

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΟΞΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΩΝ
ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΟΥ ΒΕΛΤΙΣΤΟΥ
ΣΕΝΑΡΙΟΥ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ

ΣΤΕΦΑΝΟΣ Μ. ΚΑΡΤΕΡΑΚΗΣ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ: Ε. ΓΙΔΑΡΑΚΟΣ (ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ)
Ε. ΔΙΑΜΑΝΤΟΠΟΥΛΟΣ
Α. ΟΙΚΟΝΟΜΟΠΟΥΛΟΣ

ΧΑΝΙΑ, 2004

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	v
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	vi
ABSTRACT	viii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	x
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ	xiv
 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ	
1.1 ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΩΝ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ	1
1.2 ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ	3
1.2.1 ΚΟΙΝΟΤΙΚΟ ΔΙΚΑΙΟ	3
1.2.2 ΕΘΝΙΚΟ ΔΙΚΑΙΟ	8
 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ	
2.1 ΓΕΝΙΚΑ	14
2.2 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ, ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΥΛΙΚΩΝ	15
2.2.1 ΔΙΑΛΟΓΗ ΣΤΗΝ ΠΗΓΗ	15
2.2.1.1 ΓΕΝΙΚΑ	15
2.2.1.2 ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΔΙΑΛΟΓΗΣ ΣΤΗΝ ΠΗΓΗ	16
2.2.1.2.1 ΔΙΑΛΟΓΗ ΜΕ ΔΥΟ ΚΑΔΟΥΣ (ΥΓΡΟΥ/ΞΗΡΟΥ)	16
2.2.1.2.2 ΔΙΑΛΟΓΗ ΜΕ ΧΩΡΙΣΤΟΥΣ ΚΑΔΟΥΣ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΥΛΙΚΟ	18
2.2.1.2.3 ΔΙΑΛΟΓΗ ΜΕ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΥΣ ΚΑΔΟΥΣ ΓΙΑ ΧΑΡΤΙ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ	19
2.2.2 ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ	21
2.2.2.1 ΓΕΝΙΚΑ	21
2.2.2.2 ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΙΜΑ ΥΛΙΚΑ	23
2.2.2.2.1 ΧΑΡΤΙ	23
2.2.2.2.2 ΓΥΑΛΙ	25
2.2.2.2.3 ΣΙΔΗΡΟΥΧΑ ΜΕΤΑΛΛΑ	26
2.2.2.2.4 ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ	27

2.2.2.2.5 ΠΛΑΣΤΙΚΟ	28
2.2.3 ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΔΙΑΛΟΓΗ	30
2.2.4 ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ	34
2.2.4.1 ΓΕΝΙΚΑ	34
2.2.4.2 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΕΛΤΙΩΤΙΚΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ	38
2.3 ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ	38
2.3.1 ΓΕΝΙΚΑ	38
2.3.2 ΤΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΩΣ ΚΑΥΣΙΜΗ ΥΛΗ	42
2.3.3 ΚΑΥΣΗ	43
2.3.3.1 ΓΕΝΙΚΑ	43
2.3.3.2 ΚΛΙΒΑΝΟΣ ΜΕ ΕΣΧΑΡΕΣ	45
2.3.3.3 ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΟΣ ΚΛΙΒΑΝΟΣ	46
2.3.3.4 ΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΚΛΙΝΗ	48
2.3.4 ΠΥΡΟΛΥΣΗ	49
2.3.5 ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ	50
2.3.6 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΥΡΟΛΥΣΗΣ ΚΑΙ ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΜΕ ΚΑΥΣΗ	51
2.3.7 ΑΛΛΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	51
2.3.8 ΚΑΥΣΗ RDF (REFUSE DERIVED FUEL)	52
2.3.9 Η ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	53
2.4 ΕΛΑΦΙΚΗ ΔΙΑΘΕΣΗ	54
2.4.1 ΓΕΝΙΚΑ	54
2.4.2 ΜΟΝΩΣΗ ΤΟΥ ΧΥΤΑ	57
2.4.3 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ	58
2.4.4 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	60

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ

3.1 ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΛΛΟΓΗΣ	61
3.1.1 ΓΕΝΙΚΑ	61
3.1.2 ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	62
3.1.3 ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΙΜΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	68
3.1.4 ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΒΙΟΑΠΟΙΚΟΔΟΜΗΣΙΜΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	72
3.1.5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	72
3.2 ΚΟΣΤΟΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ	72
3.2.1 ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ ΥΛΙΚΩΝ	72
3.2.2 ΚΟΣΤΟΣ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ	74
3.2.3 ΚΟΣΤΟΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	78
3.2.4 ΚΟΣΤΟΣ ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗΣ ΤΑΦΗΣ	79

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

4.1 ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΚΑΙ ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΣΤΟΥΣ ΝΟΜΟΣ ΡΕΘΥΜΝΟΥ, ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ ΚΑΙ ΛΑΣΙΘΙΟΥ	81
4.2 Η ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	89

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΣΕΝΑΡΙΑ ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

5.1 ΓΕΝΙΚΑ	91
5.2 ΣΕΝΑΡΙΟ 1: ΔΙΑΛΟΓΗ ΣΤΗΝ ΠΗΓΗ – ΚΕΝΤΡΟ ΔΙΑΛΟΓΗΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΙΜΩΝ ΥΛΙΚΩΝ – ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗ ΤΑΦΗ	92
5.3 ΣΕΝΑΡΙΟ 1: ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ – ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ - ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗ ΤΑΦΗ	98
5.4 ΣΕΝΑΡΙΟ 3: ΔΙΑΛΟΓΗ ΣΤΗΝ ΠΗΓΗ – ΚΕΝΤΡΟ ΔΙΑΛΟΓΗΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΙΜΩΝ ΥΛΙΚΩΝ – ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ - ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗ ΤΑΦΗ	103
5.5 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ	106
5.5.1 ΓΕΝΙΚΑ	106
5.5.2 ΣΕΝΑΡΙΟ 1	109
5.5.3 ΣΕΝΑΡΙΟ 2	112
5.5.4 ΣΕΝΑΡΙΟ 3	117

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΗΣ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ

6.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ	123
6.1.1 ΓΕΝΙΚΑ	123
6.1.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ	126
6.1.3 ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑ ΘΕΩΡΙΑ ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑΣ	128
6.1.3.1 ΓΕΝΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	128
6.1.3.2 ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΟΥ ΣΤΑΘΜΙΣΜΕΝΟΥ ΜΕΣΟΥ	128
6.1.3.3 ΠΟΛΛΑΠΛΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ	129
6.1.3.4 ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟΥΣ ΒΑΘΜΟΥΣ ΠΑΡΑΧΩΡΗΣΕΩΝ	130
6.1.3.5 ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΙΣ ΕΠΙΔΟΣΕΙΣ ΤΩΝ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ	132
6.2 ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ	133
6.3 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ	136
6.3.1 ΓΕΝΙΚΑ	136
6.3.2 ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ	136
6.4 ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ	138

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

7.1 ΓΕΝΙΚΑ	144
7.2 ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΚΡΙΤΗΡΙΩΝ	144
7.3 ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΚΡΙΤΗΡΙΩΝ	150
7.3.1 ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ	150
7.3.2 ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΥΠΟΚΡΙΤΗΡΙΩΝ	152
7.4 ΒΑΘΜΟΛΟΓΗΣΗ ΥΠΟΚΡΙΤΗΡΙΩΝ	155
7.4.1 ΧΑΜΗΛΟΤΕΡΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ	155
7.4.2 ΧΑΜΗΛΟΤΕΡΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ	156
7.4.3 ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗΣ	157
7.4.4 ΥΨΗΛΟΤΕΡΑ ΕΣΟΔΑ	159
7.4.5 ΜΙΚΡΟΤΕΡΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ	161
7.4.6 ΜΙΚΡΟΤΕΡΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΥΔΑΤΩΝ	162
7.4.7 ΜΙΚΡΟΤΕΡΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΑΕΡΑ	163
7.4.8 ΜΙΚΡΟΤΕΡΗ ΗΧΟΡΥΠΑΝΣΗ	165
7.4.9 ΜΙΚΡΟΤΕΡΗ ΑΙΣΘΗΤΙΚΗ ΟΧΛΗΣΗ	166
7.4.10 ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΥΛΙΚΩΝ	167
7.4.11 ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	169
7.4.12 ΕΝΑΡΜΟΝΙΣΗ ΜΕ ΤΟ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟ ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	170
7.4.13 ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΑΥΞΗΣΗΣ ΤΗΣ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗΣ	171
7.4.14 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑ	172
7.4.15 ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΤΙΚΟΤΗΤΑ	173
7.4.16 ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	174
7.4.17 ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ	175
7.5 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΤΟ ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑ	177
7.5.1 1 ^η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗΣ	177
7.5.2 2 ^η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗΣ	181
7.5.3 3 ^η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗΣ	185
7.6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	189
7.6.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ	189
7.6.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ	191
7.6.3 ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ, ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	193

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω όσους συνεργάστηκαν μαζί μου τους τελευταίους μήνες με την καθοδήγηση, τις προτάσεις ή τη γνώμη τους, ώστε το θέμα να προσεγγιστεί με πληρότητα και να αναλυθούν όσο το δυνατό περισσότερες πτυχές του.

Για την ανάθεση και την εποπτεία της εργασίας καθώς και για τις κατευθύνσεις που μου έδωσε ευχαριστώ τον Αν. Καθηγητή Ε. Γιδαράκο.

Για τις ιδιαίτερα χρήσιμες συμβουλές του σχετικά με τη χρησιμοποιούμενη μεθοδολογία και τη συνεχή παροχή των γνώσεων του ευχαριστώ τον Καθηγητή Ε. Διαμαντόπουλο.

Για τη συμμετοχή του στην εξεταστική επιτροπή ευχαριστώ τον Καθηγητή Α. Οικονομόπουλο.

Τέλος, για την καθοριστική συμβολή τους στην εκπόνηση του κώδικα της μεθοδολογίας ευχαριστώ τον Δρ. Σ. Ιωαννίδη και τον Γ. Τριχάκη.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Βασικός στόχος της εργασίας είναι η ανάπτυξη μίας αξιόπιστης και χρηστικής μεθοδολογίας για την επιλογή του βέλτιστου σεναρίου διαχείρισης των αστικών στερεών απορριμμάτων. Η μεθοδολογία σχεδιάζεται και υλοποιείται με βάση τις αρχές της πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων και της προσομοίωσης. Η εξέταση υπό πραγματικές συνθήκες επιτυγχάνεται με τη μελέτη ενός ρεαλιστικού προβλήματος που αφορά την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου για τη διαχείριση των απορριμμάτων στους νομούς Ρεθύμνου, Ηρακλείου και Λασιθίου.

