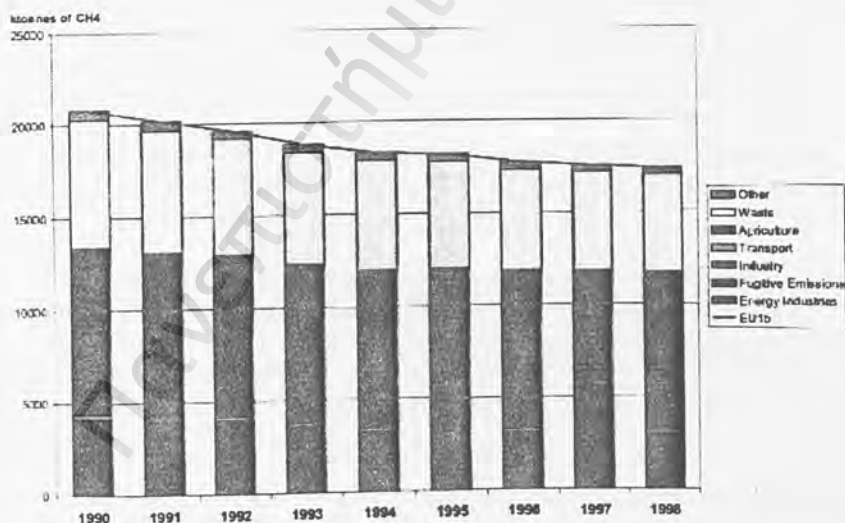
Τέλος ένα άλλο είδος κόστους που προκύπτει από την αποκατάσταση του χώρου ,αλλά δεν λήφθηκε υπόψη, είναι η αύξηση της αξίας της γης στην περιοχή που γειτνιάζει με αυτόν (βρίσκεται δίπλα στο Βαρδινογιάνναιο Αθλητικό Κέντρο) .

7.4 Υποτιθέμενο σενάριο

Στην περίπτωση που ο χώρος χρησιμοποιείτο από την αρχή ως οργανωμένος ή έστω ως έχει και πραγματοποιούνταν τα έργα τα οποία περιγράφηκαν, τα οφέλη θα ήταν πολύ μεγαλύτερα.

Οι υπολογισμοί οι οποίοι έγιναν και που παρουσιάζονται στον πίνακα 29 δείχνουν ότι οι εκπομπές του CH₄ θα μειωνόταν κατά 60%, ενώ του CO₂ θα αυξανόταν κατά 62,3%. Αυτό όμως μεταφράζεται σε μια μείωση κατά 158.993 MTCE (34% των αρχικών), που θα συνέβαλε σημαντικά στον περιορισμό του φαινομένου του θερμοκηπίου, ενώ το περιβαλλοντικό όφελος σε χρηματικό ποσό ανέρχεται περίπου στα 46,7 εκατομμύρια Euro. (Αξίζει να σημειωθεί ότι δεν λήφθηκε υπόψη το περιβαλλοντικό όφελος του περιορισμού των στραγγισμάτων, γιατί δεν υπήρχαν επαρκή στοιχεία).

Στην Ε.Ε οι εκπομπές του CH₄ μειώθηκαν κατά 17 % μεταξύ 1990 και 1998 (σχήμα 8) κυρίως λόγω μείωσης των εκπομπών από τις καλλιέργειες και τις χωματερές. Πρόσφατα δείχνουν ότι η υπάρχουσα πολιτική και τα μέτρα που έχουν ληφθεί στοχεύουν στη μείωση των εκπομπών κατά 30% ως το 2010 σε σχέση με τα επίπεδα του 1990, σύμφωνα με το πρωτόκολλο του Κιότο για την κλιματική αλλαγή.



Σχήμα 8 Μείωση εκπομπών μεθανίου στην Ε.Ε για τα έτη 1990-1998

Επίσης προκύπτει ότι η δυναμικότητα σε παραγόμενο βιοαέριο ανέρχεται περίπου στα 204 εκατομμύρια m^3 ποσότητα η οποία θα μπορούσε να αξιοποιηθεί, σχέδιο που αν εφαρμοστεί και για άλλους παρόμοιους χώρους στην Κρήτη, ίσως συμβάλλει σημαντικά στο ενεργειακό πρόβλημα που αντιμετωπίζει το νησί. Η EPA (Environmental Protection Agency) άλλωστε αναμένει στο μέλλον να μειωθούν οι εκπομπές CH_4 σύμφωνα με το Landfill Rule (New Source Performance Standards and Emissions Guidelines), το οποίο απαιτεί το βιοαέριο το οποίο εκτέμνεται να συλλέγεται και να οδηγείται προς καύση ή να χρησιμοποιείται, σε χωματερές που έχουν σχεδιαστεί με δυναμικότητα μεγαλύτερη των 2,5 MMT και 2,5 εκατομμύρια M^3 .

