

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ-ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ



**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΣΑΡΡΗΣ ΑΡΜΟΔΙΟΣ – ΘΕΟΔΩΡΟΣ
ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΜΗΤΡΟΠΟΥΛΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ**

ΠΑΤΡΑ 2011

Πρόλογος

Το θέμα που επέλεξα, ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ-ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ, είναι ένα θέμα που ήδη απασχολεί την κοινωνία και ειδικά το τελευταίο διάστημα προκαλεί και έντονες προστριβές μεταξύ πολιτών και κρατικών φορέων σε πολλές περιοχές της χώρας. Αφορμή για την επιλογή του θέματος αυτού ήταν πρώτον, ο προβληματισμός για την πραγματική κατάσταση που επικρατεί στο δήμο στον οποίο κατοικώ αλλά και στην Ελλάδα γενικότερα και δεύτερον το ενδιαφέρον για τη σαφέστερη κατανόηση της σημασίας που έχει ο στόχος της μείωσης του όγκου των απορριμμάτων καθώς και για το ποια θα είναι τα οφέλη για το περιβάλλον και το κοινωνικό σύνολο.

Ίσως να φαίνεται ένα απλό θέμα η διαχείριση απορριμμάτων, αλλά αυτή η άποψη οφείλεται στο γεγονός ότι δεν υπάρχει σωστή ενημέρωση, επίσης δεν είναι ανεπτυγμένος ο προβληματισμός για την κατάληξη των απορριμμάτων μετά την απομάκρυνση τους από την οικία μας και τέλος ενώ συχνά διαμαρτυρόμαστε εντόνως σε απεργίες οδοκαθαριστών ή όταν ένας χώρος ταφής απορριμμάτων πρόκειται να δημιουργηθεί δίπλα στο χώρο που διαμένουμε αντιδρούμε με σκοπό το πρόβλημα να αλλάξει γειτονιά σπάνια αναρωτιόμαστε γιατί συμβαίνει αυτό και τι θα μπορούσαμε ο καθένας στο μέτρο που μπορεί να πράξει έτσι ώστε να αντιμετωπιστεί το μείζον ζήτημα της διαχείρισης των απορριμμάτων.

Η μελέτη αυτή σκοπό έχει να καταδείξει ότι με τις απαραίτητες επενδύσεις και με σωστό σχεδιασμό αλλά και με αποφάσεις οι οποίες θα λαμβάνονται με κριτήρια σύγχρονα και αντικειμενικά μακριά από πολιτικές και τοπικά συμφέροντα, η λύση είναι υπαρκτή και το πρόβλημα που απασχολεί σχεδόν κάθε δήμο της χώρας μπορεί να αντιμετωπιστεί δραστικά.

Περίληψη

Η σημαντική βελτίωση του επιπέδου ζωής των σύγχρονων κοινωνιών συνδέεται σε μεγάλο βαθμό με την κατακόρυφη αύξηση των καταναλωτικών αναγκών των πολιτών. Παράλληλα, η συγκέντρωση του πληθυσμού σε αστικές περιοχές έχει προκαλέσει, μεταξύ των άλλων προβλημάτων, και τη συσσώρευση μεγάλων ποσοτήτων απορριμμάτων σε περιορισμένες γεωγραφικές εκτάσεις. Το γεγονός αυτό καθιστά ιδιαίτερα πιεστικό το πρόβλημα διαχείρισης των αστικών στερεών απορριμμάτων. Οι κύριες κατηγορίες αστικών στερεών απορριμμάτων περιλαμβάνουν τα οικιακά και τα εμπορικά-βιομηχανικά απορρίμματα.

Τα χαρακτηριστικά των απορριμμάτων επηρεάζονται από μια σειρά παραγόντων, όπως ο βαθμός της βιομηχανοποίησης, το μέγεθος και η φύση της κοινωνικοοικονομικής ανάπτυξης μιας κοινωνίας, το τοπικό κλίμα και η χρονική περίοδος αναφοράς. Επιπλέον, ιδιαίτερο ενδιαφέρον εμφανίζει η σύστασή τους, το ποσοστό υγρασίας τους, η κατανομή του μεγέθους και οι μηχανικές και φυσικοχημικές τους ιδιότητες. Καθοριστική σημασία έχει τέλος και ο προσδιορισμός της ποσότητας των αστικών στερεών απορριμμάτων που παράγονται σε ημερήσια βάση.

Η διαχείριση των απορριμμάτων περιλαμβάνει γενικά τη συλλογή, τη μεταφορά και την τελική διάθεση, ενώ σε πολλές περιπτώσεις παρεμβάλλεται και ενδιάμεση επεξεργασία. Η υπεύθυνη αντιμετώπιση του προβλήματος της προσωρινής αποθήκευσης των αστικών στερεών απορριμμάτων εκ μέρους των παραγωγών (κατοίκων, επιχειρήσεων κ.λπ.) αποτελεί σημαντική παράμετρο για την αποτελεσματική διαχείρισή τους. Οι μέθοδοι συλλογής αναφέρονται κατά κανόνα σε τοπική κλίμακα και περιλαμβάνουν πρακτικές όπως, συλλογή από σπίτι σε σπίτι, κοινόχρηστους χώρους αποθήκευσης, από κάθε οικοδομικό τετράγωνο ή από το πεζοδρόμιο. Για τη μεταφορά των αστικών απορριμμάτων χρησιμοποιούνται κατάλληλα διαμορφωμένα οχήματα, ενώ για την καλύτερη διαχείριση της μεταφοράς δημιουργούνται συχνά ενδιάμεσοι σταθμοί μεταφόρτωσης. Ανεξαρτήτως της επιλεχθείσας μεθόδου συλλογής των αστικών στερεών απορριμμάτων, το επόμενο στάδιο είναι η επεξεργασία τους, η οποία περιλαμβάνει και τη διαλογή των χρήσιμων υλικών. Η επεξεργασία των απορριμμάτων βασίζεται σε

μεθόδους που θα αναπτυχθούν στα επόμενα κεφάλαια. Επιγραμματικά αναφέρουμε: αναερόβια χώνευση, αερόβια χώνευση, βιολογική ξήρανση, βιολογική ξήρανση με ενεργειακή χρήση, μαζική καύση και τέλος επιχωμάτωση.

Περιεχόμενα

Πρόλογος	2
Περίληψη	3
Περιεχόμενα.....	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Γενικά Στοιχεία για την Προσομοίωση	9
1.1 Τι είναι προσομοίωση - ορισμός.....	9
1.2 Τι είναι μοντέλο προσομοίωσης- ορισμός.....	9
1.3 Διάκριση μοντέλων προσομοίωσης.....	9
1.4 Πλεονεκτήματα, Μειονεκτήματα και Δυσκολίες της Προσομοίωσης	11
1.5 Ο Μηχανισμός Εξέλιξης του Χρόνου.....	14
1.6 Οργάνωση ενός Μοντέλου Προσομοίωσης Διακριτών Γεγονότων	15
1.7 Κατασκευή μοντέλων προσομοίωσης	16
1.8 Κριτήρια καλού μοντέλου	17
1.9 Φάσεις της προσομοίωσης.....	18
1.10 Απαιτήσεις για τα μοντέλα προσομοίωσης	19
1.11 Βήματα μιας μελέτης με προσομοίωση	21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Γενικά Στοιχεία για την Διαχείριση Απορριμμάτων	22
2.1 Ιστορική αναδρομή	22
2.2 Εξέλιξη της παραγωγής αστικών απορριμμάτων	23
2.3 Κατά κεφαλήν παραγωγή αστικών απορριμμάτων	23
2.4 Αναγνώριση του προβλήματος	24
2.5 Η έννοια και οι λειτουργίες της διαχείρισης απορριμμάτων	25
2.6 Διαχείριση απορριμμάτων στην Ε.Ε και στην Ελλάδα	27
2.7 Δεδομένα για την παραγωγή και διαχείριση των απορριμμάτων	34
2.8 Σταθμοί μεταφόρτωσης	36
2.9 Σύγκριση των διάφορων μεθόδων επεξεργασίας των απορριμμάτων.....	37
2.10 Στρατηγικό μοντέλο διαχείρισης απορριμμάτων – Προτάσεις.....	39
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Ζητήματα Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων	46
3.1 Σύστημα επεξεργασίας στερεών αποβλήτων.....	46
3.2 Η αναγκαιότητα μονάδας επεξεργασίας αποβλήτων στο Ν.Αχαΐας.....	47
3.3 Μεθοδολογία επιλογής μεθόδου επεξεργασίας αποβλήτων στο Ν.Αχαΐας.....	48
3.4 Εναλλακτικά σενάρια επεξεργασίας.....	49
3.5 Σενάριο 1 - Αναερόβια επεξεργασία.....	52
3.6 Σενάριο 2 – Βιολογική ξήρανση & ενεργειακή αξιοποίηση	53
3.7 Σενάριο 3 – Μηχανική διαλογή, παραγωγή κομπόστ & RDF και αξιοποίηση σε μονάδα αποτέφρωσης τύπου RDF – fired	54
3.8 Σενάριο 4 – Βιολογική ξήρανση.....	55
3.9 Σενάριο 5 – Αποτέφρωση σύμμεικτων απορριμμάτων (mass-fired).....	56
3.10 Πίνακες αξιολόγησης σεναρίων.....	56
3.11 Συμπεράσματα	64
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Σενάρια Επεξεργασίας Αποβλήτων-Οικονομική Ανάλυση	67
4.1 Δημιουργία Συστήματος επεξεργασίας στερεών αποβλήτων.....	67
4.2 Εννοιολογικό πρότυπο	67
4.3 Πρότυπο υπολογιστών	68

4.4	Επικύρωση και επαλήθευση μοντέλου	70
4.5	Ανάλυση παραγόντων που επηρεάζουν την συμπεριφορά του συστήματος.....	72
4.6	Το πρόβλημα στο νομό Αχαΐας	74
4.7	Αναερόβια χώνευση.....	76
4.8	Αερόβια χώνευση.....	79
4.9	Βιολογική ξήρανση.....	81
4.10	Βιολογική ξήρανση με ενεργειακή χρήση	83
4.11	Μαζική καύση.....	85
4.12	Επιχωμάτωση	87
4.13	Αναερόβια χώνευση (αύξηση ανακύκλωσης)	88
4.14	Αερόβια χώνευση (αύξηση ανακύκλωσης)	90
4.15	Βιολογική ξήρανση (αύξηση ανακύκλωσης).....	92
4.16	Βιολογική ξήρανση με ενεργειακή χρήση (αύξηση ανακύκλωσης).....	94
4.17	Μαζική καύση (αύξηση ανακύκλωσης)	96
4.18	Επιχωμάτωση (αύξηση ανακύκλωσης).....	98
4.19	Συμπέρασμα.....	100
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Συγκριτική Αξιολόγηση Σεναρίων Οικονομικής Ανάλυσης.....		101
5.1	Συγκρίσεις της ανάλυσης σεναρίων με σταθερή ανακύκλωση	101
5.2	Συγκρίσεις της ανάλυσης σεναρίων με σταδιακή αύξηση ανακύκλωσης	106
Επίλογος.....		111
Βιβλιογραφία		112
Παράρτημα.....		115

Εισαγωγή

Περιβάλλον ορίζεται ως «το σύνολο των φυσικών και ανθρωπογενών παραγόντων και στοιχείων που βρίσκονται σε αλληλεπίδραση και επηρεάζουν την οικολογική ισορροπία, την ποιότητα της ζωής, την υγεία των κατοίκων την ιστορική και πολιτιστική παράδοση και τις αισθητικές αξίες». Επιτακτική μοιάζει να είναι η ανάγκη της σύγχρονης κοινωνίας, με τα τόσα περιβαλλοντικά προβλήματα, για διαχείριση του περιβάλλοντος κατά αειφόρο τρόπο. Δηλαδή κατά τρόπο, ο οποίος θα ικανοποιεί τις ανάγκες των σημερινών γενεών, χωρίς να διακυβεύει τη δυνατότητα των μελλοντικών γενεών να ικανοποιήσουν τις δικές τους ανάγκες.

Ένας από τους παράγοντες, που αποτελούν σημαντική επιβάρυνση για το περιβάλλον, είναι τα απορρίμματα. Ο όγκος των απορριμμάτων που παράγουμε συνεχώς αυξάνει λόγω της αύξησης του ρυθμού ανάπτυξης αλλά και της αλλαγής στα καταναλωτικά πρότυπα. Ταυτόχρονα, όμως, αυξάνεται και η ευαισθητοποίηση της κοινής γνώμης και γίνεται ολοένα και πιο έντονη η απαίτηση των πολιτών, για την ορθή διαχείρισή τους. Κάθε σύστημα εναλλακτικής διαχείρισης απορριμμάτων, πρέπει να σχεδιάζεται με τρόπο ο οποίος θα εξασφαλίζει, με σειρά προτεραιότητας, τα παρακάτω:

- Την ελαχιστοποίηση της παραγωγής απορριμμάτων, με ενθάρρυνση της μείωσης δημιουργίας.
- Την επαναχρησιμοποίηση των υλικών.
- Την ανακύκλωση των υλικών.
- Την ανάκτηση ενέργειας, σε ειδικές εγκαταστάσεις με παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας.

Παρατηρούμε λοιπόν, ότι εφαρμόζοντας τις παραπάνω αρχές στη διαχείριση των απορριμμάτων, τα τελευταία, όχι μόνο δεν θα αποτελούν επιβάρυνση για το περιβάλλον, αλλά θα μπορούν να θεωρηθούν ως μια πολύ σημαντική πηγή ενέργειας και μάλιστα σε μια εποχή όπου οι φυσικοί πόροι εξαντλούνται. Έτσι, δίνεται λύση στην εύρεση νέων πηγών ενέργειας, καθώς μπορούν να χρησιμοποιούνται και τα

απορρίμματα, σε συνδυασμό με τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (αιολική, ηλιακή), για την παραγωγή ενέργειας.

Ο σκοπός της εργασίας αυτής είναι να παραθέσει όλους τους δυνατούς τρόπους διαχείρισης και επεξεργασίας των απορριμμάτων. Μέσα από την ανάλυση αυτή, θα γίνει κατανοητό ότι «τα σκουπίδια δεν είναι για πέταμα, είναι πρώτη ύλη».

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Γενικά Στοιχεία για την Προσομοίωση

1.1 Τι είναι προσομοίωση - ορισμός

Προσομοίωση είναι μία μέθοδος μελέτης ενός συστήματος και εξοικείωσης με τα χαρακτηριστικά του με την βοήθεια ενός άλλου συστήματος το οποίο στις περισσότερες περιπτώσεις είναι ηλεκτρονικός υπολογιστής.

1.2 Τι είναι μοντέλο προσομοίωσης- ορισμός

Είναι ένα Σύνολο υποθέσεων για τη λειτουργία του συστήματος, εκφρασμένων υπό μορφή μαθηματικών ή λογικών σχέσεων μεταξύ των αντικειμένων του συστήματος (και συνήθως κωδικοποιημένων σε πρόγραμμα υπολογιστή). Σημείωση: Η προσομοίωση γίνεται πάντα σε μοντέλο – όχι στο πρωτότυπο

1.3 Διάκριση μοντέλων προσομοίωσης

Στατικά ή Δυναμικά Μοντέλα Προσομοίωσης: Ένα στατικό μοντέλο προσομοίωσης, αναπαριστά ένα σύστημα σε μία συγκεκριμένη χρονική στιγμή, ή αναπαριστά ένα σύστημα στο οποίο ο χρόνος δεν έχει σημασία. Αντίθετα, ένα δυναμικό μοντέλο προσομοίωσης αναπαριστά ένα σύστημα, όπως αυτό εξελίσσεται με την πάροδο του χρόνου.

Ντετερμινιστικά ή Στοχαστικά Μοντέλα Προσομοίωσης: Αν ένα μοντέλο προσομοίωσης δεν περιλαμβάνει πιθανοτικά (δηλαδή "τυχαία") τμήματα, ονομάζεται ντετερμινιστικό. Για παράδειγμα, ένα πολύπλοκο σύστημα διαφορικών εξισώσεων που περιγράφει μία χημική αντίδραση, μπορεί να είναι ένα τέτοιο μοντέλο. Στα ντετερμινιστικά μοντέλα, η έξοδος είναι καθορισμένη, με δεδομένο το σύνολο των ποσοτήτων και σχέσεων εισόδου του μοντέλου. Όμως, πολλά συστήματα πρέπει να χρησιμοποιήσουν στοχαστικά μοντέλα προσομοίωσης, δηλαδή μοντέλα που θα έχουν τουλάχιστον ορισμένα τμήματα με "τυχαία" είσοδο. Τα περισσότερα υπολογιστικά συστήματα, που βασίζονται στα συστήματα

αναμονής (queueing systems), χρησιμοποιούν στοχαστικά μοντέλα προσομοίωσης.

Αυτό-οδηγούμενα ή Ίχνο-οδηγούμενα Μοντέλα Προσομοίωσης: Σε ένα αυτό-οδηγούμενο (self-driven) μοντέλο, υπάρχει μία εσωτερική πηγή τυχαίων αριθμών. Οι τυχαίοι αριθμοί οδηγούν τα τμήματα του μοντέλου, δηλαδή χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό των στιγμών εμφανίσεων των γεγονότων του συστήματος. Το βασικό χαρακτηριστικό του αυτο-οδηγούμενου μοντέλου είναι ότι αποτελεί ένα αυτόνομο μοντέλο το οποίο δεν χρειάζεται εξωτερικές εισόδους (inputs) για να λειτουργήσει. Αντίθετα, ένα ίχνο-οδηγούμενο (trace-driven) μοντέλο καθοδηγείται από ακολουθίες εισόδου που προέρχονται από δεδομένα (trace data) που έχουν δημιουργηθεί από τη λειτουργία ενός πραγματικού συστήματος. Τέτοια δεδομένα μπορούν να παραχθούν στα περισσότερα υπολογιστικά συστήματα που διαθέτουν ενσωματωμένα προγράμματα ιχνηλάτησης (tracing programs) που παρακολουθούν και καταγράφουν τις δραστηριότητες του συστήματος. Τα ίχνο-οδηγούμενα μοντέλα έχουν ορισμένα πλεονεκτήματα, όπως το γεγονός ότι αποφεύγονται οι δυσκολίες της πιθανοτικής ανάλυσης που χρειάζεται για τη χρήση κατανομών στην περιγραφή των εισόδων του μοντέλου και επίσης το γεγονός ότι τα μοντέλα αυτά είναι εύκολο να επιβεβαιωθούν. Το πρόβλημα με τα ίχνο-οδηγούμενα μοντέλα είναι το μικρό εύρος εφαρμογών που μπορούν να αντιμετωπίσουν. Οι εφαρμογές αυτές πρακτικά περιορίζονται σε υπολογιστικά συστήματα και μάλιστα μόνο για τη μελέτη μετατροπών σε ένα σύστημα που ήδη λειτουργεί.

Συνεχή ή Διακριτά Μοντέλα Προσομοίωσης: Ένα διακριτό μοντέλο δεν χρησιμοποιείται μόνο για την αναπαράσταση ενός διακριτού συστήματος και ένα διακριτό σύστημα δεν αναπαριστάται μόνο από ένα διακριτό μοντέλο προσομοίωσης. Η απόφαση για τη χρήση ενός διακριτού ή ενός συνεχούς μοντέλου για ένα συγκεκριμένο σύστημα, εξαρτάται από τους ιδιαίτερους στόχους της μελέτης. Για παράδειγμα, ένα μοντέλο της ροής πακέτων δεδομένων σε ένα WAN, θα είναι διακριτό εάν μας ενδιαφέρουν τα χαρακτηριστικά και η κίνηση των επιμέρους πακέτων και κατά συνέπεια των επιμέρους χρηστών. Αντίθετα, αν μας ενδιαφέρει μόνο η συνολική κίνηση, η ροή των πακέτων θα

μπορούσε ίσως να περιγραφεί με διαφορικές εξισώσεις σε ένα συνεχές μοντέλο.

1.4 Πλεονεκτήματα, Μειονεκτήματα και Δυσκολίες της Προσομοίωσης

Η προσομοίωση είναι μια ευρέως χρησιμοποιούμενη και συνεχώς πιο δημοφιλής μέθοδος για τη μελέτη πολύπλοκων συστημάτων. Έχει φυσικά τα πλεονεκτήματα, τα μειονεκτήματά της, αλλά και υπάρχουν πολλές αιτίες εξ αιτίας των οποίων ορισμένες προσομοιώσεις δεν καταλήγουν στο επιθυμητό αποτέλεσμα. Ορισμένα πιθανά πλεονεκτήματα της χρήσης της μεθόδου της προσομοίωσης είναι τα παρακάτω : (πηγή Banks, J., Carson, J. S., Nelson, B. L. and Nicol, D.M. (2001) Discrete Event System Simulation)

- Τα περισσότερα σύνθετα συστήματα του πραγματικού κόσμου με "τυχαίες" παραμέτρους, δεν μπορούν να περιγραφούν ικανοποιητικά με κάποιο μαθηματικό μοντέλο που μπορεί να λυθεί αναλυτικά. Έτσι, η προσομοίωση είναι συχνά η μόνη διαθέσιμη μέθοδος μελέτης.
- Η προσομοίωση επιτρέπει την εκτίμηση της απόδοσης ενός υπάρχοντος συστήματος, κάτω από κάποιο προβλεπόμενο σύνολο λειτουργικών συνθηκών.
- Μπορούν να συγκριθούν μέσω της προσομοίωσης, εναλλακτικές προτεινόμενες σχεδιάσεις ή εναλλακτικές πολιτικές λειτουργίας του συστήματος, ώστε να προσδιορισθεί η βέλτιστη λύση που ικανοποιεί τις προδιαγραφές που έχουν ορισθεί.
- Σε ένα μοντέλο προσομοίωσης μπορούμε να έχουμε καλύτερο έλεγχο στις συνθήκες των πειραμάτων, σε σχέση με πιθανό πειραματισμό με το πραγματικό σύστημα.
- Η προσομοίωση επιτρέπει τη μελέτη ενός συστήματος που έχει μακρόχρονη εξέλιξη (π.χ. ένα οικονομικό σύστημα), σε πολύ

μικρότερο χρόνο, ή τη μελέτη της λεπτομέρειάς του σε περισσότερο χρόνο.

- Είναι μια μέθοδος οικονομική, αφού είναι δυνατό να υλοποιηθεί πλέον σε μικρούς υπολογιστές με τη χρήση γλωσσών προγραμματισμού γενικού σκοπού όπως η C, η Pascal και η BASIC.
- Η προσομοίωση μπορεί να υλοποιηθεί από μηχανικούς που δεν είναι απαραίτητο να έχουν εκτεταμένες μαθηματικές γνώσεις, παρά μόνο τη δυνατότητα να κατανοούν βασικές έννοιες στατιστικής και να μπορούν να εφαρμόζουν ήδη έτοιμα μαθηματικά εργαλεία.

Ορισμένα μειονεκτήματα της προσομοίωσης είναι τα παρακάτω:

- Κάθε εκτέλεση ενός μοντέλου προσομοίωσης διακριτών γεγονότων παράγει μόνο εκτιμήσεις των πραγματικών χαρακτηριστικών του μοντέλου, για ένα συγκεκριμένο σύνολο παραμέτρων εισόδου. Έτσι, είναι πιθανό να χρειασθούν πολλές διαφορετικές ανεξάρτητες εκτελέσεις του μοντέλου για κάθε σύνολο παραμέτρων εισόδου που θα μελετηθεί. Για το λόγο αυτό, η προσομοίωση δεν είναι γενικά τόσο καλή μέθοδος για βελτιστοποίηση, όσο είναι για τη σύγκριση εναλλακτικών σχεδιαστικών λύσεων του συστήματος.
- Τα μοντέλα προσομοίωσης συχνά απαιτούν πολύ χρόνο και πόρους για να αναπτυχθούν.
- Ο μεγάλος όγκος αριθμών που παράγονται από μία μελέτη προσομοίωσης ή η εντύπωση που δημιουργούν οι τυχόν γραφικές αναπαραστάσεις των αποτελεσμάτων της, συχνά ενισχύουν μία τάση να δίνεται μεγαλύτερη εμπιστοσύνη στα αποτελέσματα αυτά από όσο πρέπει. Αν το μοντέλο δεν είναι μία αρκετά έγκυρη αναπαράσταση του συστήματος, τα αποτελέσματα της προσομοίωσης, ανεξάρτητα του πόσο εντυπωσιακά είναι, θα

προσθέσουν λίγη χρήσιμη πληροφορία για το πραγματικό σύστημα.

Από τη στιγμή που έχει ληφθεί η απόφαση να χρησιμοποιηθεί προσομοίωση για τη μελέτη ενός συστήματος, έχει παρατηρηθεί ότι μπορούν να εμφανισθούν αρκετά προβλήματα στην πορεία υλοποίησης ενός επιτυχημένου προσομοιωτή:

- Όχι καλά ορισμένοι στόχοι κατά την έναρξη της μελέτης.
- Ακατάλληλο επίπεδο λεπτομέρειας του μοντέλου.
- Χειρισμός της μελέτης με προσομοίωση, σαν να ήταν βασικά μία δύσκολη άσκηση προγραμματισμού.
- Έλλειψη στοιχειωδών γνώσεων Επιχειρησιακής Έρευνας και Στατιστικής.
- Χρήση εμπορικών πακέτων προσομοιωτών που μπορεί να περιέχουν λάθη ή να μην υλοποιούν τη λογική του συστήματος.
- Αποτυχία στη σωστή καταγραφή των πηγών τυχαιότητας του συστήματος.
- Χρήση αυθαίρετων κατανομών (π.χ. κανονική ή ομοιόμορφη) για την περιγραφή των εισόδων του προσομοιωτή.
- Ανάλυση των δεδομένων εξόδου από μία εκτέλεση του προσομοιωτή, με τη χρήση στατιστικών τύπων που προϋποθέτουν ανεξαρτησία.
- Χρήση λανθασμένων μέτρων απόδοσης.

1.5 Ο Μηχανισμός Εξέλιξης του Χρόνου

Λόγω του δυναμικού χαρακτήρα των μοντέλων προσομοίωσης διακριτών γεγονότων, πρέπει να έχουμε τη δυνατότητα αποθήκευσης της τρέχουσας τιμής του προσομοιωμένου χρόνου, ενώ χρειαζόμαστε και ένα μηχανισμό αύξησής του από μία τιμή σε μία άλλη. Η μεταβλητή του μοντέλου προσομοίωσης που μας δίνει την τρέχουσα τιμή του χρόνου, ονομάζεται ρολόι προσομοίωσης (simulation clock). Η μονάδα χρόνου που χρησιμοποιεί το ρολόι είναι συνήθως η ίδια με αυτή που χρησιμοποιούν οι παράμετροι εισόδου, ενώ γενικά δεν υπάρχει σχέση του χρόνου που καταγράφει το ρολόι, με το χρόνο που απαιτείται για την εκτέλεση του προσομοιωτή στον υπολογιστή.

Ιστορικά έχουν επικρατήσει δύο βασικές μέθοδοι για την εξέλιξη του ρολογιού προσομοίωσης: Η Εξέλιξη με βάση το Χρόνο του Επομένου Γεγονότος (next-event time advance) και η Εξέλιξη Σταθερής Αύξησης του Χρόνου (fixed-increment time advance).

Στη μέθοδο εξέλιξης με βάση το χρόνο του επομένου γεγονότος, το ρολόι προσομοίωσης αρχικοποιείται στο μηδέν και καθορίζονται οι στιγμές εμφάνισης των μελλοντικών γεγονότων. Το ρολόι τότε αυξάνει στο χρόνο εμφάνισης του πιο κοντινού στο μέλλον, από τα γεγονότα αυτά. Τη στιγμή αυτή η κατάσταση του συστήματος ενημερώνεται ώστε να πάρει υπ' όψη της το γεγονός που εμφανίστηκε, ενώ ενημερώνεται επίσης η γνώση μας για τις χρονικές στιγμές εμφάνισης των μελλοντικών γεγονότων. Στη συνέχεια, το ρολόι αυξάνει ώστε να δείχνει τη στιγμή εμφάνισης του νέου πιο κοντινού στο μέλλον γεγονότος, η κατάσταση του συστήματος ενημερώνεται, καθορίζονται οι χρονικές στιγμές εμφάνισης των μελλοντικών γεγονότων κ.ο.κ. Η διαδικασία αυτή εξέλιξης του ρολογιού προσομοίωσης από το ένα γεγονός στο άλλο, συνεχίζεται μέχρι να ικανοποιηθεί κάποια προκαθορισμένη συνθήκη τερματισμού της προσομοίωσης. Αφού όλες οι αλλαγές κατάστασης γίνονται μόνο στις χρονικές στιγμές εμφάνισης των γεγονότων, οι ενδιάμεσες ανενεργοί περίοδοι δεν λαμβάνονται υπ' όψη και το ρολόι μετακινείται αυτόματα στη στιγμή εμφάνισης του επομένου γεγονότος. Όσον δε αφορά τη μέθοδο εξέλιξης σταθερής αύξησης του χρόνου, το ρολόι προσομοίωσης εξελίσσεται με σταθερές αυξήσεις ακριβώς μονάδων χρόνου κάθε φορά. Μετά από κάθε ενημέρωση του ρολογιού, γίνεται ένας έλεγχος για να εξακριβωθεί εάν θα έπρεπε να έχουν

εμφανισθεί κάποια γεγονότα κατά το προηγούμενο χρονικό διάστημα . Αν εμφανίσθηκαν γεγονότα στο διάστημα αυτό, θεωρούμε ότι αυτά εμφανίζονται στο τέλος του χρονικού διαστήματος και η κατάσταση του συστήματος ενημερώνεται κατάλληλα. (πηγή Khoshnevis, B. (1998) Προσομοίωση Διακριτών Συστημάτων)

1.6 Οργάνωση ενός Μοντέλου Προσομοίωσης Διακριτών Γεγονότων

Τα περισσότερα μοντέλα προσομοίωσης διακριτών γεγονότων που χρησιμοποιούν τη μέθοδο εξέλιξης με βάση το χρόνο του επομένου γεγονότος, περιλαμβάνουν τα παρακάτω τμήματα:(πηγή Law, A.M. and Kelton, W.D. (2000) Simulation Modelling and Analysis, 3rd Edition)

- **Κατάσταση Συστήματος (system state)**: Η συλλογή των μεταβλητών κατάστασης που είναι απαραίτητες για την περιγραφή του συστήματος σε μία χρονική στιγμή.
- **Ρολόι Προσομοίωσης (simulation clock)**: Μία μεταβλητή που περιέχει την τρέχουσα τιμή του προσομοιωμένου χρόνου.
- **Λίστα Γεγονότων (event list)**: Μία λίστα που περιέχει την επόμενη χρονική στιγμή εμφάνισης κάθε τύπου γεγονότος.
- **Μετρητές Στατιστικών (statistical counters)**: Μεταβλητές που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση στατιστικών μετρήσεων της απόδοσης του συστήματος.
- **Ρουτίνα Αρχικοποίησης (initialization routine)**: Ένα υποπρόγραμμα που αρχικοποιεί το μοντέλο προσομοίωσης τη χρονική στιγμή μηδέν.
- **Ρουτίνα Χρονισμού (timing routine)**: Ένα υποπρόγραμμα που αναγνωρίζει το επόμενο γεγονός από τη λίστα γεγονότων και ακολούθως αυξάνει το ρολόι προσομοίωσης στη χρονική στιγμή που το γεγονός αυτό θα εμφανισθεί.

- **Ρουτίνες Γεγονότων (event routines):** Υποπρογράμματα που ενημερώνουν την κατάσταση συστήματος όταν εμφανίζεται ένα συγκεκριμένο είδος γεγονότος (υπάρχει μία τέτοια ρουτίνα για κάθε είδος γεγονότος).
- **Ρουτίνες Βιβλιοθήκης (library routines):** Σύνολο υποπρογραμμάτων που δημιουργούν τυχαίες εμφανίσεις τιμών από πιθανοτικές κατανομές, που έχουν ορισθεί ως μέρος του μοντέλου προσομοίωσης.
- **Γεννήτρια Αναφορών (report generator):** Υποπρόγραμμα που υπολογίζει εκτιμήσεις των επιθυμητών μέτρων απόδοσης από τους μετρητές στατιστικών και παράγει αναφορές όταν τελειώσει η εκτέλεση του προσομοιωτή.
- **Κυρίως Πρόγραμμα (main program):** Το πρόγραμμα που καλεί τη ρουτίνα χρονισμού για να καθοριστεί το επόμενο γεγονός και μετά μεταφέρει τον έλεγχο στην αντίστοιχη ρουτίνα γεγονότος για να ενημερωθεί κατάλληλα η κατάσταση του συστήματος. Ελέγχει επίσης αν πρέπει να τερματισθεί η προσομοίωση και καλεί τότε τη γεννήτρια αναφορών.

1.7 Κατασκευή μοντέλων προσομοίωσης

Η κατασκευή μοντέλων προσομοίωσης είναι μία δύσκολη τεχνική γιατί πρέπει να εξισορροπήσει αντίθετους παράγοντες. Αφενός το μοντέλο θα πρέπει να είναι αρκετά απλό, έτσι ώστε να μπορεί να κατασκευασθεί και να μελετηθεί, αφετέρου θα πρέπει να είναι αρκετά πολύπλοκο, έτσι ώστε να αντιπροσωπεύει όσο πιο πιστά γίνεται το σύστημα που πρόκειται να μελετηθεί.

Η ισορροπία αυτή μπορεί να επιτευχθεί με προσεκτική ανάλυση του μοντέλου. Αν το μοντέλο που έχει κατασκευασθεί είναι απλό και κατανοητό, τότε μπορεί να εμπλουτισθεί. Αντίθετα, αν το μοντέλο είναι πολύπλοκο και δυσνόητο, μπορεί να απλοποιηθεί. Σε κάθε περίπτωση

χρησιμοποιούνται οι εξής πέντε κανόνες εμπλουτισμού ή απλοποίησης του μοντέλου:

- Αν το μοντέλο είναι απλό, ορισμένες σταθερές μετατρέπονται σε μεταβλητές ώστε να γίνει πολύπλοκο. Αντίθετα αν το μοντέλο είναι πολύπλοκο, ορισμένες μεταβλητές μετατρέπονται σε σταθερές.
- Η εξάλειψη ή συνένωση μεταβλητών απλοποιεί το μοντέλο, ενώ αντίθετα η προσθήκη μεταβλητών το εμπλουτίζει.
- Επειδή τα γραμμικά μοντέλα είναι γενικώς απλούστερα των μη γραμμικών, η παραδοχή γραμμικότητας του συστήματος απλοποιεί το μοντέλο, ενώ αντίθετα η παραδοχή μη γραμμικότητας το εμπλουτίζει.
- Η προσθήκη ισχυρότερων υποθέσεων και περιορισμών απλοποιεί το μοντέλο.
- Τέλος, ο περιορισμός των ορίων του συστήματος οδηγεί σε απλούστερο μοντέλο, ενώ η επέκτασή τους οδηγεί σε πιο πολύπλοκο μοντέλο

1.8 Κριτήρια καλού μοντέλου

Ένα καλό μοντέλο όχι μόνο αντιπροσωπεύει πιστότερα το σύστημα από ένα κακό, αλλά βοηθά περισσότερο τόσο στην κατανόηση των λειτουργιών του συστήματος, όσο και στην ανάλυση των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης. Υπάρχουν διάφορα κριτήρια που επιτρέπουν την αναγνώριση ενός καλού μοντέλου και τα οποία βοηθούν στην κατασκευή του: (πηγή Law, A.M. and Kelton, W.D. (2000) Simulation Modelling and Analysis, 3rd Edition)

- Γενικώς, τα καλά μοντέλα είναι εύκολα στην κατανόηση από τον χρήστη και προσανατολίζονται προς τους συγκεκριμένους σκοπούς ή στόχους που έχουν τεθεί. Επιπλέον, είναι ισχυρά με την έννοια ότι δεν δίνουν περίεργες και δυσνόητες απαντήσεις.

- Οι χρήστες ελέγχουν και μεταβάλλουν ευκολότερα ένα καλό μοντέλο παρά ένα κακό. Είναι δηλαδή πολύ πιο εύκολο για τους χρήστες να επικοινωνήσουν με ένα καλό μοντέλο. Η προσαρμοστικότητα του μοντέλου είναι επομένως ένα σημαντικό στοιχείο ποιότητας του μοντέλου. Για τα καλά μοντέλα υπάρχουν εύκολες και ακριβείς διαδικασίες τροποποίησης ή ενημέρωσής τους.
- Τέλος, χαρακτηριστικό των καλών μοντέλων είναι η δυνατότητα εξέλιξής τους. Ξεκινούν δηλαδή από μια απλή μορφή και εξελίσσονται σε μια πιο πολύπλοκη, ανάλογα με τη λεπτομέρεια που θέλει να μελετήσει ο χρήστης.

1.9 Φάσεις της προσομοίωσης

Η διαδικασία της προσομοίωσης αποτελείται από τρεις διακριτές φάσεις:

1. την κατασκευή του μοντέλου προσομοίωσης,
2. την εκτέλεση ή τρέξιμο του μοντέλου
3. την ανάλυση των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης.

Η κατασκευή του μοντέλου αποτελεί ίσως το πιο σημαντικό βήμα για την προσομοίωση του συστήματος, επειδή η ποιότητα και αξιοπιστία του καθορίζουν και την αξιοπιστία της προσομοίωσης. Τα μοντέλα συνεχών συστημάτων λύνονται συνήθως με αναλυτικές μεθόδους, ενώ για τα διακριτά συστήματα χρησιμοποιείται συνήθως η προσομοίωση. Θα πρέπει να σημειώσουμε ότι ο χρόνος που χρησιμοποιείται κατά την προσομοίωση αποτελεί μοντελοποίηση του χρόνου του συστήματος. Επομένως, ο προσομοιούμενος χρόνος δεν έχει καμία σχέση με τον πραγματικό χρόνο που παρέρχεται όταν εκτελείται η προσομοίωση.