Αρχικά αναλύεται το ζήτημα των αστικών στερεών απορριμμάτων μέσα από το πρίσμα της νομοθεσίας. Εξετάζονται τόσο οι οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης όσο και τα στοιχεία του ελληνικού δικαίου που αφορούν το ζήτημα. Δίνεται έμφαση στις γενικές και μακροπρόθεσμες κατευθυντήριες γραμμές που θέτει η νομοθεσία.

Στη συνέχεια μελετώνται διεξοδικά οι μέθοδοι επεξεργασίας και εν γένει διαχείρισης των απορριμμάτων, επικεντρώνοντας στα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματά τους. Συγκεκριμένα αναλύονται οι εξής τεχνολογίες:

- Διαλογή στην πηγή
- Ανακύκλωση
- Μηχανική διαλογή
- Βιολογική επεξεργασία
- Θερμική επεξεργασία
- Εδαφική διάθεση

Ακολουθεί εκτενής κοστολόγηση των παραπάνω μεθόδων με γνώμονα τη μακροχρόνια ευρωπαϊκή εμπειρία.

Παρουσιάζονται με τεχνικές, ποσοτικές και ποιοτικές λεπτομέρειες οι τρεις εναλλακτικές λύσεις που θα αξιολογηθούν.

Σενάριο 1: Διαλογή στην πηγή – Κέντρο Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών - ΧΥΤΑ

Σενάριο 2: Μηχανική διαλογή – Κομποστοποίηση - ΧΥΤΑ

Σενάριο 3: Διαλογή στην πηγή – Κέντρο Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών - Καύση - ΧΥΤΑ

Για καθένα από τα τρία σενάρια πραγματοποιείται αναλυτική οικονομική αποτίμηση και εκτιμάται το κόστος επένδυσης, το λειτουργικό κόστος και τα πιθανά έσοδα.

Αναπτύσσεται η προτεινόμενη μεθοδολογία, αφού προηγουμένως παρουσιαστεί το θεωρητικό υπόβαθρο της πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων και της προσομοίωσης.

Μετά την επιλογή αντιπροσωπευτικών κριτηρίων και υποκριτηρίων, τη βαθμονόμηση και τη βαθμολόγησή τους, πραγματοποιείται εφαρμογή της προτεινόμενης μεθοδολογίας στην περιοχή μελέτης.

Με βάση τα αποτελέσματα, εξάγονται συμπεράσματα ειδικά για τη μεθοδολογία αλλά και γενικά για τη διαχείριση των απορριμμάτων και πραγματοποιούνται προτάσεις.

ABSTRACT

The main purpose of the project is the development of a liable and useful methodology for the selection of the optimal scenario for the management of Municipal Solid Waste (MSW). The structure and implementation of the methodology is based on the principals of multicriterial decision making analysis as well as simulation. The examination is extended through the study of a realistic problem: the selection of the appropriate method for the management of MSW in the prefectures of Rethymno, Iraklio and Lasithi.

First of all, the issue of legislation related to MSW is analyzed. Not only the EU directives but also the Greek laws are presented. Emphasis is given on the general and long term directions that legislation raises.

Furthermore, all methods of treatment and management of MSW are described., giving special attention on their advantages and disadvantages. More specifically the technologies of interest are:

- Source separation
- Recycling
- Biological treatment
- Thermal treatment
- Landfilling

According to the long European experience, a cost analysis of the above methods is presented.

The selected three alternative solutions are thoroughly described, using technical, quantity and quality details.

Scenario 1: Source separation – Recyclable Materials Separation Unit – Landfill

Scenario 2: Mechanical separation – Composting - Landfill

Scenario 3: Source separation – Recyclable Materials Separation Unit – Combustion – Landfill

For each scenario, all the related costs (investment cost, operational cost) as well as the possible revenues are estimated.

The suggested methodology is developed after a presentation of the theoretical basis of multicriterial decision making analysis and simulation. Representative criteria as

well as sub-criteria are selected, given importance coefficients and grades and the methodology is implemented.

Using the results, conclusions are extracted - specifically for the methodology and generally for the MSW management issue – and initiatives are suggested.

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ 2-1: Οφέλη από την αντικατάσταση των πρώτων υλών από δευτερογενείς	22
ΠΙΝΑΚΑΣ 2-2: Σχέση ‘όγκου: βάρος’ των επιμέρους υλικών στο ΧΥΤΑ	22
ΠΙΝΑΚΑΣ 2-3: Τυπικές τιμές παραμέτρων κατά την αερόβια επεξεργασία των απορριμμάτων	35
ΠΙΝΑΚΑΣ 2-4: Τυπικές τιμές παραμέτρων κατά την αναερόβια χώνευση των απορριμμάτων	36
ΠΙΝΑΚΑΣ 2-5: Αριθμός μονάδων θερμικής επεξεργασίας και ΧΥΤΑ στα Κράτη – Μέλη της Ε.Ε.	40
ΠΙΝΑΚΑΣ 2-6: Ενεργειακό περιεχόμενο υλικών	43
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-1: Κόστος συλλογής υπολειμματικών στερεών αποβλήτων στα Κράτη – Μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης	63
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-2: Κόστος συλλογής ανακυκλώσιμων υλικών στα κράτη – μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης	67
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-3: Κόστος συλλογής βιοαποικοδομήσιμων υλικών στα Κράτη – Μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης	70
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-4: Κόστος διαχωρισμού ανακυκλώσιμων υλικών στα Κράτη – Μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης	73
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-5: Κόστος βιολογικής επεξεργασίας στερεών αποβλήτων στα κράτη – μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης	77
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-6: Κόστος καύσης στερεών αποβλήτων στα Κράτη – Μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης	79
ΠΙΝΑΚΑΣ 4-1: Ποσοτική ανάλυση των αστικών στερεών απορριμμάτων στο ν. Ρεθύμνου	82
ΠΙΝΑΚΑΣ 4-2: Ποσοτική ανάλυση των αστικών στερεών απορριμμάτων στο ν. Ηρακλείου	83
ΠΙΝΑΚΑΣ 4-3: Ποσοτική ανάλυση των αστικών στερεών απορριμμάτων στο ν. Λασιθίου	84
ΠΙΝΑΚΑΣ 4-4: Συνολικά αποτελέσματα ποσοτικής ανάλυσης των αστικών στερεών απορριμμάτων στους νομούς Ρεθύμνου, Ηρακλείου και Λασιθίου	84

ΠΙΝΑΚΑΣ 4-5: Ποιοτική ανάλυση των αστικών στερεών απορριμμάτων στους νομούς Ρεθύμνου, Ηρακλείου και Λασιθίου – 1η φάση δειγματοληψίας	85
ΠΙΝΑΚΑΣ 4-6: Ποιοτική ανάλυση των αστικών στερεών απορριμμάτων σε επίπεδο νομού και σε επίπεδο περιφέρειας – 1η φάση δειγματοληψίας	86
ΠΙΝΑΚΑΣ 4-7: Ποιοτική ανάλυση των αστικών στερεών απορριμμάτων στους νομούς Ρεθύμνου, Ηρακλείου και Λασιθίου – 2η φάση δειγματοληψίας	87
ΠΙΝΑΚΑΣ 4-8: Ποιοτική ανάλυση των αστικών στερεών απορριμμάτων σε επίπεδο νομού και σε επίπεδο περιφέρειας – 2η φάση δειγματοληψίας	88
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-1: Ποσοστά υλικών στον μπλε κάδο και στο ανακυκλώσιμο κλάσμα των απορριμμάτων	93
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-2: Συντελεστές ανάκτησης ανά υλικό από το ΚΔΑΥ στην Ελλάδα	94
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-3: Συντελεστές ανάκτησης ανά υλικό από το μηχανικό διαχωρισμό	101
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-4: Τιμές πώλησης των ανακυκλώσιμων υλικών	108
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-5: Τεχνικά χαρακτηριστικά σεναρίου 1	109
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-6: Κόστος επένδυσης, λειτουργικό κόστος και έσοδα ΚΔΑΥ	111
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-7: Κόστος επένδυσης και λειτουργικό κόστος ΧΥΤΑ	112
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-8: Κόστος ανά τόνο απορριμμάτων για το σενάριο 1	112
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-9: Τεχνικά χαρακτηριστικά σεναρίου 2	112
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-10: Κόστος επένδυσης, λειτουργικό κόστος και έσοδα μηχανικού διαχωρισμού	114
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-11: Κόστος επένδυσης, λειτουργικό κόστος και έσοδα μονάδας κομποστοποίησης	115
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-12: Κόστος επένδυσης και λειτουργικό κόστος ΧΥΤΑ	116
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-13: Κόστος ανά τόνο απορριμμάτων για το σενάριο 2	117
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-14: Τεχνικά χαρακτηριστικά σεναρίου 3	117
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-15: Κόστος επένδυσης, λειτουργικό κόστος και έσοδα ΚΔΑΥ	119
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-16: Κόστος επένδυσης, λειτουργικό κόστος και έσοδα μονάδας Καύσης	120
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-17: Κόστος επένδυσης και λειτουργικό κόστος ΧΥΤΑ	122
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-18: Κόστος ανά τόνο απορριμμάτων για το σενάριο 3	122
ΠΙΝΑΚΑΣ 7-1: 1 ^η βαθμονόμηση των κριτηρίων	152