Η σημαντική περιεκτικότητα μεθανίου στο βιοαέριο το καθιστά κατάλληλο να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για παραγωγή ενέργειας (ηλεκτρικής και θερμικής). Κάθε Ευρωπαίος παράγει 5 με 15 κιλά απορριμμάτων κάθε ημέρα. Η εκμετάλλευση του βιοαερίου από τις χωματερές είναι μια λύση που κερδίζει συνεχώς υποστηρικτές. Όσο υψηλότερη είναι η περιεκτικότητα του βιοαερίου σε μεθάνιο, τόσο μεγαλύτερη απόδοση έχει ως καύσιμο για παραγωγή ενέργειας.

Τα βιοαέριο που παράγεται από την αποσύνθεση των αστικών απορριμμάτων μπορεί να αξιοποιηθεί ενεργειακά και σε συνδυασμό με αυτό που προκύπτει από την εκμετάλλευση της βιομάζας. Σε μεγάλες ευρωπαϊκές πόλεις όπως η Βιέννη, η Φραγκφούρτη και η Κολωνία λειτουργούν εργοστάσια ηλεκτρικής ενέργειας με καύσιμη ύλη τα σκουπίδια των κατοίκων τους.

Η βιομάζα είναι ένα καύσιμο φιλικό προς το περιβάλλον καθώς δεν συμμετέχει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου ενώ ταυτόχρονα μειώνει την κατανάλωση συμβατικών καυσίμων σε εθνικό επίπεδο με προφανή οφέλη για την χώρα. Έχει μηδενικό ισοζύγιο CO_2 - δεν συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου - επειδή οι ποσότητες του CO_2 που απελευθερώνονται κατά την καύση της έχουν ήδη δεσμευτεί από την ατμόσφαιρα για τη δημιουργία της βιομάζας.

Συνήθως αποφεύγεται η αποθήκευση του παραγόμενου βιοαερίου, γιατί απαιτεί μεγάλους αποθηκευτικούς χώρους και κοστίζει αρκετά. Αντίθετα, συνήθως, χρησιμοποιείται αμέσως για την παραγωγή:

- Θερμότητας, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί κυρίως για την κάλυψη αναγκών βιομηχανιών, βιοτεχνιών, μικρών και μεγάλων επιχειρήσεων που απαιτούν θερμικά φορτία για την παραγωγική τους διαδικασία. Ακόμα θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την θέρμανση κτιρίων και κατοικιών με τη δημιουργία ενός μικρού δικτύου τηλεθέρμανσης.
- Ηλεκτρικής ενέργειας, και το πλεόνασμα της ενέργειας (αν υπάρχει) να πωλείται στη Δ.Ε.Η. .

Στη χώρα μας τέτοιες μονάδες είναι εγκατεστημένες στη Θεσσαλονίκη, Ηράκλειο, Χανιά και Ψυτάλλεια Αττικής με συνολική εγκατεστημένη ισχύ 8000 KW.

Πρόσφατα ολοκληρώθηκε για λογαριασμό της ΒΕΑΛ (Βιοαέριο-Ενέργεια Άνω Λιοσίων) ο σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας από βιοαέριο, το οποίο αντλείται από τον όγκο των απορριμμάτων

που εναποτίθενται στον Χωματερή Άνω Λιοσίων. Ο σταθμός των Άνω Λιοσίων είναι από τους μεγαλύτερους με καύσιμο βιοαέριο παγκοσμίως και η κατασκευή του ίδιου και των δικτύων διανομής κόστισε περισσότερο από 6,5 δισ. δρχ. Η μονάδα έχει δυνατότητα να παρέχει 8.000 κυβικά μέτρα βιοαερίου την ώρα, ενώ παράγει και ηλεκτρισμό (ισχύς 13MW) και θερμότητα (16MW). Η ταυτόχρονη παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας από την ίδια ποσότητα καυσίμου έχει σημαντικά μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης από την ανεξάρτητη παραγωγή της καθεμιάς από τις προαναφερόμενες μορφές ενέργειας.

Χρήση βιοαερίου από χωματερές για παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος



Ανακύκλωση στερεών απόβλητων για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος



- Ως καύσιμο οχημάτων

Ο Δήμος της Στοκχόλμης αρχικά ανέπτυξε εγκαταστάσεις βιοαερίου για να μειώσει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τις χωματερές και τους βιολογικούς καθαρισμούς. Σήμερα, το βιοαέριο υποβάλλεται σε καθαρισμό και σε συμπίεση και χρησιμοποιείται κυρίως ως καύσιμο οχημάτων (λεωφορείων για δημόσιες μεταφορές). Είναι μάλιστα το μόνο εγκεκριμένο καύσιμο οχημάτων για την περιβαλλοντική κατηγορία Α, σύμφωνα με τη μελέτη εναλλακτικών καυσίμων, και προσφέρει περιβαλλοντικά οφέλη, εφόσον δημιουργεί μικρότερο θόρυβο, δεν συμβάλλει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, δεν εκπέμπει σωματίδια ή σκόνη και παράγει χαμηλές εκπομπές οξειδίων του αζώτου, αντικαθιστώντας περίπου 360,000 λίτρα πετρελαίου κάθε χρόνο.