1.10 Απαιτήσεις για τα μοντέλα προσομοίωσης

Σε γενικές γραμμές, τα μοντέλα προσομοίωσης αποτελούνται από ένα σύστημα λογισμικού και ένα μοντέλο. Είναι σημαντικό να γίνει διάκριση μεταξύ του λογισμικού και του μοντέλου:

- Το λογισμικό είναι αυτό με το οποίο θα αναπτυχθούν οι υπολογισμοί της προσομοίωσης
- Το μοντέλο έχει πολλές συνιστώσες
 - το εννοιολογικό μοντέλο που αποτελεί την συμφωνημένη αναπαράσταση για το πώς λειτουργεί το σύστημα
 - το μοντέλο που αποτελεί την κωδικοποιημένη αναπαράσταση του εννοιολογικού μοντέλου που "χτίστηκε" από την χρήση του λογισμικού
 - τα στοιχεία του μοντέλου τα οποία μπορούν να εγγραφούν απ'ευθείας στο λογισμικό μέσω μιας βάσης δεδομένων ή υπολογιστικού φύλλου

Απαιτήσεις για το λογισμικό προσομοίωσης

Οι απαιτήσεις για το λογισμικό περιλαμβάνουν:

- Διαφάνεια η οποία επιτρέπει σε ένα χρήστη ή αναθεωρητή ενός μοντέλου, χρησιμοποιώντας το λογισμικό, να κατανοήσει πλήρως την λειτουργία του.
- Προσβασιμότητα πράγμα που σημαίνει ότι το λογισμικό τρέχει σε μια άμεσα διαθέσιμη πλατφόρμα πληροφορικής (π.χ Microsoft Windows) και είναι διαθέσιμο σε λογικές τιμές.
- Ευελιξία πράγμα που σημαίνει ότι το λογισμικό μπορεί να υποστηρίξει μοντέλα πολλών ειδών συστημάτων π.χ σε συνδιασμό με οικονομικά, περιβαλλοντολογικά και διοικητικά θέματα σε μια ενιαία προσομοίωση
- Δυνατότητες επέκτασης που σημαίνει ότι το λογισμικό μπορεί να ενσωματώσει στοιχεία του μοντέλου που έχουν δοθεί από τον χρήστη
- Διασφάλιση της ποιότητας (επαλήθευση) η οποία παρέχει την εμπιστοσύνη ότι το λογισμικό θα προσφέρει τις σωστές απαντήσεις

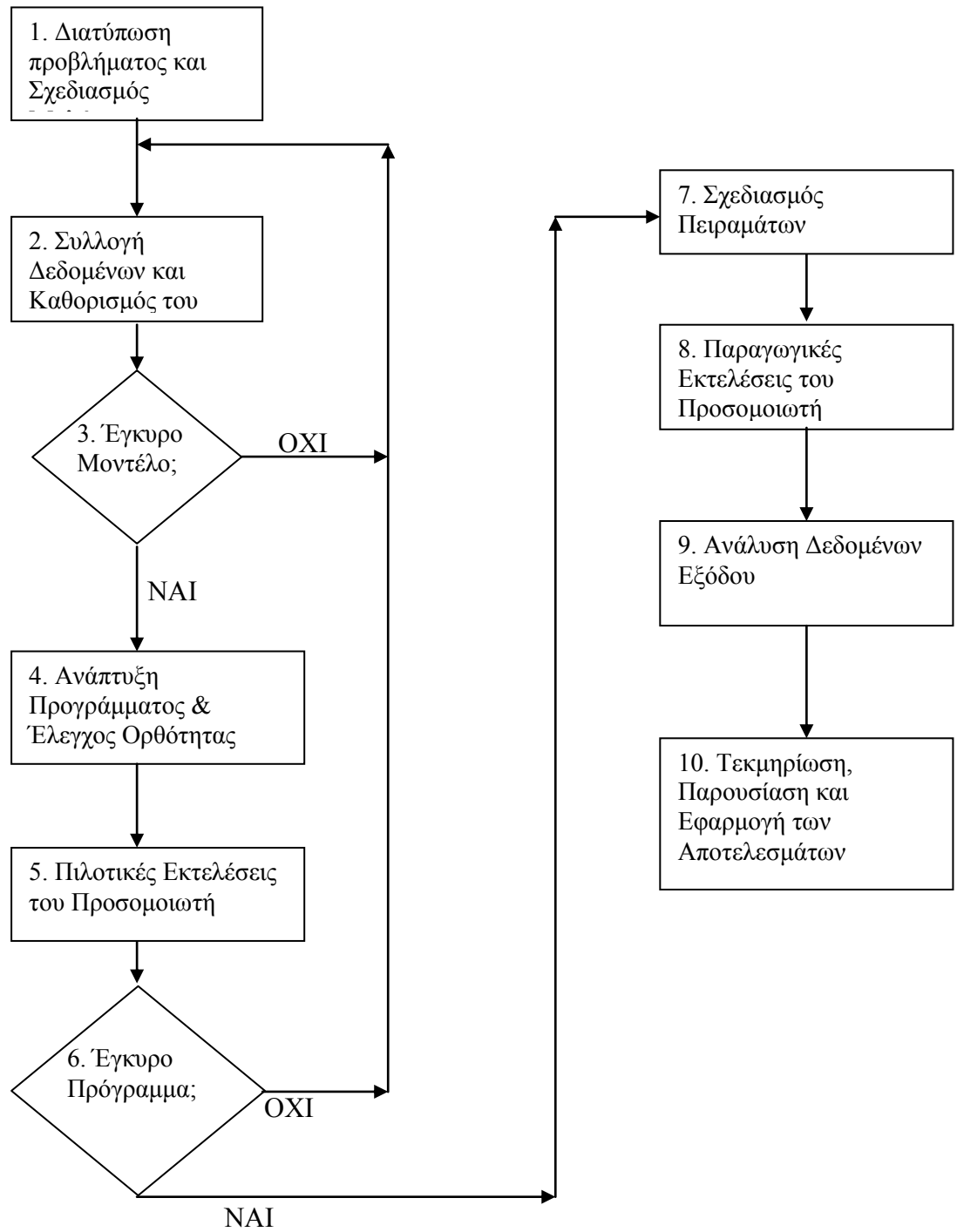
- Δυνατότητα για διακριτή και / ή συνεχή προσομοίωση δηλαδή να ασχοληθεί με τα στοιχεία του μοντέλου που εξελίσσονται συνεχώς με την πάροδο του χρόνου ή / και παρελκόμενα που εξελίσσονται σε διακριτά στάδια ανάλογα με τις απαιτήσεις είτε συνεχούς, διακριτής ή συνδιασμένης συνεχούς/διακριτής προσομοίωσης.
- Αποδοτικότητα έτσι ώστε να μπορούν να πραγματοποιηθούν έγκαιρα προσομοιώσεις χωρίς υπερβολικές επενδύσεις σε hardware.

Απαιτήσεις για τα μοντέλα προσομοίωσης

Οι απαιτήσεις για το ίδιο το μοντέλο είναι διαφορετικές από εκείνες για το λογισμικό και περιλαμβάνουν:

- Ιχνηλασιμότητα δηλαδή οι υποθέσεις μοντέλου και τα στοιχεία που προέρχονται από καλά τεκμηριωμένες διαδικασίες με κατάλληλο έλεγχο της ποιότητας.
- Διαφάνεια πράγμα που σημαίνει ότι το σύνολο του μοντέλου είναι τεκμηριωμένο και κατανοητό από όλα τα μέρη.
- Αξιοπιστία πράγμα που σημαίνει ότι η ανάπτυξη του εννοιολογικού μοντέλου και τα υποστηριζόμενα δεδομένα έχουν εξετασθεί από τεχνικά καταρτισμένους κριτές και έχουν γίνει αποδεκτά από όλους τους ενδιαφερόμενους.
- Έλεγχος της ποιότητας που σημαίνει ότι το μοντέλο και τα στοιχεία που υλοποιούνται με χρήση του λογισμικού έχουν αναπτυχθεί και επανεξεταστεί με κατάλληλους ελέγχους της ποιότητας, προκειμένου να διασφαλιστεί ότι το μοντέλο που δημιουργήθηκε είναι το μοντέλο που προοριζόταν. (πηγή Law, A.M. and Kelton, W.D. (2000) Simulation Modelling and Analysis, 3rd Edition)

1.11 Βήματα μιας μελέτης με προσομοίωση



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Γενικά Στοιχεία για την Διαχείριση Απορριμμάτων

2.1 Ιστορική αναδρομή

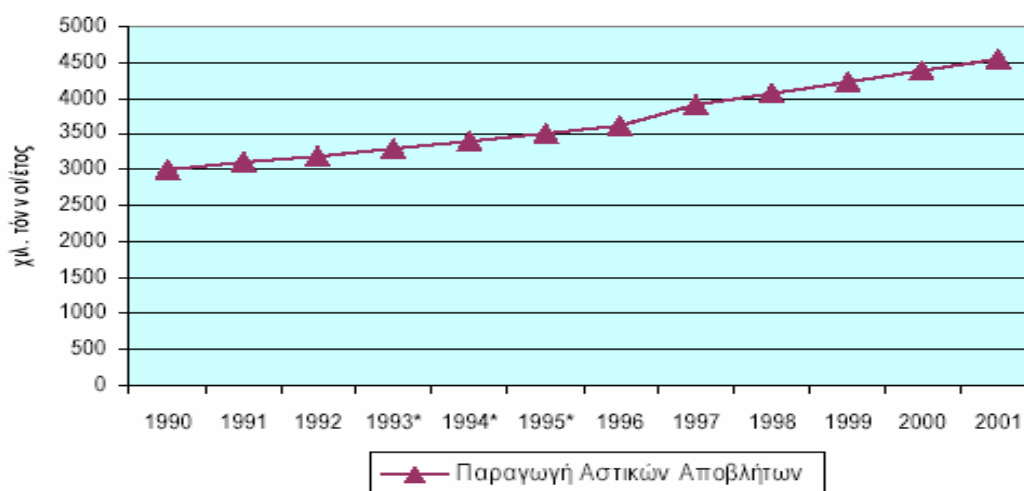
Κατά την πάροδο των αιώνων διαφορετικοί πολιτισμοί εφάρμοσαν διαφορετικές μεθοδολογίες στη διαχείριση των απορριμμάτων τους. Ο νεολιθικός άνθρωπος έθαβε τα απορρίμματά του σε επιφανειακούς λάκκους. Οι Ρωμαίοι με τα πολύ καλά οργανωμένα συστημένα διοίκησης στις πόλεις τους, αποδεικνύουν ότι είχαν αντιληφθεί τη σπουδαιότητά της μεταφοράς των αποβλήτων (υγρών και στερεών) μακριά από αυτές, καθώς επίσης είχαν αναγνωρίσει την αξία των προϊόντων επεξεργασίας των αποβλήτων, όπως είναι το λίπασμα.

Τα απόβλητα των σύγχρονων ανθρώπινων κοινωνιών καταλήγουν σε τρεις κυρίως αποδέκτες :την ατμόσφαιρα, τα υδάτινα αποθέματα και το έδαφος. Εκτός από την αύξηση του πληθυσμού, στην παγκόσμια όξυνση του προβλήματος της διόγκωσης της παραγωγής των στερεών αποβλήτων έχουν συντελέσει και άλλοι παράγοντες όπως ο σχεδιασμός των προϊόντων, η αύξηση του πραγματικού εισοδήματος και οι σύγχρονες τεχνικές μάρκετινγκ και διαφήμισης, οι οποίες έχουν σαν στόχο τη μεγιστοποίηση της αγοράς καταναλωτικών αγαθών. Συγκεκριμένα η παραγωγή προϊόντων χαμηλού κόστους με σύντομη ημερομηνία λήξεως, έχει ως αποτέλεσμα να αποτελεί σήμερα τρόπο ζωής η κατανάλωση των αγαθών και πολλοί άνθρωποι να εκφράζονται μέσα από την αντίληψη "Καταναλώνω άρα ζω". Οι αλλαγές στο επίπεδο κατανάλωσης συνδέονται με ευρύτερες αλλαγές στον τρόπο ζωής, όπως είναι η διαρκής αναζήτηση ανέσεων, το κυνήγι του χρόνου, η περιφρόνηση των παλαιών συνηθειών, η άνοδος του βιοτικού επιπέδου και των αγοραστικών δυνατοτήτων. Όλες αυτές οι αλλαγές στον τρόπο ζωής και κατανάλωσης έχουν πολλές και δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον, όπως την ταχύτατη μείωση των φυσικών πόρων, τη μεγάλη σπατάλη ενέργειας, την αλλαγή στη χρήση γης, τις ρυπογόνες εκπομπές στον αέρα, το νερό και το έδαφος και την παραγωγή απορριμμάτων πάσης φύσεως με όλο και πιο σύνθετη χημική σύσταση. Η στάση του καταναλωτή επιδρά καθοριστικά στην παραγωγή των σκουπιδιών με δύο κύριους παράγοντες:

- α) Την ποσότητα των προϊόντων που αγοράζει
- β) Τον τύπο των προϊόντων.(πηγή <http://lhtee.meng.auth.gr>)

2.2 Εξέλιξη της παραγωγής αστικών απορριμμάτων

Για τη μελέτη της εξέλιξης της παραγωγής αστικών απορριμμάτων ορίζεται ένας δείκτης ο οποίος αποτυπώνει τη συνολική ποσότητα στερεών απορριμμάτων που παράγεται ετησίως στο σύνολο της χώρας από τον οικιακό τομέα, τα εμπορικά καταστήματα και άλλες δραστηριότητες του τριτογενούς τομέα (βιομηχανίες, βιοτεχνίες κτλ) παρέχοντας ένα βασικό ποσοτικό μέτρο της περιβαλλοντικής πίεσης που συνδέεται με την απόρριψη στερεών -μη βιομηχανικών ή επικίνδυνων-αποβλήτων. Η ποσότητα των αστικών απορριμμάτων έχει φθάσει το 2001 στους 4.5 εκ. τόνους ετησίως έχοντας αυξηθεί κατά 50% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990, ποσοστό διπλάσιο περίπου της αύξησης του ΑΕΠ την ίδια περίοδο. Συμπεραίνεται ότι η βελτίωση του βιοτικού επιπέδου και η αλλαγή των καταναλωτικών προτύπων κατανάλωσης οδηγεί στην παραγωγή όλο και μεγαλύτερων ποσοτήτων αστικών απορριμμάτων



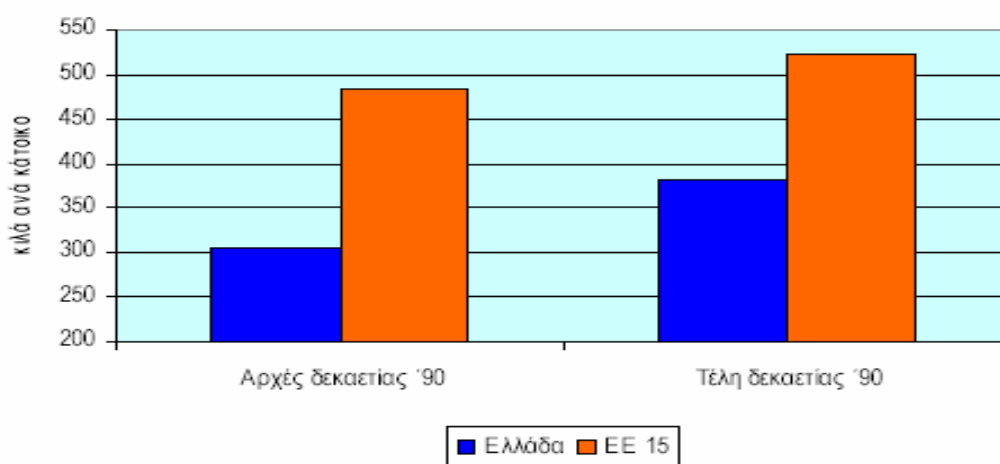
Πίνακας 1. εξέλιξη της παραγωγής Αστικών Αποβλήτων στην Ελλάδα

Πηγή: ΕΚΠΙΑΑ (Εθνικό Κέντρο Περιβάλλοντος και Αειφόρου Ανάπτυξης)

2.3 Κατά κεφαλήν παραγωγή αστικών απορριμμάτων

Ο λόγος της παραγόμενης ποσότητας αστικών απορριμμάτων προς τον πληθυσμό της χώρας σε μία δεδομένη χρονική στιγμή παρέχει ένα μέτρο της μέσης απορριπτόμενης ποσότητας που είναι άμεσα συγκρίσιμο με

δεδομένα άλλων χωρών. Από τη σύγκριση της εξέλιξης των τιμών του δείκτη αυτού, μεταξύ Ελλάδας και Ε.Ε. γίνεται εφικτή η αξιολόγηση της σχετικής σοβαρότητας του προβλήματος στη χώρα μας και η εκτίμηση της αναμενόμενης τάσης μεταβολής του στο μέλλον. Οι χρονικές στιγμές υπολογισμού του δείκτη διαφοροποιούνται κατά 1-2 έτη, καθώς δεν υπάρχουν διαθέσιμες πλήρεις τιμές ανά έτος για την Ελλάδα και το σύνολο της Ε.Ε. Παρά την ταχύτητα αύξησης της ποσότητας των απορριμμάτων στην Ελλάδα, διατηρείται μία σημαντική διαφορά σε σχέση με το μέσο όρο της Ε.Ε., αντανακλώντας διαφορές βιοτικού επιπέδου και προτύπων κατανάλωσης. Ειδικότερα, στα τέλη της προηγούμενης δεκαετίας η μέση παραγωγή απορριμμάτων στη χώρα μας ήταν κατά 27% χαμηλότερη από τον ευρωπαϊκό μέσο όρο Έτσι, υπάρχει η ανάγκη αποσύνδεσης της βελτίωσης του βιοτικού επιπέδου από την παραγωγή αστικών απορριμμάτων, έτσι ώστε να ανακοπεί η τάση εξίσωσης με τον κοινοτικό μέσο όρο



Πίνακας 2.Η παραγωγή ΑΣΑ στην Ελλάδα και την Ε.Ε.

Πηγή: ΕΚΠΑΑ

2.4 Αναγνώριση του προβλήματος

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται σήμερα διακρίνονται σε βιοαποικοδομήσιμα και μη βιοαποικοδομήσιμα ή βιοδιασπώμενα και μη βιοδιασπώμενα, ανάλογα με το αν μέσω των φυσικών διαδρομών και διαδικασιών διασπώνται ή όχι σε απλά συστατικά και επιστρέφουν στο έδαφος (σε ανόργανη μορφή) ώστε να επαναχρησιμοποιηθούν. Μέχρι πριν λίγες δεκαετίες τα κυριότερα απορρίμματα του ανθρώπου ήταν τα

περιττώματα, τα υπολείμματα τροφών, τα υπολείμματα ενδυμασίας και υπόδησης, κατεστραμμένα εργαλεία και χαρτιά. Όλα αυτά διασπώνται εύκολα, καθώς προέρχονται από τη φύση, μέσω φυσικών και βιολογικών διεργασιών. Μετά το 2ο Παγκόσμιο Πόλεμο, με την πρόοδο της τεχνολογίας, έχουν παραχθεί πολλές συνθετικές ουσίες. Λόγω του ότι οι ουσίες αυτές είναι άγνωστες στη φύση, αυτή δεν διαθέτει μηχανισμούς για να τις αποδομεί και να τις αδρανοποιεί. Μερικά από αυτά τα προϊόντα είναι τα συνθετικά πλαστικά, τα απορρυπαντικά, τα φυτοφάρμακα, τα εντομοκτόνα κ.λπ. Λαμβάνοντας υπόψιν ότι τα προϊόντα αυτά είναι μη βιοαποικοδομήσιμα, οπότε και δεν επιδέχονται φυσική διάσπαση, παραμένουν για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα αναλλοίωτα και συντελούν στην όξυνση της ρύπανσης. Είναι γνωστό σε όλους ότι χωρίς τις κατάλληλες παρεμβάσεις, τα απορρίμματα γίνονται εστίες αναπαραγωγής και συντήρησης για έντομα και τρωκτικά. Η παλαιά συνήθεια διατροφής χοίρων με ανεπεξέργαστα απορρίμματα έχει αποδειχθεί ότι σχετίζεται σαφώς με τη μετάδοση ασθενειών στον άνθρωπο, οπότε και έχει οδηγηθεί σε ουσιαστική διακοπή, τουλάχιστον στις βιομηχανικές χώρες. Επίσης, μελέτες έχουν δείξει ότι ένα μεγάλο ποσοστό εργαζόμενων που χειρίζονται τα απορρίμματα ή ανθρώπων που ζουν κοντά σε περιοχές διάθεσης αστικών στερεών απορριμμάτων (Α.Σ.Α.) είναι μολυσμένοι από γαστρεντερικά παράσιτα και άλλους παρόμοιους οργανισμούς. Τέλος, είναι βέβαιο ότι τα μολυσματικά έντομα και τα τρωκτικά μπορούν να μεταδώσουν παθογόνους παράγοντες στον παρακείμενο πληθυσμό. (Πηγή: ΕΚΠΑΑ)

2.5 Η έννοια και οι λειτουργίες της διαχείρισης απορριμμάτων

Η διαχείριση των απορριμμάτων περιλαμβάνει διάφορες επιμέρους λειτουργίες. Στη γενική περίπτωση, η σύνθετη έννοια της διαχείρισης των στερεών απορριμμάτων (Solid Waste Management), η οποία τα τελευταία χρόνια έχει καταστεί θέμα πρώτης προτεραιότητας στην Ε.Ε, περιλαμβάνει τη συλλογή, τη μεταφορά και την τελική διάθεση, ενώ σε πολλές περιπτώσεις παρεμβάλλεται και κάποια επεξεργασία, μεγαλύτερου ή μικρότερου βαθμού, με στόχο τη μείωση του όγκου ή την εξουδετέρωση των επιβλαβών υλικών ή ακόμη και την ανάκτηση χρήσιμων υλών ή ενέργειας. Η σωστά σχεδιασμένη διαχείριση έχει ως χαρακτηριστικό τη μείωση των εγγενών δυσμενών περιβαλλοντικών

συνεπειών σε αποδεκτά επίπεδα με το βέλτιστο οικονομικά τρόπο. Η ανεξέλεγκτη διάθεση των απορριμμάτων προκαλεί σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις στον αέρα και το έδαφος και ρύπανση επιφανειακών ή υπόγειων υδάτων. Η παράνομη απόρριψη σε λάκκους ή όχθες ποταμών δεν είναι σπάνια. Η σύγχρονη άποψη για τα θέματα διαχείρισης στερεών αποβλήτων δεν εξαντλείται στα θέματα της τελικής διάθεσης, αλλά αντιμετωπίζει τη διαχείριση μέσα από ένα ευρύτερο ολοκληρωμένο πλαίσιο και αποδίδει μεγαλύτερη σημασία στις παρακάτω δράσεις:(πηγή. Ενημερωτικό Δελτίο ΤΕΕ)

- πρόληψη δημιουργίας απορριμμάτων, μέσα από κατάλληλες παρεμβάσεις στα υλικά και την ίδια την παραγωγική διαδικασία
- μείωση της βλαπτικότητας
- ανακύκλωση-επαναχρησιμοποίηση
- ανάκτηση υλικών και ενέργειας, και
- ασφαλής διάθεση των υπολειμμάτων, ως ύστατη και αναπόφευκτη λύση με ελαχιστοποίηση των προβλημάτων για το περιβάλλον.

Πίνακας Λειτουργιών διαχείρισης στερεών απορριμμάτων

Συλλογή και μεταφορά
Αποθήκευση απορριμμάτων
Πρόληψη ή μείωση της παραγωγής απορριμμάτων
Βιολογική επεξεργασία
Ανάκτηση χρήσιμων υλικών και ενέργειας
Επαναχρησιμοποίηση υλικών
Ανακύκλωση υλικών
Θερμική επεξεργασία απορριμμάτων

Πίνακας 3.Λειτουργίες διαχείρισης στερεών απορριμμάτων

Είναι συνεπώς προφανής η ιδιαίτερη βαρύτητα που αποκτούν οι προσπάθειες ανάκτησης και ανακύκλωσης στερεών αποβλήτων, συνεισφέροντας όχι μόνο στην προστασία του περιβάλλοντος από την τελική απόθεσή τους, αλλά και στην εξοικονόμηση φυσικών πόρων και ενέργειας. Σήμερα πλέον η ολοκληρωμένη διαχείριση είναι ο βέλτιστος συνδυασμός των μεθόδων διαχείρισης απορριμμάτων, ώστε το τελικό σύστημα να είναι:

- περιβαλλοντικά αποτελεσματικό
- οικονομικά εφικτό
- κοινωνικά αποδεκτό.

2.6 Διαχείριση απορριμμάτων στην Ε.Ε και στην Ελλάδα

Ευρωπαϊκή Ένωση

Στις περισσότερες ανεπτυγμένες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ήδη από τη δεκαετία του 70 ή τις αρχές της δεκαετίας του 80, έχουν καθιερωθεί μέθοδοι διαχείρισης στερεών αποβλήτων που όχι μόνον διασφαλίζουν τη δημόσια υγεία αλλά και σε μεγάλο βαθμό αποτρέπουν τη ρύπανση του περιβάλλοντος. Οι προσπάθειες που έγιναν κινήθηκαν στα πλαίσια της λογικής της ασφαλούς διάθεσης ενός άχρηστου αλλά δυνητικά επικίνδυνου υλικού, κυρίως με την υγειονομική ταφή και δευτερευόντως με την καύση χωρίς ανάκτηση ενέργειας. Το καθεστώς αυτό διαχείρισης μπορεί να ονομασθεί "το καθιερωμένο" ή "παλαιό" καθεστώς. Ωστόσο, στις λιγότερο αναπτυγμένες χώρες της περιοχής, τέτοιες προσπάθειες είτε ξεκίνησαν σχετικά πρόσφατα και συνεχίζονται (π.χ. Ιταλία) ή μόλις τώρα ξεκινούν (π.χ. Ελλάδα). Από τις αρχές της δεκαετίας του 90, άρχισε να προβάλλεται μια καινούργια λογική διαχείρισης, που εναρμονίζεται με την έννοια της βιώσιμης ανάπτυξης και δίνει προτεραιότητα στην ελαχιστοποίηση της παραγωγής, κυρίως όμως στη θεώρηση των απορριμμάτων ως αξιοποιήσιμου υλικού. Ο βαθμός και τρόπος ανταπόκρισης των επί μέρους χωρών σ' αυτές τις νέες αντιλήψεις εμφανίζει σημαντικές διαφορές. Σε χώρες όπως η Γερμανία και η Ολλανδία, υπό την επίδραση ισχυρών οικολογικών κινημάτων, η υιοθέτηση της νέας διαχειριστικής λογικής γίνεται με γρήγορο ρυθμό και με μεγαλύτερη πίστη στο όραμα και στις βασικές οικολογικές αρχές που την στηρίζουν. Το "νέο" καθεστώς, που τείνει πλέον να αντικαταστήσει το «παλαιό», δεν περιορίζεται απλώς στο να δίνει προβάδισμα στις μεθόδους που αντιμετωπίζουν τα στερεά απόβλητα ως αξιοποιήσιμο υλικό, αλλά το κάνει και με συγκεκριμένη ιεράρχηση, δίνοντας σαφή προτεραιότητα στην ανάκτηση υλικών έναντι της ανάκτησης ενέργειας. Σε ότι αφορά δε τη διάθεση μέσω ταφής, υιοθετείται μια απόλυτα αρνητική στάση, που οδηγεί στη Γερμανία, σε σχετική νομοθεσία (Stief, 1993) βάσει της οποίας, μετά το 2005, η μέθοδος στην ουσία δεν θα είναι αποδεκτή, παρά για ένα πολύ μικρό ποσοστό αδρανών και μη

αξιοποιήσιμων υλικών. Τελικός στόχος είναι η προώθηση της ελαχιστοποίησης παραγωγής απορριμμάτων, στα πλαίσια μιας μελλοντικής λιγότερο καταναλωτικής κοινωνίας, στην οποία η αναγκαιότητα της αειφορίας και της διατήρησης των φυσικών πόρων μέσω πρόληψης θα έχει συνειδητοποιηθεί σε βαθμό πολύ μεγαλύτερο από ότι σήμερα. Αντίθετα, με μεγαλύτερο σκεπτικισμό και με πιο προσεκτικά βήματα ανταποκρίνονται άλλες χώρες, όπως π.χ. η Γαλλία. Αναγνωρίζεται η αναγκαιότητα αξιοποίησης των απορριμμάτων και περιορισμού της υγειονομικής ταφής, χωρίς όμως την απολυτότητα του μοντέλου των χωρών που προαναφέρθηκαν και με οικονομικά παρά θεσμικά μέτρα. Αλλά και στην περίπτωση της αξιοποίησης των απορριμμάτων, ακολουθείται μια πιο ευέλικτη πολιτική, χωρίς ιεράρχηση των εναλλακτικών μεθόδων (π.χ. της ανάκτησης υλικών έναντι της ανάκτησης ενέργειας). Σε ό,τι αφορά δε την ελαχιστοποίηση των απορριμμάτων, δεν υιοθετείται κανένα μέτρο που να την προωθεί, πέραν μιας ευχετικής αναφοράς στα προτερήματά της. Η μετριοπαθής αυτή προσέγγιση αντικατοπτρίζει την υπάρχουσα κοινωνική υποδομή (σημαντικός ρόλος τοπικής αυτοδιοίκησης, ισχυρή επιρροή της βιομηχανίας) αλλά και την απροθυμία εφαρμογής ενός ιδιαίτερα άκαμπτου και δαπανηρού συστήματος, που δεν θα επιτρέπει την επιλογή ρεαλιστικών και εφαρμόσιμων χωρίς υπερβολικό κόστος λύσεων, προσαρμοσμένων στις κατά περίπτωση ειδικές τοπικές συνθήκες. Επιπρόσθετα δεν λείπει και ένας σκεπτικισμός ως προς την ορθότητα ενός "πράσινου οράματος", το οποίο, σε ορισμένες περιπτώσεις, προωθεί λύσεις χωρίς επαρκή επιστημονική τεκμηρίωση (π.χ. προβάδισμα της ανακύκλωσης χαρτιού έναντι της ανάκτησης ενέργειας από αυτό). Τέλος σε μια άλλη κατηγορία χωρών, για διάφορους λόγους, τα βήματα, προς τη νέα διαχειριστική λογική είναι ιδιαίτερα διστακτικά έως ανύπαρκτα, τουλάχιστον ως απόρροια μιας ενδογενούς εθνικής εξελικτικής πορείας. Στην Βρετανία το γεγονός αυτό ίσως οφείλεται σε μια ισχυρή εμπειριοκρατική και πραγματιστική παράδοση, ενώ αλλού, όπως π.χ. στην Ελλάδα και σε κάποιο βαθμό στην Ιταλία, στην ουσιαστική απουσία σχετικού προβληματισμού, λόγω και των κοινωνικών και οικονομικών συνθηκών, οι οποίες αναδεικνύουν άλλα πιο κρίσιμα κοινωνικά και οικονομικά προβλήματα, χωρίς να αφήνουν περιθώριο (ή την πολυτέλεια κατά μια άποψη) για έντονο προβληματισμό σε "περιθωριακά" ζητήματα. Στις χώρες αυτές, τα όποια βήματα γίνονται έχουν ως κινητήρια δύναμη

εξωγενείς παράγοντες, όπως τα παραδείγματα των άλλων χωρών αλλά κυρίως τη νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Οι διάφορες απόψεις σχηματοποιούνται εν τέλει γύρω από δύο βασικές επιλογές.

Την επιλογή της αυτονομίας και την επιλογή της ισχυρής εναρμόνισης και σύγκλισης προς μια ενιαία πολιτική. (πηγή <http://ec.europa.eu/environment/waste/index.htm>)

Τα επιχειρήματα υπέρ και κατά των δύο επιλογών μπορούν να συνοψισθούν ως εξής:

Αυτόνομη ανά χώρα στρατηγική: Το κύριο επιχείρημα που προβάλλεται είναι το δικαίωμα των πολιτών μιας χώρας να εφαρμόσουν την πολιτική διαχείρισης που προσιδιάζει στις βασικές επιλογές τους και στις επικρατούσες εθνικές συνθήκες (κοινωνική υποδομή και οργάνωση, βιοτικό επίπεδο, οικολογική παράδοση). Αναγνωρίζεται η αναγκαιότητα κάποιας ελάχιστης εναρμόνισης σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης, με την έννοια της επιβολής ενός κατ' ελάχιστον απαιτητού από κάθε χώρα μέλος, που θα αποτρέπει τη μη αποδεκτή ρύπανση του περιβάλλοντος (π.χ. τήρηση των προδιαγραφών ασφαλούς διάθεσης των αποβλήτων). Με την εξασφάλιση της ελάχιστης αυτής απαίτησης, ο θεσμικός ρόλος της Ε.Ε. σταματά και η κάθε χώρα αναπτύσσει τις πολιτικές διαχείρισης που της ταιριάζουν, σύμφωνα και με την εσωτερική δυναμική που έχει αναπτυχθεί. Μια τέτοια επιλογή εγκυμονεί τον κίνδυνο περαιτέρω απόκλισης των πολιτικών που εφαρμόζονται στις διάφορες χώρες, καθώς, ιδίως για τις χώρες στις οποίες οι εξελίξεις καθορίζονται σε μεγάλο βαθμό από εξωγενώς επιβαλλόμενους παράγοντες (π.χ. Ευρωπαϊκή Νομοθεσία), δεν θα υπάρχει το κίνητρο ή η δέσμευση να εξελιχθούν προς την κατεύθυνση της σύγκλισης. Το αντεπιχείρημα που μπορεί να προβληθεί είναι ότι ο κίνδυνος αυτός ίσως δεν είναι τόσο μεγάλος, καθώς λειτουργούν άλλες δυνάμεις που υποβοηθούν τη σύγκλιση (π.χ. η άτυπη κυκλοφορία ιδεών, κανόνων και πρακτικών, η διεισδυτική ικανότητα της εξελισσόμενης τεχνολογίας κλπ). Αλλά ακόμα και στην περίπτωση που μια τέτοια σύγκλιση δεν επιτευχθεί, δεν δημιουργείται σοβαρό πρόβλημα, στο βαθμό που τηρούνται κάποιες ελάχιστες και θεσμικά κατοχυρωμένες (μέσω Ευρωπαϊκής Ένωσης) απαιτήσεις για την αποτροπή της ρύπανσης. Η λογική της εξασφάλισης κάποιου ελαχίστου και της περαιτέρω αυτόνομης εξέλιξης των μεθόδων διαχείρισης στις επί μέρους χώρες, βρίσκεται εν γένει σε συμφωνία με την πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης σε πολλά περιβαλλοντικά προβλήματα (π.χ.

επεξεργασία υγρών αποβλήτων). Η περίπτωση όμως των στερεών αποβλήτων παρουσιάζει μια ιδιαιτερότητα που δημιουργεί δυσκολίες. Η ιδιαιτερότητα έγκειται στη θεώρηση μεγάλου μέρους των απορριμμάτων ως αξιοποιήσιμου υλικού (ανακυκλώσιμα υλικά, οργανικό κλάσμα) με συνέπεια την κατ' αρχήν δυνατότητα για ελεύθερη διακίνηση των ως "δευτερογενών" προϊόντων. Η διακίνηση δε αυτή είναι κατ' αρχήν οικονομοτεχνικά εφικτή, κάτι που δεν συμβαίνει π.χ. με τα επεξεργασμένα λύματα που και αυτά μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν (π.χ. για άρδευση), αλλά λόγω ποσοτήτων δεν μπορεί για πρακτικούς λόγους να παραβιασθεί η εντοπιότητα. Η ελεύθερη διακίνησης σημαντικών κλασμάτων των απορριμμάτων μπορεί να δυναμιτίσει το σενάριο των αυτόνομων στρατηγικών ανά χώρα, ιδίως στις χώρες που επιλέγουν προωθημένες στρατηγικές με υψηλό κόστος. Ως παράδειγμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν και πάλι η Γερμανία και η Γαλλία που έχουν το χαρακτηριστικό γνώρισμα να γειτονεύουν. Λόγω του υψηλού κόστους που συνεπάγεται, δημιουργείται κίνητρο για τους διαχειριστές στερεών αποβλήτων της Γερμανίας να διοχετεύσουν τα απορρίμματα στη γειτονική Γαλλία, όπου είναι διαθέσιμες οικονομικότερες λύσεις όπως η καύση (απαλλαγμένη από τα τέλη και τις ιδιαίτερα αυστηρές Γερμανικές προδιαγραφές). Ενδεχόμενη γενίκευση του φαινομένου αυτού είναι προφανές ότι δυναμιτίζει την επιλεγμένη Γερμανική στρατηγική διαχείρισης στην ίδια τη Γερμανία. Λύση στο πρόβλημα μπορεί να δοθεί με απαγόρευση των μεταφορών ΑΣΑ ή κλασμάτων του και την ενίσχυση της αρχής της εντοπιότητας και αυτάρκειας σε Εθνικό επίπεδο. Ωστόσο, μια τέτοια απαγόρευση δεν είναι εύκολη στα πλαίσια της Ενωμένης Ευρώπης με την ελεύθερη διακίνηση προϊόντων. Θα πρέπει τα ΑΣΑ αλλά και όλα τα επί μέρους κλάσματά τους να θεωρηθεί ότι δεν αποτελούν προϊόντα (ούτε καν δευτερογενή), πράγμα που ουσιαστικά σηματοδοτεί ένα πισωγύρισμα στην αντιμετώπιση των ΑΣΑ ως άχρηστου υλικού, ή θα πρέπει να επιτραπούν εξαιρέσεις στο βασικό θεσμό της ελεύθερης αγοράς, με την αιτιολογία της προτεραιότητας των περιβαλλοντικών θεμάτων. Πέραν από το γεγονός ότι με τον τρόπο αυτό εισάγεται μια νέα θεμελιώδης περιβαλλοντική αρχή που υπερισχύει της βασικότερης ίσως αρχής της Ενωμένης Ευρώπης, δηλαδή αυτής της ελεύθερης αγοράς (κάτι πάντως το οποίο υπό το φως ορισμένων αποφάσεων του Ευρωπαϊκού Δικαστηρίου δεν φαίνεται απίθανο να είναι αποδεκτό), δημιουργούνται πολύ μεγάλες δυσκολίες σε ότι αφορά την επιστημονική τεκμηριωμένη

περιβαλλοντική αξιολόγηση των διαφόρων επιλογών και την αποτροπή ανάπτυξης ενός έμμεσα και με άλλοθι το περιβάλλον, αθέμιτου ανταγωνισμού. (πηγή Μπεριάτος Η., Αραβώσης Κ., Καραγιαννίδης Α., Περκουλίδης Γ., Κολτσίδας Ε., Κουγκολος Α."Θεσμικό Πλαίσιο και πολιτική διαχείρισης των Στερεών Αποβλήτων).

Ισχυρή εναρμόνιση: Τα επιχειρήματα υπέρ της άποψης αυτής βασίζονται αφ' ενός μεν στην αδυναμία παραγνώρισης του γεγονότος ότι μεγάλο μέρος των ΑΣΑ είναι αξιοποιήσιμο υλικό που θα μπορούσε να θεωρηθεί ως δευτερογενές υλικό ή πρώτη ύλη (π.χ. ως καύσιμο) αφ' ετέρου δε στην αδιαπραγμάτευτη αρχή της ελεύθερης αγοράς, που επιτρέπει τη διακίνησή τους. Κατά συνέπεια, ξεφεύγοντας από την αρχή της εντοπιότητας και τα κλειστά σύνορα, θέτει ως βασική προϋπόθεση μια ενιαία, τουλάχιστον ως προς τις ιεραρχήσεις και τους κανονισμούς, διαχειριστική πολιτική στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Ενισχυτικά δε προβάλλεται και το όραμα της Ευρωπαϊκής Ένωσης όχι μόνον ως προς οικονομικούς παραμέτρους αλλά και πολιτικές, κοινωνικές και περιβαλλοντικές. Καθοριστική σημασία έχει για το σενάριο αυτό η καθιέρωση, σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης μίας ενιαίας στρατηγικής προς την οποία θα συγκλίνουν τα κράτη μέλη, μέσω εναρμόνισης των επί μέρους διαχειριστικών πολιτικών τους. Η σχετική νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης θα πρέπει επομένως να είναι δεσμευτική, όχι με την έννοια του ελάχιστα αποδεκτού, πέραν του οποίου θα μπορούν να παρατηρούνται σοβαρές διαφοροποιήσεις σε επί μέρους κράτη, αλλά με την έννοια του πόλου σύγκλισης. Γίνεται προφανές ότι αν ο πόλος αυτός σύγκλισης δεν μπορεί να είναι ο ελάχιστος κοινός παρονομαστής εξίσου δεν μπορεί να είναι και κάποιες πολύ προωθημένες επιλογές.

Η Ελληνική εμπειρία και πρακτική

Η διαχείριση στερεών αποβλήτων χαρακτηρίζεται από την εφαρμογή της ταφής των απορριμμάτων (με διάφορες μορφές) ως αποκλειστικής μεθόδου διάθεσης. Αξίζει ωστόσο να περιγραφούν και οι πρώτες προσπάθειες που γίνονται για αξιοποίηση των ΑΣΑ, υπό το πρίσμα των σύγχρονων αντιλήψεων και των οδηγιών της Ε.Ε.