ΠΙΝΑΚΑΣ 7-2: 2 ^η βαθμονόμηση των κριτηρίων	152
ΠΙΝΑΚΑΣ 7-3: 3 ^η βαθμονόμηση των κριτηρίων	152
ΠΙΝΑΚΑΣ 7-4: Βαθμονόμηση του κριτηρίου ‘οικονομικό κόστος’	153
ΠΙΝΑΚΑΣ 7-5: Βαθμονόμηση του κριτηρίου ‘περιβάλλον’	154
ΠΙΝΑΚΑΣ 7-6: Βαθμονόμηση του κριτηρίου ‘αξιοποίηση πόρων’	154
ΠΙΝΑΚΑΣ 7-7: Βαθμονόμηση του κριτηρίου ‘εφαρμογή πολιτικών’	155
ΠΙΝΑΚΑΣ 7-8: Βαθμονόμηση του κριτηρίου ‘τεχνολογία’	155
ΠΙΝΑΚΑΣ 7-9: Έσοδα από την ανάκτηση υλικών στο σενάριο 1	160
ΠΙΝΑΚΑΣ 7-10: Έσοδα από την ανάκτηση υλικών στο σενάριο 2	160
ΠΙΝΑΚΑΣ 7-11: Έσοδα από την ανάκτηση υλικών στο σενάριο 3	161
ΠΙΝΑΚΑΣ 7-12: Έσοδα από την ανάκτηση ενέργειας στο σενάριο 3	161
ΠΙΝΑΚΑΣ 7-13: Περιβαλλοντικές επιδόσεις υγειονομικής ταφής και καύσης αναφορικά με την αέρια ρύπανση	164
ΠΙΝΑΚΑΣ 7-14: Οι δυνατότητες ανάκτησης υλικών στα σενάρια 1 και 3	168
ΠΙΝΑΚΑΣ 7-15: Οι δυνατότητες ανάκτησης υλικών στο σενάριο 2	168
ΠΙΝΑΚΑΣ 7-16: Οι απαιτήσεις σε εργατικό προσωπικό των τριών σεναρίων	173
ΠΙΝΑΚΑΣ 7-17: Οι συντελεστές βαρύτητας των υποκριτηρίων στην 1 ^η βαθμονόμηση	177
ΠΙΝΑΚΑΣ 7-18: Τα αποτελέσματα της πολυκριτήριας ανάλυσης στην 1 ^η βαθμονόμηση	178
ΠΙΝΑΚΑΣ 7-19: Πιθανότητες εμφάνισης των δυνατών διατάξεων στην 1 ^η βαθμονόμηση	180
ΠΙΝΑΚΑΣ 7-20: Οι συντελεστές βαρύτητας των υποκριτηρίων στη 2 ^η Βαθμονόμηση	181
ΠΙΝΑΚΑΣ 7-21: Τα αποτελέσματα της πολυκριτήριας ανάλυσης στη 2 ^η βαθμονόμηση	182
ΠΙΝΑΚΑΣ 7-22: Πιθανότητες εμφάνισης των δυνατών διατάξεων στη 2 ^η βαθμονόμηση	184
ΠΙΝΑΚΑΣ 7-23: Οι συντελεστές βαρύτητας των υποκριτηρίων στην 3 ^η βαθμονόμηση	185

ΠΙΝΑΚΑΣ 7-24: Τα αποτελέσματα της πολυκριτήριας ανάλυσης στην 3^η
βαθμονόμηση 186

ΠΙΝΑΚΑΣ 7-25: Πιθανότητες εμφάνισης των δυνατών διατάξεων στη 2^η
βαθμονόμηση 188

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

ΣΧΗΜΑ 2-1: Δυνατότητες διαχείρισης – επαναχρησιμοποίησης του χαρτιού	24
ΣΧΗΜΑ 2-2: Δυνατότητες διαχείρισης – επαναχρησιμοποίησης του γυαλιού	26
ΣΧΗΜΑ 2-3: Δυνατότητες διαχείρισης – επαναχρησιμοποίησης των μη σιδηρούχων μετάλλων	28
ΣΧΗΜΑ 2-4: Δυνατότητες διαχείρισης – επαναχρησιμοποίησης του πλαστικού	30
ΣΧΗΜΑ 2-5: Τυπική διάταξη κομποστοποίησης με χρήση βιοαντιδραστήρα (μέθοδος Kompogas)	36
ΣΧΗΜΑ 2-6: Ανάκτηση ενέργειας από μονάδες θερμικής επεξεργασίας	39
ΣΧΗΜΑ 2-7: Τυπική μονάδα καύσης	44
ΣΧΗΜΑ 2-8: Τυπική διάταξη καύσης με περιστρεφόμενο κλίβανο	47
ΣΧΗΜΑ 2-9: Τυπική διάταξη καύσης με ρευστοποιημένη κλίνη	48
ΣΧΗΜΑ 2-10: Σχηματική απεικόνιση ΧΥΤΑ μετά την αποκατάστασή του	55
ΣΧΗΜΑ 2-11: Διατομές ενός τυπικού συστήματος συλλογής στραγγισμάτων	59
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3-1: Κόστος συλλογής αστικών στερεών απορριμμάτων στην Ιταλία	61
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4-1: Ποιοτική ανάλυση των αστικών στερεών απορριμμάτων στους νομούς Ρεθύμνου, Ηρακλείου και Λασιθίου – 1η φάση δειγματοληψίας	85
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4-2: Ποιοτική ανάλυση των αστικών στερεών απορριμμάτων σε επίπεδο νομού και σε επίπεδο περιφέρειας – 1η φάση δειγματοληψίας	86
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4-3: Ποιοτική ανάλυση των αστικών στερεών απορριμμάτων στους νομούς Ρεθύμνου, Ηρακλείου και Λασιθίου – 2η φάση δειγματοληψίας	87
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4-4: Ποιοτική ανάλυση των αστικών στερεών απορριμμάτων σε επίπεδο νομού και σε επίπεδο περιφέρειας – 2η φάση δειγματοληψίας	88
ΣΧΗΜΑ 4-5: Η περιοχή μελέτης	90
ΣΧΗΜΑ 5-1: Διάγραμμα ροής του σεναρίου 1 με βάση τα ποσοστά επί της συνολικής ποσότητας απορριμμάτων	97
ΣΧΗΜΑ 5-2: Διάγραμμα ροής του σεναρίου 1 με βάση τις ποσότητες	97
ΣΧΗΜΑ 5-3: Εγκατάσταση μηχανικής διαλογής, μονάδα κομποστοποίησης και ΧΥΤΑ, όπως προτείνονται από το σενάριο	100

ΣΧΗΜΑ 5-4: Διάγραμμα ροής του σεναρίου 2 με βάση τα ποσοστά επί της συνολικής ποσότητας απορριμμάτων	102
ΣΧΗΜΑ 5-5: Διάγραμμα ροής του σεναρίου 2 με βάση τις ποσότητες	103
ΣΧΗΜΑ 5-6: Διάγραμμα ροής του σεναρίου 1 με βάση τα ποσοστά επί της συνολικής ποσότητας απορριμμάτων	105
ΣΧΗΜΑ 5-7: Διάγραμμα ροής του σεναρίου 1 με βάση τις ποσότητες	105
ΣΧΗΜΑ 6-1: Το μμεθοδολογικό πλαίσιο της πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων	124
ΣΧΗΜΑ 6-2: Οι βασικές μεθοδολογικές προσεγγίσεις της πολυκριτήριας ανάλυσης	127
ΣΧΗΜΑ 6-3: Η εφαρμογή της πολυκριτήριας ανάλυσης στην περίπτωση επιλογής μεθόδου διαχείρισης και επεξεργασίας στερεών αποβλήτων	135
ΣΧΗΜΑ 6-4: Η προτεινόμενη μεθοδολογία	141
ΣΧΗΜΑ 7-1: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από υγειονομική ταφή και από καύση απορριμμάτων	169
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7-2: Σχηματική αναπαράσταση των βαθμολογιών κάθε σεναρίου στις πέντε κατηγορίες κριτηρίων στην 1 ^η βαθμονόμηση	179
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7-3: Πιθανότητα εμφάνισης των διατάξεων στην 1 ^η βαθμονόμηση	180
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7-4: Σχηματική αναπαράσταση των βαθμολογιών κάθε σεναρίου στις πέντε κατηγορίες κριτηρίων στη 2 ^η βαθμονόμηση	183
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7-5: Πιθανότητα εμφάνισης των διατάξεων στη 2 ^η βαθμονόμηση	184
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7-6: Σχηματική αναπαράσταση των βαθμολογιών κάθε σεναρίου στις πέντε κατηγορίες κριτηρίων στην 3 ^η βαθμονόμηση	187
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7-7: Πιθανότητα εμφάνισης των διατάξεων στην 3 ^η βαθμονόμηση	188

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Το πρόβλημα των αστικών στερεών αποβλήτων

Η σύγχρονη αντίληψη για τη βιώσιμη ανάπτυξη έχει επιβάλει την υιοθέτηση κάποιων γενικών αρχών πάνω στις οποίες στηρίζονται οι επί μέρους περιβαλλοντικές πολιτικές που με τη σειρά τους εντάσσονται (ενσωματώνονται) στις ευρύτερες αναπτυξιακές πολιτικές. Για παράδειγμα στην ενεργειακή πολιτική θεμελιώδης αρχή είναι η εξοικονόμηση παράλληλα με τη χρήση ήπιων μορφών ενέργειας. Στην πολιτική μεταφορών, ο βασικός κανόνας είναι η αποφυγή άσκοπων μετακινήσεων και μάλιστα με ρυπογόνα οχήματα. Στο πεδίο των αποβλήτων, και ειδικότερα των στερεών αποβλήτων, βασική αρχή και κατεύθυνση είναι η αποφυγή και η μείωση παραγωγής απορριμμάτων μέσα από τη χρήση νέων τεχνολογικών μεθόδων καθώς και αλλαγών στις κοινωνικές νοοτροπίες και συμπεριφορές. Αυτό σημαίνει ότι η πολιτική διαχείρισης των απορριμμάτων δεν είναι μόνο αντικείμενο μιας διαδικασίας τεχνικής αλλά και κοινωνικής και πολιτικής. Γενικά η κατεύθυνση της πολιτικής είναι η δημιουργία προϋποθέσεων αποφυγής ή μείωσης του προβλήματος παρά η διαχείριση των συνεπειών που αυτό δημιουργεί.

Σήμερα η διαχείριση των απορριμμάτων είναι παγκοσμίως ένα από τα πιο σημαντικά περιβαλλοντικά προβλήματα, ιδιαίτερα στις αναπτυγμένες οικονομικά κοινωνίες. Ο όρος διαχείριση απορριμμάτων εμπεριέχει τις τεχνικές διαδικασίες και μεθόδους οι οποίες σχετίζονται με τη συλλογή, την προσωρινή αποθήκευση, την ανάκτηση των χρήσιμων υλικών εξ' αυτών και την τελική διάθεσή τους σε κατάλληλα επιλεγμένους χώρους. Από καιρό η διαχείριση των απορριμμάτων έχει αποτελέσει αντικείμενο τεχνικής, οικονομικής και περιβαλλοντικής φροντίδας τόσο σε εθνικό επίπεδο όσο και σε επίπεδο διεθνών οργανισμών (ΟΗΕ, ΟΟΣΑ, Ευρωπαϊκή Ένωση). Οι αλλαγές που συντελέστηκαν τις τελευταίες τρεις δεκαετίες στον ελληνικό χώρο (οι οποίες αφορούσαν, την ανάπτυξη μεγάλων αστικών κέντρων, την αύξηση του βιοτικού επιπέδου, την αλλαγή στις καταναλωτικές συνήθειες, την αύξηση των επικινδύνων βιομηχανικών και τοξικών στερεών αποβλήτων, την εμφάνιση σύνθετων υλικών συσκευασίας δύσκολα αποδομήσιμων, την αύξηση εισροής τουρισμού) συνετέλεσαν στην αύξηση παραγωγής στερεών αποβλήτων και στην αλλαγή της ποιοτικής σύστασης, καθιστώντας επιτακτική ανάγκη τον ολοκληρωμένο σχεδιασμό σύμφωνα με τις νέες αρχές και αντιλήψεις.