Η οικονομία του βιοαερίου βελτιώνεται, εφόσον το αέριο που χρησιμοποιείται ως καύσιμο πωλείται, περιλαμβανομένου του υψηλού φόρου για τα καύσιμα. Το αέριο πωλείται σε τιμή αντίστοιχη με αυτή των καυσίμων για μηχανές ντίζελ. Από το 1997 η ποσότητα του βιοαερίου που πωλείται στη Στοκχόλμη έχει υπερτριπλασιαστεί. Η χρήση αυτής της ποσότητας βιοαερίου εξοικονομεί 850 GJ ενέργειας από ορυκτά καύσιμα κάθε χρόνο. Από το 2001

και μετά, περίπου 4.5 εκατομμύρια Nm βιοαερίου παράγονται στη Στοκχόλμη, ποσότητα ικανή για την κίνηση 3.000 αυτοκινήτων.

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

7.5 Συμπέρασμα

Μήπως λοιπόν,
αυτά που σήμερα είναι σκουπίδια.....
κάποτε ήταν χρήσιμα.
αυτά που σήμερα είναι χρήσιμα.....
κάποτε θα γίνουν σκουπίδια
ΜΗΠΩΣ ΤΕΛΙΚΑ ΤΑ ΣΚΟΥΠΙΔΙΑ
ΔΕΝ ΕΙΝΑΙ ΑΧΡΗΣΤΑ;

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

1. European Commission (2000), A study on the Economic Valuation of Environmental Externalities from Landfill Disposal and Incineration of Waste.
2. White, P.R., M.Franke and P. Hindle (1995), Integrated Solid Waste Management-A Life Cycle Inventory.
3. Department of the Environment and Local Government (1997) European Regional Development Fund ,Waste Management-A strategy for Dublin.Technical Studies & Dublin Waste Model.
4. EA "Implementing E.U Sustainable Development Strategy, making sustainability accountable: the role and feasibility of indicators",Kopenhagen, 9 July 2001.
5. (Landfill gas, from environment to energy", COMMISSION OF THE E.C.,1992)
6. M.Snell,"Cost-benefit analysis for engineers and planners", Tomas Telford Ed. 1997.
7. E.Goodstein,"Economics and the environment",Ch.6,7,8,Prentice-Hall,1995.
8. J.Hartwick,N.Olewiler, "The economics of natural resource use",pp.220-226.
9. "Managerial Economics in a Global Economy",D.Salvatore,Mc Graw-Hill,1996,Ch.14-2,14-3,pp.594-601.
10. Σ. Μοιρασγένης, Δ. Διακουλάκη,"Ανάλυση κόστους-οφέλους για την αξιοποίηση επενδύσεων προστασίας περιβάλλοντος' ,12ο Εθνικό Συνέδριο Επιχειρησιακής Έρευνας, Σάμος, 1998.
11. "Βασικές Αρχές Χρηματοοικονομικής Διαχείρισης και πολιτικής", J.Weston and E.Brigham,εκδ.Παπαζήση,Κεφ.4.σελ.63-82,Κεφ.13,σελ 347-387.
12. (www.gov/ghginfo/pdfs/02-landfills.pdf)
13. (http://europa.eu.int/smartapi/cgi/sga_doc?smartapi!celexplus!prod!CELEXnumdoc&numdoc=500PC0574&lg=EL)
14. (<http://kpe-kastor.kas.sch.gr/energy1/alternative/biomaza.htm>)
15. (<http://www.physics4u.gr/energy/biomass.html>)
16. (<http://www.tnn.gr/perivalon/diaxisisterapovl.htm>)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΑΕΡΙΩΝ

ΠΑΡΑΓΩΜΕΝΕΣ ΨΑΚΤΗΣΙΜΕΣ (Κ.Μ/ΗΜΕΡΑ)

ΕΤΟΣ	ΒΙΟΑΕΡΙΟ	ΜΕΘΑΝΙΟ	ΜΕΘΑΝΙΟ
1997	13.400	6700	4020
2000	9.167	4584	2750
2001	7.933	3967	2380
2002	6767	3384	2030
2003	5.700	2850	1710
2004	4.700	2350	1410
2005	3.800	1900	1140
2006	3.000	1500	900
2007	2.167	1084	650
2008	1.000	500	300
2009	0	0	0

ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΑΕΡΙΩΝ ΠΡΙΝ ΤΑ ΕΡΓΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

ΠΑΡΑΓΩΜΕΝΕΣ (Κ.Μ/ΕΤΟΣ)

ΠΑΡΑΓΩΜΕΝΕΣ (Κgr/ΕΤΟΣ)