Υγειονομική ταφή: Ένα από τα σοβαρά προβλήματα της μεθόδου είναι η δυσκολία εντοπισμού κατάλληλων περιοχών σε οικονομικά αποδεκτές αποστάσεις από αστικές περιοχές, κυρίως λόγω των έντονων κοινωνικών

αντιδράσεων. Η επικρατούσα σύγχυση μεταξύ των όρων «υγειονομική ταφή» και «ανεξέλεγκτη απόθεση» εντείνει τις αντιδράσεις, καθώς στην Ελλάδα με τον όρο «υγειονομική ταφή» περιγράφονται όλοι οι τύποι χώρων απόθεσης αστικών απορριμμάτων.(πηγή Μελέτη για την διαχείριση των απορριμμάτων και για την αποτροπή κατασκευής σκουπιδότοπου - Άγγελος Λιβαθινός) Είναι λοιπόν σκόπιμος ο διαχωρισμός, βάσει των πρακτικών διάθεσης σε τρεις κατηγορίες:

- **«χώροι ανεξέλεγκτης απόθεσης».** Υπάρχουν κυρίως σε επαρχιακές-αγροτικές περιοχές όπου τα στερεά απορρίμματα διατίθενται παράνομα σε φυσικές εδαφικές κοιλότητες, παλαιά λατομεία, ρεματιές και χείμαρρους, χωρίς καμία επεξεργασία. Στην Ελλάδα έχει εκτιμηθεί ότι υπάρχουν πάνω από 3,500 τέτοιες περιοχές απόθεσης.
- **«παλαιού τύπου χώροι απόθεσης».** Σε αυτή την κατηγορία τα στερεά απορρίμματα καθημερινά στοιβάζονται και καλύπτονται με χώμα, ενώ μέτρα όπως στεγανωτικές μεμβράνες, διαχείριση των στραγγιδίων και του βιοαερίου δεν εφαρμόζονται. Υπάρχουν πάνω από 1,500 χώροι αυτής της μορφής που χρησιμοποιούνται, συμπεριλαμβανομένων και των χώρων διάθεσης των απορριμμάτων της Αθήνας και της Θεσσαλονίκης.
- **«χώροι υγειονομικής ταφής».** Χώροι αυτής της μορφής λειτούργησαν πρόσφατα σε μερικές περιοχές όπως η Πάτρα και η Ζάκυνθος ενώ πολλές άλλες είναι υπό κατασκευή ή σε στάδιο σχεδιασμού.

Ανακύκλωση Υλικών:

Η ανακύκλωση υλικών δεν είναι κάτι το καινούργιο στην Ελλάδα. Για ορισμένα υλικά όπως το χαρτί, το γυαλί και το αλουμίνιο για τα οποία κατά την τελευταία δεκαετία εκδηλώθηκε ζήτηση από τη βιομηχανία, παρατηρήθηκαν αξιόλογα ποσοστά ανακύκλωσης (48% για το χαρτί, 30% για το αλουμίνιο και 26% για το γυαλί). Όμως η ανακύκλωση αυτή δεν γινόταν με συστηματικό και οργανωμένο τρόπο, ήταν ευκαιριακή και σε μεγάλο βαθμό οφειλόταν στην διαλογή και ανακύκλωση που έκαναν

οι τσιγγάνοι. Πρόσφατα εκπονούνται ορισμένα προγράμματα ανακύκλωσης σε επίπεδο δημόσιων και ιδιωτικών φορέων, με πιλοτικό χαρακτήρα ή πλήρους κλίμακας εφαρμογές, τα οποία κατά βάση είναι χρηματοδοτούμενα.

Λιπασματοποίηση:

Οι δυο μονάδες λιπασματοποίησης που λειτουργούν στην Ελλάδα βρίσκονται στις πόλεις των Αθηνών και της Καλαμάτας. Ο ΕΣΔΚΝΑ είναι υπεύθυνος για τη συλλογή και το μηχανικό διαχωρισμό 3500 τόννων απορριμμάτων ανά ημέρα σε δύο μονάδες εγκατεστημένες στην Αθήνα. Κάθε μονάδα διαθέτει μηχανική διαλογή απορριμμάτων για την παραγωγή RDF, εγκατάσταση λιπασματοποίησης και σύγχρονο χώρο διάθεσης του υπολείμματος της διαλογής. Τα τελικά προϊόντα του προγράμματος του ΕΣΔΚΝΑ είναι γυαλί και σιδηρούχα μέταλλα (ως αποτέλεσμα του μηχανικού διαχωρισμού) και εδαφοβελτιωτικό-κομπόστ (ως αποτέλεσμα της λιπασματοποίησης), για εφαρμογή στη γεωργία. Παράλληλα στη μονάδα διαχωρισμού γίνεται και ανάκτηση υλικών για παραγωγή RDF το οποίο προβλέπεται να διατίθεται σε τσιμεντοβιομηχανίες, ενώ το παραγόμενο αδρανές υλικό (25-30% της αρχικής ποσότητας απορριμμάτων) θα υφίσταται ταφή. Ο ΕΣΔΚΝΑ έχει υποστεί κριτική κυρίως ως προς την καταλληλότητα και εμπορευσιμότητα του τελικού προϊόντος της λιπασματοποίησης. Η ποσότητα που τελικά παράγεται είναι της τάξης των 700 τόννων/ημέρα, ποσότητα που θα πρέπει να διατεθεί είτε στη γεωργία ως λίπασμα υπό την προϋπόθεση ότι το προϊόν είναι αποδεκτό από τους αγρότες, είτε σε χώρους ανάπλασης ή σε δημόσιους χώρους (π.χ. πάρκα). Ωστόσο υπάρχει έντονος προβληματισμός για την προοπτική διάθεσης του προϊόντος της λιπασματοποίησης, τα επόμενα χρόνια. Η άλλη μονάδα λιπασματοποίησης στην Καλαμάτα έχει σχεδιαστεί για τη διαχείριση 80 τόννων απορριμμάτων την ημέρα με ημερήσια παραγωγή κομπόστας 40 τόννων.

Ανάκτηση Ενέργειας:

Η καύση ΑΣΑ για ανάκτηση ενέργειας αντιμετωπίζεται αρνητικά τόσο από το ΥΠΕΧΩΔΕ και άλλους δημόσιους φορείς, όσο και από τις Πράσινες Οργανώσεις με αποτέλεσμα να μην θεωρείται προς το παρόν ως αποδεκτός τρόπος διάθεσης των απορριμμάτων στην Ελλάδα.

Κάποιες προσπάθειες για τη λειτουργία μονάδων καύσης ΑΣΑ που έγιναν τη δεκαετία του 80 (π.χ. Ζάκυνθος) δεν είχαν συνέχεια. Από τα παραπάνω φαίνεται ότι έστω και με αργούς ρυθμούς και υπό την επίδραση εξωγενών παραγόντων, αρχίζει να αναπτύσσεται και στην Ελλάδα ο προβληματισμός για μία νέα αντίληψη διαχείρισης των στερεών αποβλήτων, με άξονα την έννοια της αξιοποίησης.

2.7 Δεδομένα για την παραγωγή και διαχείριση των απορριμμάτων

Η παραγωγή και η διαχείριση των αστικών και των υπολοίπων στερεών αποβλήτων, εκτός των επικινδύνων, για τα έτη 2004, 2005 και 2006 παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα. (πηγή Εθνικό κέντρο περιβάλλοντος και αειφόρου ανάπτυξης – Έκθεση για την κατάσταση του περιβάλλοντος 2008) Στην κατηγορία «άλλα στερεά απόβλητα» περιλαμβάνονται τα α) μη επικίνδυνα βιομηχανικά απόβλητα β) απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού γ) χρησιμοποιημένα ελαστικά δ) απόβλητα κατασκευών-κατεδαφίσεων-εκσκαφών ε) οχήματα τέλους κύκλου ζωής. Μέχρι το τέλος του 2006 η χώρα είχε εξυπηρετήσει με έργα ασφαλούς τελικής διάθεσης σε ποσοστό 60% περίπου.

2004	α.σ.α (τόνοι/έτος)	Άλλα στερεά απόβλητα (τόνοι/έτος)
Συνολική παραγόμενη ποσότητα, εκ των οποίων:	4.781.468,00	26.540.252,00
— για ανακύκλωση:	483.212,00	848.185,50
— καύση :	0,00	0,00
— καύση με ανάκτηση ενέργειας:	0,00	1.600,00
— υγειονομική ταφή:	2.705.275,00	0,00
— άλλα (διάθεση σε ΧΑΔΑ):	1.592.981,00	0,00
2005	α.σ.α (τόνοι/έτος)	Άλλα στερεά απόβλητα (τόνοι/έτος)
Συνολική παραγόμενη ποσότητα, εκ των οποίων:	4.853.756,00	26.551.952,00
— για ανακύκλωση:	559.216,00	872.781,00
— καύση :	0,00	0,00
— καύση με ανάκτηση ενέργειας:	0,00	5.080,00
— υγειονομική ταφή :	2.824.035,00	0,00
— άλλα (διάθεση σε ΧΑΔΑ):	1.470.505,00	0,00
2006	α.σ.α (τόνοι/έτος)	Άλλα στερεά απόβλητα (τόνοι/έτος)
Συνολική παραγόμενη ποσότητα, εκ των οποίων:	4.927.137,00	26.564.452,00
— για ανακύκλωση:	632.079,00	910.635,00
— καύση :	0,00	0,00
— καύση με ανάκτηση ενέργειας:	0,00	3.700,00
— υγειονομική ταφή :	3.200.901,00	0,00
— άλλα (διάθεση σε ΧΑΔΑ):	1.094.157,00	0,00

**Πίνακας 4. Παραγωγή και διαχείριση στερεών αποβλήτων για την τριετία 2004-2005-2006
(Έκθεση για την εφαρμογή οδηγίας 75/442/ΕΚ)**

2.8 Σταθμοί μεταφόρτωσης

Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας της συλλογής, τα απορρίμματα είτε μεταφέρονται απευθείας στον τελικό χώρο επεξεργασίας / διάθεσης ή σε σταθμούς μεταφόρτωσης. Οι σταθμοί μεταφόρτωσης είναι χώροι στεγασμένοι ή ανοιχτοί, όπου τα απορριμματοφόρα αυτοκίνητα μεταφέρουν το περιεχόμενό τους που στη συνέχεια, μετά από συμπίεση ή όχι, μεταφέρεται με μεγάλης χωρητικότητας ειδικά αυτοκίνητα μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων (κοντέϊνερς) στους χώρους επεξεργασίας / διάθεσης. Οι σταθμοί μεταφόρτωσης μπορεί να είναι εξοπλισμένοι με σύστημα συμπίεσης απορριμμάτων, όπου μειώνεται ο όγκος των ΑΣΑ με άμεσο αποτέλεσμα τη μείωση της απαιτούμενης έκτασης για τελική διάθεση. Πέραν του συστήματος συμπίεσης, στους σταθμούς μεταφόρτωσης μπορεί να γίνεται μερική διαλογή υλικών κυρίως των μετάλλων, στο βαθμό που είναι εξοπλισμένοι κατάλληλα (μεταφορικές ταινίες, συστήματα διαλογής). Η υιοθέτηση σταθμών μεταφόρτωσης προϋποθέτει κατάλληλη τεχνικοοικονομική μελέτη στην οποία να συναξιολογούνται αφενός μεν οι πάγιες δαπάνες κατασκευής και το κόστος λειτουργίας του σταθμού αφετέρου δε τα οικονομικά πλεονεκτήματα από τις μειωμένες διαδρομές των απορριμματοφόρων (αποτελεσματικότερη αξιοποίηση προσωπικού συλλογής, μειωμένες δαπάνες συντήρησης απορριμματοφόρων κλπ.). Στη μελέτη θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν και περιβαλλοντικοί παράγοντες (μείωση επιπτώσεων από την αποφυγή μετακίνησης απορριμματοφόρων προς τους χώρους διάθεσης, ευελιξία ως προς την επιλογή της θέσης τελικής διάθεσης, η οποία θα μπορεί να βρίσκεται σε μεγαλύτερες αποστάσεις από οικιστικές περιοχές). Οι σταθμοί μεταφόρτωσης δεν έχουν ευρεία εφαρμογή στην Ελλάδα. Δύο σταθμοί μεταφόρτωσης λειτουργούν στην Αθήνα και Θεσσαλονίκη, αντίστοιχα και ένας ακόμα βρίσκεται υπό κατασκευή στην περιοχή της Αττικής. Θα πρέπει επίσης να αναφερθεί ότι υπάρχουν σταθμοί σε ορισμένες ακόμα πόλεις, Κοζάνη, Ν. Μάκρη κλπ.

2.9 Σύγκριση των διάφορων μεθόδων επεξεργασίας των απορριμμάτων

Παρακάτω θα παρουσιαστούν τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα για κάθε ένα από τους δυνατούς τρόπους διαχείρισης των στερεών αστικών αποβλήτων.

Υγειονομική ταφή (απόθεση)

Πλεονεκτήματα

- Εύκολη η απαλλαγή των υπηρεσιών περισυλλογής από τα απορρίμματα.
- Χαμηλό το κόστος απόθεσης/ απαλλαγής, εφ' όσον υπάρχουν χώροι απόθεσης.
- Μεγάλη ευελιξία ως προς την αύξηση της ποσότητας και την αλλαγή της σύστασης των απορριμμάτων.

Μειονεκτήματα

- Ο μεγάλος όγκος απορριμμάτων οδηγεί στην ταχεία πλήρωση των χωματερών
- Η γενική απόθεση δεν προφυλάσσει από τις τοξικές ουσίες. Δυσάρεστες οσμές από υδρόθειο που προκαλείται από τη σήψη των οργανικών υλών.
- Πιθανότητα μόλυνσης των υπογείων υδάτων και έκλυσης βιοαερίου (που μπορεί να γίνει αιτία πυρκαγιάς).
- Μεγάλες δυσκολίες στην εξεύρεση νέων χώρων λόγω των αντιδράσεων του κοινού.

Κομποστοποίηση (λιπασματοποίηση)

Πλεονεκτήματα

- Καλή συμπληρωματική μέθοδος της ανακύκλωσης.
- Αξιοποίηση του 50% των απορριμμάτων τουλάχιστον.
- Ανάκτηση του οργανικού περιεχομένου των απορριμμάτων και μετατροπή σε χρήσιμο compost.

Μειονεκτήματα

- Απαιτείται μεγάλος χρόνος παραμονής στη μονάδα ζύμωσης.
- Προβλήματα δυσοσμίας στην ευρύτερη περιοχή.

- Πρόβλημα διάθεσης των μεγάλων ποσοτήτων προϊόντος (compost).
- Σχετικά υψηλό κόστος επένδυσης και λειτουργίας.
- Απαραίτητα συνοδεύεται από χώρο υγειονομικής ταφής για το μη αξιοποιούμενο μέρος των απορριμμάτων (περίπου 20% του βάρους τους).

Καύση

Πλεονεκτήματα

- Δραστική μείωση του όγκου των ακατέργαστων αποβλήτων (περίπου στο 10% του αρχικού όγκου).
- Η καύση (αποτέφρωση) των στερεών αποβλήτων μπορεί να συνδυασθεί με ταυτόχρονη παραγωγή ενέργειας (ηλεκτρική ενέργεια, ζεστό νερό, ατμός), ελαττώνοντας έτσι σημαντικά το συνολικό κόστος επένδυσης της μονάδας καύσης.
- Μικρός απαιτούμενος χώρος για την εγκατάσταση της μονάδας

Μειονεκτήματα

- Τα αέρια απόβλητα (κυρίως διοξίνες και φουράνες).
- Τα κατάλοιπα των ηλεκτροστατικών φίλτρων, που είναι τοξικά.
- Ανάγκη αντικατάστασης των φίλτρων αυτών σε τακτά χρονικά διαστήματα (περίπου κάθε 5 χρόνια).
- Στάχτη με μεγάλη περιεκτικότητα σε βαρέα μέταλλα.
- Η μεγάλη περιεκτικότητα των στερεών αποβλήτων σε υγρασία, και ιδιαίτερα σε χώρες μεσογειακές ή τροπικές, καθιστά προβληματική και αρκετές φορές αναποτελεσματική την καύση.
- Ανάγκη για εξειδικευμένο προσωπικό.
- Απαραίτητα συνοδεύεται από χώρο υγειονομικής ταφής για τη διάθεση της τέφρας.

Ανακύκλωση

Πλεονεκτήματα

- Μείωση του όγκου των απορριμμάτων, καθώς τέσσερα βασικά συστατικά τους (χαρτί, γυαλί, μέταλλα και πλαστικά)

διαχωρίζονται και απομακρύνονται από τα υπόλοιπα απορρίμματα.

- Περιορισμός των αποσυντεθειμένων στο έδαφος υλικών και αποτελεσματικός διαχωρισμός των επικίνδυνων αποβλήτων.
- Εξοικονόμηση πρώτων υλών και ενέργειας

Μειονεκτήματα

- Λόγω της σημαντικής διαφοροποίησης των απορριμμάτων, είναι αρκετά πολύπλοκη η διαδικασία διαχωρισμού, ενώ απαιτείται εκτεταμένη και συνεχής ενημέρωση της κοινής γνώμης, καθώς και σημαντικές επενδύσεις σε μονάδες διαλογής (αυτόματες ή χειροκίνητες).
- Δεν είναι εύκολη η αποδοχή των υλικών ανακύκλωσης από τη βιομηχανία, λόγω αλλοιωμένης ποιότητας.

(πηγή ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ και ΑΣΤΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ
.Επιμέλεια Αβραάμ Καραγιαννίδης)

2.10 Στρατηγικό μοντέλο διαχείρισης απορριμμάτων – Προτάσεις

Λαμβάνοντας υπόψη τη διεθνή εμπειρία, τις τάσεις που διαμορφώνονται, αξιολογώντας και συνεκτιμώντας όλες τις υπάρχουσες σήμερα τεχνολογίες διαχείρισης απορριμμάτων, υπάρχει ένα Στρατηγικό Μοντέλο, που αποτελείται από ένα ενιαίο σύνολο 10 ιεραρχημένων στρατηγικών επιλογών, που εκτιμάται ότι θα οδηγήσει μεσοπρόθεσμα στη λύση του προβλήματος της διαχείρισης των απορριμμάτων με το μικρότερο δυνατό κόστος, προσαρμόζοντας τις βέλτιστες διεθνείς περιβαλλοντικές πρακτικές στα ελληνικά δεδομένα και ανάγκες. (πηγή ΠΟΕ-ΟΤΑ) Αυτές οι 10 προτάσεις είναι οι ακόλουθες:

- **Πρόληψη**

Ιδέες για μηδενικά σκουπίδια. Όλοι οι ενδιαφερόμενοι πρέπει να βρούμε λύσεις για να μην παράγουμε απορρίμματα. Υπάρχει τεράστια εμπειρία στην Ε.Ε. και πρέπει να ξεκινήσουν οι διαδικασίες και διαβουλεύσεις με όλους τους εμπλεκόμενους και ενδιαφερόμενους φορείς ώστε να υιοθετηθούν και εφαρμοσθούν θεσμικά μέτρα και δράσεις για την δραστική πρόληψη και μείωση των παραγόμενων απορριμμάτων, τόσο σε επίπεδο ΟΤΑ, όσο και σε επίπεδο επιχειρήσεων, μεγάλων παραγωγών και νοικοκυριών. Για να μπορεί να επιτύχει και να δώσει ποσοτικά

αποτελέσματα η πρόληψη, θα πρέπει οπωσδήποτε να υιοθετηθούν από την πολιτεία, τους ΟΤΑ και όλους τους πολίτες δύο θεσμικές προτάσεις, που είναι αυτονόητες στην Ε.Ε.:

α) Να σταματήσουμε να πληρώνουμε δημοτικά τέλη ανάλογα με τα τετραγωνικά μέτρα της κατοικίας μας, και αυτά να συνδεθούν με την ποσότητα των απορριμμάτων που παράγουμε, ώστε να ισχύσει η αρχή της «ανταποδοτικότητας» και να καταστούμε όλοι περιβαλλοντικά περισσότερο υπεύθυνοι δημότες, που θα συμμετέχουμε στην ανακύκλωση και κομποστοποίηση για να μειώσουμε και τα δημοτικά μας τέλη.

β) Αντίστοιχα τα τέλη τελικής διάθεσης, που πληρώνουν οι ΟΤΑ για τη χρήση των ΧΥΤΑ-ΧΥΤΥ (Χώρων Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων – Χώρων Υγειονομικής Ταφής Υπολειμμάτων) θα πρέπει άμεσα να συνδεθούν με τις ποσότητες που θάβει κάθε ΟΤΑ, ώστε να ισχύσει η αρχή «Ο Ρυπαίνων Πληρώνει» και να υπάρχουν και οικονομικά κίνητρα στους ΟΤΑ για να καταστούν υπεύθυνοι και ενεργοί στη μείωση των απορριμμάτων. Είναι απαραίτητη επίσης η ανάληψη νομοθετικών πρωτοβουλιών από την πολιτεία για τη μείωση της αχρειαστής συσκευασίας σε διάφορα καταναλωτικά αγαθά, η επανεξέταση του συνολικού παραγωγικού μοντέλου προϊόντων, καθώς και η υιοθέτηση από τους πολίτες φιλοπεριβαλλοντικών καταναλωτικών τρόπων συμπεριφοράς και αγορών.

• **Επαναχρησιμοποίηση**

Η επαναχρησιμοποίηση δεν αφορά μόνο τις συσκευασίες αναψυκτικών, νερού και μπύρας, αλλά επεκτείνεται και σε πολλά άλλα τυποποιημένα προϊόντα. Η επαναχρησιμοποίηση προϋποθέτει την ανάληψη πρωτοβουλιών από την πολιτεία, την τοπική αυτοδιοίκηση και τον ιδιωτικό τομέα για τη δημιουργία υποδομών και επιχειρηματικότητας σχετικά με τη διαχείριση και επαναχρησιμοποίηση ηλεκτρικών συσκευών, παλαιών επίπλων, ρουχισμού και άλλων προϊόντων, που σήμερα καταλήγουν στα απορρίμματα. Οι δράσεις επαναχρησιμοποίησης σε συνδυασμό και με νέες δράσεις εναλλακτικής διαχείρισης υλικών μπορούν παράλληλα να συμβάλουν στη δημιουργία πολλών νέων θέσεων εργασίας, στα πλαίσια μιας νέας «πράσινης» οικονομίας.

- **Οικιακή κομποστοποίηση**

Τα οικιακά οργανικά αποτελούν το 35%-50% των απορριμμάτων μας και μπορούν εύκολα και οικονομικά να κομποστοποιηθούν στις κατοικίες μας. Τα περισσότερα από τα νοικοκυριά της χώρας μας μπορούν με ένα ειδικό κάδο να παράγουν κομπόστ (λίπασμα) από τα οικιακά οργανικά τους, που θα αξιοποιούν στον κήπο ή σε φυτά του μπαλκονιού τους, μειώνοντας αντίστοιχα τα παραγόμενα απορρίμματα. Εάν η πολιτεία θεσπίσει την τοποθέτηση κάδων οικιακής κομποστοποίησης στα κτίρια και ξεκινήσει την υλοποίηση μαζί με τους ΟΤΑ κάποιων μεγάλης κλίμακας προγραμμάτων οικιακής και δημοτικής κομποστοποίησης, θα έδινε ουσιαστική ώθηση στο μέτρο. Εκτιμάται ότι, μόνο με την οικιακή κομποστοποίηση, οι ΟΤΑ μπορούν να μειώσουν τα προς διαχείριση οικιακά οργανικά και κλαδέματα σε ποσοστό που αντιστοιχεί μέχρι και το 35% του συνόλου των απορριμμάτων τους, στην ιδανική περίπτωση της πλήρους εφαρμογής της μεθόδου, με χαμηλό αρχικό κόστος και μεσοπρόθεσμο-μακροπρόθεσμο σημαντικό οικονομικό όφελος. Να σημειωθεί ότι εκατοντάδες ΟΤΑ στην Ε.Ε. εφαρμόζουν την μέθοδο.

- **Διαλογή στην πηγή των απορριμμάτων με 4 κάδους**

Παράλληλα με την οικιακή κομποστοποίηση, μπορεί να υιοθετηθεί άμεσα από την πολιτεία και τους ΟΤΑ το μοντέλο με 4 κάδους (αντί του ενός, των δύο ή των τριών, που εφαρμόζεται σήμερα) για τη συλλογή των απορριμμάτων και υπολοίπων υλικών. Ο πρώτος κάδος μπορεί να αφορά μόνο το χαρτί, που θα οδηγείται χωρίς άλλη διαλογή για ανακύκλωση, ο δεύτερος κάδος θα δέχεται όλα τα υπόλοιπα ανακυκλώσιμα υλικά (πλαστικά, γυαλί, μέταλλα, ξύλο), τα οποία θα οδηγούνται για διαλογή στα ειδικά ΚΔΑΥ (Κέντρα Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών) και εν συνεχεία για ανακύκλωση, ο τρίτος κάδος θα δέχεται μόνο τα υπόλοιπα οργανικά και βιοαποδομήσιμα υλικά (όσα δηλαδή δεν αξιοποιούνται στην οικιακή κομποστοποίηση), τα οποία θα οδηγούνται για κομποστοποίηση σε μικρές ή μεγαλύτερες μονάδες κομποστοποίησης, και ο τέταρτος κάδος θα δέχεται τα υπολείμματα τα οποία θα οδηγούνται για τελική διάθεση σε ΧΥΤΥ. Οι 4 κάδοι στο μέλλον θα μπορούσαν να γίνουν 3, εφόσον οι πολίτες κάνουν πολύ καλό διαχωρισμό των υλικών, οπότε θα μπορούσε να καταργηθεί ο 4ος κάδος και τα όποια μη οργανικά

υλικά του 3ου κάδου να διαχωρίζονται στις μονάδες κομποστοποίησης και να οδηγούνται σε ΧΥΤΥ. Το μοντέλο αυτό είναι βιώσιμο, συνδυαζόμενο με σταθμούς μεταφόρτωσης, ώστε να ελαχιστοποιηθεί το κόστος μεταφοράς όλων των υλικών. Το σύστημα των 4 κάδων προϋποθέτει και μια στοιχειώδη οικιακή υποδομή για το διαχωρισμό των 4 ρευμάτων.

- **Ελαχιστοποίηση υπολειμμάτων**

Εφόσον εφαρμοσθεί το μοντέλο των 4 κάδων, η διαλογή των υλικών στα ΚΔΑΥ θα μπορεί να λειτουργεί πολύ ικανοποιητικότερα σε σχέση με σήμερα, διότι θα οδηγείται για διαλογή το 20-25% των σημερινών ποσοτήτων. Έτσι, τα παραγόμενα RDF (καύσιμο από σκουπίδια) και υπολείμματα θα μπορούν σταδιακά να ελαχιστοποιηθούν προς το 1-3% (σε αντιδιαστολή με το 25-30% υπολειμμάτων από τη σημερινή λειτουργία των ΚΔΑΥ). Έτσι στο μέλλον αυτές οι ελάχιστες ποσότητες υπολειμμάτων από τις μονάδες διαλογής των ανακυκλώσιμων υλικών θα μπορούν να διατίθενται δεματοποιημένες σε ΧΥΤΥ ή ακόμη και να χρησιμοποιούνται ως εναλλακτικό καύσιμο (αντί για τα συμβατικά καύσιμα) σε τσιμεντάδικα ή σε μονάδες παραγωγής ενέργειας, με την απαραίτητη προϋπόθεση ότι δεν δημιουργούνται πρόσθετα περιβαλλοντικά και κοινωνικά προβλήματα.

- **Βελτιστοποίηση της υπάρχουσας εναλλακτικής διαχείρισης και επέκτασή της και σε άλλα υλικά**

Αρκετά από τα σημερινά συστήματα εναλλακτικής διαχείρισης (π.χ. για συσκευασίες, ηλεκτρικές συσκευές - ΑΗΗΕ, ελαστικά) χρήζουν σημαντικών αλλαγών ώστε να βελτιστοποιηθούν τα αποτελέσματα ανάκτησης ανακύκλωσης και να επιτευχθούν οι στόχοι της Ε.Ε. Επίσης, σήμερα υπάρχουν και άλλες σημαντικές κατηγορίες υλικών (όπως τα επικίνδυνα οικιακά, αχρησιμοποίητα ή ληγμένα φάρμακα, ο ρουχισμός και τα υποδήματα, τα έπιπλα ή άλλα ογκώδη προϊόντα) για τις οποίες δεν υπάρχουν αντίστοιχα συστήματα εναλλακτικής διαχείρισης και θα πρέπει να δημιουργηθούν με ευθύνη της πολιτείας, ώστε να μπορούν να συνεργαστούν με αυτά οι ΟΤΑ και να πετύχουν περαιτέρω μείωση των προς διάθεση υλικών με παράλληλη περιβαλλοντική διαχείριση.

- **Δημιουργία διαδημοτικών Κέντρων Ανακύκλωσης σε όλη την Ελλάδα**

Τα Κέντρα Ανακύκλωσης (ΚΑ) μπορούν να αποτελέσουν βασικό άξονα για την εναλλακτική διαχείριση των αστικών αποβλήτων. Αποτελούν ένα χώρο προσωρινής αποθήκευσης και ταξινόμησης όλων των υλικών μέχρι τη μεταφορά τους για τελική διαχείριση ή ανακύκλωση. Κάθε Κέντρο Ανακύκλωσης μπορεί να έχει έκταση 1-2 στρέμματα, να βρίσκεται μέσα ή πολύ κοντά στον αστικό χώρο και να διαθέτει αποθηκευτικούς χώρους (κυρίως κοντέϊνερ) για όλα τα εν δυνάμει διαχειρίσιμα υλικά, όπως συσκευασίες, ΑΗΗΕ (ηλεκτρικά-ηλεκτρονικά απόβλητα), ΑΕΚΚ (μπάζα), κλαδέματα, ρουχισμός – υποδήματα, ελαστικά, επικίνδυνα οικιακά απόβλητα, έπιπλα, ογκώδη κ.α. Κάθε ΚΑ θα πρέπει να μπορεί να εξυπηρετεί μέχρι 100.000 κατοίκους στην περιφέρεια και μέχρι 200.000 κατοίκους σε Αττική και Θεσσαλονίκη. Στα ΚΑ θα μεταφέρουν οι δημότες μόνοι τους τα υλικά τους σε αυτά μετά από ενημέρωση και συνεχή παρότρυνση από τα διαρκή προγράμματα ενημέρωσης. Κάθε νησί θα πρέπει να έχει το δικό του Κέντρο Ανακύκλωσης, που θα εξυπηρετεί τις ανάγκες του. Το ΚΑ θα πρέπει να διαθέτει ζυγοπλάστιγγα και θα παραλαμβάνει υλικά από τους πολίτες σε συγκεκριμένες ημέρες και ωράριο. Θα λειτουργεί κάποιες ώρες και τα Σάββατα και Κυριακές και θα απασχολεί περίπου 2-10 εργαζόμενους ανάλογα το μέγεθος του ΚΑ. Για τον σχεδιασμό και δημιουργία τους μπορεί να αξιοποιηθεί η σημαντική εμπειρία δεκαετιών πολλών χωρών της Ε.Ε. Η χωροθέτηση σημαντικού αριθμού ΚΑ θα μπορούσε να συνδυαστεί και με τους σταθμούς μεταφόρτωσης.

- **Αποφυγή της θερμικής επεξεργασίας**

Με τα σημερινά δεδομένα οι τεχνολογίες θερμικής επεξεργασίας (καύση, πυρόλυση, αεριοποίηση) ως μέθοδοι τελικής διάθεσης των απορριμμάτων είναι ασύμφωτες για τη χώρα μας και θα πρέπει να μην επιλεγούν για τους εξής κυρίως λόγους:

- α) λόγω του πολύ υψηλού επενδυτικού και λειτουργικού κόστους (συγκριτικά με ανακύκλωση – κομποστοποίηση – ΧΥΤΥ)
- β) λόγω περιβαλλοντικών προβλημάτων (εκπομπές επικίνδυνων αερίων και παραγωγή τοξικής στάχτης)

γ) λόγω κοινωνικών και χρονικών δυσκολιών (αντιδράσεις τοπικών κοινωνιών και πολύχρονη κατασκευή)

δ) λόγω δέσμευσης των ΟΤΑ για σταθερή παροχή απορριμμάτων προς καύση για μερικές δεκαετίες και άρα ενδεχόμενη ακύρωση κάθε προσπάθειας για περαιτέρω αύξηση της ανακύκλωσης στο μέλλον.

- **Δημιουργία μονάδων κομποστοποίησης**

Η κομποστοποίηση θα πρέπει να αποτελέσει την κύρια επιλογή της πολιτείας για τη διαχείριση των υλικών του 3ου κάδου (οικιακά οργανικά) και των «πράσινων» υλικών των ΟΤΑ (κλαδέματα), αξιοποιώντας τους σταθμούς μεταφόρτωσης σε κάθε περιφέρεια για τη μεταφορά των οργανικών. Έτσι, στους περιφερειακούς σχεδιασμούς θα πρέπει να διερευνηθεί και επιλεγεί η δυνατότητα της δημιουργίας μικρού, μεσαίου ή μεγάλου μεγέθους μονάδων κομποστοποίησης με ευθύνη των ΟΤΑ, των νομαρχιών και της περιφέρειας. Οι μικρές μονάδες μπορούν να εξυπηρετούν μικρούς ή / και απομακρυσμένους οικισμούς και μικρούς ΟΤΑ, οι μεσαίες μονάδες μεσαίου μεγέθους ΟΤΑ και οι μεγάλες μονάδες μεγάλους ΟΤΑ, σύνολο νομού ή σύνολο περιφέρειας. Η τεχνολογία που μπορεί να επιλεγεί θα πρέπει να περιλαμβάνει προδιαλογή των υλικών και κομποστοποίηση του οργανικού κλάσματος

α) με ανοικτές αερόβιες μονάδες

β) με κλειστές αερόβιες μονάδες

γ) με κλειστές αναερόβιες μονάδες.

Η επιλογή της κομποστοποίησης με κλειστές αναερόβιες μονάδες μπορεί να παράγει και ηλεκτρική ενέργεια ή / και θερμότητα. Το παραγόμενο κομπόστ θα αποτελεί πολύτιμο εδαφοβελτιωτικό που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την ενίσχυση διαβρωμένων δασικών εκτάσεων, τη συντήρηση πάρκων και αλσών στις πόλεις, την ανάπλαση εγκαταλειμμένων λατομείων και βέβαια τον εμπλουτισμό των αγροτικών καλλιεργειών. Ειδικά μάλιστα για τα ελληνικά εδάφη που είναι φτωχά σε οργανικά, το κομπόστ θα μπορούσε να τα ενισχύσει σημαντικά.

- **Επένδυση στην ευαισθητοποίηση και ενημέρωση**

Για να επιτευχθούν τα παραπάνω απαιτείται συστηματική ευαισθητοποίηση, ενημέρωση και ενεργοποίηση των πολιτών και για το

λόγο αυτό θα πρέπει να οργανώνονται από τα εθνικά συστήματα ανακύκλωσης, τους ΟΤΑ και την πολιτεία, σε συστηματική ετήσια βάση, ολοκληρωμένα προγράμματα ευαισθητοποίησης–ενημέρωσης και εκπαίδευσης των πολιτών, στα οποία να εμπεριέχονται πολυδιάστατες δράσεις (όπως προβολή με πολλούς τρόπους σε ΜΜΕ, εκδηλώσεις, διαφημιστικά σποτ, έντυπο υλικό) αλλά κυρίως περιβαλλοντική ενημέρωση στα σχολεία και πόρτα–πόρτα ενημέρωση των δημοτών. Αυτά τα προγράμματα ενημέρωσης θα πρέπει να επανέρχονται, όσες φορές χρειάζεται, σε περιοχές και ΟΤΑ που υλοποιήθηκαν στο παρελθόν, για να ενημερώνονται οι νέοι κάτοικοι και να ενθαρρύνουν τους παλαιότερους, ώστε να μην χαλαρώνουν τις προσπάθειές τους. Κάθε πόρος που επενδύεται στην ενημέρωση αποφέρει πολλαπλά κέρδη στο μέλλον από τη σωστή συμπεριφορά των πολιτών.

Μετά την εφαρμογή των παραπάνω, τα όποια υπολείμματα μπορούν να οδηγούνται σε ΧΥΤΥ. Εκτιμάται ότι οι ποσότητες των υπολειμμάτων θα πρέπει σταδιακά να μειώνονται, οπότε σε βάθος χρόνου η εξάρτηση των ΟΤΑ από τους ΧΥΤΥ θα είναι μικρή. Π.χ. σε 10-15 έτη μπορεί να καταλήγει σε ΧΥΤΥ μόνο το 10-15% των σημερινών απορριμμάτων.

Το παραπάνω μοντέλο διαχείρισης μπορεί να χρηματοδοτηθεί:

- α) από τα σημερινά και μελλοντικά εθνικά συστήματα διαχείρισης και από συνεργαζόμενους με αυτά ιδιώτες
- β) από τους ίδιους τους ΟΤΑ
- γ) από την πολιτεία
- δ) από την Ε.Ε.

Όσοι ΟΤΑ στην Ελλάδα έχουν υιοθετήσει έστω και εν μέρει το παραπάνω μοντέλο (π.χ. ο Δήμος Ελευσίνας τα τελευταία 5 χρόνια) ήδη βλέπουν σημαντική μείωση των απορριμμάτων τους και του κόστους διαχείρισής τους ανά τόνο. Από εμπειριστατωμένη διερεύνηση στο σύνολο της περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας–Θράκης σχετικά με την εφαρμογή της κομποστοποίησης στην περιφέρεια, προκύπτει ότι το παραπάνω μοντέλο διαχείρισης είναι σημαντικά πιο οικονομικό από άλλα, που αντί να αξιολογήσουν σωστά το ρόλο της ανακύκλωσης, εναλλακτικής διαχείρισης και οικιακής κομποστοποίησης, προτείνουν από κοινού διαχείριση όλων των απορριμμάτων, που συμπεριλαμβάνει και θερμική αξιοποίηση. (πηγή ΠΟΕ-ΟΤΑ)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Ζητήματα Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων

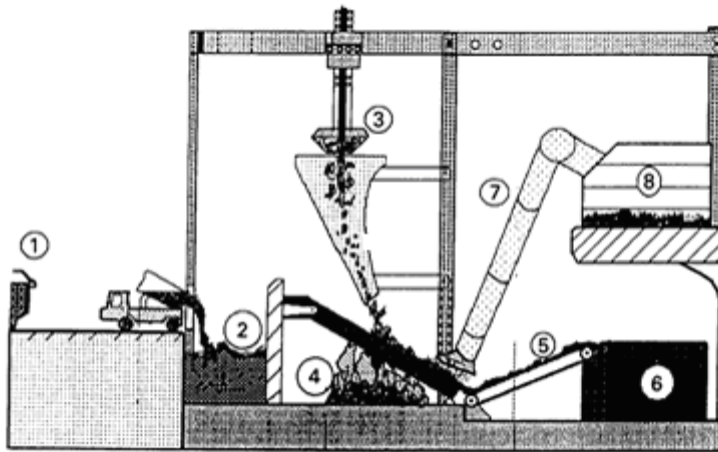
3.1 Σύστημα επεξεργασίας στερεών αποβλήτων

Ο στόχος ενός συστήματος επεξεργασίας στερεών αποβλήτων είναι να παρασχεθεί μηχανική και θερμική επεξεργασία αποβλήτων. Το σύστημα που εγκαθίσταται απεικονίζεται στην εικόνα 1.

Το σύστημα λειτουργεί με τον ακόλουθο τρόπο:

Τα απόβλητα παραδίδονται στο σύστημα με οχήματα. Αφού ζυγιστούν, τα οχήματα κατευθύνονται στους κόλπους εκφόρτωσης. Τα εντός ορίου φορτία αποβλήτων (που μεταφέρονται από οχήματα τύπου 1) ξεφορτώνονται άμεσα στην δεξαμενή, ενώ τα μαζικά απόβλητα (που μεταφέρονται από οχήματα τύπου 2) πρέπει να ξεφορτωθούν στο ψαλίδι για την κοπή. Ο γερανός παίρνει τα απόβλητα από την δεξαμενή και γεμίζει τον κλίβανο. Μετά από την αποτέφρωση, η τέφρα και η σκωρία που έχει προκύψει μεταφέρονται στην περιοχή κατάθεσης και αφαιρούνται τελικά από το σύστημα με τα κατάλληλα οχήματα.