Στην Ελλάδα, μόλις πρόσφατα ολοκληρώθηκε το νομοθετικό πλαίσιο και ο σχεδιασμός για την υλοποίηση ενός ολοκληρωμένου και σύγχρονου προγράμματος αντιμετώπισης σε εθνικό επίπεδο που θα δίνει λύσεις στα προβλήματα και θα παρακολουθεί διαχρονικά τις τάσεις και τις εξελίξεις όπως αυτές διαμορφώνονται. Η σημασία των εξελίξεων αυτών γίνεται περισσότερο κατανοητή αν ληφθεί υπ' όψη η υπάρχουσα κατάσταση, όπου τα απορρίμματα συνιστούν ακόμα απειλή για την υγεία και μία από τις κύριες πηγές περιβαλλοντικής υποβάθμισης τόσο στον αστικό όσο και στον αγροτικό χώρο [2].

Ιδιαίτερη έμφαση θα πρέπει να δοθεί τα αμέσως επόμενα χρόνια, στην εφαρμογή (και κυρίως τον έλεγχο εφαρμογής) των πολιτικών που έχουν μέχρι τώρα χαραχθεί, ώστε να υλοποιηθούν και ουσιαστικά οι στόχοι της Ελλάδας όσον αφορά την προστασία του περιβάλλοντος σε ευαίσθητους τομείς όπως τα απορρίμματα, με ότι αυτό συνεπάγεται στην πράξη. Διότι, όπως συμβαίνει σε κάθε πεδίο της περιβαλλοντικής πολιτικής, έτσι και στην περίπτωση των απορριμμάτων η αποτελεσματικότητα του συστήματος διαχείρισης μετράται από τον βαθμό της σωστής εφαρμογής και υλοποίησης των σχεδίων και επίτευξης των προγραμματικών στόχων.

Ήδη η χώρα, όπως φαίνεται και από την ανάλυση που προηγήθηκε, διαθέτει ένα ικανοποιητικό νομοθετικό πλέγμα, που δομήθηκε κυρίως την τελευταία εικοσαετία και το οποίο χρειάζεται κατάλληλη τεχνογνωστική και υλικοτεχνική υποστήριξη για την αποτελεσματική εφαρμογή του. Κύριο ρόλο σ' αυτήν την υπόθεση ασκούν οι φορείς διαχείρισης απορριμμάτων σε τοπικό επίπεδο (σύνδεσμοι και επιχειρήσεις των ΟΤΑ) που καλούνται να συνδυάσουν την οικονομική βιωσιμότητα με τα ποιοτικά αποτελέσματα. Επίσης, χρειάζεται μια συνεργική δράση ανάμεσα στους δύο βαθμούς αυτοδιοίκησης αλλά και συνεργασία τους με την περιφερειακή διοίκηση, ώστε ο σχεδιασμός να έχει συνέπεια και συνέχεια από το επιτελικό-στρατηγικό έως το εκτελεστικό – διαχειριστικό επίπεδο.

Στερεά απόβλητα είναι στερεά υλικά ή υλικά με ελάχιστο υγρό περιεχόμενο τα οποία δεν έχουν κάποια χρησιμότητα και πολλές φορές είναι επικίνδυνα. Περιλαμβάνουν απόβλητα των νοικοκυριών, των βιομηχανικών και εμπορικών εγκαταστάσεων, των γεωργικών και εξορυκτικών δραστηριοτήτων. Επίσης περιλαμβάνουν τα στερεά απόβλητα από τη διαχείριση των υγρών αποβλήτων, την επεξεργασία του πόσιμου νερού και τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας αέριων εκπομπών. Είναι αντικείμενα ή υλικά από τα οποία ο κάτοχός τους απορρίπτει ή προτίθεται ή υποχρεούται να απορρίψει.

Ο χαρακτηρισμός μιας ουσίας ως 'απόβλητο' δεν εξαρτάται μόνο από τις ιδιότητες της αλλά και από:

- Τις ισχύουσες οικονομικές συνθήκες (η αξία των υλικών μεταβάλλεται χωρικά και χρονικά)
- Το κόστος της απόρριψης (μπορεί να αυξηθεί με την επιβολή τελών)
- Την ισχύουσα νομοθεσία (πρόστιμο πλημμελούς ή παράνομης απόρριψης)

1.2 Νομοθετικό πλαίσιο για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων

Ακολουθεί περιγραφή και ανάλυση των σημαντικότερων κοινοτικών οδηγιών, αποφάσεων και κανονισμών που σχετίζονται με την παραγωγή και διαχείριση των αστικών στερεών αποβλήτων, καθώς και των ελληνικών νόμων, υπουργικών αποφάσεων και προεδρικών διαταγμάτων που ενσωματώνουν τις ευρωπαϊκές στρατηγικές στο εθνικό δίκαιο.

1.2.1 Κοινοτικό δίκαιο

Οικιακά απόβλητα

Στην οδηγία 75/442/ΕΟΚ περί των στερεών αποβλήτων καθορίζεται ως βασικός στόχος κάθε ρύθμισης στον τομέα της διάθεσης των αποβλήτων η προστασία της υγείας του ανθρώπου και του περιβάλλοντος από τις επιβλαβείς επιδράσεις που προκαλούνται λόγω της συγκέντρωσης, της μεταφοράς, της επεξεργασίας, της αποθήκευσης και της απόθεσής τους.

Αναφέρεται ότι τα Κράτη - Μέλη οφείλουν να λάβουν τα κατάλληλα μέτρα προκειμένου να περιορίσουν, να ανακυκλώσουν και να επεξεργαστούν τα στερεά απόβλητα με σκοπό την ανάκτηση πρώτων υλών και της ενέργειας.

Στις απαιτήσεις της οδηγίας περιλαμβάνεται και η υποχρέωση των Κρατών - Μελών να υποδεικνύουν τις αρμόδιες αρχές, που για καθορισμένη περιοχή δράσης, είναι επιφορτισμένες να σχεδιάζουν, να οργανώνουν, να επιτρέπουν και να επιβλέπουν τις εργασίες διάθεσης των στερεών αποβλήτων.

Πρέπει να καθορίζονται τα φυσικά και νομικά πρόσωπα διαχείρισης, οι δαπάνες των εργασιών διάθεσης και τα κατάλληλα μέτρα που ενθαρρύνουν την ορθολογική οργάνωση της συλλογής, της διαλογής και της επεξεργασίας των στερεών αποβλήτων.

Ο κάτοχος των στερεών αποβλήτων, πρέπει να τα παραδίδει σε ιδιωτικό ή δημόσιο φορέα ή επιχείρηση διάθεσης ή τέλος να εξασφαλίζει ο ίδιος την ασφαλή διάθεσή τους.

Η διάθεση των στερεών αποβλήτων είναι αρμοδιότητα του κατόχου τους, που τα παραδίδει στο φορέα περισυλλογής, ή τους προηγούμενους κατόχους ή τον παραγωγό του προϊόντος που παράγει τα απόβλητα. Η αρχή αυτή είναι γνωστή ως ‘ο ρυπαίνω πληρώνει’.

Η οδηγία 91/156/ΕΟΚ για την τροποποίηση της Οδηγίας 75/442/ΕΟΚ περί των στερεών αποβλήτων θεσπίστηκε προκειμένου να ληφθεί υπ’ όψη η εμπειρία που αποκτήθηκε από την εφαρμογή της οδηγίας 75/442. Κάτι τέτοιο, απαιτούσε την τροποποίηση ορισμένων κανόνων της τελευταίας, με στόχο ένα υψηλότερο επίπεδο προστασίας του περιβάλλοντος.

Δίνεται το στίγμα της πολιτικής της Κοινότητας, που αποβλέπει στην ανάπτυξη καθαρών τεχνολογιών, την τεχνική τελειοποίηση και διάθεση στην αγορά προϊόντων κατάλληλα σχεδιασμένων ώστε να συμβάλλουν στο ελάχιστο στην αύξηση των αποβλήτων και στην ανάπτυξη κατάλληλων τεχνικών για την τελική διάθεση των επικίνδυνων ουσιών. Για τα μέτρα που λαμβάνει κάθε Κράτος - Μέλος, θα πρέπει να ενημερώνει σχετικά την Επιτροπή.

Πρωτεύουσα σημασία έχει το νερό, ο αέρας, το έδαφος, η χλωρίδα και η πανίδα, καθώς επίσης και η αποφυγή οχλήσεων από θόρυβο και οσμές.

Εποπτεία στην υλοποίηση των αρχών της παρούσας οδηγίας, ασκεί η αρμόδια αρχή που έχει οριστεί από το ίδιο το Κράτος - Μέλος.

Οι επιχειρήσεις πρέπει να διατηρούν μητρώα για τις ποσότητες, τη φύση, την καταγωγή, τον προορισμό, τη συχνότητα συλλογής, το μέσο μεταφοράς και τον τρόπο επεξεργασίας των αποβλήτων τα οποία και θα κοινοποιούν στις αρμόδιες αρχές όταν αυτό τους ζητηθεί. Τη δαπάνη για όλες τις παραπάνω διαδικασίες την επωμίζεται, κατά την πολιτική ‘ο ρυπαίνων πληρώνει’, ο κάτοχος που παραδίδει τα απόβλητα σε φορέα συλλογής ή ο παραγωγός του προϊόντος που τα παράγει.

Με την απόφαση 94/3/ΕΚ της Επιτροπής για τη θέσπιση καταλόγου αποβλήτων σύμφωνα με το άρθρο 1α της οδηγίας 75/442/ΕΟΚ του Συμβουλίου περί των στερεών αποβλήτων θεσπίζεται ο Ευρωπαϊκός Κατάλογος Αποβλήτων (ΕΚΑ). Ο ΕΚΑ είναι ένας εναρμονισμένος, μη εξαντλητικός κατάλογος αποβλήτων, δηλαδή, κατάλογος ο οποίος πρόκειται κατά τακτά διαστήματα να αναθεωρείται και, εφόσον είναι απαραίτητο, να ανασκευάζεται. Αποτελεί ονοματολογία αναφοράς, παρέχοντας κοινή για όλη την

Κοινότητα ορολογία, με σκοπό την αποτελεσματικότερη διαχείριση των αποβλήτων. Με τις αποφάσεις 2000/532/EK και 2001/118/EK ο ΕΚΑ αναδιαμορφώνεται.