ΕΤΟΣ	ΒΙΟΑΕΡΙΟ	ΜΕΘΑΝΙΟ	ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ	ΜΕΘΑΝΙΟ	ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ
2000	3345955	1672978	1672978	1199525	3307477
2001	2895545	1447773	1447773	1038053	2862246
2002	2469955	1234978	1234978	885479	2441551
2003	2080500	1040250	1040250	745859	2056574
2004	1715500	857750	857750	615007	1695772
2005	1387000	693500	693500	497240	1371050
2006	1095000	547500	547500	392558	1082408
2007	790955	395478	395478	283557	781859
2008	365000	182500	182500	130853	360803
2009	0	0	0	0	0
ΣΥΝΟΛΑ	16145410	8072705	8072705	5788129	15959738

ΠΥΚΝΟΤΗΤΕΣ (Κgr/Κ.Μ)

0,717

1,977

ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΑΕΡΙΩΝ ΜΕΤΑ ΤΑ ΕΡΓΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

ΚΠΟΜΠΕΣ (Κ.Μ/ΕΤΟΣ)

ΣΥΛΛΟΓΗ (Κ.Μ/ΕΤΟΣ)

ΕΤΟΣ	ΒΙΟΑΕΡΙΟ	ΜΕΘΑΝΙΟ	ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ	ΒΙΟΑΕΡΙΟ	ΜΕΘΑΝΙΟ	ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ
2000	1338382	669191	669191	2007573	1003787	1003787
2001	1158218	579109	579109	1737327	868664	868664
2002	987982	493991	493991	1481973	740987	740987
2003	832200	416100	416100	1248300	624150	624150
2004	686200	343100	343100	1029300	514650	514650
2005	554800	277400	277400	832200	416100	416100
2006	438000	219000	219000	657000	328500	328500
2007	316382	158191	158191	474573	237287	237287
2008	146000	73000	73000	219000	109500	109500
2009	0	0	0	0	0	0
ΣΥΝΟΛΑ	6458164	3229082	3229082	9687246	4843623	4843623

ΠΥΚΝΟΤΗΤΕΣ (Κgr/Κ.Μ)

0,717

1,977

0,717

1,977

ΕΚΠΟΜΠΕΣ(Kgr/ΕΤΟΣ)

ΣΥΛΛΟΓΗ(Kgr/ΕΤΟΣ)

ΕΤΟΣ	ΜΕΘΑΝΙΟ	ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ	ΜΕΘΑΝΙΟ	ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ
2000	479810	1322991	719715	1984486
2001	415221	1144898	622832	1717348
2002	354192	976620	531287	1464930
2003	298344	822630	447516	1233945
2004	246003	678309	369004	1017463
2005	198896	548420	298344	822630
2006	157023	432963	235535	649445
2007	113423	312744	170134	469115
2008	52341	144321	78512	216482
2009	0	0	0	0
ΣΥΝΟΛΑ	2315252	6383895	3472878	9575843

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΜΤΣΕ ΠΡΙΝ ΤΑ ΕΡΓΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

ΕΤΟΣ	ΜΕΘΑΝΙΟ(Kgr)	ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ(Kgr)	ΜΤΣΕ
2000	1199525	3307477	7694
2001	1038053	2862246	6659
2002	885479	2441551	5680
2003	745859	2056574	4784
2004	615007	1695772	3945
2005	497240	1371050	3190
2006	392558	1082408	2518
2007	283557	781859	1819
2008	130853	360803	839
2009	0	0	0
ΣΥΝΟΛΑ			37128

ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΜΤΣΕ ΜΕΤΑ ΤΑ ΕΡΓΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

ΕΤΟΣ	ΜΕΘΑΝΙΟ(Kgr)	ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ(Kgr)	ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ(Kgr)	ΜΤΣΕ
2000	479810	1322991	3963702	4148
2001	415221	1144898	3430135	3590
2002	354192	976620	2925970	3062
2003	298344	822630	2464612	2579
2004	246003	678309	2032224	2127
2005	198896	548420	1643075	1719
2006	157023	432963	1297164	1357
2007	113423	312744	936985	981
2008	52341	144321	432388	452
2009	0	0	0	0
ΣΥΝΟΛΑ				20015

ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΝΑ ΕΤΟΣ

ΕΤΟΣ	ΜΕΙΩΣΗ ΜΤΣΕ	% ΜΕΙΩΣΗ
2000	3546	20,72
2001	3069	17,93
2002	2618	15,30
2003	2205	12,89
2004	1818	10,63
2005	1470	8,59
2006	1161	6,78
2007	838	4,90
2008	387	2,26
2009	0	0,00
ΣΥΝΟΛΑ	17113	100

% ΟΛΙΚΗ ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΜΤΣΕ

46,09

ΚΟΣΤΟΣ(Euro/Kgr) ΠΡΙΝ ΤΑ ΕΡΓΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

ΕΚΠΟΜΠΕΣ(Kgr/ΕΤΟΣ)

ΕΤΟΣ	ΜΕΘΑΝΙΟ	ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ	ΑΡΧΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ(Euro)
2000	1199525	3307477	2805458
2001	1038053	2862246	2427806
2002	885479	2441551	2070965
2003	745859	2056574	1744421
2004	615007	1695772	1438382
2005	497240	1371050	1162947
2006	392558	1082408	918116
2007	283557	781859	663186
2008	130853	360803	306039
2009	0	0	0
ΣΥΝΟΛΑ	5788129	15959738	11.030.474