Τα δεδομένα που απαιτούνται για να ολοκληρώσουν το πρότυπο προσομοίωσης είναι: η χωρητικότητα των οχημάτων και τα ποσοστά άφιξης, ο αριθμός μηχανών ζύγισης, η χωρητικότητα των δεξαμενών, η χωρητικότητα του ψαλιδιού, και τέλος ο αριθμός και η χωρητικότητα των γερανών και των αποτεφρωτήρων. Παρόμοια συστήματα έχουν εγκατασταθεί ήδη στη Γερμανία και την Αυστρία. (πηγή Modeling a Solid-Waste Processing System by Discete Event Simulation VLATKO CERIC and VLATKA HLUPIC Faculty of Economics, University of Zagreb)



Εικόνα 1. Σύστημα επεξεργασίας στερεών αποβλήτων

**1-μηχάνημα ζύγισης 3-γερανός 5-μεταφορέας σκωρίας 7-μεταφορέας στάχτης
2-δεξαμενή 4-κλίβανος 6-κιβώτιο 8-δεξαμενή στάχτης**

3.2 Η αναγκαιότητα μονάδας επεξεργασίας αποβλήτων στο Ν.Αχαΐας

Η αναγκαιότητα της κατασκευής μίας κεντρικής μονάδας επεξεργασίας στο νομό Αχαΐας εξετάζεται από τις αρχές του 2000. Στο επίπεδο των διαχειριστικών σχεδίων αποβλήτων, η αναγκαιότητα αυτή καταγράφηκε από τον εγκεκριμένο νομαρχιακό σχεδιασμό.

Σε πρακτικό επίπεδο ο δήμος Πάτρας είχε εκπονήσει σχετικές μελέτες για την εγκατάσταση μονάδας αναερόβιας επεξεργασίας οργανικού κλάσματος στην περιοχή του εν λειτουργία ΧΥΤΑ, διεκδικώντας μάλιστα και τη χρηματοδότηση του έργου από το Ταμείο Συνοχής.

Η αναγκαιότητα κατασκευής μίας μονάδας επεξεργασίας αποβλήτων είναι πιο έντονη από ποτέ και οφείλεται στους παράγοντες που ακολουθούν:

- το αδιέξοδο της παραγωγής των αποβλήτων
- το αδιέξοδο της υγειονομικής ταφής
- το πραγματικό μέγεθος του κόστους ταφής
- οι απαιτήσεις της νομοθεσίας

Η κατασκευή μίας κεντρικής μονάδας επεξεργασίας αποβλήτων θα έχει σημαντικά οφέλη για την εξυπηρετούμενη περιοχή:

- δραστική μείωση του προς διάθεση όγκου αποβλήτων
- δραστική μείωση της επικινδυνότητας των προς διάθεση αποβλήτων
- αύξηση της διάρκειας λειτουργίας των υφιστάμενων ΧΥΤΑ οι οποίοι θα μετατραπούν σε ΧΥΤΥ , με μειωμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις
- δραστικός περιορισμός της πιθανότητας ρύπανσης των υδροφόρων οριζόντων
- εξάλειψη της ανάγκης διαρκούς αναζήτησης νέων εκτάσεων για υγειονομική ταφή
- δυνατότητα γρήγορης και εύκολης αποκατάστασης των ΧΥΤΥ και απόδοσης νέων χρήσεων γης σε αυτούς

3.3 Μεθοδολογία επιλογής μεθόδου επεξεργασίας αποβλήτων στο Ν.Αχαΐας

Η μελέτη για την επιλογή μεθόδου επεξεργασίας απορριμμάτων στο Ν.Αχαΐας με βάση την διεθνή πρακτική θα πρέπει να περιλαμβάνει τα ακόλουθα στάδια:

- συσκέψεις και συζητήσεις με τα εμπλεκόμενα μέρη και φορείς της νομαρχιακής και τοπικής αυτοδιοίκησης
- επιλογή αντιπροσωπευτικών τεχνολογιών και διοργάνωση επισκέψεων σε εμπορικές μονάδες που λειτουργούν με επιτυχία σε άλλες χώρες της Ε.Ε
- δημιουργία σεναρίων επεξεργασίας βασισμένων στις συζητήσεις και τις επισκέψεις με στόχο την επεξεργασία 150.000 τόνων απορριμμάτων ετησίως
- δημιουργία ισοζυγίων μάζας και ενέργειας για κάθε σενάριο
- περιβαλλοντική αξιολόγηση των σεναρίων
- αναφορά στις εμπειρίες από την λειτουργία αντίστοιχων μονάδων
- οικονομική αξιολόγηση των σεναρίων
- εναλλακτικά σχήματα χρηματοδότησης
- προτάσεις σχετικά με το φορέα διαχείρισης

Με βάση την ανωτέρω μεθοδολογία θα παραχθούν συμπεράσματα που αφορούν κυρίως:

- τις πιθανές τεχνολογικές εφαρμογές και τα αποτελέσματα μπορεί η καθεμία να επιφέρει στην περίπτωση της Αχαΐας

- τις πιθανές πηγές χρηματοδότησης
- την σημασία για το νομό και τους πολίτες η κατασκευή μιας μονάδας επεξεργασίας με αυτοχρηματοδότηση

3.4 Εναλλακτικά σενάρια επεξεργασίας

Για την διαμόρφωση των προς εξέταση σεναρίων, ελήφθησαν υπόψη οι συζητήσεις που έγιναν με τη νομαρχιακή αυτοδιοίκηση, τους εκπροσώπους του δήμου Πάτρας, την ΤΕΔΚ, την επιστημονική ομάδα του ΤΕΕ σύμφωνα με τα οποία, συνοπτικά:

- εμφανίζεται ισχυρή προτίμηση προς επεξεργασία με ενεργειακή αξιοποίηση
- απαιτείται ευελιξία ως προς τα εισερχόμενα απόβλητα και τις διαδικασίες κατασκευής και λειτουργίας
- είναι επιθυμητή η ευρύτερη δυνατή αξιοποίηση της μονάδας επεξεργασίας με στόχο την ελαχιστοποίηση της οικονομικής επιβάρυνσης των χρηστών, μέσω οικονομιών κλίμακας
- θεωρείται σημαντικότερο βήμα προς μία ολοκληρωμένη διαχείριση των αστικών αποβλήτων η συνέχιση και επέκταση του προγράμματος διαλογής στην πηγή που εφαρμόζεται αυτήν τη στιγμή στον δήμο Πατρέων. Επομένως η μονάδα που θα προταθεί δεν θα πρέπει να παρεμποδίζει την διαλογή στην πηγή ή να παρεμποδίζεται από την λειτουργία ενός τέτοιου προγράμματος
- θεωρείται σκόπιμο να εξεταστούν μία ευρεία γκάμα μεθόδων-πρακτικών επεξεργασίας των απορριμμάτων ώστε να παρουσιαστούν όλες οι δυνατές επιλογές και να διασφαλιστεί η κοινωνική συναίνεση

Με βάση τα παραπάνω, εξετάστηκαν πέντε σενάρια επεξεργασίας. Η λογική σχεδιασμού των σεναρίων βασίστηκε στα εξής:

- προτίμηση προς την ενεργειακή αξιοποίηση διότι η ενέργεια είναι εύκολα εμπορεύσιμο "προϊόν"
- εξέταση ευρείας γκάμας μονάδων έτσι ώστε να εξεταστεί τόσο η ενεργειακή αξιοποίηση του βίο αερίου από την αναερόβια επεξεργασία, όσο και η παραγωγή ενέργειας από μονάδες καύσης

τύπου mass-fired και RDF-fired ή αξιοποίηση άλλων υψηλού ενεργειακά περιεχομένου προϊόντων

- εξέταση εμπορικών μονάδων, με επιτυχή εφαρμογή σε σύμμεικτα απορρίμματα, για τις οποίες υπάρχουν δεδομένα σχετικά με τις περιβαλλοντικές τους επιπτώσεις. Για τον λόγο αυτό δεν εξετάζονται η πυρόλυση και η αεριοποίηση σύμμεικτων α.σ.α εφόσον η εφαρμογή τους σε τέτοια απόβλητα δεν είναι ιδιαίτερα ανεπτυγμένη. Έτσι, ενώ σε ομογενοποιημένα απόβλητα όπως η βιομάζα εμφανίζουν πολύ καλή περιβαλλοντική συμπεριφορά, στην περίπτωση των α.σ.α τα δεδομένα για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις δεν είναι ακόμα πλήρως διαμορφωμένα
- διαμόρφωση σεναρίων με στόχο την σημαντική μείωση του όγκου των απορριμμάτων, σε συμφωνία με τα συμπεράσματα που προέκυψαν.

Η συγκριτική αξιολόγηση που διενεργήθηκε έγινε για ποσότητα σχεδιασμού ίση με 150.000 τόνους ετησίως και την παρακάτω σύσταση:

Είδος αποβλήτου	%
Ζυμώσιμα	56,3
Χαρτί, χαρτόνι	19,3
Πλαστικά	12,2
Μέταλλα	3,3
Γυαλί	3
Υπόλοιπα	5,9
ΣΥΝΟΛΟ	100

Πίνακας 5. Σύσταση αποβλήτων Ν. Αχαΐας (πηγή TEE)

Για να πραγματοποιηθούν οι συγκρίσεις, για κάθε σενάριο παρουσιάστηκαν τα ακόλουθα:

Τεχνικά στοιχεία

- συνοπτική τεχνική περιγραφή
- προϊόντα επεξεργασίας και υπόλειμμα επεξεργασίας
- διάγραμμα ροής – ισοζύγιο μάζας / ενέργειας
- εμπειρίες από την λειτουργία αντίστοιχων μονάδων

Οικονομικά στοιχεία

- κόστος επένδυσης και λειτουργίας
- gate fees (τέλος χρήσης της μονάδας επεξεργασίας) στο νεκρό σημείο μηδενικής απόδοσης του κεφαλαίου
- gate fees με μια λογική απόδοση κεφαλαίου

Περιβαλλοντικά στοιχεία

- δείκτης εκτροπής από την ταφή
- δείκτης ανάκτησης υλικών
- ανάκτηση υλικών και ενέργειας
- ποσότητα και σύσταση στερεού υπολείμματος
- ποσότητα και σύσταση υγρών αποβλήτων
- κατανάλωση νερού
- οσμές
- συμβατότητα με κατευθύνσεις νομοθεσίας
- δυνατότητα υποδοχής άλλων αποβλήτων

Μετά την παρουσίαση αυτών των στοιχείων, σε κάθε σενάριο προσδιορίστηκαν δύο αξιολογήσεις σε κλίμακα 1-100, δηλαδή μια περιβαλλοντική αξιολόγηση, σε σχέση με τα περιβαλλοντικά αποτελέσματα που επιτυγχάνονται και μια αξιολόγηση οικονομική, σε σχέση με το κόστος το οποίο προκύπτει.

Τα αποτελέσματα αυτών των δύο αξιολογήσεων εναρμονίστηκαν μεταξύ τους, με την χρήση συντελεστών βαρύτητας και ανάλυσης ευαισθησίας και έτσι προέκυψαν τα εναλλακτικά αποτελέσματα ανάλογα με την βαρύτητα που ο καθένας δίνει στην περιβαλλοντική και την οικονομική αξιολόγηση

3.5 Σενάριο 1 - Αναερόβια επεξεργασία

Το σενάριο αυτό κύριο στόχο έχει την παραγωγή βίο αερίου από το οργανικό κλάσμα των απορριμμάτων και την αξιοποίηση αυτού για την παραγωγή ενέργειας. Έτσι μια μονάδα σαν αυτή δεν περιλαμβάνει εξελιγμένα συστήματα ανάκτησης υλικών (πλαστικά, γυαλί, μέταλλα) με αποτέλεσμα να παρουσιάζει χαμηλό δείκτη ανάκτησης υλικών.

Στη μονάδα παράγεται επίσης χωνευμένο οργανικό το οποίο πρέπει να οδηγηθεί σε περαιτέρω επεξεργασία (με αερόβια μέθοδο) για να μπορέσει να αποκτήσει ιδιότητες κατάλληλες ώστε να χρησιμοποιηθεί ως εδαφοβελτιωτικό. Εάν κάτι τέτοιο δεν συμβεί ο δείκτης ανάκτησης μειώνεται ακόμη περισσότερο αφού το υλικό αυτό αποτελεί πλέον μέρος του υπολείμματος.

Παρόλα αυτά η μονάδα προσφέρει αρκετά πλεονεκτήματα όπως την σημαντική μείωση της τελικής ποσότητας των απορριμμάτων που οδηγούνται προς τελική διάθεση (σε ποσοστό 60%), την ανυπαρξία επικίνδυνων υπολειμμάτων και μειωμένες αέριες εκπομπές. Το παραγόμενο βίο αέριο είναι ένα διαχειρίσιμο αέριο που αξιοποιείται εύκολα ενεργειακά. Η συμβατότητα με την νομοθεσία μπορεί να είναι πλήρης αν το παραγόμενο κομπόστ πληρεί τις προδιαγραφές της ΚΥΑ 114218, ενώ η δυνατότητα υποδοχής άλλων αποβλήτων σημαντική αρκεί αυτά να είναι οργανικής φύσης, βιοδιασπώμενα και υψηλής σχετικά υγρασίας, όπως οι λάσπες βιολογικών και τα κτηνοτροφικά απόβλητα.

Στα μειονεκτήματα είναι οι αυξημένες ανάγκες σε νερό σε σχέση με τις λοιπές τεχνολογίες που εξετάστηκαν (για την αναερόβια χώνευση απαιτείται αραίωση με νερό) ενώ απαιτείται βιολογική επεξεργασία των υγρών αποβλήτων, αλλά και πιθανότητα οσμών αν δεν χρησιμοποιηθεί κατάλληλο σύστημα απόσμησης. Επίσης η ενεργειακή απόδοση της μονάδας σε σχέση με τις λοιπές τεχνολογίες που εξετάστηκαν εμφανίζεται μικρή. Το μεγαλύτερο όμως μειονέκτημα της μονάδας έγκειται στο γεγονός ότι η εφαρμογή της τεχνολογίας αυτής σε σύμμεικτα απορρίμματα είναι ακόμη περιορισμένη εξαιτίας της φύσης των σύμμεικτων απορριμμάτων που περιλαμβάνουν τοξικά υλικά τα οποία μπορούν να περιορίσουν ή και να αναστείλουν την αναερόβια χώνευση. Εξαιτίας επίσης της φύσης των σύμμεικτων απορριμμάτων συχνά εκφράζεται η άποψη ότι το παραγόμενο κομπόστ δεν είναι

σύμφωνα με τα κριτήρια της νομοθεσίας ειδικά σε ότι αφορά την περιεκτικότητα σε βαρέα μέταλλα.

3.6 Σενάριο 2 – Βιολογική ξήρανση & ενεργειακή αξιοποίηση

Η βασική ιδέα της μεθόδου είναι η σταθεροποίηση των αποβλήτων, μέσω της βιολογικής τους ξήρανσης και εν συνεχεία ο εξευγενισμός /ραφινάρισμα του υλικού από μη ενεργειακά αξιοποιήσιμα υλικά(μέταλλα, γυαλί κλπ) με σκοπό την ενεργειακή αξιοποίηση του υλικού αυτού. Ο στόχος στη προκειμένη περίπτωση είναι η απομάκρυνση όσο το δυνατόν υψηλότερων ποσοτήτων νερού στο συντομότερο δυνατό διάστημα με την ανάπτυξη βίο-θερμικής ενέργειας.

Η μονάδα προσφέρει σημαντική μείωση της ποσότητας των απορριμμάτων που οδηγούνται προς τελική διάθεση εφόσον ο δείκτης εκτροπής ξεπερνά το 75%. Το υλικό που παράγεται είναι σταθεροποιημένο, περιέχει κατά 87,5% ενεργειακά αξιοποιήσιμα υλικά(χαρτί, πλαστικό και οργανικό) και έχει σημαντική ενεργειακή απόδοση. Οι αέριες εκπομπές από την ενεργειακή αξιοποίηση είναι περιορισμένες γιατί δεν οδηγούνται προς καύση σύμμεικτα απορρίμματα με αποτέλεσμα να περιορίζεται σημαντικά η παραγωγή βαρέων μετάλλων και διοξινών ενώ η παραγωγή υγρών αποβλήτων είναι αμελητέα.

Η συμβατότητα με τη νομοθεσία είναι πλήρης ενώ η δυνατότητα επεξεργασίας και άλλων αποβλήτων σημαντική: αφυδατωμένες λάσπες, ελαστικά, ξύλα κτλ.

Το βασικό μειονέκτημα της μονάδας είναι η παραγωγή μικρής ποσότητας επικίνδυνου υπολείμματος της τάξης του 2% της αρχικής εισόδου.

Επιπλέον ένα σημείο που αξίζει να σημειωθεί, δεδομένου ότι πρόκειται για μία νέα τεχνολογία είναι ότι για το παραγόμενο σταθεροποιημένο προϊόν το οποίο οδηγείται προς ενεργειακή αξιοποίηση δεν υπάρχουν προδιαγραφές στην Ελληνική νομοθεσία. Το προϊόν δεν μπορεί να θεωρηθεί RDF εφόσον περιλαμβάνει σημαντική ποσότητα οργανικού σε αντίθεση με τις επιταγές της KYA 114218 που για το RDF ορίζει ελάχιστη περιεκτικότητα σε χαρτί – πλαστικό 95% άρα πρακτικά 0% οργανικό.

3.7 Σενάριο 3 – Μηχανική διαλογή, παραγωγή κομπόστ & RDF και αξιοποίηση σε μονάδα αποτέφρωσης τύπου RDF – fired

Το σενάριο αυτό περιλαμβάνει μηχανική διαλογή, παραγωγή κομπόστ με αερόβια επεξεργασία και παραγωγή RDF με στόχο την ενεργειακή του αξιοποίηση, σε καυστήρα ρευστοποιημένης κλίνης.

Η μονάδα προσφέρει σημαντική μείωση της ποσότητας των απορριμμάτων που οδηγούνται για ταφή (ποσοστό εκτροπής 68%) ενώ επιπλέον επιτυγχάνει και ανάκτηση υλικών, μεγαλύτερη συγκριτικά από τις υπόλοιπες τεχνολογίες που εξετάστηκαν καθώς και σημαντική παραγωγή ενέργειας. Τα παραγόμενα υλικά περιλαμβάνουν κομπόστ αλλά και ανακυκλώσιμα με αποτέλεσμα η τεχνολογία αυτή να προσφέρει μία λύση σύμφωνη με την ιεραρχία της Ε.Ε για τη διαχείριση των απορριμμάτων (μείωση, ανακύκλωση / αξιοποίηση, ανάκτηση ενέργειας και ταφή)

Οι αέριες εκπομπές από την ενεργειακή αξιοποίηση είναι περιορισμένες γιατί δεν οδηγούνται προς καύση σύμμεικτα απορρίμματα με αποτέλεσμα να περιορίζεται σημαντικά η παραγωγή βαρέων μετάλλων και διοξινών ενώ η παραγωγή υγρών αποβλήτων είναι αμελητέα.

Τέλος υπάρχει σημαντική δυνατότητα επεξεργασίας και άλλων αποβλήτων όπως αφυδατωμένες λάσπες, ελαστικά, ξύλα κλπ.

Το βασικό μειονέκτημα της μονάδας είναι η αδυναμία παραγωγής RDF σε συμφωνία με τις αυστηρές προδιαγραφές που περιλαμβάνονται στην ΚΥΑ 114218. Αυτό δεν αποτελεί μειονέκτημα της συγκεκριμένης τεχνολογίας αλλά προκύπτει από τη συγκεκριμένη φύση των αποβλήτων του νομού, θεωρώντας φυσικά ότι ισχύει η σύσταση που προαναφέρθηκε. Η σημαντική αρχική περιεκτικότητα της εισόδου σε ζυμώσιμα (^56%) και η αυξημένη τους περιεκτικότητα σε υγρασία (^65%) προϋποθέτουν, βάσει των υπολογισμών που έγιναν, είτε 100% απομάκρυνση του ζυμώσιμου κλάσματος, είτε μείωση της υγρασίας του από 65% στο 10%. Καθίσταται επομένως ιδιαίτερα ακριβή η προεπεξεργασία που θα πρέπει να υποστούν τα απορρίμματα ενώ θα μειωθεί σημαντικά και η ποσότητα του RDF

Οι προδιαγραφές αυτές του RDF καθιστούν επίσης την μονάδα ευαίσθητη στις αλλαγές σύστασης των απορριμμάτων αλλά και ανταγωνιστική ως προς τη διαλογή στην πηγή υλικών συσκευασίας.

Επιπλέον, όπως σε όλες τις τεχνολογίες θερμικής επεξεργασίας παράγεται επικίνδυνο υπόλειμμα σε ποσοστό περίπου 1,5% της εισόδου.

3.8 Σενάριο 4 – Βιολογική ξήρανση

Η βασική ιδέα της μεθόδου είναι σταθεροποίηση των αποβλήτων, μέσω της βιολογικής τους ξήρανσης.

Ο στόχος στη προκειμένη περίπτωση είναι η απομάκρυνση όσο το δυνατόν υψηλότερων ποσοτήτων νερού στο συντομότερο δυνατό διάστημα με την ανάπτυξη βιοθερμικής ενέργειας για να μειωθεί η ποσότητα και η επικινδυνότητα των αποβλήτων που τελικά οδηγείται προς ταφή.

Το σενάριο αυτό αποτελεί παραλλαγή του σεναρίου 2. Η επεξεργασία των απορριμμάτων ακολουθεί το ίδιο διάγραμμα ροής δηλαδή βιολογική ξήρανση και μικρή ανάκτηση υλικών αλλά σταματά μέχρι την παραγωγή του σταθεροποιημένου προϊόντος.

Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται μείωση της ποσότητας προς ταφή κατά 40% περίπου και παράγεται ένα σταθεροποιημένο υλικό που στο ΧΥΤΑ εμφανίζει πολύ βελτιωμένες ιδιότητες σε σχέση με τα σύμμεικτα απορρίμματα (μειωμένη παραγωγή στραγγισμάτων, βίο αερίου και οσμών). Οι αέριες εκπομπές κατά τη λειτουργία της μονάδας είναι φυσικά αμελητέες (μόνο απόσπηση απαιτείται στα σημεία που γίνεται η βιολογική ξήρανση) ενώ η παραγωγή υγρών αποβλήτων είναι αμελητέα. Επίσης η δυνατότητα επεξεργασίας και άλλων αποβλήτων είναι σημαντική (αφυδατωμένες λάσπες, ξύλα κτλ.)

Μειονέκτημα της μονάδας αποτελεί το θέμα της συμβατότητας με τη νομοθεσία. Ενώ τυπικά υπάρχει πλήρης συμβατότητα γιατί τα απορρίμματα υφίστανται προεπεξεργασία πριν την ταφή και μειώνεται η ποσότητά τους, στην πραγματικότητα ανακτάται μόνο μικρή ποσότητα υλικών και δεν αξιοποιούνται πλήρως τα απορρίμματα, δεδομένου ότι το παραγόμενο υλικό μπορεί να αξιοποιηθεί ενεργειακά με πολύ καλά αποτελέσματα.

Μια μονάδα σαν αυτή μπορεί να αποτελέσει μία μεσοπρόθεσμη λύση προκειμένου να αυξηθεί η διάρκεια ζωής των ΧΥΤΑ και να μειωθούν οι περιβαλλοντικές τους επιπτώσεις, αλλά στο μέλλον πρέπει να συνδυαστεί είτε με διαλογή στην πηγή υλικών συσκευασίας είτε με ενεργειακή

αξιοποίηση του σταθεροποιημένου προϊόντος. Συνδυασμός διαλογής στην πηγή και ενεργειακής αξιοποίησης αποτελεί προφανώς τη βέλτιστη επιλογή.

3.9 Σενάριο 5 – Αποτέφρωση σύμμεικτων απορριμμάτων (mass-fired)

Ο βασικός στόχος των μονάδων αποτέφρωσης είναι διπλός: δραστική μείωση της ποσότητας των απορριμμάτων που καταλήγουν για ταφή και παραγωγή ενέργειας.

Έτσι στα πλεονεκτήματα του σεναρίου είναι ο υψηλός δείκτης εκτροπής (84%) και η σημαντική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η τεχνολογία αυτή δίνει την δυνατότητα επεξεργασίας και άλλων ειδών αποβλήτων όπως αφυδατωμένες λάσπες, ξύλα κλπ και τυπικά παρέχει πλήρη συμβατότητα με τη νομοθεσία. Ο χαρακτηρισμός τυπικά χρησιμοποιείται για τους ίδιους λόγους που εξηγήθηκαν παραπάνω στο σενάριο 4, με την διαφορά ότι η τεχνολογία αυτή δεν μπορεί να αποτελέσει μεσοπρόθεσμη λύση εφόσον έχει σημαντικό κόστος επένδυσης.

Σε ότι αφορά τώρα τις αέριες εκπομπές που αποτελούν το βασικό σημείο ‘τριβής’ όταν συζητείται μια τέτοια τεχνολογία στην Ελλάδα θα πρέπει να σημειωθεί ότι χωρίς τα κατάλληλα μέτρα αντί ρύπανσης οι αέριες εκπομπές μπορεί να είναι επικίνδυνες, ίσως περισσότερο από αυτές των σεναρίων 2 και 3.

Όμως στην αξιολόγηση που έγινε θεωρήθηκε ότι όλες οι μονάδες ενεργειακής αξιοποίησης πληρούν τις προδιαγραφές της οδηγίας 2000/76 επομένως δεν μπορεί να θεωρηθούν επικίνδυνες. Τα ίδια ισχύουν και για το επικίνδυνο υπόλειμμα από την καύση. Ίσως επομένως το βασικό μειονέκτημα της τεχνολογίας αυτής να είναι η μειωμένη κοινωνική της αποδοχή. (πηγή Η διαχείριση απορριμμάτων στον νομό Αχαΐας)

3.10 Πίνακες αξιολόγησης σεναρίων

Συνοπτικά η περιβαλλοντική αξιολόγηση παρουσιάζεται στον πίνακα που ακολουθεί. Η κατάταξη των σεναρίων μετά την περιβαλλοντική αξιολόγηση είναι:

1. Σενάριο 2
2. Σενάριο 3
3. Σενάριο 5
4. Σενάριο 1
5. Σενάριο 4

Τα αποτελέσματα της συγκριτικής αξιολόγησης των σεναρίων περιγράφονται στον πίνακα 6.

	Σ1	Σ2	Σ3	Σ4	Σ5	Παρατηρήσεις
Δείκτης εκτροπής από την ταφή	60%	75,06%	68,28%	39,4%	84%	Υπερέχει το Σ2
Δείκτης ανάκτησης υλικών	16%	5%	16%	5%	3%	Υπερέχει το Σ1 & Σ3 λόγω κομπόστ
Αξιοποίηση υλικών και ενέργειας	10.798.441 KW/έτος και κομπόστ	43.650.000 KW/έτος – υλικά ανάλογα με τη διαλογή	36.665.000 KW/έτος και αρκετά υλικά	Υλικά ανάλογα με τη διαλογή	63.000.000 KW/έτος	Το Σ3 υπερτερεί αισθητά στα υλικά και το Σ5 στην ενέργεια
Ποσότητα και σύσταση υπολείμματος	40% στον ΧΥΤΑ	25% στον ΧΥΤΑ, με μικρό μέρος επικίνδυνων	32% στον ΧΥΤΑ, με μικρό μέρος επικίνδυνων	60% στον ΧΥΤΑ	16% στον ΧΥΤΑ, με μικρό μέρος επικίνδυνων	Το Σ5 υπερτερεί αισθητά στην μείωση της ποσότητας του ΧΥΤΑ αλλά έχει και επικ. υπόλειμμα. Τα Σ2 και Σ3 επιτυγχάνουν επίσης μείωση της ποσότητας του ΧΥΤΑ ενώ το επικ. υπόλ. είναι μικρότερο
Ποσότητα και σύσταση υγρών αποβλήτων	Μικρή, ανάγκη επεξεργασίας	Αμελητέα, ανάγκη επεξεργασίας	Αμελητέα	Αμελητέα, ανάγκη επεξεργασίας	Μικρή, ανάγκη επεξεργασίας	Τα Σ2,Σ3& Σ4 υπερτερούν
Κατανάλωση νερού	Μέτρια	Αμελητέα	Αμελητέα	Αμελητέα	Μέτρια	Τα Σ2,Σ3& Σ4 υπερτερούν
Ποσότητα και σύσταση ασαριών	Καμία επίπτωση	Μικρές επιπτώσεις	Μικρές επιπτώσεις	Καμία επίπτωση	Μικρές επιπτώσεις	Τα Σ2 και Σ3 υστερούν λόγω καύσης πλαστικού. Το Σ5 λόγω καύσης σύμμεικτων
Οσμές	Σημαντικές	Αμελητέες	Σημαντικές	Αμελητέες	Αμελητέες	Τα Σ2,Σ4& Σ5 υπερτερούν
Συμβατότητα με κατευθύνσεις νομοθεσίας	Πρόβλημα με διαλογή οργανικού	Πλήρης	Πρόβλημα με RDF και με διαλογή πλαστικού και χαρτιού	Πλήρης	Τυπικά πλήρης. Δεν προσφέρει όμως δυνατότητα ανάκτησης υλικών	Το Σ2 υπερτερεί αισθητά
Δυνατότητα διαχείρισης άλλων αποβλήτων	Κτηνοτροφικά, λάσπες ΒΙΟΚΑ κλπ	Ελαστικά, πλαστικά, αφυδατωμένες λάσπες, ξύλα κλπ	Ελαστικά, πλαστικά, αφυδατωμένες λάσπες, ξύλα κλπ	Ελαστικά, πλαστικά, αφυδατωμένες λάσπες, ξύλα κλπ	Ελαστικά, πλαστικά, αφυδατωμένες λάσπες, ξύλα κλπ	Σχεδόν ισοδύναμα, αλλά με διαφορετικά είδη αποβλήτων
Συνολικός βαθμός	78	86	80	76,5	82	

Πίνακας 6. Αποτελέσματα της συγκριτικής αξιολόγησης των σεναρίων

Οικονομική αξιολόγηση σεναρίων

Η οικονομική ανάλυση περιλαμβάνει δύο εναλλακτικές για κάθε σενάριο που εξετάζεται. Η πρώτη εναλλακτική αφορά κάλυψη των απαιτούμενων κεφαλαίων με το σχήμα επιχορήγηση 40% - ίδια κεφάλαια: 40% - δανεισμός 20%. Στην δεύτερη εναλλακτική τα κεφάλαια καλύπτονται με το σχήμα επιχορήγηση 40% - δανεισμός 60% (κάλυψη των ιδίων κεφαλαίων με δανεισμό)

Συγκεντρωτικά οικονομικά στοιχεία	Σ1	Σ2	Σ3	Σ4	Σ5
επενδυτικό κόστος (εκατ €)	25,500	44,500	65	28	67,5
λειτουργικό κόστος επεξεργασίας (€/τόνο)	18	25	50	20	19
τέλη χρήσης εναλλακτικής 1 (€/τόνο)-νεκρό σημείο	53	73	120	64	88
τέλη χρήσης εναλλακτικής 2 (€/τόνο)-νεκρό σημείο	67	97	155	80	127
υποθετικό τέλος χρήσης (€/τόνο)	70	70	70	70	70
κπα εναλλακτικής 1 (εκατ €)	25,344	23,900	-43,757	9,246	13,471
IRR εναλλακτικής 1 (%)	23%	16%	-10%	14%	11%
κπα εναλλακτικής 2 (εκατ €)	17,690	10,546	-63,267	0,842	-6,789
IRR εναλλακτικής 2 (%)	17%	11%	-15%	8%	7%
αποτέλεσμα προ φόρων (εκατ €)-εναλλακτική 1	3,529	3,286	-4,162	1,732	-3,945

Πίνακας 7. Συγκεντρωτικά οικονομικά στοιχεία σεναρίων

Τα νεκρά σημεία υποδηλώνουν τα gate fees τα οποία θα δώσουν μηδενικά κέρδη, δηλαδή εξασφαλίζουν ότι ο ανάδοχος δεν θα έχει ζημιά, χωρίς τα έσοδα από την πώληση των προϊόντων, τα οποία βεβαίως αναμένεται να μειώσουν δραστικά τις προσφορές.

Για την ακρίβεια τα νεκρά σημεία καλύπτουν:

- το λειτουργικό κόστος της μονάδας
- τις αποσβέσεις
- τους τόκους

Συνοψίζοντας τα παραπάνω:

Το σενάριο 1 είναι φθηνότερο, σε επένδυση και λειτουργικό κόστος, έχει όμως μειωμένα έσοδα. Δηλαδή έχει χαμηλά ανελαστικά κόστη που πρέπει να καλύπτονται σε μεγάλο βαθμό από τα gate fees και χαμηλά επιπρόσθετα έσοδα από την ενέργεια.

Το σενάριο 2 έχει υψηλότερη επένδυση και λειτουργικό κόστος αλλά και αυξημένα έσοδα. Δηλαδή έχει υψηλότερα ανελαστικά κόστη που πρέπει να καλυφθούν από τα gate fees, αλλά και αυξημένα έσοδα από την ενέργεια τα οποία ως ένα βαθμό μειώνουν τις διαφορές του από το σενάριο 1.

Το σενάριο 3 έχει πολύ υψηλά και λειτουργικά κόστη. Επειδή όμως τα αποτελέσματά του σε προϊόντα και προσδοκώμενα έσοδα είναι παρεμφερή με αυτά του σεναρίου 2, το σενάριο υστερεί αρκετά από τα υπόλοιπα στην οικονομική αξιολόγηση.

Το σενάριο 4 από άποψη επενδυτικού και λειτουργικό στα επίπεδα του σεναρίου 1. Τα έσοδα του όμως από πώληση υλικών είναι πολύ μειωμένα ενώ από την πώληση ενέργειας είναι μηδενικά. Επομένως στηρίζεται στα gate fees για να εξασφαλίζει την βιωσιμότητά του. Σε κάθε περίπτωση πάντως το σενάριο αυτό είναι αρκετά φθηνό.

Το σενάριο 5 έχει σημαντικό κόστος επένδυσης αλλά χαμηλό λειτουργικό κόστος. Η πώληση ενέργειας αποφέρει σημαντικά έσοδα αλλά λόγω του υψηλού κόστους επένδυσης τα gate fees πρέπει να είναι σημαντικά προκειμένου να εξασφαλιστεί η βιωσιμότητα μιας τέτοιας εγκατάστασης. Παρόλα αυτά λόγω των σημαντικών εσόδων δεν απέχει σημαντικά από το σενάριο 2.

Με βάση τα παραπάνω, προτείνεται η οικονομική αξιολόγηση που φαίνεται στον πίνακα 8.

Ένα πολύ σημαντικό σημείο που πρέπει να σημειωθεί αφού παρουσιάστηκαν τα οικονομικά στοιχεία είναι η σύγκριση μεταξύ του κόστους που τώρα επιβαρύνει τους πολίτες και του κόστους που θα κληθούν να πληρώσουν όταν θα λειτουργεί η μονάδα επεξεργασίας.

Σύμφωνα με τα στοιχεία του δήμου Πατρέων αυτή τη στιγμή η χρέωση από τη λειτουργία του ΧΥΤΑ ανέρχεται στα 10/τόνο ποσό εξαιρετικά χαμηλό συγκρινόμενο και με άλλες χώρες της Ευρώπης. Η χρέωση αυτή είναι τόσο χαμηλή γιατί δεν αντανakλά το πραγματικό κόστος ταφής, το οποίο σε συμφωνία και με την ΚΥΑ 29407/3508 για την Υ.Τ πρέπει να περιλαμβάνει μια σειρά από κόστη όπως το κόστος αποκατάστασης του ΧΥΤΑ, το κόστος για την κατασκευή νέου ΧΥΤΑ αν ο υπάρχων φτάσει στο πέρας λειτουργίας του, το κόστος των αποσβέσεων, το κόστος συντήρησης, το κόστος ασφάλισης κλπ. Λαμβάνοντας υπόψη αυτά, στα πλαίσια της μελέτης υπολογίστηκε το πραγματικό κόστος ταφής για να υπάρχει ένα πιο αξιόπιστο ποσό σύγκρισης μεταξύ της υφιστάμενης κατάστασης και της προτεινόμενης:

κατηγορία κόστους	ευρώ / έτος	ποσοστό επί του συνόλου	συνεισφορά σε κόστος /τα όνο (ευρώ)
λειτουργικό κόστος	952.157	28,06%	9,52
κόστος αποσβέσεων	150.000	4,42%	1,5
κόστος αποκατάστασης	420.000	12,38%	4,2
κόστος νέου ΧΥΤΑ	900.000	26,52%	9
κόστος μεταφροντίδας	756.000	22,28%	7,56
εξωτερικό κόστος	215.293	6,34%	2,15
ΣΥΝΟΛΟ	3.393.450	100%	34

Πίνακας 8. Οικονομική αξιολόγηση

Προκύπτει λοιπόν πραγματικό κόστος ταφής 34/τόνο ποσό που χρησιμοποιήθηκε για να προκύψουν τα απαραίτητα συμπεράσματα σχετικά με την πραγματική αύξηση του κόστους που θα επιφέρει για τους πολίτες η λειτουργία της μονάδας.

Τελική αξιολόγηση και ανάλυση ευαισθησίας

Η χρήση της ανάλυσης ευαισθησίας μπορεί να γίνει σε διάφορα επίπεδα, στην περίπτωση όμως της σύγκρισης τεχνολογιών διαχείρισης αποβλήτων είναι γενικά αναγνωρισμένο ότι κάθε απόφαση, ανεξάρτητα από την επιμέρους διάρθρωση και κατηγοριοποίηση των κριτηρίων, βασίζεται στον συνυπολογισμό δύο παραγόντων: περιβαλλοντικών και οικονομικών.

Στον πίνακα 9 παρουσιάζεται συνοπτικά η περιβαλλοντική και οικονομική αξιολόγηση των σεναρίων 1-5 (κανονικοποιημένη βαθμολογία).

Το κρίσιμο ερώτημα είναι πως συνδυάζονται οι περιβαλλοντικές και οι οικονομικές βαρύτητες. Η συνήθης προσέγγιση είναι μέσω κάποιων συντελεστών βαρύτητας, οπότε ουσιαστικά διαμορφώνεται ένα πολυκριτηριακό σύστημα λήψης απόφασης.

	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3	Σενάριο 4	Σενάριο 5
περιβαλλοντική αξιολόγηση	90,7	100	93,02	88,95	95,35
οικονομική αξιολόγηση	100	90	75	85	80

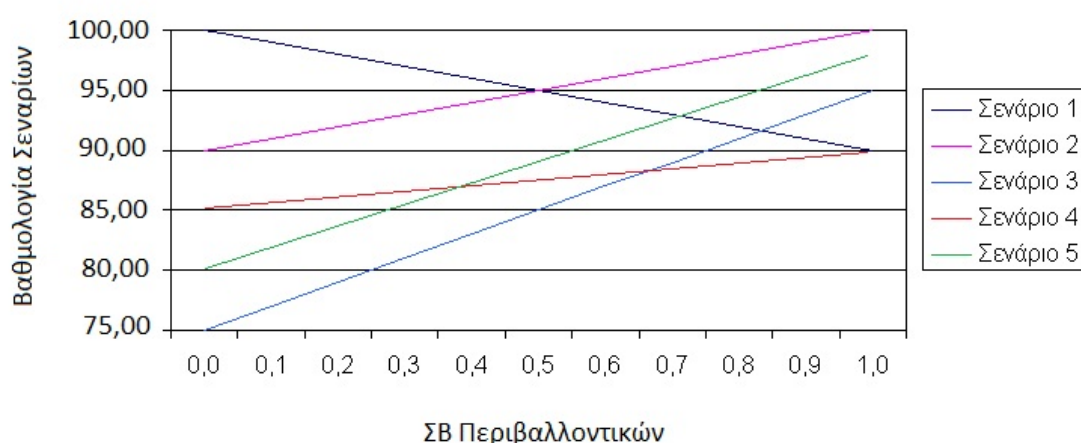
Πίνακας 9. Περιβαλλοντική και οικονομική αξιολόγηση σεναρίων

Για να αποφευχθεί το πρόβλημα της υποκειμενικότητας στη χρήση των συντελεστών βαρύτητας, το οποίο είναι και το σημαντικότερο, συχνά η αξιολόγηση συνοδεύεται και από ανάλυση ευαισθησίας, στόχος της οποίας είναι να αναδειχθούν εκείνες οι κρίσιμες αλλαγές στον συσχετισμό των συντελεστών βαρύτητας που αλλάζουν την κατάταξη των λύσεων. Ουσιαστικά, πρόκειται για την εξεύρεση εκείνου του σημείου στο οποίο με τα ίδια δεδομένα και την ίδια βαθμολογία στα επιμέρους κριτήρια, μία διαφορετική αλληλοσυσχέτιση των συντελεστών βαρύτητας αλλάζει το τελικό αποτέλεσμα. Όσο πιο μικρές είναι οι διαφορές στην τελική βαθμολογία, τόσο πιο αναγκαία είναι η ανάλυση ευαισθησίας για να αναδειχθούν τα κρίσιμα σημεία στα οποία αλλάζει η απόφαση. Για τους λόγους αυτούς και σε ένα τόσο ιδιαίτερο πρόβλημα όπως αυτό της επιλογής τεχνολογίας διαχείρισης στερεών αποβλήτων πρέπει να συνδυαστεί η περιβαλλοντική και η οικονομική αξιολόγηση με την χρήση όλων των πιθανών συντελεστών βαρύτητας. Η μαθηματική προσέγγιση είναι απλή:

Το άθροισμα των Συντελεστών Βαρύτητας (εφεξής ΣΒ) είναι πάντα 1. Επομένως αν ΣΒ των Περιβαλλοντικών – ΣΒΠ είναι ο ΣΒ της περιβαλλοντικής αξιολόγησης και ΣΒ των Οικονομικών –ΣΒΟ, ο ΣΒ της οικονομικής αξιολόγησης θα ισχύει:

$$\Sigma \text{ΒΠ} + \Sigma \text{ΒΟ} = 1 \text{ ή } \Sigma \text{ΒΟ} = 1 - \Sigma \text{ΒΠ}$$

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζεται τα αποτελέσματα της αξιολόγησης για όλα τα πιθανά ζεύγη ΣΒ.