Στόχος της οδηγίας 1999/31/EK περί υγειονομικής ταφής των αποβλήτων είναι, μέσω αυστηρών λειτουργικών και τεχνικών απαιτήσεων για τα απόβλητα και τους χώρους υγειονομικής ταφής, ο καθορισμός μέτρων, διαδικασιών και κατευθύνσεων για την κατά το δυνατόν αποτελεσματικότερη πρόληψη ή τη μεγαλύτερη μείωση των αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων, ‘ειδικότερα δε της ρύπανσης των επιφανειακών και των υπογείων υδάτων, του εδάφους και της ατμόσφαιρας και των επιπτώσεων σε όλο το περιβάλλον, συμπεριλαμβανομένου του φαινομένου του θερμοκηπίου, καθώς και οποιουδήποτε κινδύνου προκύπτει για την υγεία του ανθρώπου από την υγειονομική ταφή των αποβλήτων καθ' όλο τον κύκλο ζωής του χώρου υγειονομικής ταφής’. Η οδηγία θέτει αυστηρούς όρους για την προστασία του περιβάλλοντος που αφορούν τόσο τη φάση κατασκευής και λειτουργίας του έργου (εφαρμογή προγράμματος ελέγχου και παρακολούθησης, ποιοτικός έλεγχος), όσο και τη φάση μετά την πλήρωση του χώρου (εφαρμογή προγράμματος monitoring και αποκατάστασης).

Με την οδηγία 89/369/ΕΟΚ σχετικά με την πρόληψη της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που προκαλείται από τις νέες εγκαταστάσεις καύσης αστικών απορριμμάτων καθορίζονται οι οριακές τιμές εκπομπών των νέων εγκαταστάσεων καύσης αστικών απορριμμάτων καθώς και οι προϋποθέσεις υπό τις οποίες οι εγκαταστάσεις αυτές είναι δυνατόν να λειτουργούν.

Σκοπός της οδηγίας 2000/76/EK για την καύση των αποβλήτων είναι η πρόληψη ή η μείωση των αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την καύση των αποβλήτων. Η ρύπανση μπορεί να προέλθει από εκπομπές στον αέρα, το χώμα, υπέργεια και υπόγεια νερά και είναι δυνατό να προκαλέσει σημαντικά προβλήματα για την δημόσια υγεία. Καθορίζονται όρια για τις αέριες εκπομπές και για την απόρριψη υγρών αποβλήτων και επιβάλλει στον διαχειριστή να λάβει όλα τα απαραίτητα μέτρα ώστε να μην υπερβεί αυτά τα όρια. Για το λόγο αυτό επιβάλλεται ο συνεχής έλεγχος και παρακολούθηση της λειτουργίας των μονάδων καύσης αποβλήτων

Υλικά συσκευασίας

Σκοπός της οδηγίας 94/62/EK για τις συσκευασίες και τα απορρίμματα συσκευασίας είναι η εναρμόνιση των εθνικών μέτρων που αφορούν τη διαχείριση των συσκευασιών και των απορριμμάτων συσκευασίας προκειμένου αφ' ενός να προληφθούν και να μειωθούν οι επιπτώσεις στο περιβάλλον και αφ' ετέρου να διασφαλιστεί η λειτουργία της εσωτερικής αγοράς και να αποφευχθούν εμπόδια στο εμπόριο καθώς και στρεβλώσεις και περιορισμοί του ανταγωνισμού εντός της Κοινότητας.

Προωθείται η επαναχρησιμοποίηση των συσκευασιών, η ανακύκλωση και η ανάκτηση των απορριμμάτων συσκευασίας με στόχο τη μείωση της τελικής διάθεσης των απορριμμάτων συσκευασίας.

Τίθενται οι εξής στόχοι:

- Όχι αργότερα από πέντε έτη από την ημερομηνία ισχύος της παρούσας οδηγίας στο εθνικό δίκαιο πρέπει να ανακτάται το 50 - 65% των απορριμμάτων συσκευασίας.
- Στο πλαίσιο του γενικού αυτού στόχου και εντός της ίδιας προθεσμίας πρέπει να ανακυκλώνεται το 25 - 45% (και οπωσδήποτε το 15%) κατά βάρος κάθε υλικού συσκευασίας.

Παράλληλα αναφέρεται ότι τα Κράτη - Μέλη οφείλουν να ενθαρρύνουν όπου χρειάζεται τη χρήση υλικών που προέρχονται από ανακυκλωμένα απορρίμματα συσκευασίας για την παραγωγή συσκευασιών και άλλων προϊόντων.

Τα Κράτη - Μέλη οφείλουν να λαμβάνουν τα αναγκαία μέτρα προκειμένου και να καθιερώνουν συστήματα προκειμένου να επιτυγχάνονται:

- Η επιστροφή ή/και η συλλογή χρησιμοποιημένων συσκευασιών ή/και απορριμμάτων συσκευασίας από τον καταναλωτή ή άλλο τελικό χρήστη προκειμένου να διοχετεύονται προς τις πλέον ενδεδειγμένες λύσεις διαχείρισης απορριμμάτων.
- Η επαναχρησιμοποίηση ή η ανάκτηση, συμπεριλαμβανομένης της ανακύκλωσης των συλλεγομένων συσκευασιών ή/και απορριμμάτων συσκευασίας.

Τα συστήματα αυτά θα πρέπει να επιτρέπουν τη συμμετοχή των οικονομικών παραγόντων των συγκεκριμένων τομέων καθώς και των αρμοδίων δημόσιων αρχών.

Αναφορικά με τη σήμανση και το σύστημα αναγνώρισης, το Συμβούλιο οφείλει να αποφασίσει εντός δύο ετών από την έναρξη ισχύος της παρούσας οδηγίας για την σήμανση των συσκευασιών.

Σχετικά με την τυποποίηση, η παρούσα οδηγία αναφέρει ότι η Επιτροπή προωθεί, όπου χρειάζεται, την κατάρτιση ευρωπαϊκών προτύπων που αφορούν:

- Κριτήρια και μεθοδολογίες για την ανάλυση του κύκλου ζωής των συσκευασιών
- Μεθόδους για τη μέτρηση και την εξακρίβωση της παρουσίας βαρέων μετάλλων και άλλων επικίνδυνων ουσιών στις συσκευασίες και της έκλυσής τους στο περιβάλλον
- Κριτήρια για ένα ελάχιστο όριο ανακυκλωμένων υλικών εμπεριεχομένων στις συσκευασίες,
- Κριτήρια για μεθόδους ανακύκλωσης
- Κριτήρια για μεθόδους λιπασματοποίησης και για τα παραγόμενα λιπάσματα
- Κριτήρια για τη σήμανση συσκευασιών

Σχετικά με τα επίπεδα συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων στις συσκευασίες, τα Κράτη - Μέλη εξασφαλίζουν ότι το άθροισμα των επιπέδων συγκέντρωσης μολύβδου, καδμίου, υδραργύρου και εξασθενούς χρωμίου στις συσκευασίες ή στα στοιχεία των συσκευασιών, δεν πρέπει να υπερβαίνει συγκεκριμένες τιμές. Τέλος, προωθείται η χρήση συστημάτων πληροφορικής για τη δημιουργία βάσεων δεδομένων για τις συσκευασίες και τα απορρίμματα, ώστε τα Κράτη - Μέλη και η Επιτροπή να είναι σε θέση να παρακολουθούν την εφαρμογή των στόχων που καθορίζονται από την οδηγία.

Με την οδηγία 2004/12/EK για τα απορρίμματα συσκευασίας αναθεωρείται η οδηγία 94/62/EK και τίθεται ως βασικός γνώμονας της κοινοτικής πολιτικής για την ανακύκλωση ο κύκλος ζωής των επιμέρους υλικών καθώς και ο συσχετισμός κόστους και οφέλους των διαφόρων υλικών συσκευασίας. Θεσπίζονται διαχειριστικά συστήματα για την επιστροφή, συλλογή και ανάκτηση των υλικών, ώστε να μειωθούν οι περιβαλλοντικές τους επιπτώσεις.

- Ενθαρρύνεται η πρακτική της πρόληψης παραγωγής απορριμμάτων
- Τίθενται οι εξής στόχοι ως το τέλος του 2008:
 - Ανάκτηση ενέργειας 60% τουλάχιστον κατά βάρος σε εγκαταστάσεις αποτέφρωσης απορριμμάτων

- Ανακύκλωση 60% κατά βάρος τουλάχιστον για το γυαλί και το χαρτί, 50% για το μέταλλο, 22,5% για τα πλαστικά, 15% για το ξύλο (ειδικά για την Ελλάδα και την Πορτογαλία δίνεται μια επιπλέον παράταση λόγω των ιδιαιτεροτήτων τους).
- Επιβάλλεται η βελτίωση των συνθηκών αγοράς για τα υλικά συσκευασίας και επανεξετάζονται οι κανονισμοί που εμπόδιζαν τη χρησιμοποίησή τους
- Ζητείται η σύνταξη έκθεσης ως το τέλος του 2005 με την οποία:
 - Θα αξιολογείται η αποτελεσματικότητα τήρησης των απαιτήσεων
 - Θα θεσπίζονται επιπλέον προληπτικά μέτρα
 - Θα προωθείται η επαναχρησιμοποίηση
 - Θα καθορίζεται η ευθύνη του παραγωγού

1.2.2 Εθνικό δίκαιο

Η πρώτη νομοθετική ρύθμιση για τη διαχείριση των απορριμμάτων στην Ελλάδα γίνεται με την Υγειονομική Διάταξη Ε1Β/301/1964 ‘περί συλλογής, αποκομιδής και διάθεσης απορριμμάτων’, που εξακολουθεί να ισχύει και σήμερα. Η διάταξη αυτή:

1. Περιγράφει τις τεχνικές προδιαγραφές διαχείρισης των απορριμμάτων και περιέχει τις βασικές τεχνικές οδηγίες για την υγειονομική ταφή στην Ελλάδα
2. Παρέχει λεπτομερειακή περιγραφή όλων των μεθόδων διάθεσης που είναι δυνατόν να εφαρμοσθούν
3. Δίνει αρκετά λεπτομερείς προδιαγραφές για κάθε μέθοδο και περιγράφει όλα τα στάδια της διαχείρισης των απορριμμάτων
4. Θέτει τις προϋποθέσεις που ένας χώρος πρέπει να εκπληρώνει, ώστε να χρησιμοποιηθεί ως ΧΥΤΑ

Το πρόβλημα με τη συγκεκριμένη ρύθμιση είναι ότι έδινε τη δυνατότητα της εξαίρεσης από τον κανόνα (της υγειονομικής ταφής) με απλή απόφαση νομάρχη, μέτρο το οποίο χρησιμοποιήθηκε υπερβολικά με αποτέλεσμα να υπάρξει ουσιαστική καταστρατήγηση της διάταξης.