ΚΟΣΤΟΣ(Euro/Kgr)

ΜΕΘΑΝΙΟ	ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ
2,223	0,042

ΚΟΣΤΟΣ(Euro/Kgr) ΜΕΤΑ ΤΑ ΕΡΓΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

ΕΚΠΟΜΠΕΣ(Kgr/ΕΤΟΣ)

ΕΤΟΣ	ΜΕΘΑΝΙΟ	ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ	ΚΟΣΤΟΣ(Euro)
2000	479810	1322991	1122183
2001	415221	1144898	971122
2002	354192	976620	828386
2003	298344	822630	697768
2004	246003	678309	575353
2005	198896	548420	465179
2006	157023	432963	367247
2007	113423	312744	265274
2008	52341	144321	122416
2009	0	0	0
ΣΥΝΟΛΑ	2315252	6383895	4412190

ΣΥΛΛΟΓΗ(Kgr/ΕΤΟΣ)			ΕΚΠΟΜΠΕΣΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΥΣΗ ΣΤΟΝ ΠΥΡΣΟ(Kgr/ΕΤΟΣ)	ΤΕΛΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ(Euro)	ΤΕΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ(Euro)
ΜΕΘΑΝΙΟ	ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ	ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ			
719715	1984486	3963702	166475	1288659	2183659
622832	1717348	3430135	144066	1115188	1130188
531287	1464930	2925970	122891	951277	966277
447516	1233945	2464612	103514	801282	816282
369004	1017463	2032224	85353	660706	675706
298344	822630	1643075	69009	534188	549188
235535	649445	1297164	54481	421727	436727
170134	469115	936985	39353	304628	319628
78512	216482	432388	18160	140576	155576
0	0	0	0	0	15000
3472878	9575843	19126256	654547	5066736	6007326

ΜΕΙΩΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΚΑΙ ΜΕΙΩΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΑΝΑ ΕΤΟΣ

ΕΤΟΣ	(Euro)	% ΜΕΙΩΣΗ	ΕΤΟΣ	(Euro)	% ΜΕΙΩΣΗ
2000	621799	12,38	2000	1516799	25,43
2001	1297618	25,83	2001	1312618	22,01
2002	1104688	21,99	2002	1119688	18,77
2003	928139	18,48	2003	943139	15,81
2004	762676	15,18	2004	777676	13,04
2005	613759	12,22	2005	628759	10,54
2006	481389	9,58	2006	496389	8,32
2007	343558	6,84	2007	358558	6,01
2008	150463	3,00	2008	165463	2,77
2009	-15000	-0,30	2009	0	0
ΣΥΝΟΛΑ	5023147	100	ΣΥΝΟΛΑ	5963737	100

ΚΟΣΤΟΣ ΠΡΟ ΕΡΓΩΝ (Euro)

11030474

ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΜΕΘΑΝΙΟΥ(%)

60

ΚΟΣΤΟΣ ΜΕΤΑ ΕΡΓΩΝ(Euro)

5066736

ΑΥΞΗΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ(%)

37,4

ΚΕΡΔΟΣ(Euro)

5963737

ΚΑΘΑΡΟ ΚΕΡΔΟΣ

5023147

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

ΚΟΣΤΟΣ ΕΡΓΩΝ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ

ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ ΑΝΤΛΗΣΗΣ	190.000,00
ΠΥΡΣΟΥ ΚΑΥΣΗΣ-ΑΝΤΛΙΑ	75.000,00
ΔΙΚΤΥΟΥ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΑΕΡΙΟΥ	100.000,00
ΠΑΓΙΔΩΝ ΣΥΜΠΗΚΝΩΜΑΤΩΝ	5.000,00
ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΛΥΨΗ -ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ	510.000,00
ΣΥΝΟΛΟ	880.000
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ	15.000,00

ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ-ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

2000	895000
2001	15000
2002	15000
2003	15000
2004	15000
2005	15000
2006	15000
2007	15000
2008	15000
2009	15000
NPV	940590

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

ΔΕΙΚΤΕΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ

ΔΙΑΦΟΡΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ(%)	54,1
ΛΟΓΟΣ ΟΦΕΛΟΥΣ-ΚΟΣΤΟΥΣ	6,34
ΜΟΝΑΔΙΑΙΟ ΚΟΣΤΟΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΜΤΣΕ(EURO/ΜΤΣΕ)	55,0
ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΟΦΕΛΟΣ ΑΝΑ ΜΤΣΕ (EURO/ΜΤΣΕ)	348,5
ΜΟΝΑΔΙΑΙΟ ΚΑΘΑΡΟ ΚΕΡΔΟΣ ΜΤΣΕ (EURO/ΜΤΣΕ)	293,5
NPV	5.023.147

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΑ ΕΡΓΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ(Κ.Μ)