Διάγραμμα 1. Ανάλυση ευαισθησίας για την αξιολόγηση των σεναρίων

Ο άξονας των X είναι ο ΣΒ των περιβαλλοντικών, επομένως κάθε σημείο του προσδιορίζει μονοσήμαντα και τον ΣΒ των οικονομικών. Η βαθμολογία κάθε σεναρίου μεταβάλλεται ανάλογα με την τιμή του ΣΒ των περιβαλλοντικών (άρα και την αντίστοιχη του ΣΒ των οικονομικών). Από την μελέτη των παραπάνω προκύπτουν τα ακόλουθα:

- το σενάριο 3, ανεξάρτητα από τους ΣΒ, είναι χαμηλότερο στην τελική βαθμολογία. Εξαίρεση αποτελεί η περίπτωση που η περιβαλλοντική αξιολόγηση έχει ΣΒ πάνω από το 70% οπότε το σενάριο 3 υπερτερεί του σεναρίου 4 καθώς και η περίπτωση που ο ΣΒΠ είναι άνω του 90% οπότε και το σενάριο 3 υπερτερεί του σεναρίου 1. Η περίπτωση βέβαια που η περιβαλλοντική αξιολόγηση έχει ΣΒ πάνω από 90% κρίνεται ακραία και απίθανη, δεδομένων των οικονομικών συνθηκών της περιοχής ενδιαφέροντος. Άρα σε κάθε περίπτωση το σενάριο 3 υστερεί του σεναρίου 1.
- Οι ευθείες των σεναρίων 1 και 2 τέμνονται στο σημείο στο οποίο ο ΣΒ των περιβαλλοντικών είναι 50%, δηλαδή στο σημείο που τα οικονομικά και τα περιβαλλοντικά κριτήρια έχουν ακριβώς την ίδια βαρύτητα. Για μικρότερες τιμές του ΣΒ των περιβαλλοντικών, δηλαδή για τις περιπτώσεις που τα οικονομικά παίζουν μεγαλύτερο ρόλο από τα περιβαλλοντικά στην λήψη της απόφασης, το σενάριο 1 είναι καλύτερο. Αντίθετα για μεγαλύτερες τιμές του ΣΒ των περιβαλλοντικών, δηλαδή όταν τα περιβαλλοντικά κριτήρια παίζουν μεγαλύτερο ρόλο από τα οικονομικά στην λήψη της απόφασης, το σενάριο 2 είναι καλύτερο από το σενάριο 1.
- Όπως φαίνεται από το διάγραμμα, το σενάριο 4 υστερεί στην περιβαλλοντική αξιολόγηση. Σε κάθε περίπτωση είναι χαμηλότερα από τα 1 και 2 ενώ για ΣΒΠ ίσο με 40% και άνω, υστερεί και του σεναρίου 5. Αυτό οφείλεται στο ότι το σενάριο αυτό προσφέρει χαμηλό δείκτη εκτροπής από την ταφή. Μια σημαντική αύξηση του ΣΒΠ από 70% και άνω φέρνει το σενάριο 4 χαμηλότερα και από το σενάριο 3.
- Η ευθεία του σεναρίου 5 τέμνει την ευθεία του σεναρίου 1 για ΣΒΠ ίσο με 80%. Για υψηλό δηλαδή δείκτη βαρύτητας στα

περιβαλλοντικά κριτήρια υπερτερεί του σεναρίου 1. Αυτό μπορεί να μοιάζει οξύμωρο γιατί γενικά έχει επικρατήσει η άποψη ότι η αποτέφρωση είναι λιγότερο φιλική περιβαλλοντικά από την αναερόβια επεξεργασία. Στην προκειμένη όμως περίπτωση γίνεται η παραδοχή ότι οποιαδήποτε τεχνολογία θερμικής επεξεργασίας και αν εφαρμοστεί θα πληροί κατά ελάχιστο τα όρια της οδηγίας 2000/76 για τους αέριους ρύπους αλλά και τα οριζόμενα σχετικά με την διάθεση των στερεών υπολειμμάτων της αποτέφρωσης, με αποτέλεσμα να μην υστερεί σημαντικά από τα υπόλοιπα σενάρια στο θέμα των εκπομπών. Σε κάθε περίπτωση ισχύει το γεγονός ότι, η περίπτωση που η περιβαλλοντική αξιολόγηση έχει ΣΒ πάνω από 80% είναι αρκετά απίθανη για την περίπτωση του νομού Αχαΐας.

Με βάση τα παραπάνω αναδεικνύεται ότι το κρίσιμο θέμα στην διαδικασία λήψης της απόφασης είναι να προσδιοριστεί που θα δοθεί το μεγαλύτερο βάρος, στην οικονομική ή στην περιβαλλοντική αξιολόγηση, θέμα κατεξοχήν πολιτικής φύσεως.

3.11 Συμπεράσματα

Η μελέτη που έγινε για τον νομό Αχαΐας οδήγησε στα ακόλουθα συμπεράσματα:

- είναι εξαιρετικά σημαντικό στη λήψη μιας απόφασης για την επιλογή μεθόδου, να υπάρχει έντονη κοινωνικοποίηση της όλης διαδικασίας. Έτσι οργανώθηκαν επισκέψεις σε μονάδες του εξωτερικού, συμμετοχή σε συζητήσεις, διενέργεια παρουσιάσεων και απάντηση όλων των ερωτημάτων που τέθηκαν ακόμα και αν κάποια από αυτά είχαν ήδη απαντηθεί. Μια τέτοια διαδικασία είναι προφανές ότι διαρκεί σημαντικό χρονικό διάστημα και στην περίπτωση του νομού Αχαΐας διήρκεσε πάνω από ένα έτος. Μια τέτοια διαδικασία αποτελεί τον καλύτερο τρόπο για να ληφθεί μια τόσο σημαντική απόφαση και προσφέρει σταθερά αποτελέσματα αλλά καλό είναι να ξεκινά πολύ πριν το πρόβλημα γίνει επιτακτικό και η χωρητικότητα του ΧΥΤΑ που αποτελεί τον "πυρήνα" της υφιστάμενης διαχείρισης κοντεύει να εξαντληθεί.

- η μελέτη που διενεργήθηκε αποτελεί ουσιαστικά μία πολύ χρήσιμη διαδικασία προετοιμασίας διότι δίνει την πρώτη βασική εικόνα στους εμπλεκόμενους φορείς ως προς τα τεχνικά χαρακτηριστικά, τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις αλλά και τα οικονομικά στοιχεία των μονάδων. Σημαντικό στοιχείο αποτελεί ότι υπολογίζονται τα μηδενικά gate fees (ανάλυση νεκρού σημείου) που μπορούν να αποτελέσουν ένα πρώτο κριτήριο για το τι να αναμένουν οι αρμόδιες υπηρεσίες κατά τη δημοπράτηση από τον κατασκευαστή της κάθε τεχνολογίας ενώ τους δίνεται και η δυνατότητα να θέσουν και κάποιο όριο στο τέλος χρέωσης. Σε ότι αφορά τώρα τη χρηματοδότηση της μονάδας κατέστη σαφές από τις συζητήσεις που έγιναν ότι για να καλυφθεί το κόστος επένδυσης αποτελεί μονόδρομο η συμμετοχή του ιδιωτικού τομέα. Η υλοποίηση αυτών των έργων απαιτεί πολύ σημαντικούς πόρους οι οποίοι, όπως είναι ευρέως γνωστό, δεν μπορούν με κανένα τρόπο να καλυφθούν από το ελληνικό κράτος ή την Ε.Ε, πόσο μάλλον από τους φορείς διαχείρισης. Τα κονδύλια των εθνικών και κοινοτικών πόρων μόλις και μετά βίας φθάνουν να καλύψουν την ολοκλήρωση των εγκαταστάσεων διάθεσης.
- η σύγκριση μεταξύ της υφιστάμενης κατάστασης σε ότι αφορά τα τέλη χρέωσης και τις χρεώσεις που θα πρέπει να επιβληθούν κατά την λειτουργία της μονάδας πρέπει να γίνεται επί πραγματικής βάσης δηλαδή να έρθει το κόστος ταφής στις πραγματικές του διαστάσεις. Έτσι στο δήμο Πατρέων είναι αυτή τη στιγμή 10/τόνο ενώ θα έπρεπε να είναι 34/τόνο. Λαμβάνοντας την τιμή 34/τόνο προκύπτει ανά κάτοικο χρέωση περίπου 11/κάτοικο * έτος (1/ κάτοικο * μήνα). Λαμβάνοντας χρέωση περίπου 80/τόνο που προκύπτει κατά την επεξεργασία το ανά κάτοικο κόστος γίνεται περίπου 27/ κάτοικο * έτος δηλαδή αύξηση 1,25 ανά κάτοικο μηνιαίως. Από αυτή την σκοπιά, η αύξηση του κόστους δεν φαντάζει υπέρογκη.

Το πραγματικό κόστος υγειονομικής ταφής είναι επομένως κατά πολύ μεγαλύτερο από αυτό που μέχρι σήμερα υπολογίζεται και χρεώνεται, σχεδόν τριπλάσιο από αυτό που κοστολογείται σήμερα. Επομένως η λύση της υγειονομικής ταφής είναι υπο κοστολογημένη και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να παρουσιάζεται

ως πολύ πιο οικονομική λύση από την επεξεργασία των αποβλήτων. Η βασική αιτία για αυτό είναι ότι στο κόστος ταφής δεν συμπεριλαμβάνονται όλα όσα η νομοθεσία επιβάλλει και δεν συνυπολογίζονται τα κόστη αειφορίας . Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, η υγειονομική ταφή να μην είναι μακροπρόθεσμα βιώσιμη και η συνέχειά της να στηρίζεται αποκλειστικά στην εξεύρεση νέων κονδυλίων για νέους ΧΥΤΑ και αποκαταστάσεις από την Ε.Ε ή άλλους κρατικούς πόρους.

Ωστόσο, σε συνθήκες μείωσης της διαθεσιμότητας τέτοιων πόρων και οικονομικής ύφεσης, η περίοδος στην οποία το σύστημα διαχείρισης αποβλήτων στηριζόταν σε κοινοτικά κονδύλια έχει παρέλθει, ενώ οι εθνικοί πόροι πλέον είναι δυσεύρετοι. Η πραγματική αναπροσαρμογή της κοστολόγησης είναι άμεση ανάγκη.

- δεν υπάρχει βέλτιστη επιλογή για την τεχνολογία που θα ακολουθηθεί αφού η κάθε τεχνολογία έχει μειονεκτήματα και πλεονεκτήματα και αποτελεί πολιτική απόφαση για το που θα δοθεί βαρύτητα κατά την λήψη της απόφασης. Για το λόγο αυτό προτάθηκε μία συγκεκριμένη τεχνολογία, προτάθηκαν όμως τα βήματα που θα πρέπει να ακολουθήσει η νομαρχιακή αυτοδιοίκηση για να καταλήξει στο επιθυμητό αποτέλεσμα: την κατασκευή και λειτουργία μίας μονάδας επεξεργασίας στο νομό η οποία θα συμβάλει στην αειφόρο διαχείριση των απορριμμάτων. Η ανάλυση ευαισθησίας που διενεργήθηκε μπορεί να χρησιμεύσει στη λήψη της απόφασης αφού καλύπτει όλες τις περιπτώσεις συντελεστών βαρύτητας.

Τέλος βέλτιστο περιβαλλοντικό και κοινωνικό αποτέλεσμα θα έχει και ο συνδυασμός της μονάδας επεξεργασίας των αποβλήτων με την επέκταση της λειτουργίας του προγράμματος ανακύκλωσης με διαλογή στην πηγή που ήδη υπάρχει στο δήμο Πατρέων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Σενάρια Επεξεργασίας Αποβλήτων-Οικονομική Ανάλυση

4.1 Δημιουργία Συστήματος επεξεργασίας στερεών αποβλήτων

Τα συστήματα επεξεργασίας στερεών αποβλήτων μειώνουν σημαντικά τον όγκο των αποβλήτων με τα μηχανικά και θερμικά μέσα, έτσι ώστε τα απόβλητα να μετασχηματίζονται χημικά. Τέτοιες διαδικασίες επιλύουν ένα από τα σοβαρότερα προβλήματα των μεγάλων αστικών πληθυσμών που είναι η διάθεση αποβλήτων ως εκ τούτου, το σχέδιό τους είναι ένας σημαντικός στόχος, και η διαμόρφωση του μπορεί να βοηθήσει σημαντικά.

Η επεξεργασία στερεών αποβλήτων περιλαμβάνει τα σύνθετα δυναμικά συστήματα που είναι δύσκολο να αναλυθούν επομένως, η προσομοίωση φαίνεται να είναι μια κατάλληλη τεχνική διαμόρφωσης τέτοιων συστημάτων.

Στο κεφάλαιο 4 αναλύεται με προσομοίωση η οικονομική βιωσιμότητα των σεναρίων επεξεργασίας που διαμορφώθηκαν στο κεφάλαιο 3. Σε αυτά τα σενάρια διαμορφώνονται οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ της ημερήσιας παραγωγής απορριμμάτων και της απόδοσης των πέντε τεχνολογιών επεξεργασίας σχετικά με τα το κόστος επένδυσης το λειτουργικό κόστος όπως και τα κέρδη από την ενεργειακή αξιοποίηση και ανάκτηση των υλικών. Όσον αφορά την ημερήσια παραγωγή των απορριμμάτων μελετώνται η εποχικότητα και διαμορφώνονται σενάρια για την μελλοντική ημερήσια παραγωγή σε συνδυασμό με άλλες πολιτικές ανακύκλωσης και περιορισμού του όγκου των απορριμμάτων. Η ανάλυση αφορά χρονικό ορίζοντα 20 χρόνων.

4.2 Εννοιολογικό πρότυπο

Η εννοιολογική διαμόρφωση είναι ένα σημαντικό στάδιο στη διαδικασία προσομοίωσης και είναι το στάδιο που προηγείται του προγράμματος ανάπτυξης. Τα εννοιολογικά πρότυπα προορίζονται πρώτιστα για την ανθρώπινη κατανόηση του προβλήματος - δηλ. στη δόμηση συστημάτων ενίσχυσης, την ανάπτυξη και την επικοινωνία προγράμματος μεταξύ μοντελιστών και των εμπειρογνομόνων στην περιοχή του προβλήματος. Οι διάφορες τεχνικές για την εννοιολογική πρότυπη αντιπροσώπευση έχουν αναπτυχθεί, και μεταξύ τους οι μέθοδοι διαγραμματικής

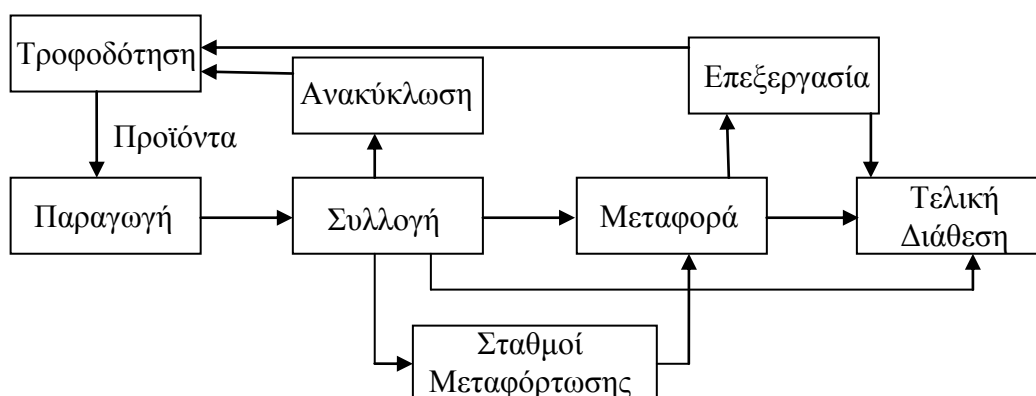
αντιπροσώπευση είναι ιδιαίτερα ελκυστικοί επειδή αντιστοιχούν στα ανθρώπινα οπτικά βοηθήματα επιτρέποντας την παράλληλη κατανόηση και της δομής και της λειτουργίας συστημάτων. Έχει αναπτυχθεί το εννοιολογικό πρότυπο ενός συστήματος επεξεργασίας στερεών αποβλήτων με την χρήση μια διαγραμματικής τεχνικής αντιπροσώπευσης διαγραμμάτων κύκλων δραστηριότητας.

Αυτή η τεχνική επιλέχτηκε για τους ακόλουθους λόγους:

- ένας μικρός αριθμός γραφικών συμβόλων διευκολύνει την απλή αντιπροσώπευση συστημάτων
- το σύστημα επεξεργασίας στερεών αποβλήτων είναι ένα σύστημα που περιλαμβάνει τις πολυάριθμες θέσεις υπηρεσιών και αναμονής, και τα διαγράμματα κύκλων δραστηριότητας είναι ειδικά κατάλληλα για τέτοια συστήματα
- το εννοιολογικό πρότυπο που αναπτύσσεται χρησιμοποιώντας αυτήν την μέθοδο μπορεί να εξυπηρετήσει σαν βάση για την επόμενη ανάπτυξη του προτύπου υπολογιστών με το πακέτο λογισμικού προσομοίωσης EXTEND 5.

Ένα εννοιολογικό πρότυπο αναπτύχθηκε μέσω διάφορων επαναλήψεων από τη βαθμιαία ενσωμάτωση όλων των ουσιαστικών χαρακτηριστικών συστημάτων, έως ότου έγινε αποδεκτή ως ικανοποιητική αντιπροσώπευση ενός συστήματος επεξεργασίας στερεών αποβλήτων.

Το πλήρες διάγραμμα αποτελείται από διάφορους κύκλους ζωής περιγράφοντας τους λογικούς κύκλους των δραστηριοτήτων των διάφορων οντοτήτων συστημάτων.



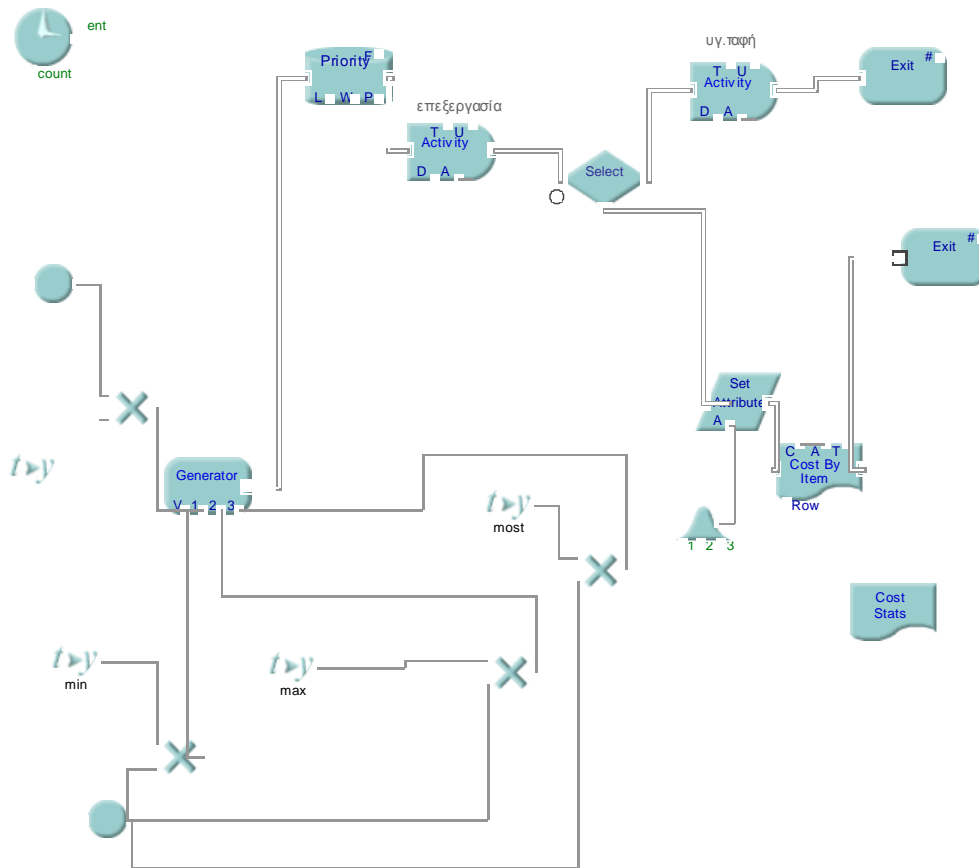
Εικόνα 2 διάγραμμα ροής του συστήματος διαχείρισης απορριμμάτων

Κάθε κύκλος ζωής οντοτήτων περιλαμβάνει τις εναλλακτικές δραστηριότητες και την αναμενόμενη υπηρεσία, περιγράφοντας τη «ζωή» των οντοτήτων εκείνου του ιδιαίτερου τύπου. Η αλληλεπίδραση των διάφορων τύπων οντοτήτων αντιπροσωπεύεται συνήθως από τη συμμετοχή των οντοτήτων στην ίδια δραστηριότητα όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα ροής του συστήματος διαχείρισης απορριμμάτων.

4.3 Πρότυπο υπολογιστών

Το εννοιολογικό πρότυπο που αναπτύχθηκε από την τεχνική διαγραμμάτων κυκλικής δραστηριότητας εξυπηρέτησε σαν βάση για την ανάπτυξη ενός προτύπου υπολογιστών από το πακέτο λογισμικού προσομοίωσης EXTEND V6. Σε αυτήν την συσκευασία η δομή του προτύπου διευκρινίζεται από ένα διαλογικό σύστημα ερωτηματολογίων που ζητά από τον μοντελιστή να παρουσιάσει τις πληροφορίες για τις οντότητες, τις αποδώσεις κ.λπ., με έναν συστηματικό τρόπο, χρησιμοποιώντας τη γνώση του για τους κανόνες για την κατασκευή κυκλικών δραστηριοτήτων. Βάσει της αποκτηθείσας πρότυπης προδιαγραφής, το πακέτο λογισμικού αυτόματα παράγει ένα πρόγραμμα προσομοίωσης που γράφεται στη γλώσσα προγραμματισμού PASCAL.

Το σημαντικότερο χαρακτηριστικό της προσέγγισης EXTEND είναι η δυνατότητά της να χτίσει και να αλλάξει το πρόγραμμα προσομοίωσης γρήγορα μέσω μιας μάλλον απλής κατασκευής των διαγραμμάτων κυκλικής δραστηριότητας. Μετά από την αρχική προσπάθεια της κατασκευής ενός εννοιολογικού προτύπου από τα διαγράμματα κυκλικής δραστηριότητας, ο μετασχηματισμός του στο κατάλληλο πρότυπο υπολογιστών είναι έτσι μάλλον απλός. (εικόνα 3) Όλες οι περαιτέρω τροποποιήσεις του προτύπου είναι ακόμα ευκολότερες και γρηγορότερες.



Εικόνα 3. Προσομοίωση συστήματος διαχείρισης απορριμμάτων στο EXTEND

Ο βασικός περιορισμός της χρησιμοποίησης μιας συσκευασίας με την αυτόματη παραγωγή προγράμματος φαίνεται να είναι η πολυπλοκότητα του συστήματος που μπορεί να αντιπροσωπευθεί από τα διαγράμματα κυκλικής δραστηριότητας. Εντούτοις, εάν μερικά χαρακτηριστικά του συστήματος δεν μπορούν να αντιπροσωπευθούν από τα διαγράμματα κυκλικής δραστηριότητας, μπορούμε να δημιουργήσουμε ένα απλουστευμένο εννοιολογικό πρότυπο, να παραγάγει αυτόματα το κατάλληλο πρότυπο υπολογιστών (πρόγραμμα) και το πλεονέκτημα πέρα από τον προγραμματισμό από την αρχή είναι ότι πρώτον το πρόγραμμα βάσεων δημιουργήθηκε αρκετά γρήγορα, και δεύτερον το πρόγραμμα που παράγεται είναι καλά δομημένο και ελεγμένο.

4.4 Επικύρωση και επαλήθευση μοντέλου

Η διαδικασία της εννοιολογικής πρότυπης επικύρωσης και επαλήθευσης πραγματοποιήθηκε ταυτόχρονα με την ανάπτυξη του μοντέλου. Μια επαναληπτική ανάπτυξη του μοντέλου επέτρεψε την προοδευτική βελτίωσή της με την ακρίβεια αυξανόμενης πολυπλοκότητας και λογικής.

Οι εκδόσεις των μοντέλων σε κάθε επανάληψη επικυρώθηκαν χωριστά και, βάσει των αποτελεσμάτων επικύρωσης, οι απαραίτητες αλλαγές έγιναν μέχρι να ικανοποιήσει το μοντέλο τις διαδικασίες επικύρωσης.

Η επικύρωση του μοντέλου του συστήματος επεξεργασίας στερεών αποβλήτων βασίστηκε κυρίως στην ανάλυση του μοντέλου από τους εμπειρογνώμονες στους τομείς της τεχνολογίας επεξεργασίας αποβλήτων, της οργάνωσης μεταφορών αποβλήτων και της διαμόρφωσης της προσομοίωσης. Εκτός από τις συμβουλές των εμπειρογνομόνων, μελετήθηκαν και οι σχετικές δημοσιεύσεις που περιγράφουν τη λειτουργία των παρόμοιων συστημάτων σε άλλες χώρες.

Μια ανάλυση της λογικής δομής του μοντέλου παρουσίασε την επάρκεια των στοιχείων της και των συνδέσεων τους από την άποψη του διαμορφωμένου συστήματος. Η λογική ακρίβεια της δυναμικής του μοντέλου εξετάστηκε με την πραγματοποίηση των χειρωνακτικών προσομοιώσεων χρησιμοποιώντας την τριφασική στρατηγική μέθοδο. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η δυναμική της συμπεριφοράς του μοντέλου ήταν επίσης ικανοποιητική. Επομένως, το μοντέλο έγινε αποδεκτό ως έγκυρο.

Η επαλήθευση του μοντέλου εξέτασε την επάρκεια του από την άποψη του εννοιολογικού προτύπου. Η ανάπτυξη του εννοιολογικού προτύπου που χρησιμοποιεί τα διαγράμματα κυκλικής δραστηριότητας αποκάλυψε τη δομή του εννοιολογικού προτύπου με έναν εύκολα κατανοητό τρόπο. Αυτό το εννοιολογικό πρότυπο έπειτα αυτόματα μετασχηματίστηκε στο κατάλληλο μοντέλο υπολογιστών χρησιμοποιώντας το πακέτο EXTEND. Το μοντέλο ελέγχθηκε από τα προκαταρκτικά πειράματα προσομοίωσης που εκτελέστηκαν και σαν κείμενο και με γραφικό τρόπο.

Οι ακόλουθες μέθοδοι επαλήθευσης που χρησιμοποιήθηκαν είναι:

- δοκιμή της χρησιμοποίησης των μόνιμων οντοτήτων
- δοκιμή των αποτελεσμάτων παραγωγής για τους διάφορους συνδυασμούς τιμών παραμέτρων εισαγωγής
- γραφική επίδειξη των αποτελεσμάτων προσομοίωσης (π.χ. ιστόγραμμα χρονικής σειράς κ.λπ.)
- πραγματοποίηση της χειρωνακτικής προσομοίωσης που χρησιμοποιεί την τριφασική μέθοδο.

Τα αποτελέσματα των δοκιμών επαλήθευσης απέδειξαν την επάρκεια του μοντέλου από την άποψη του εννοιολογικού προτύπου.

Επομένως, και οι διαδικασίες επικύρωσης και επαλήθευσης έδειξαν ότι το μοντέλο μπορεί να γίνει αποδεκτό ως επαρκές πλαίσιο για τον πειραματισμό, το οποίο σημαίνει ότι τα αποτελέσματα των πειραμάτων μπορούν ακίνδυνα να χρησιμοποιηθούν ως υποκατάστατο του πειραματισμού με το πραγματικό σύστημα.

4.5 Ανάλυση παραγόντων που επηρεάζουν την συμπεριφορά του συστήματος

Οι σχετικοί παράγοντες επιλέχθηκαν με τον ακόλουθο τρόπο: το βασικό μέτρο απόδοσης ενδιαφέροντος για τη μελέτη προσομοίωσης ήταν η αποδοτικότητα του διαμορφωμένου συστήματος και αυτή η αποδοτικότητα μπορεί να μετρηθεί από το ποσοστό της ποσότητας αποβλήτων και μετέφερε στο σύστημα στη περίοδο προσομοίωσης. Επομένως, οι ακόλουθοι δύο παράγοντες, που υποτίθεται ότι είχαν μια βασική επιρροή στην απάντηση του συστήματος, επιλέχθηκαν: α) ποσότητα παραγωγής και β) κερδοφορία των πέντε τεχνολογιών που σχετίζεται με την ανάκτηση των υλικών.

Τα προκαταρκτικά πειράματα προσομοίωσης επιβεβαίωσαν ότι αυτοί οι δύο παράγοντες είχαν πραγματικά μια σημαντικότερη επιρροή στην απόδοση συστημάτων. Περίπου δώδεκα προκαταρκτικά πειράματα εκτελέστηκαν, στα οποία ερευνήθηκε η επιρροή της ποσότητας απορριμμάτων στο κόστος διαχείρισης.

Επιπλέον, αποφασίσαμε να τρέξουμε τις πέντε εναλλακτικές λύσεις του σχεδίου διαχείρισης κάθε ένα με τα διαφορετικά επίπεδα στην επιρροή των παραγόντων στην απόδοση του συστήματος (επειδή τα επίπεδα παραγόντων είναι αυθαίρετα). Αυτό δεν είναι μια παραδοσιακή προσέγγιση στο σχέδιο πειράματος προσομοίωσης, και θα ήταν πολύ χρονοβόρα για έναν σημαντικό αριθμό παραγόντων, αλλά για το εν λόγω μικρό αριθμό παραγόντων φαίνεται χρήσιμη.

Για κάθε έναν από τους επιλεγμένους συνδυασμούς παραγόντων ένα μέγεθος δειγμάτων δέκα ανεξάρτητων πειραμάτων προσομοίωσης επιλέχτηκε.

Ο τελικός τύπος προσομοίωσης εκτελέστηκε, με το κάθε πείραμα προσομοίωσης να ξεκινάει από τους ίδιους αρχικούς όρους, δηλ. ένα κενό σύστημα.

Η απόδοση συστημάτων που υπολογίζεται από τα πειράματα της προσομοίωσης αντιπροσωπεύει το ποσοστό της ποσότητας αποτεφρωμένων αποβλήτων στην ποσότητα αποβλήτων που παρουσιάστηκε στο σύστημα.

Τα πειράματα προσομοίωσης μιμήθηκαν ένα σύστημα επεξεργασίας αποβλήτων κατά τη διάρκεια τεσσάρων διαφορετικών περιόδων παραγωγής απορριμμάτων (άνοιξη, καλοκαίρι, φθινόπωρο, χειμώνας) με τους θερινούς μήνες να υπάρχει σημαντική αύξηση των απορριμμάτων λόγω της τουριστικής κίνησης και της λειτουργίας του λιμανιού της Πάτρας.

Κάθε εκτέλεση του πειράματος προσομοίωσης έδωσε μια μεταβλητή για την απάντηση του συστήματος (δηλ. απόδοση). Τα διαφορετικά τυχαία ρεύματα αριθμών που χρησιμοποιήθηκαν για τα πειράματα που ανήκουν στο δείγμα για κάθε έναν από τους επιλεγμένους συνδυασμούς παραγόντων οδήγησαν σε μια ανεξάρτητη και όμοια μεταβλητή απόδοσης (IID) και την τυποποιημένη στατιστική ανάλυσή της.

Οι τιμές δειγμάτων της απάντησης (δηλ. η απόδοση του συστήματος) ελήφθη για κάθε ένα από τα πέντε εναλλακτικά παραγοντικά σχέδια. Βάσει αυτών των τιμών των αποτελεσμάτων e_1 , e_2 και e_{10} ελήφθησαν για κάθε σχέδιο και έτσι υπολογίστηκαν οι εκτιμήσεις των μέσων τιμών και του διαστήματος εμπιστοσύνης των μέσων τιμών των αποτελεσμάτων.

Το μέγεθος των σχετικών μηκών διαστήματος (δηλ. το διάστημα που καλύπτει όλες τις τιμές των αποτελεσμάτων, που διαιρέθηκαν με τη μέση αξία της επίδρασης) ήταν πάντα μικρότερο από 2%.

Μπορεί επίσης να διαφανεί ότι η προσθήκη ενός γερανού (δηλ. η αύξηση του αριθμού γερανών από έναν σε δύο) προκαλεί μια μεγαλύτερη μέση ανάπτυξη στην αποδοτικότητα του συστήματος στην περίπτωση ενός μεγαλύτερου αριθμού αποτεφρωτηρών στο σύστημα - αυτό σημαίνει ότι οι γερανοί δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατάλληλα εάν δεν υπάρχουν αρκετοί αποτεφρωτήρες που γεμίζουν από τους γεραμούς. Αυτό οδηγεί επίσης στο συμπέρασμα ότι δύο αποτεφρωτήρες δεν είναι αρκετοί για την κατάλληλη διαμόρφωση συστημάτων.

Η συμπεριφορά της αλληλεπίδρασης e_{12} δείχνει ότι μια αλληλεπίδραση υπάρχει μεταξύ των δύο παραγόντων, δηλ. ότι η επίδραση κάθε παράγοντα επηρεάζεται από την αξία του άλλου παράγοντα. Επίσης, η επίδραση αλληλεπίδρασης αυξάνεται και όταν αυξάνεται ο αριθμός

αποτεφρωτηρών και όταν αυξάνεται η διαφορά στον αριθμό αποτεφρωτηρών.

Εν γένει, το επιλεγμένο σχέδιο των πειραμάτων προσομοίωσης βοηθάει στην αναγνώριση των παραγόντων του συστήματος και την επιρροή τους στην απόδοση του. (πηγή Modeling a Solid-Waste Processing System by Discete Event Simulation VLATKO CERIC and VLATKA HLUPIC Faculty of Economics, University of Zagreb)

4.6 Το πρόβλημα στο νομό Αχαΐας

Η αναγκαιότητα κατασκευής μίας μονάδας επεξεργασίας αποβλήτων είναι πιο έντονη από ποτέ και οφείλεται στους παράγοντες που ακολουθούν:

- το αδιέξοδο της παραγωγής των αποβλήτων
- το αδιέξοδο της υγειονομικής ταφής
- το πραγματικό μέγεθος του κόστους ταφής
- οι απαιτήσεις της νομοθεσίας

Η κατασκευή μίας κεντρικής μονάδας επεξεργασίας αποβλήτων θα έχει σημαντικά οφέλη για την εξυπηρετούμενη περιοχή:

- δραστική μείωση του προς διάθεση όγκου αποβλήτων
- δραστική μείωση της επικινδυνότητας των προς διάθεση αποβλήτων
- αύξηση της διάρκειας λειτουργίας των υφιστάμενων ΧΥΤΑ οι οποίοι θα μετατραπούν σε ΧΥΤΥ, με μειωμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις
- δραστικός περιορισμός της πιθανότητας ρύπανσης των υδροφόρων οριζώντων
- εξάλειψη της ανάγκης διαρκούς αναζήτησης νέων εκτάσεων για υγειονομική ταφή
- δυνατότητα γρήγορης και εύκολης αποκατάστασης των ΧΥΤΥ και απόδοσης νέων χρήσεων γης σε αυτούς

Η κατασκευή της κεντρικής μονάδας επεξεργασίας αποβλήτων δεν είναι απλή υπόθεση και απαιτείται ενδελεχής μελέτη όλων των παραγόντων που εμπλέκονται και που επηρεάζουν την τελική απόφαση.

Σε αυτό το κεφάλαιο θα μελετήσουμε όλα τα σενάρια και θα επιλέξουμε το κατάλληλο που θα προσφέρει την βέλτιστη λύση του προβλήματος.

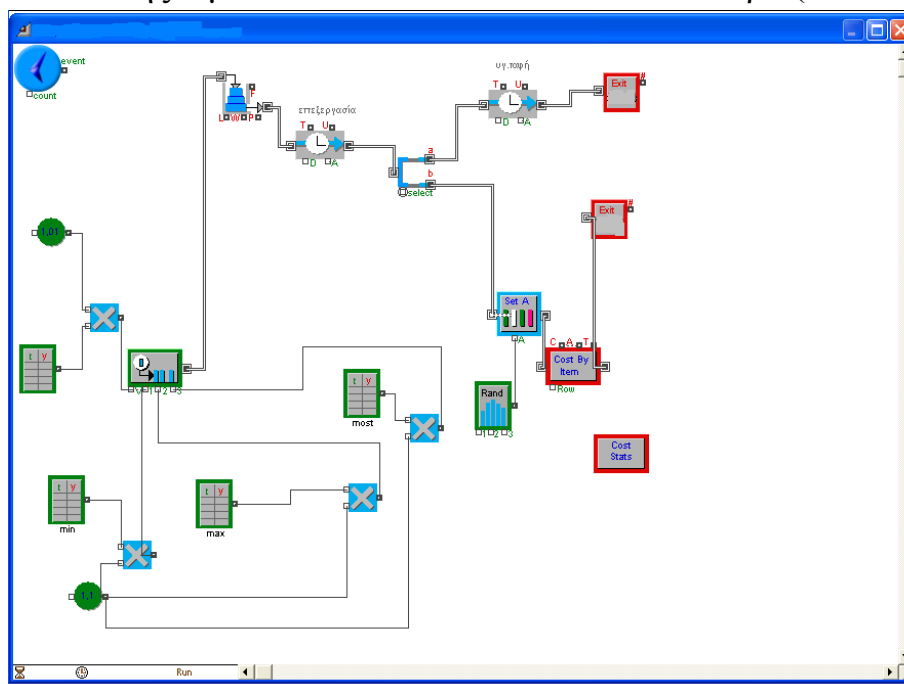
σενάριο	παραγωγή αποβλήτων	ενεργειακό υλικό	κόστος (ευρώ/τόνο)
επιχωμάτωση	-	-	35
αναερόβια χώνευση	60%	11GW & λίπασμα	53
αερόβια χώνευση	68,3%	37GW & υλική αποκατάσταση	120
βιολογική ξήρανση	39,4%	1GW	64
βιολογική ξήρανση με ενεργειακή χρήση	75%	44GW & υλική αποκατάσταση	73
μαζική καύση	84%	63GW	88

Πίνακας 10. εναλλακτικές τεχνολογίες μονάδας επεξεργασίας αποβλήτων στο νομό Αχαΐας (όλα τα σενάρια αναφέρονται σε ποσότητα αποβλήτων 150.000 τον./έτος)

Πηγή (P. Mitropoulos et al/Intl.Trans,in Op.Res,16(2009)391-407)

ο παραπάνω πίνακας παρουσιάζει τα σενάρια πάνω στα οποία θα δημιουργήσουμε τα μοντέλα, από τα οποία θα προκύψει το σενάριο εκείνο που θα προσφέρει την βέλτιστη λύση και συνεπώς την απάντηση στο ερώτημα ποια τεχνολογική εναλλακτική πρέπει να ακολουθηθεί.