Με το Ν. 1650/1986 ‘για την προστασία του περιβάλλοντος’, τίθεται το γενικό νομοθετικό πλαίσιο, τα κριτήρια και οι στόχοι, περιγράφονται τα μέσα και

προδιαγράφονται οι μηχανισμοί για την προστασία του περιβάλλοντος στη χώρα. Πρόβλημα αποτελεί το γεγονός ότι παρόλο που έχουν περάσει σχεδόν 20 χρόνια από τη δημοσίευση του Νόμου αυτού, δεν έχει ακόμη εκδοθεί το σύνολο των Προεδρικών Διαταγμάτων που απαιτούνται για την πλήρη εφαρμογή του. Σύμφωνα με το Ν. 1650/86, η διαχείριση των στερεών αποβλήτων πρέπει να γίνεται με τρόπο που να μη θίγει το περιβάλλον ή την δημόσια υγεία και να μην προκαλεί υποβάθμιση του φυσικού περιβάλλοντος. Επίσης, οφείλουν να εξοικονομούνται πρώτες ύλες και να γίνεται η μεγαλύτερη δυνατή επαναχρησιμοποίησή τους.

Η διαχείριση των στερεών αποβλήτων σε εθνικό ή περιφερειακό επίπεδο γίνεται βάσει σχεδιασμού που αποσκοπεί στον καθορισμό των μεθόδων διαχείρισης καθώς και στη χωροθέτηση των εγκαταστάσεων διάθεσης. Οι υπόχρεοι για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων, συντάσσουν σχέδιο για τον τρόπο λήψης κατάλληλων μέτρων με στόχο τον περιορισμό των στερεών αποβλήτων, την εφαρμογή μεθόδων ανακύκλωσης και την ανάκτηση χρήσιμων υλικών και ενέργειας.

Η ΚΥΑ 49541/1424/86 ‘Στερεά απόβλητα σε συμμόρφωση με την Οδηγία 75/442/ΕΟΚ’ είναι η πρώτη προσπάθεια προσαρμογής της ελληνικής νομοθεσίας στις κοινοτικές νομοθετικές ρυθμίσεις για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων. Με την ΚΥΑ αυτή, διατυπώνονται οι βασικές αρχές που πρέπει να διέπουν τη διαχείριση των απορριμμάτων, ώστε να μην τίθεται σε κίνδυνο, άμεσα ή έμμεσα η Δημόσια Υγεία και να μην δημιουργούνται βλάβες στο περιβάλλον, ενώ περιγράφεται για πρώτη φορά η αναγκαιότητα σύνταξης Σχεδίων Διαχείρισης, καθώς και οι διαδικασίες που πρέπει να τηρούνται. Με την ΚΥΑ αυτή:

1. Δίνεται ο ορισμός των βασικών εννοιών και ορίζονται οι φορείς διαχείρισης των απορριμμάτων
2. Καθορίζονται οι φάσεις του σχεδιασμού διαχείρισης
3. Ρυθμίζεται το θέμα των αδειών για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων, που χορηγούνται σε φυσικά ή νομικά πρόσωπα, πέρα των ΟΤΑ, ενώ προβλέπεται και η άσκηση ελέγχου στις εγκαταστάσεις, βιομηχανίες και επιχειρήσεις που διαχειρίζονται στερεά απόβλητα
4. Καθορίζονται οι υπόχρεοι καταβολής δαπάνης διαχείρισης και αναφέρονται οι κατά περίπτωση κυρώσεις για τη μη συμμόρφωση των υπόχρεων προς τις οδηγίες των αρμόδιων υπηρεσιών, που μπορεί να είναι ποινικές, διοικητικές ή και χρηματικά πρόστιμα

Για την προσαρμογή της Ελληνικής Νομοθεσίας με τις κατευθύνσεις της οδηγίας 91/156/ΕΟΚ, εκδόθηκε η ΚΥΑ 69728/824/1996, όπου ορίζονται αναλυτικά όλες οι έννοιες που σχετίζονται με τα στερεά απόβλητα και τις διαδικασίες για τη διαχείριση και την επεξεργασία τους, όπως: στερεό απόβλητο, παραγωγός, κάτοχος, διαχείριση, διάθεση, επεξεργασία, αξιοποίηση, συλλογή, μεταφορά, μεταφόρτωση, προσωρινή αποθήκευση, δημοτικά απόβλητα, οικιακά απόβλητα, εγκεκριμένος χώρος ή εγκατάσταση διάθεσης ή επαναξιοποίησης στερεών αποβλήτων, υπόχρεος φορέας διαχείρισης στερεών αποβλήτων, εξυγίανση και αποκατάσταση μίας εγκατάστασης ή ενός χώρου του οποίου η λειτουργία έχει παύσει οριστικά. Επισημαίνεται η επιτακτική ανάγκη για διαχείριση των στερεών αποβλήτων με τέτοιο τρόπο, ώστε να αποφεύγεται οποιοσδήποτε κίνδυνος για την ανθρώπινη υγεία και για το περιβάλλον, και ειδικότερα για τον αέρα, το νερό, το έδαφος, τη χλωρίδα και την πανίδα, ενώ ταυτόχρονα επιβάλλεται η λήψη μέτρων ώστε να μην προκαλούνται οχλήσεις από το θόρυβο και τις οσμές και να μην αλλοιώνεται το φυσικό τοπίο. Διευκρινίζονται οι αρμοδιότητες Δήμων και Κοινοτήτων ενώ δίνονται και οι γενικές κατευθύνσεις της πολιτικής διαχείρισης που αφορούν την κατάρτιση γενικού πλαισίου και την υιοθέτηση επιμέρους διαχρονικών στόχων καθώς και τη θέσπιση όρων καταλληλότητας και κριτηρίων συγκριτικής αξιολόγησης των χώρων των σχετικών εγκαταστάσεων.

Ιεραρχικά προωθείται:

1. Η πρόληψη ή και η μείωση της παραγωγής και βλαπτικότητας των αποβλήτων
2. Η αξιοποίηση των αποβλήτων με ανακύκλωση ή επαναχρησιμοποίηση για ανάκτηση υλικών ή ενέργειας

Αναλύεται ο σχεδιασμός διαχείρισης των στερεών αποβλήτων ως προς τους στόχους του, τους αρμόδιους φορείς για την υλοποίησή του, τη διαδικασία εκπόνησής του και τα απαιτούμενα μέτρα και τις προϋποθέσεις για την εύρυθμη εφαρμογή του.

Το 1997 με την έκδοση της ΚΥΑ 113944/97 ‘για τον εθνικό σχεδιασμό διαχείρισης των στερεών αποβλήτων’ και της ΚΥΑ 114218/97 ‘για την κατάρτιση πλαισίου προδιαγραφών και γενικών προγραμμάτων’ ολοκληρώνεται και εξειδικεύεται το νομοθετικό πλαίσιο για την διαχείριση απορριμμάτων.

Η ΚΥΑ 114218/17.11.1997 ‘περί πλαισίου προδιαγραφών και γενικών προγραμμάτων διαχείρισης στερεών αποβλήτων’ εμπεριέχει με αναλυτικές αναφορές τις τεχνικές

προδιαγραφές για τις απαιτήσεις, που αφορούν έργα και δράσεις σε ένα πρόγραμμα διαχείρισης αποβλήτων.

Παρακάτω παρουσιάζονται συνοπτικά οι τεχνικές προδιαγραφές, που προωθεί η ΚΥΑ:

- Τεχνικές προδιαγραφές συλλογής, προσωρινής αποθήκευσης, μεταφοράς στερεών αποβλήτων
- Τεχνικές προδιαγραφές μεταφόρτωσης στερεών αποβλήτων
- Όροι και κριτήρια καταλληλότητας και επιλογής θέσεων εγκατάστασης διαχείρισης αποβλήτων
- Τεχνικές προδιαγραφές για τα συστήματα διαλογής στην πηγή
- Τεχνικές προδιαγραφές ΧΥΤΑ
- Τεχνικές προδιαγραφές ΧΥΤΑ αδρανών
- Τεχνικές προδιαγραφές εγκαταστάσεων μηχανικής διαλογής και κομποστοποίησης
- Τεχνικές προδιαγραφές θερμικής επεξεργασίας

Ο Νόμος 2939/2001 διαμορφώνει το θεσμικό πλαίσιο για την εναλλακτική διαχείριση συσκευασιών και άλλων προϊόντων. Με τον νόμο αυτό, ενσωματώνεται η οδηγία 94/62/ΕΟΚ στο Εθνικό Δίκαιο. Διέπεται από τη βασική διαπίστωση ότι η ορθολογική πολιτική για τα απόβλητα στοχεύει πρωταρχικά στην πρόληψη, ώστε οι χρησιμοποιούμενες συσκευασίες ή τα άλλα χρησιμοποιούμενα προϊόντα είτε να επαναχρησιμοποιηθούν είτε να αξιοποιηθούν. Η προληπτική διαχείριση περιλαμβάνει κάθε πράξη διαχείρισης των υλικών καθ' όλο τον κύκλο της ζωής τους, σε όλα τα στάδια της αγοράς και σε κάθε είδος δραστηριότητας. Η αρχή 'ο ρυπαίνων πληρώνει' προσδιορίζεται από το στάδιο εξαγωγής πρωτογενών υλών, την επεξεργασία, μεταποίηση, μεταφορά, χρήση και διαχείριση των αποβλήτων.

Ένα άλλο βασικό στοιχείο του νόμου είναι η συμμετοχή των τελικών χρηστών και καταναλωτών στην αλυσίδα διαχείρισης των αποβλήτων. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό γιατί η ανακύκλωση και η ανάκτηση υλικών συνεπάγεται το διαχωρισμό των αποβλήτων στην πηγή. Αυτό τους καθιστά περισσότερο υπεύθυνους στην ανάγκη και στους τρόπους μείωσης της παραγωγής αποβλήτων, ώστε να επανεισαχθούν τα ανακυκλώσιμα απόβλητα στον κύκλο παραγωγής. Αυτό προϋποθέτει κατάλληλη και ευρεία πληροφόρηση από τους οικονομικούς παράγοντες και τις δημόσιες αρχές.