ΕΤΟΣ	ΠΡΙΝ	ΕΤΟΣ	ΜΕΤΑ
2000	3107,89	2000	1553,95
2001	3107,89	2001	1476,25
2002	3107,89	2002	1402,44
2003	3107,89	2003	1332,31
2004	3107,89	2004	1265,70
2005	3107,89	2005	1202,41
2006	3107,89	2006	1142,29
2007	3107,89	2007	1085,18
2008	3107,89	2008	1030,92
2009	3107,89	2009	979,37
ΣΥΝΟΛΑ	31078,9	ΣΥΝΟΛΑ	12470,81

ΜΕΙΩΣΗ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ ΑΝΑ ΕΤΟΣ		
ΕΤΟΣ	ΜΕΙΩΣΗ(Κ.Μ)	% ΜΕΙΩΣΗ
2000	1553,95	8,35
2001	1631,64	8,77
2002	1705,45	9,17
2003	1775,58	9,54
2004	1842,19	9,90
2005	1905,48	10,24
2006	1965,60	10,56
2007	2022,71	10,87
2008	2076,97	11,16
2009	2128,52	11,44
ΣΥΝΟΛΑ	18608,09	100,00

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

ΚΟΣΤΟΣ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ

ΕΤΟΣ	ΚΟΣΤΟΣ(Euro)	ΚΟΣΤΟΣ(Euro)
	ΠΡΙΝ ΤΑ ΕΡΓΑ	ΜΕΤΑ ΤΑ ΕΡΓΑ
2000	9323,7	4661,8
2001	9323,7	4428,7
2002	9323,7	4207,3
2003	9323,7	3996,9
2004	9323,7	3797,1
2005	9323,7	3607,2
2006	9323,7	3426,9
2007	9323,7	3255,5
2008	9323,7	3092,8
2009	9323,7	2938,1
NPV	68.623	28.211

**ΚΟΣΤΟΣ ΕΡΓΩΝ
ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ(Euro)**

Τελική κάλυψη-παρακολούθηση	510.000
Δεξαμενή συλλογής/ανακυκλοφορίας	140.000
Δίκτυο στραγγισμάτων	110.000
ΣΥΝΟΛΑ	760000
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ	23000

ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ-ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

2000	783000
2001	23000
2002	23000
2003	23000
2004	23000
2005	23000
2006	23000
2007	23000
2008	23000
2009	23000
NPV	886263

Μείωση(Euro)

40.412

% Ολική μείωση

58,9

ΔΕΙΚΤΕΣ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ

ΔΙΑΦΟΡΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ(%)	58,89
ΜΟΝΑΔΙΑΙΟ ΚΟΣΤΟΣ ΜΕΙΩΣΗΣ (EURO/C.M)	47,63
ΛΟΓΟΣ ΟΦΕΛΟΥΣ-ΚΟΣΤΟΥΣ	0,05
ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΟΦΕΛΟΣ ΑΝΑ Κ.Μ.(EURO/C.M)	2,17
ΜΟΝΑΔΙΑΙΟ ΚΑΘΑΡΟ ΚΕΡΔΟΣ (EURO/C.M)	-45,46
ΚΠΑ ΕΡΓΩΝ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ	-886.263
ΚΠΑ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ	40.412
ΚΠΑ* ΕΡΓΩΝ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ	-845.851

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ

ΚΟΣΤΟΣ (Euro) ΠΡΙΝ ΤΑ ΕΡΓΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

ΕΤΟΣ	ΒΙΟΑΕΡΙΟ	ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΑ	ΣΥΝΟΛΟ
2000	2805458	9323,67	2814781
2001	2427806	9323,67	2437130
2002	2070965	9323,67	2080288
2003	1744421	9323,67	1753745
2004	1438382	9323,67	1447706
2005	1162947	9323,67	1172271
2006	918116	9323,67	927440
2007	663186	9323,67	672510
2008	306039	9323,67	315362
2009	0	9323,67	9324
	11030474	68623	11099097

ΚΟΣΤΟΣ (Euro) ΜΕΤΑ ΤΑ ΕΡΓΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

ΕΤΟΣ	ΒΙΟΑΕΡΙΟ	ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΑ	ΣΥΝΟΛΟ
2000	1288659	4662	1293320
2001	1115188	4429	1119617
2002	951277	4207	955484
2003	801282	3997	805279
2004	660706	3797	664503
2005	534188	3607	537795
2006	421727	3427	425154
2007	304628	3256	307883
2008	140576	3093	143669
2009	0	2938	2938
	5066736	28211	5094948

ΚΟΣΤΟΣ ΕΡΓΩΝ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ
ΚΟΣΤΟΣ ΕΡΓΩΝ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ
ΣΥΝΟΛΟ

940590	C/B
886.263	NPV
1.826.853	

3,29
4.177.296

ΜΕΙΩΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΑΝΑ ΕΤΟΣ

ΕΤΟΣ	(Euro)	% ΜΕΙΩΣΗ
2000	1521461	25,3
2001	1317513	21,9
2002	1124804	18,7
2003	948466	15,8
2004	783203	13,0
2005	634476	10,6
2006	502286	8,4
2007	364626	6,1
2008	171694	2,9
2009	6386	0,1
ΣΥΝΟΛΟ	6004149	100

ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΜΕΘΑΝΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ 1970-2009

ΕΤΟΣ	ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΟ			ΑΝΑΚΤΗΣΙΜΟ		
	ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΟ ΒΙΟΑΕΡΙΟ(Κ.Μ/ΗΜ	ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΟ ΜΕΘΑΝΙΟ(Κ.Μ/ΗΜ	ΑΝΑΚΤΗΣΙΜΟ ΜΕΘΑΝΙΟ(Κ.Μ/ΗΜ	ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΟ ΒΙΟΑΕΡΙΟ ΧΙΛ. Κ.Μ	ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΟ ΜΕΘΑΝΙΟ ΧΙΛ. Κ.Μ.	ΑΝΑΚΤΗΣΙΜΟ ΜΕΘΑΝΙΟ ΧΙΛ. Κ.Μ./
1970	3333	1667	1000	3,33	1,67	1,00
1971	3667	1834	1100	3,67	1,83	1,10
1972	5667	2834	1700	5,67	2,83	1,70
1973	7667	3834	2300	7,67	3,83	2,30
1974	9667	4834	2900	9,67	4,83	2,90
1975	11333	5667	3400	11,33	5,67	3,40
1976	13000	6500	3900	13,00	6,50	3,90
1977	14667	7334	4400	14,67	7,33	4,40
1978	16333	8167	4900	16,33	8,17	4,90
1979	17333	8667	5200	17,33	8,67	5,20
1980	19333	9667	5800	19,33	9,67	5,80
1981	20000	10000	6000	20,00	10,00	6,00
1982	21000	10500	6300	21,00	10,50	6,30
1983	22000	11000	6600	22,00	11,00	6,60
1984	23000	11500	6900	23,00	11,50	6,90
1985	24000	12000	7200	24,00	12,00	7,20
1986	24667	12334	7400	24,67	12,33	7,40
1987	25667	12834	7700	25,67	12,83	7,70
1988	26333	13167	7900	26,33	13,17	7,90
1989	27000	13500	8100	27,00	13,50	8,10
1990	27333	13667	8200	27,33	13,67	8,20
1991	24000	12000	7200	24,00	12,00	7,20
1992	22667	11334	6800	22,67	11,33	6,80
1993	20000	10000	6000	20,00	10,00	6,00
1994	18333	9167	5500	18,33	9,17	5,50
1995	16667	8334	5000	16,67	8,33	5,00
1996	14333	7167	4300	14,33	7,17	4,30
1997	13400	6700	4020	13,40	6,70	4,02
1998	11900	5950	3570	11,90	5,95	3,57
1999	10467	5234	3140	10,47	5,23	3,14
2000	9167	4584	2750	9,17	4,58	2,75
2001	7933	3967	2380	7,93	3,97	2,38
2002	6767	3384	2030	6,77	3,38	2,03
2003	5700	2850	1710	5,70	2,85	1,71
2004	4700	2350	1410	4,70	2,35	1,41
2005	3800	1900	1140	3,80	1,90	1,14
2006	3000	1500	900	3,00	1,50	0,90
2007	2167	1084	650	2,17	1,08	0,65
2008	1000	500	300	1,00	0,50	0,30
2009	0	0	0	0,00	0,00	0,00

ΥΠΟΤΙΘΕΜΕΝΟ ΣΕΝΑΡΙΟ

ΠΑΡ/ΕΣ ΠΟΣ/ΕΣ(Κ.Μ/ΗΜΕ ΠΑΡ/ΕΣ ΠΟΣ/ΕΣ(Κ.Μ/ΕΤΟΣ) ΧΩΡΙΣ ΤΑ ΕΡΓΑ

ΕΤΟΣ	ΒΙΟΑΕΡΙΟ	ΒΙΟΑΕΡΙΟ	ΜΕΘΑΝΙΟ	ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ
1970	3333	1216545	608273	608273
1971	3667	1338455	669228	669228
1972	5667	2068455	1034228	1034228
1973	7667	2798455	1399228	1399228
1974	9667	3528455	1764228	1764228
1975	11333	4136545	2068273	2068273
1976	13000	4745000	2372500	2372500
1977	14667	5353455	2676728	2676728
1978	16333	5961545	2980773	2980773
1979	17333	6326545	3163273	3163273
1980	19333	7056545	3528273	3528273
1981	20000	7300000	3650000	3650000
1982	21000	7665000	3832500	3832500
1983	22000	8030000	4015000	4015000
1984	23000	8395000	4197500	4197500
1985	24000	8760000	4380000	4380000
1986	24667	9003455	4501728	4501728
1987	25667	9368455	4684228	4684228
1988	26333	9611545	4805773	4805773
1989	27000	9855000	4927500	4927500
1990	27333	9976545	4988273	4988273
1991	24000	8760000	4380000	4380000
1992	22667	8273455	4136728	4136728
1993	20000	7300000	3650000	3650000
1994	18333	6691545	3345773	3345773
1995	16667	6083455	3041728	3041728
1996	14333	5231545	2615773	2615773
1997	13400	4891000	2445500	2445500
1998	11900	4343500	2171750	2171750
1999	10467	3820455	1910228	1910228
2000	9167	3345955	1672978	1672978
2001	7933	2895545	1447773	1447773
2002	6767	2469955	1234978	1234978
2003	5700	2080500	1040250	1040250
2004	4700	1715500	857750	857750
2005	3800	1387000	693500	693500
2006	3000	1095000	547500	547500
2007	2167	790955	395478	395478
2008	1000	365000	182500	182500
2009	0	0	0	0
		204035365	102017683	102017682,5
	ΠΥΚΝΟΤΗΤΕΣ (Kgr/K.M)			
			0,717	1,977
	ΕΚΠΟΜΠΕΣ (Kgr/ΕΤΟΣ)		73146678	201688958,3
	ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΜΤΣΕ		469198	