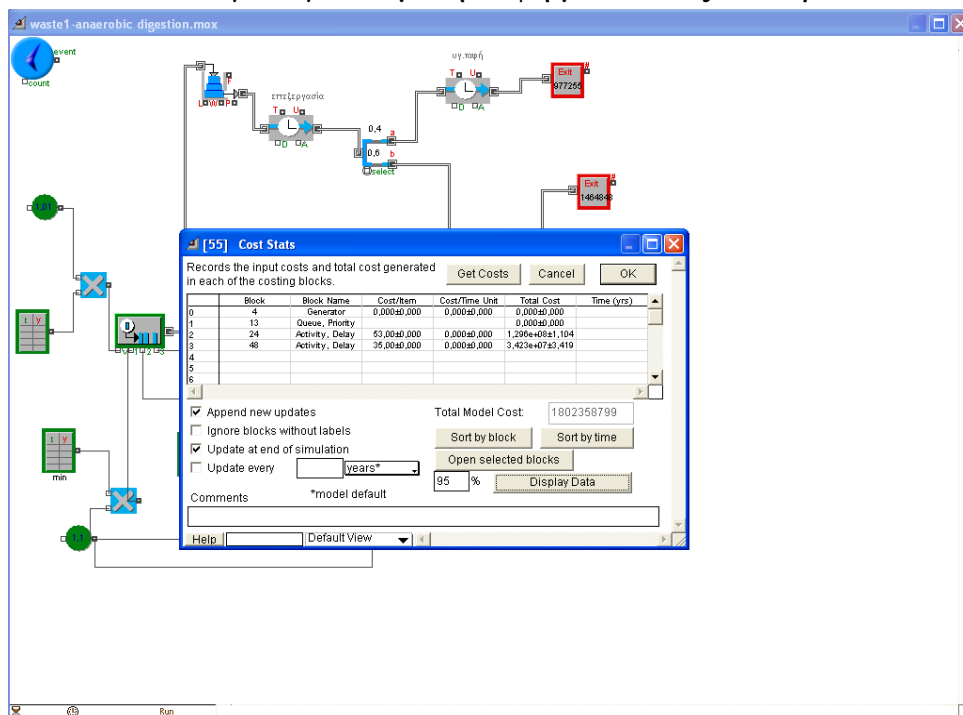
Τέλος το παρακάτω μοντέλο του extend είναι εκείνο που θα χρησιμοποιήσουμε για να προσομοιώσουμε όλα τα πιθανά σενάρια και εν τέλει να καταλήξουμε σε εκείνο που θα είναι το καλύτερο.(εικόνα 4)



Εικόνα 4: Μοντέλο 1. γενική μορφή

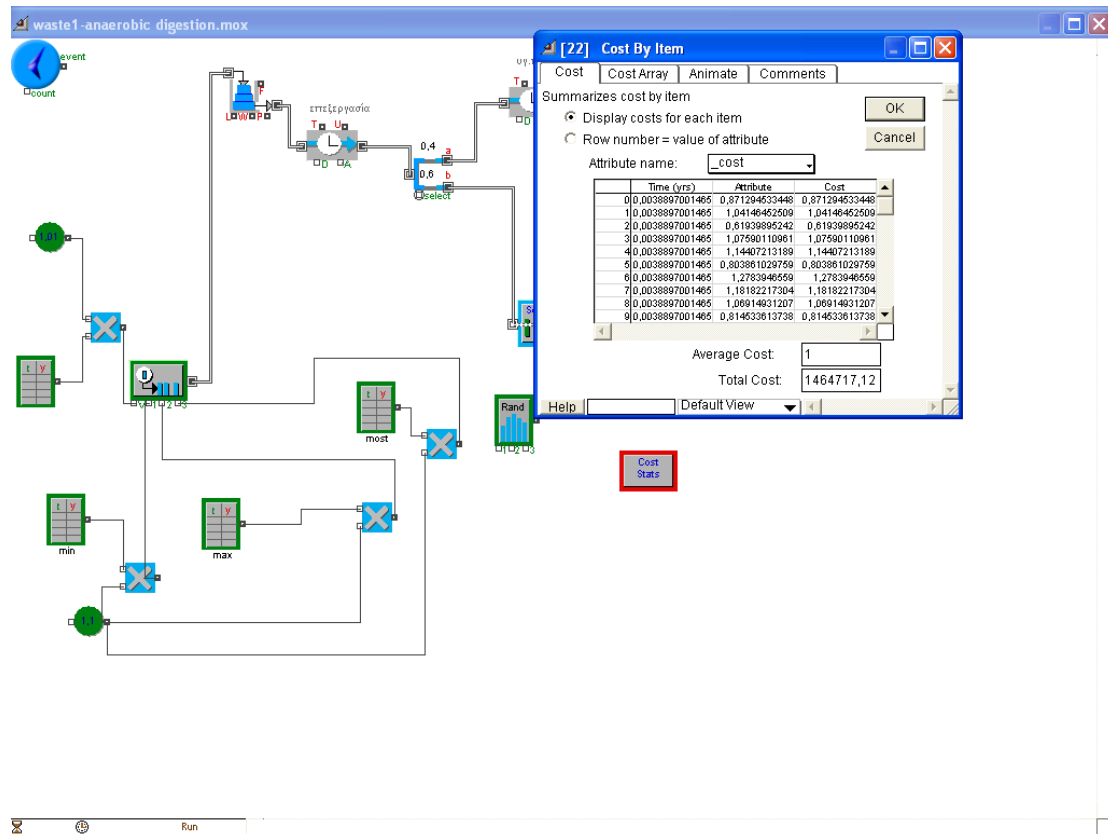
4.7 Αναερόβια χώνευση

Στο σενάριο αυτό (μοντέλο 1.1) παρατηρούμε από τον πίνακα 10 ότι η παραγωγή αποβλήτων αποτελεί το 60% της συνολικής ποσότητας αποβλήτων με κόστος επεξεργασίας 53 ευρώ ανά τόνο ενώ το υπόλοιπο 40% κατευθύνεται για υγειονομική ταφή με κόστος 35 ευρώ ανά τόνο.



Εικόνα 5: Ανάλυση κόστους του μοντέλου 1

Από το μοντέλο 1.1 (πίνακας 11) παρατηρούμε ότι το κόστος υγειονομικής ταφής είναι 34.203.925 ευρώ στα 25 έτη δηλαδή 1.368.157 ευρώ ανά έτος και κόστος επεξεργασίας 129.600.000 ευρώ στα 25 έτη δηλαδή 5.184.000 ευρώ ετησίως. Στη συνέχεια εμφανίζεται το κέρδος που προκύπτει από την πώληση της ενέργειας που προέρχεται από την αναερόβια χώνευση δηλαδή 53.706 ευρώ. Στους πίνακες 11 και 12 παρουσιάζονται τα στοιχεία της ανάλυσης των δεδομένων



Εικόνα 6: κέρδος από την πώληση ενέργειας

σενάριο	παραγωγή αποβλήτων	ενεργειακό υλικό	κόστος (ευρώ/τόνο)	κόστος επεξεργασίας	κόστος υγειονομικής ταφής	κέρδος πώλησης ενεργειακού υλικού	σύνολο
αναερόβια χώνευση	60%	11GW & λίπασμα	53	129.600.000	34.203.925	53.706	163.750.219

Πίνακας 11. γενικά στοιχεία μοντέλου 1.1

κέρδος από ΔΕΗ		κόστος επεξεργασίας		κόστος υγειονομικής ταφής		ποσότητα αποβλήτων	
Μέσος	1470706	Μέσος	129724655	Μέσος	34266138	Μέσος	2444103
Τυπικό σφάλμα	3291,47	Τυπικό σφάλμα	294521,35	Τυπικό σφάλμα	96957,3	Τυπικό σφάλμα	4136,24
Διάμεσος	1465638	Διάμεσος	129390225	Διάμεσος	34178375	Διάμεσος	2441325
Επικρατούσα τιμή	#Δ/Υ	Επικρατούσα τιμή	129223275	Επικρατούσα τιμή	#Δ/Υ	Επικρατούσα τιμή	2438175
Μέση απόκλιση τετραγώνου	10408,54	Μέση απόκλιση τετραγώνου	931358,28	Μέση απόκλιση τετραγώνου	306605,9	Μέση απόκλιση τετραγώνου	13079,94
Διακύμανση	1,08E+08	Διακύμανση	8,674E+11	Διακύμανση	9,4E+10	Διακύμανση	1,71E+08
Κύρτωση	-0,14822	Κύρτωση	0,0527739	Κύρτωση	-1,13359	Κύρτωση	1,61118
Ασυμμετρία	1,062631	Ασυμμετρία	0,9744806	Ασυμμετρία	0,579153	Ασυμμετρία	1,081927
Εύρος	30252,9	Εύρος	2942825	Εύρος	865375	Εύρος	46700
Ελάχιστο	1459067	Ελάχιστο	128554150	Ελάχιστο	33852000	Ελάχιστο	2425550
Μέγιστο	1489320	Μέγιστο	131496975	Μέγιστο	34717375	Μέγιστο	2472250
Πλήθος	10	Πλήθος	10	Πλήθος	10	Πλήθος	10
Βαθμός εμπιστοσύνης (95,0%)	7445,823	Βαθμός εμπιστοσύνης (95,0%)	666253,58	Βαθμός εμπιστοσύνης (95,0%)	219332,7	Βαθμός εμπιστοσύνης (95,0%)	9356,824

Πίνακας 12. Αποτελέσματα μοντέλου 1.1

Παρατηρούμε ότι για διάστημα εμπιστοσύνης 95% έχουμε μέσο ίσο με 1.470.706, δηλαδή έχουμε πιθανότητα 95% τα κέρδη από την ΔΕΗ να είναι σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

Μέσος – Βαθμός εμπιστοσύνης < Μέσος < Μέσος + Βαθμός εμπιστοσύνης

δηλαδή $1470706 - 7445,823 < 1470706 < 1470706 + 7445,823$.

Για το κόστος επεξεργασίας: για διάστημα εμπιστοσύνης 95% έχουμε μέσο ίσο με 129.724.655, δηλαδή έχουμε πιθανότητα 95% το κόστος επεξεργασίας να είναι σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

Μέσος – Βαθμός εμπιστοσύνης < Μέσος < Μέσος + Βαθμός εμπιστοσύνης

δηλαδή $129.724.655 - 666253,58 < 129.724.655 < 129.724.655 + 666253,58$

Για το κόστος υγειονομικής ταφής: για διάστημα εμπιστοσύνης 95% έχουμε μέσο ίσο με 34.266.138, δηλαδή έχουμε πιθανότητα 95% το κόστος υγειονομικής ταφής να είναι σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

Μέσος – Βαθμός εμπιστοσύνης < Μέσος < Μέσος + Βαθμός εμπιστοσύνης

δηλαδή $34.266.138 - 219332,7 < 34.266.138 < 34.266.138 + 219332,7$

Για την ποσότητα αποβλήτων: για διάστημα εμπιστοσύνης 95% έχουμε μέσο ίσο με 2.444.103, δηλαδή έχουμε πιθανότητα 95% η ποσότητα αποβλήτων να είναι σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

Μέσος – Βαθμός εμπιστοσύνης < Μέσος < Μέσος + Βαθμός εμπιστοσύνης

δηλαδή $2.444.103 - 9356,824 < 2.444.103 < 2.444.103 + 9356,824$.

4.8 Αερόβια χώνευση

Στο σενάριο αυτό (μοντέλο 1.2) παρατηρούμε από τον πίνακα 10 ότι η παραγωγή αποβλήτων αποτελεί το 68,3% της συνολικής ποσότητας αποβλήτων με κόστος επεξεργασίας 120 ευρώ ανά τόνο ενώ το υπόλοιπο 31.7% κατευθύνεται για υγειονομική ταφή με κόστος 35 ευρώ ανά τόνο.

Από το μοντέλο 1.2 (πίνακας 13) παρατηρούμε ότι το κόστος υγειονομικής ταφής είναι 27.160.000 ευρώ στα 25 έτη δηλαδή 1.086.400 ευρώ ανά έτος και κόστος επεξεργασίας 293.800.000 ευρώ στα 25 έτη δηλαδή 11.752.000 ευρώ ετησίως. Στη συνέχεια παρατηρούμε ότι το κέρδος που προκύπτει από την πώληση της ενέργειας που προέρχεται από την αερόβια χώνευση δηλαδή 206.569 ευρώ. Στους πίνακες 13 και 14 παρουσιάζονται τα στοιχεία της ανάλυσης των δεδομένων.

σενάριο	παραγωγή αποβλήτων	ενεργειακό υλικό	κόστος (ευρώ/τόνο)	κόστος επεξεργασίας	κόστος υγειονομικής ταφής	κέρδος πώλησης ενεργειακού υλικού	σύνολο
αερόβια χώνευση	68,3%	37GW & υλική αποκατάσταση	120	293.800.000	27.160.000	206.569	320.753.431

Πίνακας 13: Γενικά στοιχεία μοντέλου 1.2

κέρδος από ΔΕΗ		κόστος επεξεργασίας		κόστος υγειονομικής ταφής		ποσότητα αποβλήτων	
Μέσος	1663918	Μέσος	2,93E+08	Μέσος	27.115.900	Μέσος	2.438.930
Τυπικό σφάλμα	3613,344	Τυπικό σφάλμα	649705	Τυπικό σφάλμα	91062,91	Τυπικό σφάλμα	5414,208
Διάμεσος	1666622	Διάμεσος	2,92E+08	Διάμεσος	26992438	Διάμεσος	2436275
Επικρατούσα τιμή	#Δ/Υ	Επικρατούσα τιμή	#Δ/Υ	Επικρατούσα τιμή	#Δ/Υ	Επικρατούσα τιμή	#Δ/Υ
Μέση απόκλιση τετραγώνου	11426,4	Μέση απόκλιση τετραγώνου	2054548	Μέση απόκλιση τετραγώνου	287966,2	Μέση απόκλιση τετραγώνου	17121,23
Διακύμανση	1,31E+08	Διακύμανση	4,22E+12	Διακύμανση	8,29E+10	Διακύμανση	2,93E+08
Κύρτωση	-0,63599	Κύρτωση	-1,39205	Κύρτωση	-1,34893	Κύρτωση	-1,39205
Ασυμμετρία	-0,45992	Ασυμμετρία	0,521505	Ασυμμετρία	0,589007	Ασυμμετρία	0,521505
Εύρος	34913,88	Εύρος	5451000	Εύρος	764750	Εύρος	45425
Ελάχιστο	1642971	Ελάχιστο	2,9E+08	Ελάχιστο	26768000	Ελάχιστο	2419250
Μέγιστο	1677885	Μέγιστο	2,96E+08	Μέγιστο	27532750	Μέγιστο	2464675
Πλήθος	16639177	Πλήθος	2,93E+09	Πλήθος	2,71E+08	Πλήθος	24389300
Βαθμός εμπιστοσύνης (95,0%)	10	Βαθμός εμπιστοσύνης (95,0%)	10	Βαθμός εμπιστοσύνης (95,0%)	10	Βαθμός εμπιστοσύνης (95,0%)	10

Πίνακας 14. Αποτελέσματα μοντέλου 1.2

Παρατηρούμε ότι για διάστημα εμπιστοσύνης 95% έχουμε μέσο ίσο με, δηλαδή έχουμε πιθανότητα 95% τα κέρδη από την ΔΕΗ να είναι σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

Μέσος – Βαθμός εμπιστοσύνης < Μέσος < Μέσος + Βαθμός εμπιστοσύνης

δηλαδή $1.663.918 - 8173,951 < 1.663.918 < 1.663.918 + 8173,951$.

Για το κόστος επεξεργασίας: για διάστημα εμπιστοσύνης 95% έχουμε μέσο ίσο με, δηλαδή έχουμε πιθανότητα 95% το κόστος επεξεργασίας να είναι σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

Μέσος – Βαθμός εμπιστοσύνης < Μέσος < Μέσος + Βαθμός εμπιστοσύνης

δηλαδή $293.000.000 - 1.469.735 < 293.000.000 < 293.000.000 + 1.469.735$

Για το κόστος υγειονομικής ταφής: για διάστημα εμπιστοσύνης 95% έχουμε μέσο ίσο με, δηλαδή έχουμε πιθανότητα 95% το κόστος υγειονομικής ταφής να είναι σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

Μέσος – Βαθμός εμπιστοσύνης < Μέσος < Μέσος + Βαθμός εμπιστοσύνης

δηλαδή $27.115.900 - 205998,6 < 27.115.900 < 27.115.900 + 205998,6$
 Για την ποσότητα αποβλήτων: για διάστημα εμπιστοσύνης 95% έχουμε μέσο ίσο με, δηλαδή έχουμε πιθανότητα 95% η ποσότητα αποβλήτων να είναι σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

Μέσος – Βαθμός εμπιστοσύνης < Μέσος < Μέσος + Βαθμός εμπιστοσύνης

δηλαδή $2.438.930 - 12247,79 < 2.438.930 < 2.438.930 + 12247,79$

4.9 Βιολογική ξήρανση

Στο σενάριο αυτό (μοντέλο 1.3) παρατηρούμε από τον πίνακα 10 ότι η παραγωγή αποβλήτων αποτελεί το 39,4% της συνολικής ποσότητας αποβλήτων με κόστος επεξεργασίας 64 ευρώ ανά τόνο, ενώ το υπόλοιπο 60,6% κατευθύνεται για υγειονομική ταφή με κόστος 35 ευρώ ανά τόνο.

Από το μοντέλο 1.3 (πίνακας 15) παρατηρούμε ότι το κόστος υγειονομικής ταφής είναι 51.860.000 ευρώ στα 25 έτη δηλαδή 2.074.400 ευρώ ανά έτος και κόστος επεξεργασίας 156.500.000 ευρώ στα 25 έτη δηλαδή 6.260.000 ευρώ ετησίως. Στη συνέχεια παρατηρούμε ότι στο εμφανίζεται το κέρδος που προκύπτει από την πώληση της ενέργειας που προέρχεται από την βιολογική ξήρανση δηλαδή 3209 ευρώ. Στους πίνακες 15 και 16 παρουσιάζονται τα στοιχεία της ανάλυσης των δεδομένων

σενάριο	παραγωγή αποβλήτων	ενεργειακό υλικό	κόστος (ευρώ/τόνο)	κόστος επεξεργασίας	κόστος υγειονομικής ταφής	κέρδος πώλησης ενεργειακού υλικού	σύνολο
βιολογική ξήρανση	39,4%	υλική αποκατάσταση	64	156.500.000	51.860.000	3.209	208.356.791

Πίνακας 15: Γενικά στοιχεία μοντέλου 1.3

κέρδος από ΔΕΗ		κόστος επεξεργασίας		κόστος υγειονομικής ταφής		ποσότητα αποβλήτων	
Μέσος	964156,5	Μέσος	1,57E+08	Μέσος	52033188	Μέσος	2.451.418
Τυπικό σφάλμα	1768,072	Τυπικό σφάλμα	290476,4	Τυπικό σφάλμα	118760,9	Τυπικό σφάλμα	4538,693
Διάμεσος	962572,3	Διάμεσος	1,57E+08	Διάμεσος	51999500	Διάμεσος	2446375
Επικρατούσα τιμή	#Δ/Υ	Επικρατούσα τιμή	#Δ/Υ	Επικρατούσα τιμή	#Δ/Υ	Επικρατούσα τιμή	#Δ/Υ
Μέση απόκλιση τετραγώνου	5591,134	Μέση απόκλιση τετραγώνου	918566,9	Μέση απόκλιση τετραγώνου	375554,8	Μέση απόκλιση τετραγώνου	14352,61
Διακύμανση	31260781	Διακύμανση	8,44E+11	Διακύμανση	1,41E+11	Διακύμανση	2,06E+08
Κύρτωση	-0,14898	Κύρτωση	0,028008	Κύρτωση	-1,06666	Κύρτωση	0,028008
Ασυμμετρία	0,846126	Ασυμμετρία	0,906753	Ασυμμετρία	0,416292	Ασυμμετρία	0,906753
Εύρος	16927,85	Εύρος	2827200	Εύρος	1070125	Εύρος	44175
Ελάχιστο	958143,7	Ελάχιστο	1,56E+08	Ελάχιστο	51565500	Ελάχιστο	2435650
Μέγιστο	975071,5	Μέγιστο	1,59E+08	Μέγιστο	52635625	Μέγιστο	2479825
Πλήθος	10	Πλήθος	10	Πλήθος	10	Πλήθος	10
Βαθμός εμπιστοσύνης (95,0%)	3999,656	Βαθμός εμπιστοσύνης (95,0%)	657103,2	Βαθμός εμπιστοσύνης (95,0%)	268655,7	Βαθμός εμπιστοσύνης (95,0%)	10267,24

Πίνακας 16. Αποτελέσματα μοντέλου 1.3

Παρατηρούμε ότι για διάστημα εμπιστοσύνης 95% έχουμε μέσο ίσο με 964156,5, δηλαδή έχουμε πιθανότητα 95% τα κέρδη από την ΔΕΗ να είναι σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

Μέσος – Βαθμός εμπιστοσύνης < Μέσος < Μέσος + Βαθμός εμπιστοσύνης

δηλαδή $964156,5 - 3999,656 < 964156,5 < 964156,5 + 3999,656$

Για το κόστος επεξεργασίας: για διάστημα εμπιστοσύνης 95% έχουμε μέσο ίσο με 157.000.000, δηλαδή έχουμε πιθανότητα 95% το κόστος επεξεργασίας να είναι σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

Μέσος – Βαθμός εμπιστοσύνης < Μέσος < Μέσος + Βαθμός εμπιστοσύνης

δηλαδή $157.000.000 - 657103,2 < 157.000.000 < 157.000.000 + 657103,2$

Για το κόστος υγειονομικής ταφής: για διάστημα εμπιστοσύνης 95% έχουμε μέσο ίσο με 52.033.188, δηλαδή έχουμε πιθανότητα 95% το κόστος υγειονομικής ταφής να είναι σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

Μέσος – Βαθμός εμπιστοσύνης < Μέσος < Μέσος + Βαθμός εμπιστοσύνης

δηλαδή $52.033.188 - 268655,7 < 52.033.188 < 52.033.188 + 268655,7$

Για την ποσότητα αποβλήτων: για διάστημα εμπιστοσύνης 95% έχουμε μέσο ίσο με 2.451.418, δηλαδή έχουμε πιθανότητα 95% η ποσότητα αποβλήτων να είναι σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

Μέσος – Βαθμός εμπιστοσύνης < Μέσος < Μέσος + Βαθμός εμπιστοσύνης

δηλαδή $2.451.418 - 10267,24 < 2.451.418 < 2.451.418 + 10267,24$

4.10 Βιολογική ξήρανση με ενεργειακή χρήση

Στο σενάριο αυτό (μοντέλο 1.4) παρατηρούμε από τον πίνακα 10 ότι η παραγωγή αποβλήτων αποτελεί το 75% της συνολικής ποσότητας αποβλήτων με κόστος επεξεργασίας 73 ευρώ ανά τόνο ενώ το υπόλοιπο 25% κατευθύνεται για υγειονομική ταφή με κόστος 35 ευρώ ανά τόνο.

Από το μοντέλο 1.4 (πίνακας 17) παρατηρούμε ότι το κόστος υγειονομικής ταφής είναι 21.390.000 ευρώ στα 25 έτη δηλαδή 855.600 ευρώ ανά έτος και κόστος επεξεργασίας 178.600.000 ευρώ στα 25 έτη δηλαδή 7.144.000 ευρώ ετησίως. Στη συνέχεια παρατηρούμε ότι το κέρδος που προκύπτει από την πώληση της ενέργειας που προέρχεται από την βιολογική ξήρανση με ενεργειακή χρήση δηλαδή 269.327 ευρώ.

σενάριο	παραγωγή αποβλήτων	ενεργειακό υλικό	κόστος (ευρώ/τόνο)	κόστος επεξεργασίας	κόστος υγειονομικής ταφής	κέρδος πώλησης ενεργειακού υλικού	σύνολο
βιολογική ξήρανση με ενεργειακή χρήση	75%	44GW & υλική αποκατάσταση	73	178.600.000	21.390.000	269.327	199.720.673

Πίνακας 17. Γενικά στοιχεία μοντέλου 1.4

κέρδος από ΔΕΗ		κόστος επεξεργασίας		κόστος υγειονομικής ταφής		ποσότητα αποβλήτων	
Μέσος	1663918	Μέσος	1.840.328	Μέσος	1,79E+08	Μέσος	21.456.400
Τυπικό σφάλμα	3613,344	Τυπικό σφάλμα	4630,891	Τυπικό σφάλμα	430381,9	Τυπικό σφάλμα	56775,48
Διάμεσος	1666622	Διάμεσος	1842008	Διάμεσος	1,79E+08	Διάμεσος	21389813
Επικρατούσα τιμή	#Δ/Υ	Επικρατούσα τιμή	#Δ/Υ	Επικρατούσα τιμή	#Δ/Υ	Επικρατούσα τιμή	#Δ/Υ
Μέση απόκλιση τετραγώνου	11426,4	Μέση απόκλιση τετραγώνου	14644,16	Μέση απόκλιση τετραγώνου	1360987	Μέση απόκλιση τετραγώνου	179539,8
Διακύμανση	1,31E+08	Διακύμανση	2,14E+08	Διακύμανση	1,85E+12	Διακύμανση	3,22E+10
Κύρτωση	-0,63599	Κύρτωση	-1,32158	Κύρτωση	-0,85215	Κύρτωση	-0,81053
Ασυμμετρία	-0,45992	Ασυμμετρία	-0,23713	Ασυμμετρία	0,063428	Ασυμμετρία	0,824798
Εύρος	34913,88	Εύρος	41320,94	Εύρος	3869000	Εύρος	484750
Ελάχιστο	1642971	Ελάχιστο	1818231	Ελάχιστο	1,77E+08	Ελάχιστο	21279125
Μέγιστο	1677885	Μέγιστο	1859552	Μέγιστο	1,81E+08	Μέγιστο	21763875
Πλήθος	16639177	Πλήθος	10	Πλήθος	10	Πλήθος	10
Βαθμός εμπιστοσύνης (95,0%)	10	Βαθμός εμπιστοσύνης (95,0%)	10475,8	Βαθμός εμπιστοσύνης (95,0%)	973591,5	Βαθμός εμπιστοσύνης (95,0%)	128435,1

Πίνακας 18. Αποτελέσματα μοντέλου 1.4

Παρατηρούμε ότι για διάστημα εμπιστοσύνης 95% έχουμε μέσο ίσο με 1.840.328, δηλαδή έχουμε πιθανότητα 95% τα κέρδη από την ΔΕΗ να είναι σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

Μέσος – Βαθμός εμπιστοσύνης < Μέσος < Μέσος + Βαθμός εμπιστοσύνης

δηλαδή $1.840.328 - 10475,8 < 1.840.328 < 1.840.328 + 10475,8$

Για το κόστος επεξεργασίας: για διάστημα εμπιστοσύνης 95% έχουμε μέσο ίσο με 179.000.000, δηλαδή έχουμε πιθανότητα 95% το κόστος επεξεργασίας να είναι σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

Μέσος – Βαθμός εμπιστοσύνης < Μέσος < Μέσος + Βαθμός εμπιστοσύνης

δηλαδή $179.000.000 - 973591,5 < 179.000.000 < 179.000.000 + 973591,5$

Για το κόστος υγειονομικής ταφής: για διάστημα εμπιστοσύνης 95% έχουμε μέσο ίσο με 21.456.400, δηλαδή έχουμε πιθανότητα 95% το κόστος υγειονομικής ταφής να είναι σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

Μέσος – Βαθμός εμπιστοσύνης < Μέσος < Μέσος + Βαθμός εμπιστοσύνης

δηλαδή $21.456.400 - 128435,1 < 21.456.400 < 21.456.400 + 128435,1$

Για την ποσότητα αποβλήτων: για διάστημα εμπιστοσύνης 95% έχουμε μέσο ίσο με 2.453.438, δηλαδή έχουμε πιθανότητα 95% η ποσότητα αποβλήτων να είναι σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

Μέσος – Βαθμός εμπιστοσύνης < Μέσος < Μέσος + Βαθμός εμπιστοσύνης

δηλαδή $2.453.438 - 13336,87 < 2.453.438 < 2.453.438 + 13336,87$

4.11 Μαζική καύση

Στο σενάριο αυτό (μοντέλο 1.5) παρατηρούμε από τον πίνακα 10 ότι η παραγωγή αποβλήτων αποτελεί το 84% της συνολικής ποσότητας αποβλήτων με κόστος επεξεργασίας 88 ευρώ ανά τόνο, ενώ το υπόλοιπο 16% κατευθύνεται για υγειονομική ταφή με κόστος 35 ευρώ ανά τόνο.

Από το μοντέλο 1.5 (πίνακας 19) παρατηρούμε ότι το κόστος υγειονομικής ταφής είναι 13.690.000 ευρώ στα 25 έτη δηλαδή 547.600 ευρώ ανά έτος και κόστος επεξεργασίας 215.200.000 ευρώ στα 25 έτη δηλαδή 8.608.000 ευρώ ετησίως. Στη συνέχεια παρατηρούμε ότι στο εμφανίζεται το κέρδος που προκύπτει από την πώληση της ενέργειας που προέρχεται από την μαζική καύση δηλαδή 430.795 ευρώ

σενάριο	παραγωγή αποβλήτων	ενεργειακό υλικό	κόστος (ευρώ/τόνο)	κόστος επεξεργασίας	κόστος υγειονομικής ταφής	κέρδος πώλησης ενεργειακού υλικού	σύνολο
μαζική καύση	84%	63 GW	88	215.200.000	13.690.000	430.795	228.459.205

Πίνακας 19. Γενικά στοιχεία μοντέλου 1.5

κέρδος από ΔΕΗ		κόστος επεξεργασίας		κόστος υγειονομικής ταφής		ποσότητα αποβλήτων	
Μέσος	2.049.018	Μέσος	2,15E+08	Μέσος	13.670.125	Μέσος	2.440.065
Τυπικό σφάλμα	3169,132	Τυπικό σφάλμα	310730,6	Τυπικό σφάλμα	32615,85	Τυπικό σφάλμα	3531,03
Διάμεσος	2047450	Διάμεσος	2,15E+08	Διάμεσος	13680625	Διάμεσος	2438163
Επικρατούσα τιμή	#Δ/Υ	Επικρατούσα τιμή	#Δ/Υ	Επικρατούσα τιμή	#Δ/Υ	Επικρατούσα τιμή	#Δ/Υ
Μέση απόκλιση τετραγώνου	10021,68	Μέση απόκλιση τετραγώνου	982616,4	Μέση απόκλιση τετραγώνου	103140,4	Μέση απόκλιση τετραγώνου	11166,1
Διακύμανση	1E+08	Διακύμανση	9,66E+11	Διακύμανση	1,06E+10	Διακύμανση	1,25E+08
Κύρτωση	1,20952	Κύρτωση	0,20434	Κύρτωση	4,2421	Κύρτωση	0,20434
Ασυμμετρία	1,019303	Ασυμμετρία	0,889159	Ασυμμετρία	-1,55536	Ασυμμετρία	0,889159
Εύρος	33328,03	Εύρος	3108600	Εύρος	392875	Εύρος	35325
Ελάχιστο	2036974	Ελάχιστο	2,14E+08	Ελάχιστο	13419000	Ελάχιστο	2426825
Μέγιστο	2070302	Μέγιστο	2,17E+08	Μέγιστο	13811875	Μέγιστο	2462150
Πλήθος	10	Πλήθος	10	Πλήθος	10	Πλήθος	10
Βαθμός εμπιστοσύνης (95,0%)	7169,075	Βαθμός εμπιστοσύνης (95,0%)	702921,4	Βαθμός εμπιστοσύνης (95,0%)	73782,17	Βαθμός εμπιστοσύνης (95,0%)	7987,744

Πίνακας 20. Αποτελέσματα μοντέλου 1.5

Παρατηρούμε ότι για διάστημα εμπιστοσύνης 95% έχουμε μέσο ίσο με 2.049.018, δηλαδή έχουμε πιθανότητα 95% τα κέρδη από την ΔΕΗ να είναι σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

Μέσος – Βαθμός εμπιστοσύνης < Μέσος < Μέσος + Βαθμός εμπιστοσύνης

δηλαδή $2.049.018 - 7169,075 < 2.049.018 < 2.049.018 + 7169,075$

Για το κόστος επεξεργασίας: για διάστημα εμπιστοσύνης 95% έχουμε μέσο ίσο με 215.000.000, δηλαδή έχουμε πιθανότητα 95% το κόστος επεξεργασίας να είναι σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

Μέσος – Βαθμός εμπιστοσύνης < Μέσος < Μέσος + Βαθμός εμπιστοσύνης

δηλαδή $215.000.000 - 702921,4 < 215.000.000 < 215.000.000 + 702921,4$

Για το κόστος υγειονομικής ταφής: για διάστημα εμπιστοσύνης 95% έχουμε μέσο ίσο με 13.670.125, δηλαδή έχουμε πιθανότητα 95% το κόστος υγειονομικής ταφής να είναι σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

Μέσος – Βαθμός εμπιστοσύνης < Μέσος < Μέσος + Βαθμός εμπιστοσύνης

δηλαδή $13.670.125 - 73782,17 < 13.670.125 < 13.670.125 + 73782,17$

Για την ποσότητα αποβλήτων: για διάστημα εμπιστοσύνης 95% έχουμε μέσο ίσο με 2.440.065, δηλαδή έχουμε πιθανότητα 95% η ποσότητα αποβλήτων να είναι σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

Μέσος – Βαθμός εμπιστοσύνης < Μέσος < Μέσος + Βαθμός εμπιστοσύνης

δηλαδή $2.440.065 - 7987,744 < 2.440.065 < 2.440.065 + 7987,744$

4.12 Επιχωμάτωση

Στο σενάριο αυτό (μοντέλο 1.6) παρατηρούμε από τον πίνακα 10 ότι το 100% των αποβλήτων κατευθύνεται για υγειονομική ταφή με κόστος 35 ευρώ ανά τόνο.

Από το μοντέλο 1.6 (πίνακας 19) παρατηρούμε ότι το κόστος υγειονομικής ταφής είναι 85.620.000 ευρώ στα 25 έτη δηλαδή 3.424.800 ευρώ ανά έτος και κόστος επεξεργασίας μηδενικό

σενάριο	παραγωγή αποβλήτων	ενεργειακό υλικό	κόστος (ευρώ/τόνο)	κόστος επεξεργασίας	κόστος υγειονομικής ταφής	κέρδος πώλησης ενεργειακού υλικού	σύνολο
επιχωμάτωση	-	-	35	-	85.620.000	-	85.620.000

Πίνακας 19. Γενικά στοιχεία μοντέλου 1.6

Παρατηρούμε ότι για διάστημα εμπιστοσύνης 95% έχουμε μέσο ίσο με 85.627.500, δηλαδή έχουμε πιθανότητα 95% για το κόστος υγειονομικής ταφής να είναι σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

Μέσος – Βαθμός εμπιστοσύνης < Μέσος < Μέσος + Βαθμός εμπιστοσύνης

δηλαδή $85.627.500 - 294808,4 < 85.627.500 < 85.627.500 + 294808,4$

Για την ποσότητα αποβλήτων: για διάστημα εμπιστοσύνης 95% έχουμε μέσο ίσο με 2.446.500, δηλαδή έχουμε πιθανότητα 95% η ποσότητα αποβλήτων να είναι σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

Μέσος – Βαθμός εμπιστοσύνης < Μέσος < Μέσος + Βαθμός εμπιστοσύνης

δηλαδή $2.446.500 - 8423,098 < 2.446.500 < 2.446.500 + 8423,098$

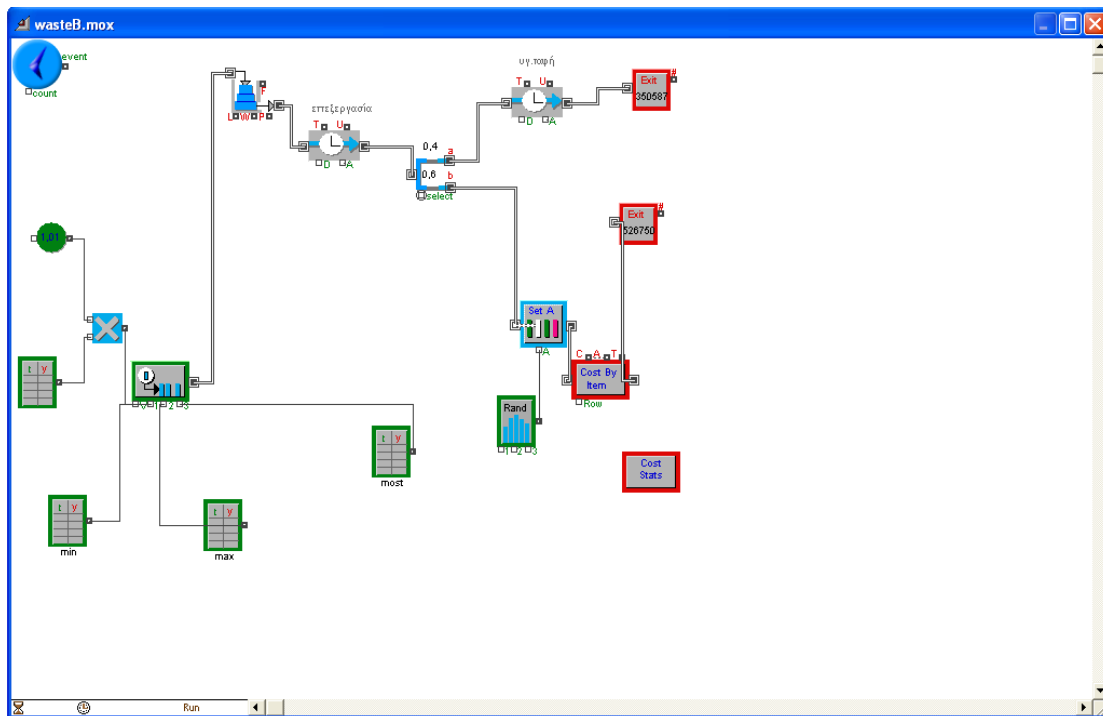
κέρδος από ΔΕΗ		κόστος επεξεργασίας		κόστος υγειονομικής ταφής		ποσότητα αποβλήτων	
Μέσος		Μέσος		Μέσος	85.627.500	Μέσος	2.446.500
Τυπικό σφάλμα		Τυπικό σφάλμα		Τυπικό σφάλμα	130321,8	Τυπικό σφάλμα	3723,48
Διάμεσος		Διάμεσος		Διάμεσος	85601250	Διάμεσος	2445750
Επικρατούσα τιμή		Επικρατούσα τιμή		Επικρατούσα τιμή	85601250	Επικρατούσα τιμή	2445750
Μέση απόκλιση τετραγώνου		Μέση απόκλιση τετραγώνου		Μέση απόκλιση τετραγώνου	412113,8	Μέση απόκλιση τετραγώνου	11774,68
Διακύμανση		Διακύμανση		Διακύμανση	1,7E+11	Διακύμανση	1,39E+08
Κύρτωση		Κύρτωση		Κύρτωση	1,932596	Κύρτωση	1,932596
Ασυμμετρία		Ασυμμετρία		Ασυμμετρία	-0,97192	Ασυμμετρία	-0,97192
Εύρος		Εύρος		Εύρος	1456875	Εύρος	41625
Ελάχιστο		Ελάχιστο		Ελάχιστο	84718375	Ελάχιστο	2420525
Μέγιστο		Μέγιστο		Μέγιστο	86175250	Μέγιστο	2462150
Πλήθος		Πλήθος		Πλήθος	8,56E+08	Πλήθος	24465000
Βαθμός εμπιστοσύνης (95,0%)		Βαθμός εμπιστοσύνης (95,0%)		Βαθμός εμπιστοσύνης (95,0%)	10	Βαθμός εμπιστοσύνης (95,0%)	10

Πίνακας 20. Αποτελέσματα μοντέλου 1.6

4.13 Αναερόβια χώνευση (αύξηση ανακύκλωσης)

Στο σενάριο αυτό που προβλέπει αύξηση ανακύκλωσης (μοντέλο 2.1) και επομένως λιγότερα απορρίμματα παρατηρούμε από τον πίνακα 10 ότι η παραγωγή αποβλήτων αποτελεί το 60% της συνολικής ποσότητας αποβλήτων με κόστος επεξεργασίας 53 ευρώ ανά τόνο, ενώ το υπόλοιπο 40% κατευθύνεται για υγειονομική ταφή με κόστος 35 ευρώ ανά τόνο.