Η βιομηχανία διαδραματίζει κεντρικό ρόλο στην ανακύκλωση - ανάκτηση υλικών και μαζί με τους άλλους εμπλεκόμενους φορείς πρέπει να αναλάβει τις ευθύνες της στον

τομέα αυτό. Η εμπειρία καταδεικνύει ότι τα οικονομικά μέσα με οποιαδήποτε μορφή, όπως κίνητρα, φορολογικά μέσα, συστήματα εγγυοδοσίας κ.λπ., μπορεί να αποβούν χρήσιμα εργαλεία για να επηρεασθεί η συμπεριφορά οικονομικών φορέων ή καταναλωτών, ώστε τελικά να διασφαλιστεί ότι τα προϊόντα στο τέλος του χρήσιμου χρόνου ζωής τους επιστρέφονται πράγματι και κατευθύνονται στην κατάλληλη εγκατάσταση ανακύκλωσης και εν γένει αξιοποίησης τους.

Ο έλεγχος συμμόρφωσης των διαχειριστών με τις υποχρεώσεις πρόληψης και εναλλακτικής διαχείρισης που θέτει ο νόμος απαιτεί τη σύσταση ενός οργάνου με τη μορφή του Ν.Π.Ι.Δ. στο οποίο ανατίθεται η ευθύνη εισηγήσεων για τη χάραξη της πολιτικής εναλλακτικής διαχείρισης και για την αποδοτική εφαρμογή της.

Με το νόμο αυτό επιχειρείται η μείωση των επιπτώσεων στο περιβάλλον και η διασφάλιση της λειτουργίας της αγοράς με την προσθήκη μέτρων για τη διαχείριση των συσκευασιών και των άλλων προϊόντων και την επαναχρησιμοποίηση των αποβλήτων τους. Υιοθετείται ένα πλαίσιο μέτρων που αποβλέπει στην υλοποίηση της αρχής της πρόληψης, με βασικό άξονα την εκπόνηση προγραμμάτων με στόχο την τήρηση των γενικών κατευθύνσεων του νόμου και τον καθορισμό προτύπων για τη διακίνηση των συσκευασιών στην αγορά. Επίσης καθορίζονται οι προϋποθέσεις για την εναλλακτική διαχείριση των χρησιμοποιημένων συσκευασιών ή των αποβλήτων των συσκευασιών, μέσω της λειτουργίας συστήματος συλλογής, μεταφοράς, μεταφόρτωσης, προσωρινής αποθήκευσης, επαναχρησιμοποίησης και αξιοποίησης τους.

Παράλληλα προβλέπεται η χορήγηση πιστοποιητικού, με το οποίο θα βεβαιώνεται σε τακτά διαστήματα η αποτελεσματικότητα της μεθόδου εναλλακτικής διαχείρισης και η συμβατότητα της με τους στόχους του νόμου. Τίθενται ποσοτικοί στόχοι για την αξιοποίηση και την επαναχρησιμοποίηση των χρησιμοποιημένων συσκευασιών ή των αποβλήτων τους και προσδιορίζεται η ανακύκλωση ως η προτιμότερη οικολογικά μέθοδος εναλλακτικής διαχείρισης σε σχέση με την ανάκτηση ενέργειας. Εξάλλου, προκειμένου να διευκολυνθεί η εναλλακτική διαχείριση των συσκευασιών επιβάλλεται να φέρουν κατάλληλη σήμανση και να προβλέπεται σύστημα αναγνώρισης.

Λόγω της σημασίας του έννομου αγαθού ‘περιβάλλον’ για την κοινωνική ζωή και με βασικό στόχο την υλοποίηση της αρχής της πρόληψης για τη διαχείριση των αποβλήτων προβλέπεται ένα πλέγμα κυρώσεων ποινικών, αστικών και διοικητικών κατά των παραβατών των διατάξεων του, συμβάλλοντας στην υλοποίηση της αρχής της συνυπευθυνότητας [3].

Όσον αφορά την αστική ευθύνη, την υποχρέωση δηλαδή εκείνου που υποβαθμίζει το περιβάλλον σε αποζημίωση, καθιερώνεται η αντικειμενική ευθύνη, η ευθύνη δηλαδή αυτού που αντλεί την ωφέλεια από μια δραστηριότητα να επωμίζεται και τις ζημιές που προκαλούνται από την ίδια πηγή ανεξάρτητα από την ύπαρξη πταίσματος (δόλου ή αμέλειας).

Με την ΚΥΑ (ΦΕΚ 1572/2002) ‘Μέτρα και όροι για την υγειονομική ταφή των αποβλήτων’ τίθενται ως βασικοί στόχοι:

- Η μείωση των βιοαποικοδομήσιμων αστικών αποβλήτων στους ΧΥΤΑ
- Η κατηγοριοποίηση των χώρων ταφής ανάλογα με το είδος των αποβλήτων που καταλήγει σε αυτούς
- Η κατάργηση των αρμοδιοτήτων των φορέων διαχείρισης και λειτουργίας ΧΥΤΑ σε όλα τα επίπεδα
- Η αποσαφήνιση των πλαισίων αδειοδότησης για την υγειονομική ταφή
- Ο καταμερισμός των οικονομικών δαπανών του ΧΥΤΑ, τόσο για την κατασκευή όσο και για τη λειτουργία του
- Η καθιέρωση συγκεκριμένων διαδικασιών ελέγχου και παρακολούθησης κατά την φάση λειτουργίας του ΧΥΤΑ, και ταυτόχρονα η εξασφάλιση της αποτελεσματικής μεταφροντίδας του ΧΥΤΑ, αφότου σταματήσει να δέχεται απόβλητα
- Ο καθορισμός συγκεκριμένων γενικών απαιτήσεων για όλες τις κατηγορίες ΧΥΤΑ, που αφορά τη χωροθέτησή τους και την επαρκή επεξεργασία των στραγγισμάτων και του βιοαερίου με απώτερο στόχο την αποφυγή ρύπανσης

Επιπλέον αναφορές σε θέματα στερεών αποβλήτων γίνονται στις παρακάτω νομοθετικές ρυθμίσεις:

Η ΚΥΑ 69269/90 ‘περί Μελετών Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων’, ορίζει ειδικότερα τις διαδικασίες προέγκρισης χωροθέτησης και έγκρισης μελετών περιβαλλοντικών επιπτώσεων για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων.

Με τη διυπουργική απόφαση 31784/954/90 ‘για τους τύπους συσκευασίας υγρών τροφίμων’ επισπεύδεται η εκπόνηση προγραμμάτων για την ελάττωση του βάρους ή/και του όγκου των συσκευασιών υγρών τροφίμων που περιέχονται στα προς οριστική διάθεση οικιακά απορρίμματα.

Η εγκύκλιος 9/96/30-01-1996 του ΥΠΕΧΩΔΕ καθορίζει πιο αναλυτικά το περιεχόμενο του φακέλου προέγκρισης χωροθέτησης των εγκαταστάσεων διάθεσης απορριμμάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ

2.1 Γενικά

Για την αποτελεσματική διαχείριση των στερεών αποβλήτων απαιτείται ο σχεδιασμός και η εφαρμογή σύγχρονων ολοκληρωμένων συστημάτων διαχείρισης. Ως απαραίτητες προϋποθέσεις για τον ορθολογικό σχεδιασμό και την αποτελεσματική εφαρμογή αυτών των συστημάτων, θεωρούνται οι εξής:

- Η γνώση της ποσότητας, της σύνθεσης και της χωροταξικής κατανομής της παραγωγής των στερεών αποβλήτων
- Η γνώση των εφαρμόσιμων τεχνικών και μεθοδολογιών διαχείρισης καθώς και των εξελικτικών τάσεων τους
- Ο εντοπισμός κατάλληλων χώρων (με εναλλακτικές λύσεις) για τη χωροθέτηση των μονάδων επεξεργασίας
- Η μέγιστη εκμετάλλευση των δυνατοτήτων εφαρμογής προγραμμάτων διαλογής στην πηγή, ανακύκλωσης και ανάκτησης υλικών και ενέργειας μέσω της εφαρμογής του συστήματος διαχείρισης των στερεών αποβλήτων
- Η γνώση της αγοράς και των τυχόν προβλημάτων διάθεσης των προϊόντων ανακύκλωσης
- Η γνώση των περιβαλλοντικών παραμέτρων και των επιδράσεων (θετικών και αρνητικών) από την εφαρμογή συστημάτων διαχείρισης
- Οι διαθέσιμοι οικονομικοί πόροι, τόσο για τη δημιουργία, όσο και για τη λειτουργία συστημάτων διαχείρισης των στερεών αποβλήτων, ως βασικής παραμέτρου για το σχεδιασμό ρεαλιστικών και εφαρμόσιμων συστημάτων
- Η τήρηση των θεσπισμένων προδιαγραφών, κανονισμών και άλλων διατάξεων που έχουν εκδώσει εθνικοί και κοινοτικοί οργανισμοί.
- Η ανάπτυξη αποτελεσματικών οργανωτικών σχημάτων
- Η κατάρτιση και εξειδίκευση του ανθρώπινου δυναμικού που στελεχώνει το σύστημα διαχείρισης
- Η εφαρμογή προγραμμάτων ευαισθητοποίησης και συμμετοχής του κοινού

Με βάση τις παραπάνω προϋποθέσεις και με αφετηρία τις βασικές αρχές του σχεδιασμού, μελετώνται και οριοθετούνται οι δυνατές εναλλακτικές λύσεις για την εφαρμογή συστημάτων διαχείρισης των αστικών στερεών απορριμμάτων.

Για την οργάνωση και εφαρμογή ολοκληρωμένων συστημάτων διαχείρισης δεν υπάρχει ενιαίος τρόπος που να προσδιορίζει το είδος των εναλλακτικών λύσεων, που πρέπει να χρησιμοποιούνται, το πότε πρέπει να χρησιμοποιούνται, ή το πού πρέπει να χρησιμοποιούνται. Η διαδικασία που εφαρμόζεται διαφοροποιείται, ανάλογα με την περιοχή εφαρμογής.

Οι εναλλακτικές λύσεις διαχείρισης των απορριμμάτων μπορούν να συμπληρώνουν η μία την άλλη, τόσο από περιβαλλοντική, όσο και από οικονομική άποψη, μόνο αν σχεδιασθούν και προδιαγράφουν με πληρότητα και ορθότητα.