ΠΑΡ/ΕΣ ΠΟΣ/ΕΣ(Κ.Μ/ΕΤΟΣ) ΜΕΤΑ ΤΑ ΕΡΓΑ

ΒΙΟΑΕΡΙΟ	ΜΕΘΑΝΙΟ	ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ
486618	243309	243309
535382	267691	267691
827382	413691	413691
1119382	559691	559691
1411382	705691	705691
1654618	827309	827309
1898000	949000	949000
2141382	1070691	1070691
2384618	1192309	1192309
2530618	1265309	1265309
2822618	1411309	1411309
2920000	1460000	1460000
3066000	1533000	1533000
3212000	1606000	1606000
3358000	1679000	1679000
3504000	1752000	1752000
3601382	1800691	1800691
3747382	1873691	1873691
3844618	1922309	1922309
3942000	1971000	1971000
3990618	1995309	1995309
3504000	1752000	1752000
3309382	1654691	1654691
2920000	1460000	1460000
2676618	1338309	1338309
2433382	1216691	1216691
2092618	1046309	1046309
1956400	978200	978200
1737400	868700	868700
1528182	764091	764091
1338382	669191	669191
1158218	579109	579109
987982	493991	493991
832200	416100	416100
686200	343100	343100
554800	277400	277400
438000	219000	219000
316382	158191	158191
146000	73000	73000
0	0	0
81614146	40807073	40807073
	0,717	1,977
	29258671	80675583,3
	187679	

ΣΥΛΛΕΓ/ΝΕΣ ΠΟΣ/ΕΣ(Κ.Μ/ΕΤΟΣ) ΜΕΤΑ ΠΑΡ/ΕΣ ΠΟΣ/ΕΣ(Κ.Μ/ΕΤΟΣ) ΜΕΤΑ ΤΑ ΕΡΓΑ

ΒΙΟΑΕΡΙΟ	ΜΕΘΑΝΙΟ	ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ	ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ
729927	364964	364964	1368613
803073	401537	401537	1505762
1241073	620537	620537	2327012
1679073	839537	839537	3148262
2117073	1058537	1058537	3969512
2481927	1240964	1240964	4653613
2847000	1423500	1423500	5338125
3212073	1606037	1606037	6022637
3576927	1788464	1788464	6706738
3795927	1897964	1897964	7117363
4233927	2116964	2116964	7938613
4380000	2190000	2190000	8212500
4599000	2299500	2299500	8623125
4818000	2409000	2409000	9033750
5037000	2518500	2518500	9444375
5256000	2628000	2628000	9855000
5402073	2701037	2701037	10128887
5621073	2810537	2810537	10539512
5766927	2883464	2883464	10812988
5913000	2956500	2956500	11086875
5985927	2992964	2992964	11223613
5256000	2628000	2628000	9855000
4964073	2482037	2482037	9307637
4380000	2190000	2190000	8212500
4014927	2007464	2007464	7527988
3650073	1825037	1825037	6843887
3138927	1569464	1569464	5885488
2934600	1467300	1467300	5502375
2606100	1303050	1303050	4886438
2292273	1146137	1146137	4298012
2007573	1003787	1003787	3764199
1737327	868664	868664	3257488
1481973	740987	740987	2778699
1248300	624150	624150	2340563
1029300	514650	514650	1929938
832200	416100	416100	1560375
657000	328500	328500	1231875
474573	237287	237287	889824
219000	109500	109500	410625
0	0	0	0
122421219	61210610	61210610	229539786
			1,977
			453800156
			122526

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΤΙΘΕΜΕΝΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ

ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΜΤΣΕ ΠΡΙΝ

469198

ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΜΤΣΕ ΜΕΤΑ

310205

ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ

158993

ΚΕΡΔΟΣ

46669875

ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ(%)

33,89

ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΜΕΘΑΝΙΟΥ

60,0

ΑΥΞΗΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ

62,3

ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΟ ΒΙΟΑΕΡΙΟ

204035365

Πανεπιστήμιο Πειραιώς