Από το μοντέλο 2.1 (πίνακας 21) παρατηρούμε ότι το κόστος υγειονομικής ταφής είναι 37.900.000 ευρώ στα 25 έτη δηλαδή 1.516.000 ευρώ ανά έτος και κόστος επεξεργασίας 143.400.000 ευρώ στα 25 έτη δηλαδή 5.736.000 ευρώ ετησίως. Στη συνέχεια παρατηρούμε ότι στο εμφανίζεται το κέρδος που προκύπτει από την πώληση της ενέργειας που προέρχεται από την αναερόβια χώνευση δηλαδή 29.764 ευρώ.



Εικόνα 7: Μοντέλο 2. γενική μορφή

σενάριο	παραγωγή αποβλήτων	ενεργειακό υλικό	κόστος (ευρώ/τόνο)	κόστος επεξεργασίας	κόστος υγειονομικής ταφής	κέρδος πώλησης ενεργειακού υλικού	σύνολο
αναερόβια χώνευση	60%	11GW & λίπασμα	53	143.400.000	37.900.000	29.764	181.270.236

Πίνακας 21. Γενικά στοιχεία μοντέλου 2.1

Παρατηρούμε ότι για διάστημα εμπιστοσύνης 95% έχουμε μέσο ίσο με 812.967, δηλαδή έχουμε πιθανότητα 95% τα κέρδη από την ΔΕΗ να είναι σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

Μέσος – Βαθμός εμπιστοσύνης < Μέσος < Μέσος + Βαθμός εμπιστοσύνης

δηλαδή $812.967 - 3317,161 < 812.967 < 812.967 + 3317,161$.

Για το κόστος επεξεργασίας: για διάστημα εμπιστοσύνης 95% έχουμε μέσο ίσο με 144.000.000, δηλαδή έχουμε πιθανότητα 95% το κόστος επεξεργασίας να είναι σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

Μέσος – Βαθμός εμπιστοσύνης < Μέσος < Μέσος + Βαθμός εμπιστοσύνης

δηλαδή $144.000.000 - 559159,1 < 144.000.000 < 144.000.000 + 559159,1$

Για το κόστος υγειονομικής ταφής: για διάστημα εμπιστοσύνης 95% έχουμε μέσο ίσο με 38.005.275, δηλαδή έχουμε πιθανότητα 95% το κόστος υγειονομικής ταφής να είναι σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

Μέσος – Βαθμός εμπιστοσύνης < Μέσος < Μέσος + Βαθμός εμπιστοσύνης

δηλαδή $38.005.275 - 172.371 < 38.005.275 < 38.005.275 + 172.371$.

Για την ποσότητα αποβλήτων: για διάστημα εμπιστοσύνης 95% έχουμε μέσο ίσο με 2.711.390, δηλαδή έχουμε πιθανότητα 95% η ποσότητα αποβλήτων να είναι σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο: Μέσος – Βαθμός

εμπιστοσύνης < Μέσος < Μέσος + Βαθμός εμπιστοσύνης δηλαδή $2.711.390 - 10550,17 < 2.711.390 < 2.711.390 + 10550,17$.

κέρδος από ΔΕΗ		κόστος επεξεργασίας		κόστος υγειονομικής ταφής		ποσότητα αποβλήτων	
Μέσος	812.967	Μέσος	1,44E+08	Μέσος	38.005.275	Μέσος	2.711.390
Τυπικό σφάλμα	1466,371	Τυπικό σφάλμα	247179,6	Τυπικό σφάλμα	76197,62	Τυπικό σφάλμα	4663,766
Διάμεσος	811844,8	Διάμεσος	1,44E+08	Διάμεσος	38009563	Διάμεσος	2710138
Επικρατούσα τιμή	#Δ/Υ	Επικρατούσα τιμή	#Δ/Υ	Επικρατούσα τιμή	#Δ/Υ	Επικρατούσα τιμή	#Δ/Υ
Μέση απόκλιση τετραγώνου	4637,072	Μέση απόκλιση τετραγώνου	781650,5	Μέση απόκλιση τετραγώνου	240958	Μέση απόκλιση τετραγώνου	14748,12
Διακύμανση	21502434	Διακύμανση	6,11E+11	Διακύμανση	5,81E+10	Διακύμανση	2,18E+08
Κύρτωση	-0,87649	Κύρτωση	-0,86711	Κύρτωση	-1,4065	Κύρτωση	-0,86711
Ασυμμετρία	0,70833	Ασυμμετρία	0,499003	Ασυμμετρία	-0,06913	Ασυμμετρία	0,499003
Εύρος	13170,66	Εύρος	2273700	Εύρος	694750	Εύρος	42900
Ελάχιστο	807938,5	Ελάχιστο	1,43E+08	Ελάχιστο	37638125	Ελάχιστο	2691825
Μέγιστο	821109,2	Μέγιστο	1,45E+08	Μέγιστο	38332875	Μέγιστο	2734725
Πλήθος	10	Πλήθος	10	Πλήθος	10	Πλήθος	10
Βαθμός εμπιστοσύνης (95,0%)	3317,161	Βαθμός εμπιστοσύνης (95,0%)	559159,1	Βαθμός εμπιστοσύνης (95,0%)	172.371	Βαθμός εμπιστοσύνης (95,0%)	10550,17

Πίνακας 22. Αποτελέσματα μοντέλου 2.1

4.14 Αερόβια χώνευση (αύξηση ανακύκλωσης)

Στο σενάριο αυτό (μοντέλο 2.2) παρατηρούμε από τον πίνακα 10 ότι η παραγωγή αποβλήτων αποτελεί το 68,3% της συνολικής ποσότητας αποβλήτων με κόστος επεξεργασίας 120 ευρώ ανά τόνο ενώ το υπόλοιπο 31.7% κατευθύνεται για υγειονομική ταφή με κόστος 35 ευρώ ανά τόνο .

Από το μοντέλο 2.2 (πίνακας 23) παρατηρούμε ότι το κόστος υγειονομικής ταφής είναι 30.050.000 ευρώ στα 25 έτη δηλαδή 1.202.000 ευρώ ανά έτος και κόστος επεξεργασίας 325.100.000 ευρώ στα 25 έτη δηλαδή 13.004.000 ευρώ ετησίως. Στη συνέχεια παρατηρούμε ότι στο εμφανίζεται το κέρδος που προκύπτει από την πώληση της ενέργειας που προέρχεται από την αερόβια χώνευση δηλαδή 113.918 ευρώ.

σενάριο	παραγωγή αποβλήτων	ενεργειακό υλικό	κόστος (ευρώ/τόνο)	κόστος επεξεργασίας	κόστος υγειονομικής ταφής	κέρδος πώλησης ενεργειακού υλικού	σύνολο
αερόβια χώνευση	68,3%	37GW & υλική αποκατάσταση	120	325.100.000	30.050.000	113.918	355.036.082

Πίνακας 23: Γενικά στοιχεία μοντέλου 2.2

κέρδος από ΔΕΗ		κόστος επεξεργασίας		κόστος υγειονομικής ταφής		ποσότητα αποβλήτων	
Μέσος	927.740	Μέσος	3,26E+08	Μέσος	30.066.050	Μέσος	2.715.053
Τυπικό σφάλμα	2064,324	Τυπικό σφάλμα	569217,1	Τυπικό σφάλμα	59019,93	Τυπικό σφάλμα	4743,476
Διάμεσος	927218,1	Διάμεσος	3,25E+08	Διάμεσος	30001125	Διάμεσος	2708238
Επικρατούσα τιμή	#Δ/Υ	Επικρατούσα τιμή	3,24E+08	Επικρατούσα τιμή	#Δ/Υ	Επικρατούσα τιμή	2701925
Μέση απόκλιση τετραγώνου	6527,965	Μέση απόκλιση τετραγώνου	1800022	Μέση απόκλιση τετραγώνου	186637,4	Μέση απόκλιση τετραγώνου	15000,19
Διακύμανση	42614323	Διακύμανση	3,24E+12	Διακύμανση	3,48E+10	Διακύμανση	2,25E+08
Κύρτωση	1,111129	Κύρτωση	0,027058	Κύρτωση	0,399465	Κύρτωση	0,027058
Ασυμμετρία	0,978356	Ασυμμετρία	1,1688	Ασυμμετρία	1,176436	Ασυμμετρία	1,1688
Εύρος	22723,6	Εύρος	4848000	Εύρος	562625	Εύρος	40400
Ελάχιστο	918485,5	Ελάχιστο	3,24E+08	Ελάχιστο	29888250	Ελάχιστο	2701925
Μέγιστο	941209,1	Μέγιστο	3,29E+08	Μέγιστο	30450875	Μέγιστο	2742325
Πλήθος	10	Πλήθος	10	Πλήθος	10	Πλήθος	10
Βαθμός εμπιστοσύνης (95,0%)	4669,825	Βαθμός εμπιστοσύνης (95,0%)	1.287.659	Βαθμός εμπιστοσύνης (95,0%)	133512,4	Βαθμός εμπιστοσύνης (95,0%)	10730,49

Πίνακας 24. Αποτελέσματα μοντέλου 2.2

Παρατηρούμε ότι για διάστημα εμπιστοσύνης 95% έχουμε μέσο ίσο με 927.740, δηλαδή έχουμε πιθανότητα 95% τα κέρδη από την ΔΕΗ να είναι σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

Μέσος – Βαθμός εμπιστοσύνης < Μέσος < Μέσος + Βαθμός εμπιστοσύνης

δηλαδή $927.740 - 4669,825 < 927.740 < 927.740 + 4669,825$.

Για το κόστος επεξεργασίας: για διάστημα εμπιστοσύνης 95% έχουμε μέσο ίσο με 326.000.000, δηλαδή έχουμε πιθανότητα 95% το κόστος επεξεργασίας να είναι σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

Μέσος – Βαθμός εμπιστοσύνης < Μέσος < Μέσος + Βαθμός εμπιστοσύνης

δηλαδή $326.000.000 - 1.287.659 < 326.000.000 < 326.000.000 + 1.287.659$

Για το κόστος υγειονομικής ταφής: για διάστημα εμπιστοσύνης 95% έχουμε μέσο ίσο με 30.066.050, δηλαδή έχουμε πιθανότητα 95% το κόστος υγειονομικής ταφής να είναι σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

Μέσος – Βαθμός εμπιστοσύνης < Μέσος < Μέσος + Βαθμός εμπιστοσύνης

δηλαδή $30.066.050 - 133512,4 < 30.066.050 < 30.066.050 + 133512,4$.

Για την ποσότητα αποβλήτων: για διάστημα εμπιστοσύνης 95% έχουμε μέσο ίσο με 2.715.053, δηλαδή έχουμε πιθανότητα 95% η ποσότητα αποβλήτων να είναι σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

Μέσος – Βαθμός εμπιστοσύνης < Μέσος < Μέσος + Βαθμός εμπιστοσύνης

δηλαδή $2.715.053 - 10730,49 < 2.715.053 < 2.715.053 + 10730,49$.

4.15 Βιολογική ξήρανση (αύξηση ανακύκλωσης)

Στο σενάριο αυτό (μοντέλο 2.3) παρατηρούμε από τον πίνακα 10 ότι η παραγωγή αποβλήτων αποτελεί το 39,4% της συνολικής ποσότητας αποβλήτων με κόστος επεξεργασίας 64 ευρώ ανά τόνο ενώ το υπόλοιπο 60,6% κατευθύνεται για υγειονομική ταφή με κόστος 35 ευρώ ανά τόνο.

Από το μοντέλο 2.3 (πίνακας 23) παρατηρούμε ότι το κόστος υγειονομικής ταφής είναι 57.490.000 ευρώ στα 25 έτη δηλαδή 2.299.600 ευρώ ανά έτος και κόστος επεξεργασίας 173.500.000 ευρώ στα 25 έτη δηλαδή 6.940.000 ευρώ ετησίως. Στη συνέχεια παρατηρούμε ότι στο εμφανίζεται το κέρδος που προκύπτει από την πώληση της ενέργειας που προέρχεται από την βιολογική ξήρανση δηλαδή 1779 ευρώ

σενάριο	παραγωγή αποβλήτων	ενεργειακό υλικό	κόστος (ευρώ/τόνο)	κόστος επεξεργασίας	κόστος υγειονομικής ταφής	κέρδος πώλησης ενεργειακού υλικού	σύνολο
βιολογική ξήρανση	39,4%	1GW & υλική αποκατάσταση	64	173.500.000	57.490.000	1779	230.988.221

Πίνακας 23. Γενικά στοιχεία μοντέλου 2.3

κέρδος από ΔΕΗ		κόστος επεξεργασίας		κόστος υγειονομικής ταφής		ποσότητα αποβλήτων	
Μέσος	533.914	Μέσος	1,73E+08	Μέσος	57.368.238	Μέσος	2.706.473
Τυπικό σφάλμα	1380,676	Τυπικό σφάλμα	383265,5	Τυπικό σφάλμα	150538,4	Τυπικό σφάλμα	5988,523
Διάμεσος	533236,5	Διάμεσος	1,73E+08	Διάμεσος	57354938	Διάμεσος	2703813
Επικρατούσα τιμή	#Δ/Υ	Επικρατούσα τιμή	#Δ/Υ	Επικρατούσα τιμή	#Δ/Υ	Επικρατούσα τιμή	#Δ/Υ
Μέση απόκλιση τετραγώνου	4366,081	Μέση απόκλιση τετραγώνου	1211992	Μέση απόκλιση τετραγώνου	476044,3	Μέση απόκλιση τετραγώνου	18937,37
Διακύμανση	19062661	Διακύμανση	1,47E+12	Διακύμανση	2,27E+11	Διακύμανση	3,59E+08
Κύρτωση	-1,12418	Κύρτωση	0,11862	Κύρτωση	1,865544	Κύρτωση	0,11862
Ασυμμετρία	-0,11199	Ασυμμετρία	0,587117	Ασυμμετρία	0,199913	Ασυμμετρία	0,587117
Εύρος	12492,31	Εύρος	3875200	Εύρος	1829625	Εύρος	60550
Ελάχιστο	526907,2	Ελάχιστο	1,72E+08	Ελάχιστο	56490000	Ελάχιστο	2683000
Μέγιστο	539399,5	Μέγιστο	1,76E+08	Μέγιστο	58319625	Μέγιστο	2743550
Πλήθος	10	Πλήθος	10	Πλήθος	10	Πλήθος	10
Βαθμός εμπιστοσύνης (95,0%)	3123,306	Βαθμός εμπιστοσύνης (95,0%)	867006,7	Βαθμός εμπιστοσύνης (95,0%)	340541,6	Βαθμός εμπιστοσύνης (95,0%)	13546,98

Πίνακας 24. Αποτελέσματα μοντέλου 2.3

Παρατηρούμε ότι για διάστημα εμπιστοσύνης 95% έχουμε μέσο ίσο με 533.914, δηλαδή έχουμε πιθανότητα 95% τα κέρδη από την ΔΕΗ να είναι σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

Μέσος – Βαθμός εμπιστοσύνης < Μέσος < Μέσος + Βαθμός εμπιστοσύνης

δηλαδή $533.914 - 3123,306 < 533.914 < 533.914 + 3123,306$

Για το κόστος επεξεργασίας: για διάστημα εμπιστοσύνης 95% έχουμε μέσο ίσο με 173.000.000, δηλαδή έχουμε πιθανότητα 95% το κόστος επεξεργασίας να είναι σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

Μέσος – Βαθμός εμπιστοσύνης < Μέσος < Μέσος + Βαθμός εμπιστοσύνης

δηλαδή $173.000.000 - 867006,7 < 173.000.000 < 173.000.000 + 867006,7$

Για το κόστος υγειονομικής ταφής: για διάστημα εμπιστοσύνης 95% έχουμε μέσο ίσο με 57.368.238, δηλαδή έχουμε πιθανότητα 95% το κόστος υγειονομικής ταφής να είναι σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

Μέσος – Βαθμός εμπιστοσύνης < Μέσος < Μέσος + Βαθμός εμπιστοσύνης

δηλαδή $57.368.238 - 340541,6 < 57.368.238 < 57.368.238 + 340541,6$

Για την ποσότητα αποβλήτων: για διάστημα εμπιστοσύνης 95% έχουμε μέσο ίσο με 2.706.473, δηλαδή έχουμε πιθανότητα 95% η ποσότητα αποβλήτων να είναι σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

Μέσος – Βαθμός εμπιστοσύνης < Μέσος < Μέσος + Βαθμός εμπιστοσύνης

δηλαδή $2.706.473 - 13546,98 < 2.706.473 < 2.706.473 + 13546,98$

4.16 Βιολογική ξήρανση με ενεργειακή χρήση (αύξηση ανακύκλωσης)

Στο σενάριο αυτό (μοντέλο 2.4) παρατηρούμε από τον πίνακα 10 ότι η παραγωγή αποβλήτων αποτελεί το 75% της συνολικής ποσότητας αποβλήτων με κόστος επεξεργασίας 73 ευρώ ανά τόνο ενώ το υπόλοιπο 25% κατευθύνεται για υγειονομική ταφή με κόστος 35 ευρώ ανά τόνο.

Από το μοντέλο 2.4 (πίνακας 25) παρατηρούμε ότι το κόστος υγειονομικής ταφής είναι 23.700.000 ευρώ στα 25 έτη δηλαδή 948.000 ευρώ ανά έτος και κόστος επεξεργασίας 197.700.000 ευρώ στα 25 έτη δηλαδή 7.908.000 ευρώ ετησίως. Στη συνέχεια παρατηρούμε ότι στο εμφανίζεται το κέρδος που προκύπτει από την πώληση της ενέργειας που προέρχεται από την βιολογική ξήρανση με ενεργειακή χρήση δηλαδή 148.876 ευρώ

σενάριο	παραγωγή αποβλήτων	ενεργειακό υλικό	κόστος (ευρώ/τόνο)	κόστος επεξεργασίας	κόστος υγειονομικής ταφής	κέρδος πώλησης ενεργειακού υλικού	σύνολο
βιολογική ξήρανση με ενεργειακή χρήση	75%	44GW & υλική αποκατάσταση	73	197.700.000	23.700.000	148.876	βιολογική ξήρανση με ενεργειακή χρήση

Πίνακας 25. Γενικά στοιχεία μοντέλου 2.4

κέρδος από ΔΕΗ		κόστος επεξεργασίας		κόστος υγειονομικής ταφής		ποσότητα αποβλήτων	
Μέσος	1.016.940	Μέσος	1,98E+08	Μέσος	23.752.488	Μέσος	2.713.668
Τυπικό σφάλμα	1616,717	Τυπικό σφάλμα	265536,2	Τυπικό σφάλμα	38551,24	Τυπικό σφάλμα	3637,482
Διάμεσος	1015498	Διάμεσος	1,98E+08	Διάμεσος	23706375	Διάμεσος	2712663
Επικρατούσα τιμή	#Δ/Υ	Επικρατούσα τιμή	1,97E+08	Επικρατούσα τιμή	#Δ/Υ	Επικρατούσα τιμή	2701925
Μέση απόκλιση τετραγώνου	5112,509	Μέση απόκλιση τετραγώνου	839699,2	Μέση απόκλιση τετραγώνου	121909,7	Μέση απόκλιση τετραγώνου	11502,73
Διακύμανση	26137749	Διακύμανση	7,05E+11	Διακύμανση	1,49E+10	Διακύμανση	1,32E+08
Κύρτωση	0,837316	Κύρτωση	-1,12603	Κύρτωση	0,594211	Κύρτωση	-1,12603
Ασυμμετρία	0,489201	Ασυμμετρία	0,45658	Ασυμμετρία	0,990622	Ασυμμετρία	0,45658
Εύρος	18466,16	Εύρος	2301325	Εύρος	406000	Εύρος	31525
Ελάχιστο	1008328	Ελάχιστο	1,97E+08	Ελάχιστο	23596125	Ελάχιστο	2700675
Μέγιστο	1026794	Μέγιστο	1,99E+08	Μέγιστο	24002125	Μέγιστο	2732200
Πλήθος	10	Πλήθος	10	Πλήθος	10	Πλήθος	10
Βαθμός εμπιστοσύνης (95,0%)	3657,269	Βαθμός εμπιστοσύνης (95,0%)	600684,7	Βαθμός εμπιστοσύνης (95,0%)	87208,96	Βαθμός εμπιστοσύνης (95,0%)	8228,557

Πίνακας 26. Αποτελέσματα μοντέλου 2.4

Παρατηρούμε ότι για διάστημα εμπιστοσύνης 95% έχουμε μέσο ίσο με 1.016.940, δηλαδή έχουμε πιθανότητα 95% τα κέρδη από την ΔΕΗ να είναι σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

Μέσος – Βαθμός εμπιστοσύνης < Μέσος < Μέσος + Βαθμός εμπιστοσύνης

δηλαδή $1.016.940 - 3657,269 < 1.016.940 < 1.016.940 + 3657,269$

Για το κόστος επεξεργασίας: για διάστημα εμπιστοσύνης 95% έχουμε μέσο ίσο με 198.000.000, δηλαδή έχουμε πιθανότητα 95% το κόστος επεξεργασίας να είναι σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

Μέσος – Βαθμός εμπιστοσύνης < Μέσος < Μέσος + Βαθμός εμπιστοσύνης

δηλαδή $198.000.000 - 600684,7 < 198.000.000 < 198.000.000 + 600684,7$

Για το κόστος υγειονομικής ταφής: για διάστημα εμπιστοσύνης 95% έχουμε μέσο ίσο με 23.752.488, δηλαδή έχουμε πιθανότητα 95% το κόστος υγειονομικής ταφής να είναι σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

Μέσος – Βαθμός εμπιστοσύνης < Μέσος < Μέσος + Βαθμός εμπιστοσύνης

δηλαδή $23.752.488 - 87208,96 < 23.752.488 < 23.752.488 + 87208,96$

Για την ποσότητα αποβλήτων: για διάστημα εμπιστοσύνης 95% έχουμε μέσο ίσο με 2.713.688, δηλαδή έχουμε πιθανότητα 95% η ποσότητα αποβλήτων να είναι σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

Μέσος – Βαθμός εμπιστοσύνης < Μέσος < Μέσος + Βαθμός εμπιστοσύνης

δηλαδή $2.713.688 - 8228,557 < 2.713.688 < 2.713.688 + 8228,557$

4.17 Μαζική καύση (αύξηση ανακύκλωσης)

Στο σενάριο αυτό (μοντέλο 2.5) παρατηρούμε από τον πίνακα 10 ότι η παραγωγή αποβλήτων αποτελεί το 84% της συνολικής ποσότητας αποβλήτων με κόστος επεξεργασίας 88 ευρώ ανά τόνο ενώ το υπόλοιπο 16% κατευθύνεται για υγειονομική ταφή με κόστος 35 ευρώ ανά τόνο.

Από το μοντέλο 2.5(πίνακας 27) παρατηρούμε ότι το κόστος υγειονομικής ταφής είναι 15.170.000 ευρώ στα 25 έτη δηλαδή 606.800 ευρώ ανά έτος και κόστος επεξεργασίας 238.300.000 ευρώ στα 25 έτη δηλαδή 9.532.000 ευρώ ετησίως. Στη συνέχεια παρατηρούμε ότι στο εμφανίζεται το κέρδος που προκύπτει από την πώληση της ενέργειας που προέρχεται από την μαζική καύση δηλαδή 239.150 ευρώ

σενάριο	παραγωγή αποβλήτων	ενεργειακό υλικό	κόστος (ευρώ/τόνο)	κόστος επεξεργασίας	κόστος υγειονομικής ταφής	κέρδος πώλησης ενεργειακού υλικού	σύνολο
μαζική καύση	84%	63 GW	88	238.300.000	15.170.000	239.150	253.230.850

Πίνακας 27. Γενικά στοιχεία μοντέλου 2.5

κέρδος από ΔΕΗ		κόστος επεξεργασίας		κόστος υγειονομικής ταφής		ποσότητα αποβλήτων	
Μέσος	1.140.950	Μέσος	2,39E+08	Μέσος	15.132.425	Μέσος	2.712.785
Τυπικό σφάλμα	2624,39	Τυπικό σφάλμα	554036,4	Τυπικό σφάλμα	49577,12	Τυπικό σφάλμα	6295,869
Διάμεσος	1142113	Διάμεσος	2,39E+08	Διάμεσος	15202250	Διάμεσος	2715188
Επικρατούσα τιμή	#Δ/Υ	Επικρατούσα τιμή	#Δ/Υ	Επικρατούσα τιμή	#Δ/Υ	Επικρατούσα τιμή	#Δ/Υ
Μέση απόκλιση τετραγώνου	8299,049	Μέση απόκλιση τετραγώνου	1752017	Μέση απόκλιση τετραγώνου	156776,6	Μέση απόκλιση τετραγώνου	19909,28
Διακύμανση	68874207	Διακύμανση	3,07E+12	Διακύμανση	2,46E+10	Διακύμανση	3,96E+08
Κύρτωση	1,619765	Κύρτωση	-0,1137	Κύρτωση	-0,34174	Κύρτωση	-0,1137
Ασυμμετρία	-0,85218	Ασυμμετρία	-0,61317	Ασυμμετρία	-0,98914	Ασυμμετρία	-0,61317
Εύρος	30218,27	Εύρος	5662800	Εύρος	442750	Εύρος	64350
Ελάχιστο	1123082	Ελάχιστο	2,35E+08	Ελάχιστο	14852250	Ελάχιστο	2674175
Μέγιστο	1153301	Μέγιστο	2,41E+08	Μέγιστο	15295000	Μέγιστο	2738525
Πλήθος	10	Πλήθος	10	Πλήθος	10	Πλήθος	10
Βαθμός εμπιστοσύνης (95,0%)	5936,782	Βαθμός εμπιστοσύνης (95,0%)	1253317	Βαθμός εμπιστοσύνης (95,0%)	112151,2	Βαθμός εμπιστοσύνης (95,0%)	14242,24

Πίνακας 28. Αποτελέσματα μοντέλου 2.5

Παρατηρούμε ότι για διάστημα εμπιστοσύνης 95% έχουμε μέσο ίσο με 1.140.950, δηλαδή έχουμε πιθανότητα 95% τα κέρδη από την ΔΕΗ να είναι σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

Μέσος – Βαθμός εμπιστοσύνης < Μέσος < Μέσος + Βαθμός εμπιστοσύνης

δηλαδή $1.140.950 - 5936,782 < 1.140.950 < 1.140.950 + 5936,782$

Για το κόστος επεξεργασίας: για διάστημα εμπιστοσύνης 95% έχουμε μέσο ίσο με 239.000.000, δηλαδή έχουμε πιθανότητα 95% το κόστος επεξεργασίας να είναι σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

Μέσος – Βαθμός εμπιστοσύνης < Μέσος < Μέσος + Βαθμός εμπιστοσύνης

δηλαδή $239.000.000 - 1.253.317 < 239.000.000 < 239.000.000 + 1.253.317$

Για το κόστος υγειονομικής ταφής: για διάστημα εμπιστοσύνης 95% έχουμε μέσο ίσο με 15.132.425, δηλαδή έχουμε πιθανότητα 95% το κόστος υγειονομικής ταφής να είναι σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

Μέσος – Βαθμός εμπιστοσύνης < Μέσος < Μέσος + Βαθμός εμπιστοσύνης

δηλαδή $15.132.425 - 112151,2 < 15.132.425 < 15.132.425 + 112151,2$

Για την ποσότητα αποβλήτων: για διάστημα εμπιστοσύνης 95% έχουμε μέσο ίσο με 2.712.785, δηλαδή έχουμε πιθανότητα 95% η ποσότητα αποβλήτων να είναι σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

Μέσος – Βαθμός εμπιστοσύνης < Μέσος < Μέσος + Βαθμός εμπιστοσύνης

δηλαδή $2.712.785 - 14242,24 < 2.712.785 < 2.712.785 + 14242,24$

4.18 Επιχωμάτωση (αύξηση ανακύκλωσης)

Στο σενάριο αυτό (μοντέλο 2.6) παρατηρούμε από τον πίνακα 10 ότι η παραγωγή αποβλήτων αποτελεί το 0% της συνολικής ποσότητας αποβλήτων ενώ το υπόλοιπο 100% κατευθύνεται για υγειονομική ταφή με κόστος 35 ευρώ ανά τόνο.

Από το μοντέλο 2.6 (πίνακας 29) παρατηρούμε ότι το κόστος υγειονομικής ταφής είναι 94.770.000 ευρώ στα 25 έτη δηλαδή 3.790.800 ευρώ ανά έτος και κόστος επεξεργασίας μηδενικό

σενάριο	παραγωγή αποβλήτων	ενεργειακό υλικό	κόστος (ευρώ/τόνο)	κόστος επεξεργασίας	κόστος υγειονομικής ταφής	κέρδος πώλησης ενεργειακού υλικού	σύνολο
επιχωμάτωση	-	-	35	-	94.770.000	-	94.770.000

Πίνακας 29.Γενικά στοιχεία μοντέλου 2.6

κέρδος από ΔΕΗ		κόστος επεξεργασίας		κόστος υγειονομικής ταφής		ποσότητα αποβλήτων	
Μέσος		Μέσος		Μέσος	94.647.088	Μέσος	2.704.203
Τυπικό σφάλμα		Τυπικό σφάλμα		Τυπικό σφάλμα	172753,5	Τυπικό σφάλμα	4935,814
Διάμεσος		Διάμεσος		Διάμεσος	94611563	Διάμεσος	2703188
Επικρατούσα τιμή		Επικρατούσα τιμή		Επικρατούσα τιμή	#Δ/Υ	Επικρατούσα τιμή	#Δ/Υ
Μέση απόκλιση τετραγώνου		Μέση απόκλιση τετραγώνου		Μέση απόκλιση τετραγώνου	546294,5	Μέση απόκλιση τετραγώνου	15608,41
Διακύμανση		Διακύμανση		Διακύμανση	2,98E+11	Διακύμανση	2,44E+08
Κύρτωση		Κύρτωση		Κύρτωση	-1,46371	Κύρτωση	-1,46371
Ασυμμετρία		Ασυμμετρία		Ασυμμετρία	-0,1777	Ασυμμετρία	-0,1777
Εύρος		Εύρος		Εύρος	1458625	Εύρος	41675
Ελάχιστο		Ελάχιστο		Ελάχιστο	93860375	Ελάχιστο	2681725
Μέγιστο		Μέγιστο		Μέγιστο	95319000	Μέγιστο	2723400
Πλήθος		Πλήθος		Πλήθος	10	Πλήθος	10
Βαθμός εμπιστοσύνης (95,0%)		Βαθμός εμπιστοσύνης (95,0%)		Βαθμός εμπιστοσύνης (95,0%)	390795,5	Βαθμός εμπιστοσύνης (95,0%)	11165,59

Πίνακας 30. Αποτελέσματα μοντέλου 2.6

Παρατηρούμε ότι για διάστημα εμπιστοσύνης 95% έχουμε μέσο ίσο με 94.647.088, δηλαδή έχουμε πιθανότητα 95% για το κόστος υγειονομικής ταφής να είναι σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

Μέσος – Βαθμός εμπιστοσύνης < Μέσος < Μέσος + Βαθμός εμπιστοσύνης

δηλαδή $94.647.088 - 390795,5 < 94.647.088 < 94.647.088 + 390795,5$

Για την ποσότητα αποβλήτων: για διάστημα εμπιστοσύνης 95% έχουμε μέσο ίσο με 2.704.203, δηλαδή έχουμε πιθανότητα 95% η ποσότητα αποβλήτων να είναι σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

Μέσος – Βαθμός εμπιστοσύνης < Μέσος < Μέσος + Βαθμός εμπιστοσύνης

δηλαδή $2.704.202 - 11165,59 < 2.704.202 < 2.704.202 + 11165,59$.

4.19 Συμπέρασμα

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάστηκε η πλήρης μελέτη προσομοίωσης ενός συστήματος επεξεργασίας στερεών αποβλήτων. Ένα εννοιολογικό μοντέλο του συστήματος παρήχθη χρησιμοποιώντας την τεχνική διαγραμμάτων κυκλικής δραστηριότητας κατόπιν, αυτό το εννοιολογικό μοντέλο χρησιμοποιήθηκε για να παραγάγει ένα πρόγραμμα προσομοίωσης χρησιμοποιώντας το ειδικευμένο για προσομοίωση λογισμικό Extend.

Η μελέτη προσομοίωσης ανέδειξε μια κατάλληλη αντιπροσώπευση του συστήματος επεξεργασίας στερεών αποβλήτων με την εκτέλεση των πειραμάτων προσομοίωσης για να δείξει την επιρροή που οι βασικοί παράγοντες είχαν στην απόδοση του συστήματος και στη συνέχεια διευκόλυνε την επιλογή μιας κατάλληλης διαμόρφωσης των συστημάτων που ικανοποίησαν τις απαιτήσεις που συστήθηκαν από τους εμπειρογνώμονες συστημάτων επεξεργασίας στερεών αποβλήτων.

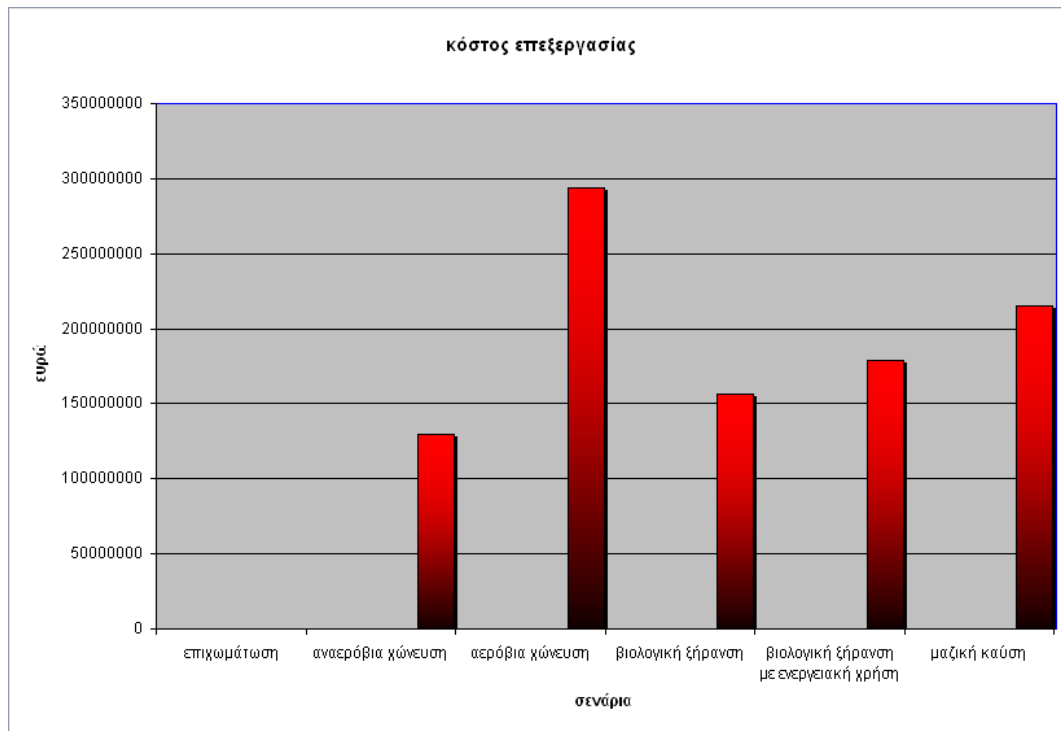
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Συγκριτική Αξιολόγηση Σεναρίων Οικονομικής Ανάλυσης

5.1 Συγκρίσεις της ανάλυσης σεναρίων με σταθερή ανακύκλωση

Στον πίνακα 31 παρουσιάζονται τα συγκεντρωτικά στοιχεία της οικονομικής ανάλυσης των σεναρίων που αποτελούν το καθένα ξεχωριστά τη λύση του προβλήματος της διαχείρισης των απορριμμάτων. Συγκεκριμένα στο διάγραμμα 2 παρατηρούμε ότι η αερόβια χώνευση έχει το υψηλότερο κόστος επεξεργασίας (293.800.000), ενώ η αναερόβια χώνευση το πιο χαμηλό (129.600.000). Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να επισημάνουμε ότι με την διαδικασία της επιχωμάτωσης υπάρχει μηδενικό κόστος επεξεργασίας αλλά ο τρόπος αυτός διαχείρισης θεωρείται ξεπερασμένος και εξαιρετικά βλαπτικός για το περιβάλλον με συνέπεια έντονες αντιδράσεις από τις τοπικές κοινωνίες κατά την χωροθέτηση των ΧΥΤΑ και την μεταφορά των απορριμμάτων.

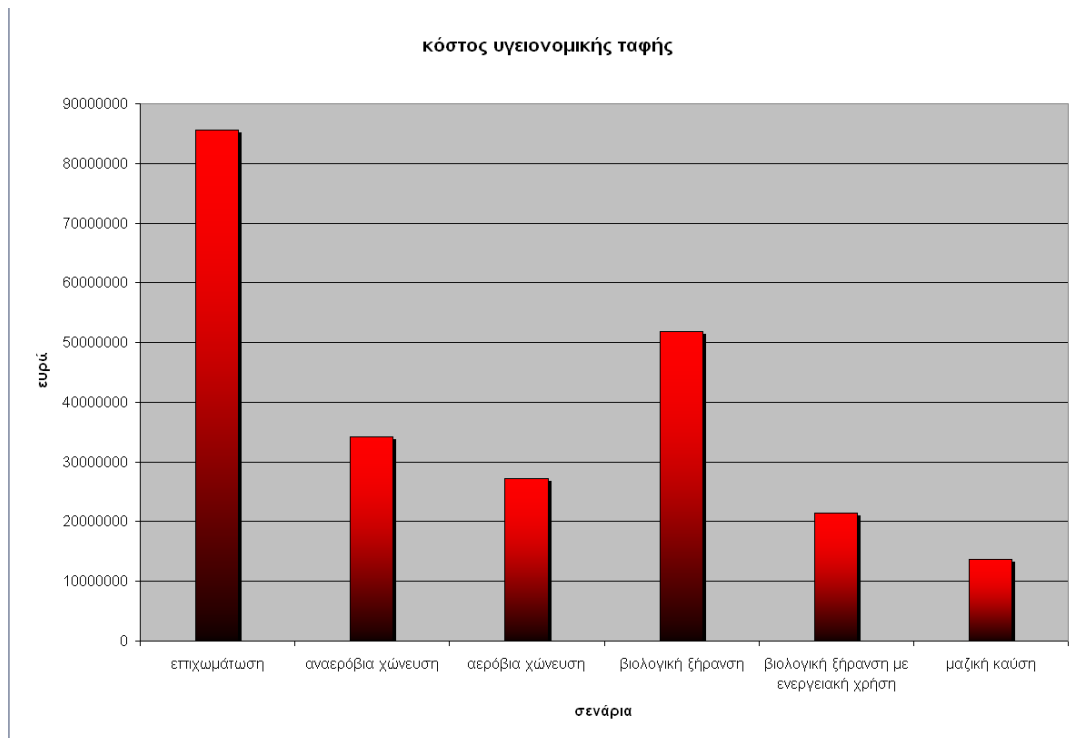
σενάριο	παραγωγή αποβλήτων	ενεργειακό υλικό	κόστος (ευρώ/τόνο)	κόστος επεξεργασίας	κόστος υγειονομικής ταφής	κέρδος πώλησης ενεργειακού υλικού	σύνολο
επιχωμάτωση	-	-	35	-	85.620.000	-	85.620.000
αναερόβια χώνευση	60%	11GW & λίπασμα	53	129.600.000	34.203.925	53.706	163.750.219
αερόβια χώνευση	68,3%	37GW & υλική αποκατάσταση	120	293.800.000	27.160.000	206.569	320.753.431
βιολογική ξήρανση	39,4%	1GW & υλική αποκατάσταση	64	156.500.000	51.860.000	3.209	208.356.791
βιολογική ξήρανση με ενεργειακή χρήση	75%	44GW & υλική αποκατάσταση	73	178.600.000	21.390.000	269.327	199.720.673
επιχωμάτωση	-	-	35	-	85.620.000	-	85.620.000

Πίνακας 31 : συγκεντρωτικά στοιχεία



Διάγραμμα 2. κόστος επεξεργασίας

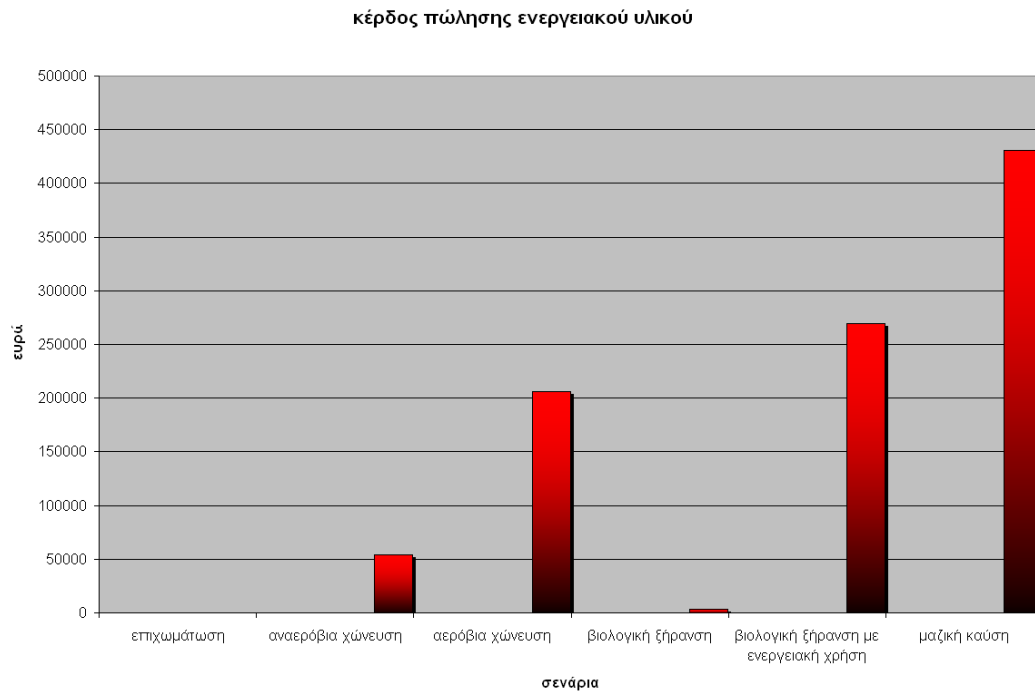
Στο διάγραμμα 3 παρατηρούμε ότι το κόστος υγειονομικής ταφής παίρνει την μέγιστη τιμή κατά την επιχωμάτωση (85.620.000), ενώ κατά την μαζική καύση έχει την χαμηλότερη (13.690.000). Η μέγιστη τιμή που λαμβάνει η επιχωμάτωση οφείλεται στο γεγονός ότι το σύνολο της ποσότητας των απορριμμάτων οδηγείται προς υγειονομική ταφή αφού δεν υπάρχουν άλλοι τρόποι επεξεργασίας.



Διάγραμμα 3. κόστος υγειονομικής ταφής

Ο τρίτος παράγοντας της οικονομικής ανάλυσης αφορά το κέρδος από την ενδεχόμενη πώληση του ενεργειακού υλικού που προκύπτει από την επεξεργασία των απορριμμάτων.

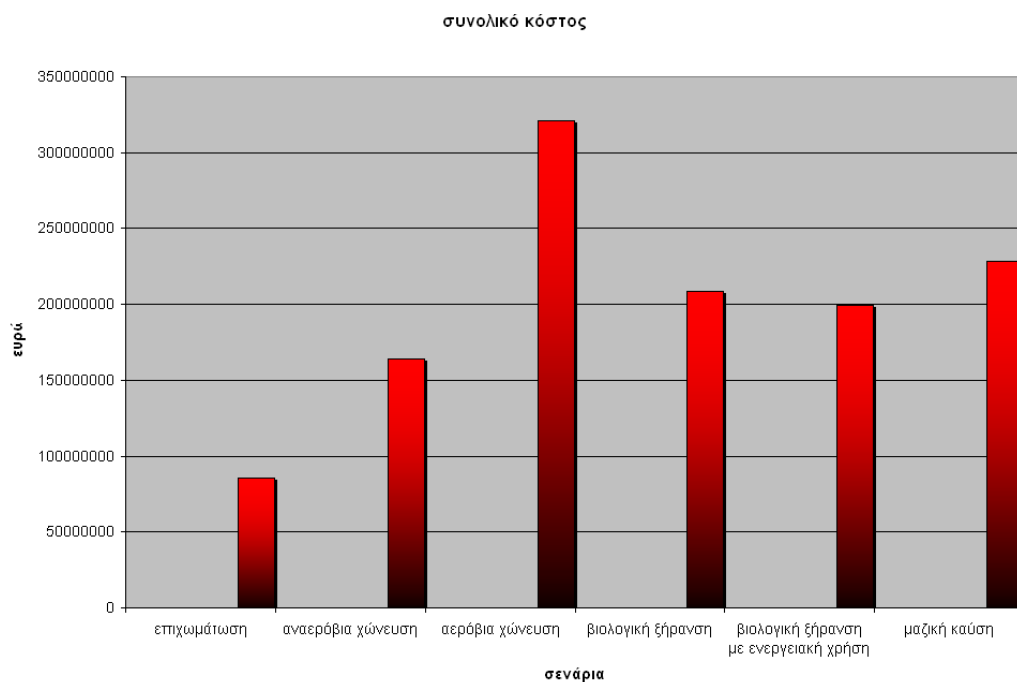
Στο διάγραμμα 4 φαίνεται ότι η μαζική καύση με παραγόμενα 63 GW έχει το μεγαλύτερο κέρδος (430.795) ενώ εκτός από το μηδενικό κέρδος της επιχωμάτωσης, το αμέσως μεγαλύτερο είναι αυτό της βιολογικής ξήρανσης (3.209).



Διάγραμμα 4. κέρδος πώλησης ενεργειακού υλικού

Από το διάγραμμα 5 παρατηρούμε ότι το σενάριο που αφορά την αερόβια χώνευση είναι εκείνο που έχει το μεγαλύτερο συνολικό κόστος (320.753.431) και ακολουθούν κατά σειρά η μαζική καύση (228.459.205), η βιολογική ξήρανση (208.356.791), η βιολογική ξήρανση με ενεργειακή χρήση (199.720.673), η αναερόβια χώνευση (163.750.219) και τέλος η επιχωμάτωση (85.620.000).

Κάθε ανάλυση έχει ως στόχο την εξαγωγή συμπερασμάτων που θα οδηγήσουν στη λήψη μιας συγκεκριμένης απόφασης. Είναι ευνόητο το ότι για τη λήψη μιας απόφασης που αφορά τον τρόπο επεξεργασίας των απορριμμάτων λαμβάνονται υπόψη διάφοροι παράγοντες όπως η οικονομική συγκυρία, η περιβαλλοντική ευαισθησία, η κρατική υποστήριξη, η ιδιωτική πρωτοβουλία κα. Επομένως στη συγκεκριμένη ανάλυση διαπιστώνουμε ότι η απόφαση για το ποιο από τα σενάρια επεξεργασίας θα ακολουθηθεί εξαρτάται σε παράγοντες που διαμορφώνονται ανάλογα με τις συνθήκες. Δηλαδή η επιχωμάτωση όντως αποτελεί την επιλογή με το χαμηλότερο κόστος αλλά με τα περισσότερα αρνητικά όσο αφορά το περιβάλλον και τις αντιδράσεις από τους τοπικούς φορείς. Εκτός των άλλων απαιτούνται τεράστιες εκτάσεις για το συνεχώς αυξανόμενο όγκο των απορριμμάτων, οι οποίες θα έχουν και βραχυπρόθεσμη διάρκεια ζωής πριν τον κορεσμό και την εκ νέου αναζήτηση για νέα έκταση ως χώρο υγειονομικής ταφής απορριμμάτων.



Διάγραμμα 5. συνολικό κόστος

Συμπερασματικά, η καλύτερη επιλογή είναι η επεξεργασία απορριμμάτων μέσω της βιολογικής ξήρανσης με ενεργειακή χρήση διότι πρόκειται για μια διαδικασία στην οποία το συνολικό κόστος είναι μέσα σε πλαίσια οικονομικής λογικής σε σχέση με πιο δαπανηρές ή πιο οικονομικές αλλά όχι τόσο αποδοτικές λύσεις.

Παράλληλα αυτή η διαδικασία προσφέρει έσοδα που προέρχονται από την παραγωγή και πώληση ενεργειακού υλικού και επιπλέον το κόστος που δημιουργεί ο όγκος των απορριμμάτων που προορίζονται για υγειονομική ταφή, είναι το δεύτερο χαμηλότερο από όλα τα σενάρια που αναλύθηκαν.

Τέλος η μονάδα που θα δημιουργηθεί και θα επεξεργάζεται τα απορρίμματα μέσω βιολογικής ξήρανσης με ενεργειακή χρήση προσφέρει σημαντική μείωση της ποσότητας των απορριμμάτων που οδηγούνται προς τελική διάθεση. Επίσης το υλικό που παράγεται είναι σταθεροποιημένο, περιέχει ενεργειακά αξιοποιήσιμα υλικά (χαρτί, πλαστικό και οργανικό) και έχει σημαντική ενεργειακή απόδοση. Επιπλέον οι αέριες εκπομπές από την ενεργειακή αξιοποίηση είναι περιορισμένες γιατί δεν οδηγούνται προς καύση σύμμεικτα απορρίμματα με αποτέλεσμα να περιορίζεται σημαντικά η παραγωγή βαρέων μετάλλων και διοξινών ενώ η παραγωγή υγρών αποβλήτων είναι αμελητέα. Επίσης η συμβατότητα με τη νομοθεσία είναι πλήρης ενώ

είναι σημαντική και η δυνατότητα επεξεργασίας και άλλων αποβλήτων όπως ελαστικά, αφυδατωμένες λάσπες και ξύλα.

5.2 Συγκρίσεις της ανάλυσης σεναρίων με σταδιακή αύξηση ανακύκλωσης

Είναι γενικά παραδεκτό ότι τα τελευταία χρόνια το κίνημα της ανακύκλωσης αυξάνει με γοργούς ρυθμούς, στο γεγονός αυτό έχει συμβάλει και η ευαισθητοποίηση των δήμων αλλά και ιδιωτών που οργανώνουν πλέον ένα σύστημα συγκέντρωσης ανακυκλώσιμων υλικών (μπλε κάδοι, μηχανήματα συλλογής στα μεγάλα σούπερ-μάρκετ και εμπορικά κέντρα, καμπάνιες ραδιοφωνικών και τηλεοπτικών σταθμών). Παρακάτω ακολουθεί μία σύντομη ιστορική αναδρομή για την ανακύκλωση καθώς και για τα πλεονεκτήματά που προσφέρει. Η ανακύκλωση συμβάλει στη προστασία του περιβάλλοντος με δύο τρόπους:

Μειώνει την ποσότητα υλικών που καταλήγουν σε χωματερές και την ποσότητα πρώτων υλών που πρέπει να δημιουργηθούν από την αρχή. Υπάρχουν υλικά, όπως το αλουμίνιο, που μπορούν να ανακυκλωθούν συνεχώς, επειδή δεν υφίσταται αλλαγές κατά την ανακύκλωση. Τα υλικά αυτά εξάγονται ποιο αγνά και καταναλώνεται λιγότερη ενέργεια από αυτήν που απαιτείται για την παραγωγή και την μεταφορά νέων ποσοτήτων πρώτων υλών. Με αυτόν τον τρόπο μειώνεται το περιβαλλοντικό, κοινωνικό και οικονομικό κόστος των βιομηχανιών.

Κάθε προϊόν που αγοράζουμε παράγεται με τη χρήση ενέργειας και κάθε επιπλέον κιλοβατώρα επιβαρύνει την ατμόσφαιρα με ένα κιλό διοξειδίου του άνθρακα. Η παραγωγή προϊόντων από ανακυκλωμένο υλικό απαιτεί λιγότερη ενέργεια από ότι η παραγωγή τους από πρώτες ύλες. Συνεπώς, ένα από τα πολλαπλά οφέλη της ανακύκλωσης είναι ότι εξοικονομεί ενέργεια. Για κάθε τόνο απορριμμάτων που αποτρέπουμε από τις χωματερές και ανακυκλώνεται ή κομποστοποιείται, αποφεύγεται η έκλυση 260 - 470 κιλών ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα.

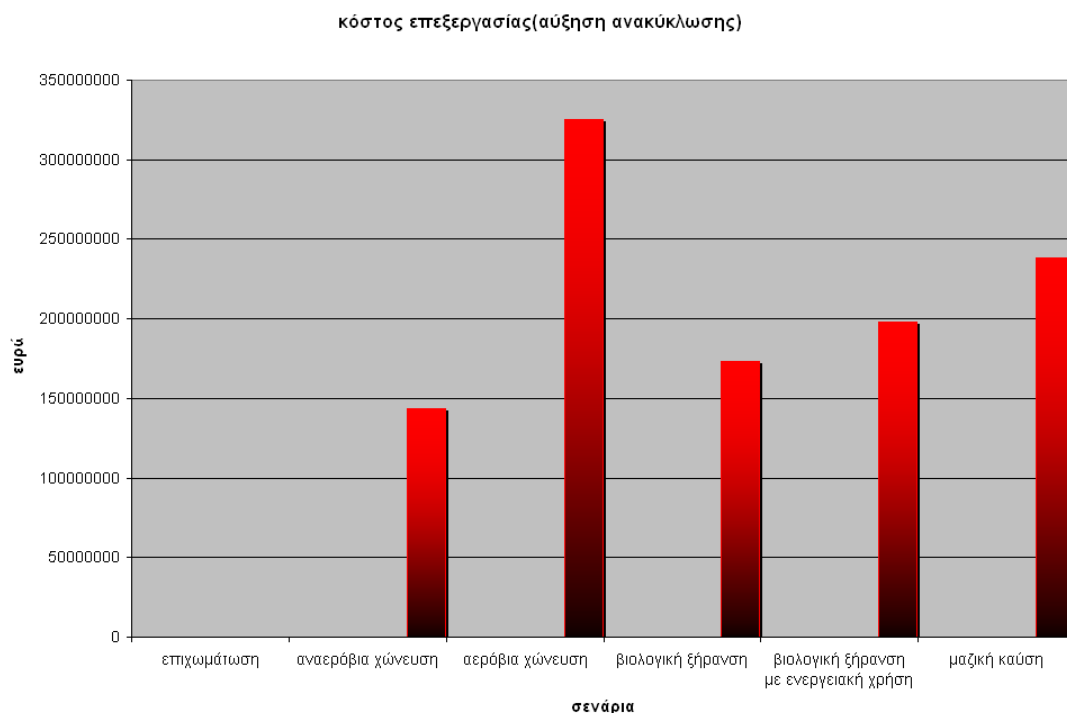
σενάριο	παραγωγή αποβλήτων	ενεργειακό υλικό	κόστος (ευρώ/τόνο)	κόστος επεξεργασίας	κόστος υγειονομικής ταφής	κέρδος πώλησης ενεργειακού υλικού	σύνολο
επιχωμάτωση	-	-	35	-	94.770.000	-	-
αναερόβια χώνευση	60%	11GW & λίπασμα	53	143.400.000	37.900.000	29.764	60%
αερόβια χώνευση	68,3%	37GW & υλική αποκατάσταση	120	325.100.000	30.050.000	113.918	68,3%
βιολογική ξήρανση	39,4%	1GW & υλική αποκατάσταση	64	173.500.000	57.490.000	1.779	39,4%
βιολογική ξήρανση με ενεργειακή χρήση	75%	44GW & υλική αποκατάσταση	73	197.700.000	23.700.000	148.876	75%
επιχωμάτωση	84%	63GW	88	238.300.000	15.170.000	239.150	84%

Πίνακας 32 : συγκεντρωτικά στοιχεία (αύξηση της ανακύκλωσης)

Οι ποιο διαδεδομένοι τρόποι διαχείρισης απορριμμάτων, όπως οι χωματερές και η αποτέφρωση, συνήθως είναι ζημιογόνοι για το περιβάλλον. Η ανακύκλωση περιορίζει την ποσότητα των υλικών που πετάγονται στις χωματερές και στους αποτεφρωτήρες, προστατεύοντας το περιβάλλον.

Στον πίνακα 32 παρουσιάζονται τα συγκεντρωτικά στοιχεία της οικονομικής ανάλυσης των σεναρίων διαχείρισης των απορριμμάτων λαμβάνοντας υπόψη την αύξηση της ανακύκλωσης.

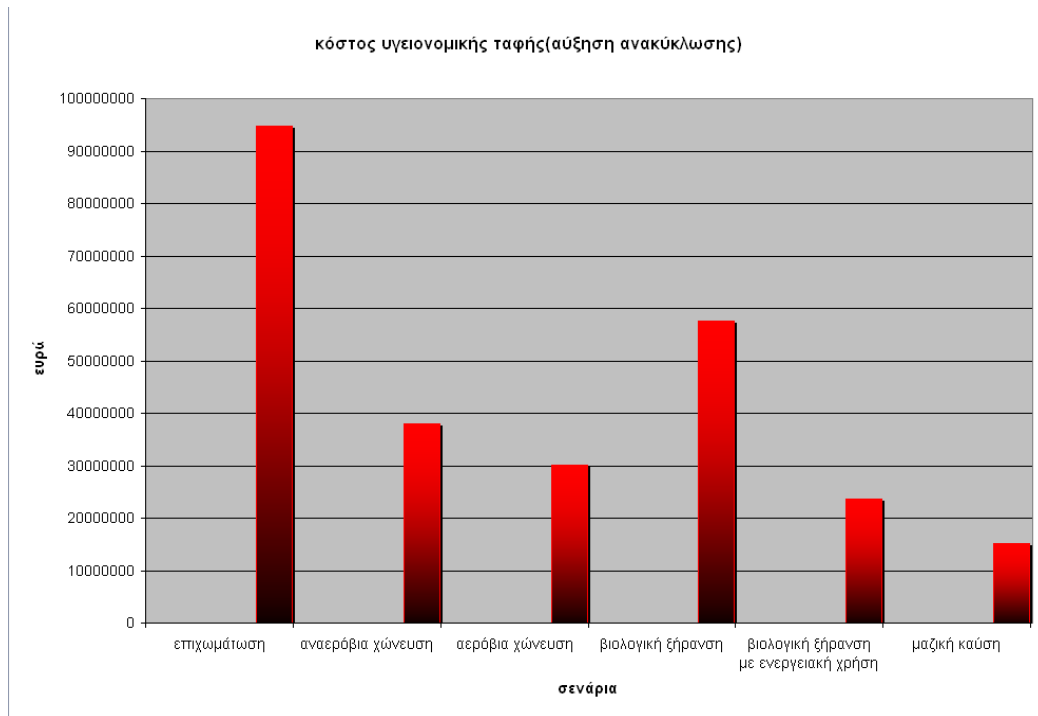
Συγκεκριμένα στο διάγραμμα 6 παρατηρούμε ότι η αερόβια χώνευση έχει το υψηλότερο κόστος επεξεργασίας (325.100.000), ενώ η αναερόβια χώνευση το πιο χαμηλό (143.400.000). Σε αυτό το σημείο παρατηρούμε όπως και στην περίπτωση στο προηγούμενο κεφάλαιο ότι με την διαδικασία της επιχωμάτωσης υπάρχει μηδενικό κόστος επεξεργασίας αλλά ο τρόπος αυτός διαχείρισης παρουσιάζει τα περισσότερα αρνητικά στοιχεία που στην ουσία καθιστούν την επιλογή του εξαιρετικά απίθανη με βάση τα σύγχρονα δεδομένα.



Διάγραμμα 6. κόστος επεξεργασίας(αύξηση της ανακύκλωσης)

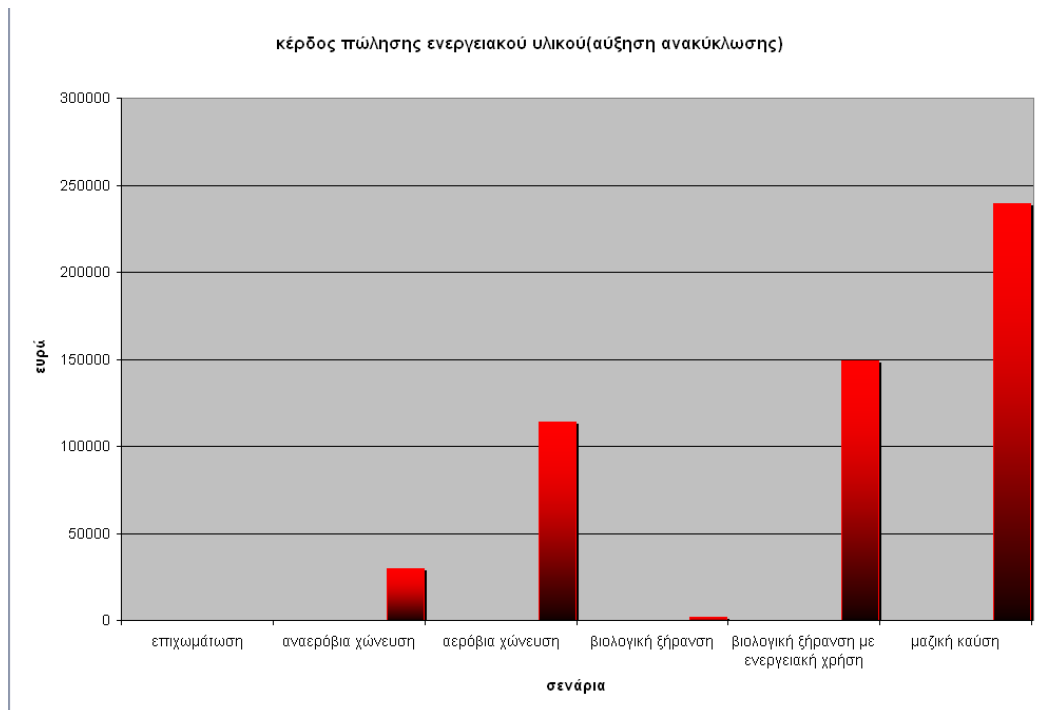
Στο διάγραμμα 7 παρατηρούμε ότι το κόστος υγειονομικής ταφής παίρνει την μέγιστη τιμή κατά την επιχωμάτωση (94.770.000), ενώ κατά την μαζική καύση έχει την χαμηλότερη (15.170.000). Η μέγιστη τιμή που λαμβάνει η επιχωμάτωση οφείλεται στο γεγονός ότι το σύνολο της ποσότητας των απορριμμάτων οδηγείται προς υγειονομική ταφή αφού δεν χρησιμοποιούνται άλλοι τρόποι επεξεργασίας.

Η οικονομική ανάλυση επικεντρώθηκε και στο στοιχείο που αφορά το κέρδος από την πώληση του ενεργειακού υλικού που προκύπτει από την επεξεργασία των απορριμμάτων.



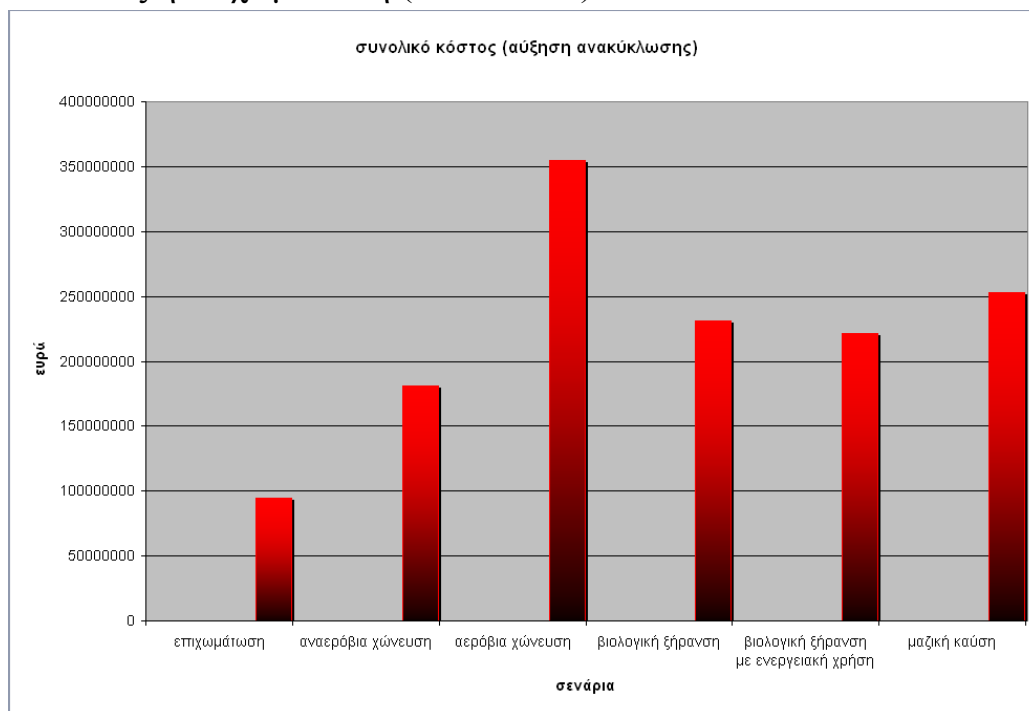
Διάγραμμα 7. κόστος υγειονομικής ταφής (αύξηση της ανακύκλωσης)

Στο διάγραμμα 8 φαίνεται ότι η μαζική καύση με παραγόμενα 63 GW έχει το μεγαλύτερο κέρδος (239.150) ενώ εκτός από το μηδενικό κέρδος της επιχωμάτωσης, το χαμηλότερο είναι αυτό της βιολογικής ξήρανσης (1.779).



Διάγραμμα 8. κέρδος πώλησης ενεργειακού υλικού (αύξηση της ανακύκλωσης)

Από το διάγραμμα 9 παρατηρούμε ότι το σενάριο που αφορά την αερόβια χώνευση είναι εκείνο που έχει το μεγαλύτερο συνολικό κόστος (355.036.082) και ακολουθούν κατά σειρά η μαζική καύση (253.230.850), η βιολογική ξήρανση (230.988.221), η βιολογική ξήρανση με ενεργειακή χρήση (221.251.124), η αναερόβια χώνευση (181.270.236) και τέλος η επιχωμάτωση (94.770.000).



Διάγραμμα 9. συνολικό κόστος (αύξηση της ανακύκλωσης)

Όπως αναφέρθηκε, στην διεξαγόμενη οικονομική ανάλυση ελήφθη υπόψη ότι η ανακύκλωση αυξάνεται σταδιακά και ταυτίζεται με την γενικότερη στροφή της κοινωνίας προς μια οικολογική πρακτική και μια λογική ότι "τίποτα δεν πάει χαμένο". Ευνόητο είναι πως μια αυξημένη περιβαλλοντική ευαισθησία τόσο από ιδιώτες όσο και από κρατικούς φορείς δεν είναι δυνατόν να αφήσει ανεπηρέαστη και την λήψη απόφασης για το είδος της τεχνικής που θα ακολουθηθεί για την επεξεργασία των απορριμμάτων. Σύμφωνα με τα δεδομένα της έρευνας, η βιολογική ξήρανση με ενεργειακή χρήση παρουσιάζει τα πιο θετικά αποτελέσματα.

Συγκεκριμένα με το σενάριο αυτό εξασφαλίζεται το υψηλότερο επίπεδο ενέργειας (63GW) και κατά συνέπεια και υψηλό κέρδος από την πώληση του παραγόμενου ενεργειακού υλικού. Επιπλέον το κόστος υγειονομικής

ταφής είναι το δεύτερο χαμηλότερο, πράγμα που σημαίνει ότι το ποσοστό των απορριμμάτων που προορίζονται για ταφή είναι σχετικά χαμηλό και συνεπώς δεν επιβαρύνεται το υπέδαφος με τις γνωστές συνέπειες όπως η μόλυνση του υδροφόρου ορίζοντα, ο κορεσμός της έκτασης που χρησιμοποιείται για την υγειονομική ταφή και άλλα.

Τέλος το σενάριο που προκρίνεται, αποτελεί μια λύση σχετικά οικονομική αφού το συνολικό κόστος κυμαίνεται σε πλαίσια που είναι λογικά για μια επένδυση τέτοιας κρισιμότητας αφού δύναται να αντιμετωπίσει το φλέγον ζήτημα της διαχείρισης των απορριμμάτων ενώ ταυτόχρονα έχει και παράλληλα οφέλη τόσο οικονομικά όσο και περιβαλλοντικά.

Επίλογος

Στα προηγούμενα κεφάλαια έγινε αναφορά στα στοιχεία που προσδιορίζουν την προσομοίωση ως έννοια αλλά και ως ένα εργαλείο εξαγωγής συμπερασμάτων για ένα τόσο σύνθετο και κρίσιμο ζήτημα όπως είναι η διαχείριση των απορριμμάτων.

Παρουσιάστηκαν στοιχεία και τεκμηριώθηκε η αναγκαιότητα ύπαρξης μιας σύγχρονης και τεχνολογικά άρτιας εγκατάστασης διαχείρισης απορριμμάτων. Αναλύθηκαν όλα τα πιθανά σενάρια-τεχνικές επεξεργασίας και τα αποτελέσματά τους σε χρονικό ορίζοντα 25 ετών και με βάση κριτήρια οικονομικά, κοινωνικά και περιβαλλοντικά επιλέχθηκε η βέλτιστη λύση.

Είναι αναγκαίο να σχεδιαστεί και να ακολουθηθεί μία ολοκληρωμένη και συνεπής πολιτική με πρωταρχικό στόχο την επίτευξη μιας εναλλακτικής διαχείρισης απορριμμάτων.

Το κρίσιμο σημείο είναι να καταλάβουμε όλοι (κράτος, δήμοι και περιφέρειες, κοινωνία) ότι η πολιτική της πρόληψης, επαναχρησιμοποίησης, ανακύκλωσης και κομποστοποίησης είναι η ουσιαστική λύση στο πρόβλημα της διαχείρισης των σκουπιδιών και όχι μια υποχρέωση την οποία πρέπει απλώς να τηρήσουμε γιατί μας υποχρεώνει η Ευρωπαϊκή Ένωση.

Βιβλιογραφία

1. Modeling a Solid-Waste Processing System by Discrete Event Simulation VLATKO CERIC and VLATKA HLUPIC Faculty of Economics, University of Zagreb
2. Αλεξιάκη Μ, Αγαπητίδη Ι., Η διαχείριση των απορριμμάτων στην Ελληνική περιφέρεια, Ελληνική Εταιρεία Ανάπτυξης και Αυτοδιοίκησης Α.Ε., Αθήνα 1995
3. Διαχείριση Απορριμμάτων - Η Ευθύνη της Πολιτείας και των Πολιτών», Πρακτικά Ημερίδας της Πανελλήνιας Ομοσπονδίας Σωματείων Εργαζομένων (Π.Ο.Σ.Ε.) του Υπουργείου Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων (Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.), 3-12-2003
4. Law, A.M. and Kelton, W.D. (2000) *Simulation Modelling and Analysis, 3rd Edition*, Mc-Graw Hill, ISBN: 0071165371.
5. Banks, J., Carson, J. S., Nelson, B. L. and Nicol, D.M. (2001) *Discrete Event System Simulation*, Prentice Hall, ISBN: 0130887021.
6. Khoshnevis, B. (1998) *Προσομοίωση Διακριτών Συστημάτων* (μετ. Γεωργιάδης, Π. και Γυφτοδήμος, Γ.), Εκδόσεις Δίαυλος, 374 σελ., ISBN: 960-531-031-7
7. <http://lhtee.meng.auth.gr> Ιστοχώρος σχετικός με τη επεξεργασία και διαχείριση στερεών αποβλήτων του Εργαστηρίου Μετάδοσης Θερμότητας και Περιβαλλοντικής Μηχανικής του τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής του Α.Π.Θ
8. wikipedia.org
9. greenpeace.org

10. Ημερίδα με θέμα: Η εναλλακτική διαχείριση απορριμμάτων στην Ελλάδα Πηγή: www.openscience.gr
11. "Τα απορρίμματα στη ζωή μας" (Μεσογειακό Γραφείο για το Περιβάλλον, τον Πολιτισμό & την Αειφόρο Ανάπτυξη - ΜΚΟ - MEdIES)
12. ΠΟΕ-ΟΤΑ: Προτάσεις για τη διαχείριση των απορριμμάτων
13. «Διαχείριση απορριμμάτων σε κρίση, η κομποστοποίηση βασικός παράγοντας της λύσης» Οικολογική Εταιρεία Ανακύκλωσης
14. <http://ec.europa.eu/environment/waste/index.htm>
15. <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/waste/introduction/>
16. www.eltepe.gr
17. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΑΤΩΝ Εκδότης: Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ Ο.Τ.Α. ΜΕΙΖΟΝΟΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
18. Karagiannidis A., Perkoulidis G., Moussiopoulos N. and Chrysochoou M. (2004), Facility location for solid waste management through compilation and multicriterial ranking of optimal decentralised scenarios: a case study for the region of Peloponnesse in southern Greece, Engineering Research 1, 7-18.
19. Ενεργειακή Αξιοποίηση των Αστικών Στερεών Απορριμμάτων: Μια Ανανεώσιμη Πηγή Ενέργειας Άρθρο του Δ. Τασιού Ομότιμου Καθηγητή ΕΜΠ - Μέλος Διοικητικού Συμβουλίου της ΣΥΝΕΡΓΕΙΑ
20. Εθνικό κέντρο περιβάλλοντος και αειφόρου ανάπτυξης – Έκθεση για την κατάσταση του περιβάλλοντος 2008 - Συγγραφείς: Σάνη Δημητροπούλου (ΕΚΠΑ), Μαρία Κάπαρη (ΕΚΠΑ), Βασίλης

Πλεμμένος (ΕΚΠΑΑ) , Διονυσία Χατζηλάκου (ΕΚΠΑΑ),
Αγγελική Καλλία (μέλος ΔΣ ΕΚΠΑΑ) Μάτα Αραβαντινού
(ΕΔΠΠ), Σπύρος Τασόγλου (ΚΥΥ), Νίκος Καραμέρος
(ΥΠΕΧΩΔΕ), Μαρία Μπάρλα (ΥΠΕΧΩΔΕ), Ιωάννα Νικηταρά
(ΥΠΕΧΩΔΕ), Κων/νος Ράλλης (ΥΠΕΧΩΔΕ) , Χριστίνα
Στουραϊτη (ΥΠΕΧΩΔΕ), Λευτέρης Παπαβασιλόπουλος (ΜΟΔ),
Αργυρή Δημοπούλου (ΜΟΔ), Λουκία Μήτση (ΜΟΔ)

21. WWF Ελλάς

22. www.kathimerini.gr

23. Μελέτη για την διαχείριση των απορριμμάτων και για την
αποτροπή κατασκευής σκουπιδότοπου - Άγγελος Λιβαθινός
Πρόεδρος τού Μορφωτικού Συλλόγου Καρδαμά «Κωστής
Παλαμάς» Καρδαμάς, Ιούλιος 2008

24. ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ -
Σ.Δ.Α.Ν.Φ. Σύνδεσμος Διαχείρισης Απορριμμάτων Ν. Φωκίδας

25. www.e-erevna.gr/portal/story

26. www.oikologio.gr

27. Μπεριάτος Η., Αραβώσης Κ., Καραγιαννίδης Α., Περκουλίδης Γ.,
Κολτσίδας Ε., Κουγκολος Α. "Θεσμικό Πλαίσιο και πολιτική
διαχείρισης των Στερεών Αποβλήτων. Εξελίξεις και προοπτικές".
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΔΙΚΑΙΟ, Τεύχος 2/2003, σελ. 306 – 323,
εκδότης: Νομική Βιβλιοθήκη

28. Αραβώσης Κ "Στρατηγικός Σχεδιασμός Διαχείρισης
Απορριμμάτων και Ανακύκλωσης στην Ελλάδα". Περιοδικό
"ΤΕΧΝΙΚΑ", σελ. 51-54, 3/2000.

29. Αραβώσης Κ. "Η διαχείριση των απορριμμάτων". Ενημερωτικό
Δελτίο ΤΕΕ, σελ. 110, 14/10/1996.

Παράρτημα

Το EXTEND είναι ένα δυναμικό εργαλείο προσομοίωσης με το οποίο μπορούμε να δημιουργήσουμε δυναμικά μοντέλα από ένα ευρύ φάσμα πραγματικών διαδικασιών.

Κατά την διάρκεια μιας προσομοίωσης, τα blocks τα οποία συνθέτουν ένα μοντέλο του EXTEND κάνουν υπολογισμούς που μας προσφέρουν δεδομένα με τα οποία οδηγούμαστε σε χρήσιμα συμπεράσματα.

Παρακάτω υπάρχει αναφορά σε κάθε block που χρησιμοποιήθηκε για την δημιουργία του μοντέλου προσομοίωσης.

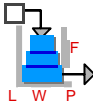
Executive

Ελέγχει το χρόνο και το πέρασμα των γεγονότων σε ένα μοντέλο διακριτών γεγονότων. Αυτό το block είναι η «καρδιά» κάθε τέτοιου μοντέλου και πρέπει να τοποθετείται αριστερότερα από όλα τα άλλα blocks στο μοντέλο.



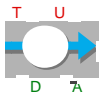
Queue, Priority

Παράγει μια ουρά η οποία ελευθερώνει πρώτα την οντότητα με τη μεγαλύτερη προτεραιότητα.



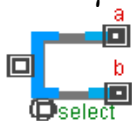
Activity, Delay, (Attributes)

Κρατάει / καθυστερεί μια οντότητα για ένα χρονικό διάστημα ανάλογα με την τιμή ενός χαρακτηριστικού.



Select DE Output

Επιλέγει μια από τις εξόδους βάσει της τιμής ελέγχου.



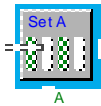
Exit

Έξοδος οντότητας από το μοντέλο.



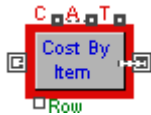
Set Attribute

Δίνει τιμές σε χαρακτηριστικά μιας οντότητας



Cost By Item

Αντιγράφει στατιστικά κόστους από όλες τις οντότητες που περνούν από αυτό.



Cost Stats

Αντιγράφει στατιστικά κόστους από όλα τα blocks που παράγουν κόστος.



Constant

Παράγει μια σταθερή τιμή για κάθε βήμα.



Multiply

Πολλαπλασιάζει μια είσοδο με μια άλλη.



Input Data

Δημιουργεί μια καμπύλη δεδομένων από ένα πίνακα τιμών βασισμένο στο χρόνο.



Generator

Εισάγει οντότητες σε μια προσομοίωση διακριτών γεγονότων σε προκαθορισμένους χρόνους αφίξεως



Input Random Number

Παράγει ακέραιους ή ρητούς σύμφωνα με μια στατιστική κατανομή.