2.2 Τεχνικές ανάκτησης, ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης υλικών

2.2.1 Διαλογή - μείωση στην πηγή

2.2.1.1 Γενικά

Στόχος των προγραμμάτων μείωσης στην πηγή είναι η μείωση στην ποσότητα και την τοξικότητα των υλικών, που εισέρχονται στο ρεύμα των οικιακών απορριμμάτων, καθώς και η αξιοποίηση ενός ποσοστού απ' αυτά. Αν και πρόκειται για συμπληρωματικό στάδιο στο συνολικό σχεδιασμό για τη διαχείριση των απορριμμάτων, οι θετικές επιδράσεις της στην απόδοση των άλλων εναλλακτικών λύσεων διαχείρισης είναι άμεσα αντιληπτές. Για παράδειγμα, ένα καλά οργανωμένο πρόγραμμα διαλογής στην πηγή αυξάνει το ποσοστό των υλικών που μπορούν να οδηγηθούν προς ανακύκλωση και ταυτόχρονα μειώνει το ποσοστό αυτών που τελικά θα διατεθούν σε ΧΥΤΑ

Η εύρυθμη λειτουργία και κατ' επέκταση η υψηλή απόδοση ενός συστήματος διαλογής στην πηγή εξαρτάται από [5]:

1. Το είδος, την ποσότητα και την ποιότητα των προς διαλογή υλικών
2. Την ανάπτυξη αγορών για την απρόσκοπτη απορρόφησή τους
3. Την ευκολία υλοποίησης και το κόστος άλλων εναλλακτικών τεχνικών διαχείρισης των στερεών αποβλήτων που εφαρμόζονται στην υπό εξέταση περιοχή

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα που πηγάζουν από την εφαρμογή προγραμμάτων μείωσης στην πηγή είναι [5]:

1. Μικρότερου μεγέθους (και συνεπώς μικρότερου κόστους) μονάδες

επεξεργασίας και διάθεσης απορριμμάτων. Οι βασικές δαπάνες κατασκευής και λειτουργίας που αφορούν κυρίως σταθμούς μεταφόρτωσης, κέντρα ανάκτησης υλικών και εργοστάσια ανάκτησης ενέργειας από απορρίμματα, θα είναι χαμηλότερες λόγω του μικρότερου ρεύματος απορριμμάτων. Επιπλέον, μειώνεται ο απαιτούμενος χώρος υγειονομικής ταφής.

2. Μειωμένες δαπάνες συλλογής, λόγω του μικρότερου απαιτούμενου αριθμού οχημάτων μεταφοράς και του απλούστερου εξοπλισμού.
3. Βελτίωση της λειτουργίας και της περιβαλλοντικής απόδοσης των μονάδων διαχείρισης απορριμμάτων, λόγω της μερικής απομάκρυνσης τοξικών στοιχείων στην πηγή. Για παράδειγμα, τα βαρέα μέταλλα, όπως είναι ο μόλυβδος και το κάδμιο, υπάρχουν σαν ουσίες στα μελάνια γραφής και στις οικιακές μπαταρίες. Όταν τα υλικά αυτά θάβονται στο χώρο υγειονομικής ταφής ή καίγονται στη μονάδα καύσης καθίσταται αναγκαίος ο έλεγχος των διηθημάτων στο ΧΥΤΑ αλλά και ο έλεγχος των αερίων εκπομπών στη μονάδα καύσης. Ένα πρόγραμμα μείωσης στην πηγή, το οποίο ελαχιστοποιεί τη χρήση των υλικών αυτών, μπορεί να μειώσει και τους κινδύνους για το περιβάλλον.

Βασική παράμετρος και προϋπόθεση για την επιτυχία ενός προγράμματος μείωσης στην πηγή είναι η υιοθέτηση μακροπρόθεσμου σχεδιασμού ευαισθητοποίησης των πολιτών με στόχο τη διαμόρφωση μόνιμης και συνειδητής αγωγής. Η διαθεσιμότητα των σχετικών κονδυλίων και η οργάνωση αρμόδιου φορέα ευαισθητοποίησης συμβάλλουν αφ' ενός στην εξασφάλιση συνέχειας στο πρόγραμμα και αφ' ετέρου στη δημιουργία του κατάλληλου από πλευράς πολιτών κλίματος προσωπικής συμμετοχής και συνευθύνης. Για το λόγο αυτό η μείωση στην πηγή δεν πρέπει να αντιμετωπίζεται σαν μία απλή τεχνολογική εφαρμογή, που βασίζεται σε προτάσεις επιστημόνων και μελετητών ή στη βούληση των αρχών, γιατί διατρέχει τον κίνδυνο να χάσει την αξιοπιστία της και την αντοχή της στο χρόνο.

2.2.1.2 Επιμέρους περιπτώσεις διαλογής στην πηγή

2.2.1.2.1 Διαλογή με δύο κάδους (υγρού / ξηρού)

Η μορφή αυτή προβλέπει τη διαλογή στην πηγή υγρού και ξηρού κλάσματος σε δύο διαφορετικούς κάδους. Στην περίπτωση αυτή όλα τα απορρίμματα που περιέχουν βιοδιασπώμενες ουσίες (υπολείμματα τροφών, οργανικά) απορρίπτονται στον κάδο του υγρού.

Το υγρό κλάσμα υπόκειται επεξεργασία για την απομάκρυνση των μετάλλων, γυαλιών και πλαστικών και οδηγείται προς βιοσταθεροποίηση / παραγωγή compost.

Τα 'ξηρά' απορρίμματα αποτελούνται κυρίως από συσκευασίες και άλλα υλικά (π.χ. χαρτί, πλαστικό κ.τ.λ.). Το ξηρό κλάσμα οδηγείται προς επεξεργασία και διαχωρισμό των επιμέρους υλικών.

Η καθιέρωση ενός συστήματος ταυτόχρονης συλλογής ομάδας υλικών αποτελεί ταυτόχρονα και εφαρμογή συστήματος δύο ξεχωριστών ρευμάτων συλλογής στερεών αποβλήτων: το ρεύμα της προς ανάκτηση ομάδας υλικών και το ρεύμα των υπολοίπων μικτών αποβλήτων.

Η ενεργός και συστηματική συμμετοχή του κοινού αποτελεί σημαντικό κριτήριο που καθορίζει το βαθμό επιτυχίας του προγράμματος, καθώς μία θετική, χρονικά κλιμακούμενη ανταπόκριση θα έχει σαν αποτέλεσμα το ξηρό κλάσμα να γίνεται σταδιακά καθαρότερο και η συχνότητα συλλογής του μικρότερη.

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
απαιτείται σχετικά μικρή συμμετοχή των πολιτών σε σχέση με άλλες μορφές μείωσης στην πηγή, μια και δεν χρειάζεται προ-διαχωρισμός των υλικών ανά είδος	τα υλικά που συγκεντρώνονται είναι λιγότερο καθαρά σε σχέση με άλλες μορφές μείωσης στην πηγή
οι απαιτήσεις σε προσωπικό και χώρο προσωρινής αποθήκευσης στις κατοικίες είναι μειωμένες	απαιτείται ο επανασχεδιασμός ολόκληρου του συστήματος συλλογής, μεταφοράς και μεταφόρτωσης των απορριμμάτων, αφού τα υλικά στόχοι αποτελούν 35-40% κ.β. του συνόλου των παραγόμενων απορριμμάτων
οι Δήμοι δεν επιβαρύνονται με επιπλέον έξοδα συλλογής, καθώς εξοικονομούνται μέσα προσωρινής αποθήκευσης και συλλογής των υλικών	απαιτείται η λειτουργία Κέντρου Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών (Κ.Δ.Α.Υ.), όπου τα υλικά αυτά θα υφίστανται διαχωρισμό ανά είδος, επεξεργασία και αποθήκευση ως δευτερογενή πλέον υλικά

Οι βασικές υποδομές που απαιτούνται για έναν ολοκληρωμένο σχεδιασμό με βάση τη διαλογή στην πηγή είναι οι εξής:

- εγκατάσταση διαχωρισμού / δεματοποίησης των υλικών του ξηρού κλάσματος
- εγκατάσταση διαχωρισμού / εμπλουτισμού του οργανικού μέρους του υγρού

κλάσματος

- εγκατάσταση βιοσταθεροποίησης
- δίκτυο μεταφοράς των ανακτώμενων υλικών στους αγοραστές (βιομηχανίες χαρτιού, αγρότες κτλ.)
- χώρος υγειονομικής ταφής υπολειμμάτων

2.2.1.2.2 Διαλογή με χωριστούς κάδους για κάθε υλικό

Αυτή η εναλλακτική μορφή εφαρμογής της διαλογής στην πηγή αντί για δύο συνολικά κάδους (ένας για το ξηρό κλάσμα και ένας για το υγρό κλάσμα) προτείνει την χρήση δύο ή περισσότερων κάδων για τα υλικά συσκευασίας και έναν κάδο για τα οργανικά και ζυμώσιμα απορρίμματα (υγρό κλάσμα).

Η ιδεώδης (από άποψη διαχωρισμού των υλικών) μέθοδος προβλέπει τη χρήση έξι κάδων:

1. Ζυμώσιμα.
2. Χαρτί
3. Πλαστικά
4. Γυαλί
5. Αλουμίνιο
6. Λευκοσιδηρές συσκευασίες

Με την πρακτική αυτή, ανακτάται ξεχωριστά κάθε υλικό – στόχος. Δηλαδή επιτυγχάνεται διαχωρισμός των αποβλήτων σε δύο ρεύματα: στο ρεύμα του υλικού που ανακτάται με το συγκεκριμένο σύστημα διαλογής στην πηγή και στο ρεύμα των υπολοίπων μικτών αποβλήτων τα οποία οδηγούνται προς περαιτέρω διαχείριση.

Σημαντική παράμετρος είναι η χρήση κάδων με τέτοια κατασκευαστικά χαρακτηριστικά, ώστε τα υλικά στόχοι να διατηρούνται ανέπαφα από οποιεσδήποτε προσμίξεις που θα μπορούσαν να τα αλλοιώσουν, μειώνοντας την ικανότητά τους να ανακτηθούν.

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
διατηρείται μία σταθερή συχνότητα συλλογής σε σχέση με άλλες μορφές μείωσης στην πηγή	το κόστος συλλογής αυξάνεται σχεδόν εκθετικά με τον αριθμό των ξεχωριστών κάδων
αν οι πολίτες συμμετέχουν ενεργά και διαχωρίζουν σωστά, απαιτείται ελάχιστη επεξεργασία για τα υλικά στη μονάδα ανάκτησης υλικών	

Τα συστήματα που αποδεικνύονται πλέον βιώσιμα συνδυάζουν τρεις ή τέσσερις συνολικά κάδους.

Διαλογή 3 κάδων (μεικτές συσκευασίες)	
Κάδος 1	Χαρτί
Κάδος 2	Γυαλί, πλαστικό, μεταλλικά κουτιά
Κάδος 3	Υπόλοιπα (υγρό κλάσμα)

Διαλογή 4 κάδων (μερικά διαχωρισμένες συσκευασίες)	
Κάδος 1	Χαρτί
Κάδος 2	Γυαλί, πλαστικό
Κάδος 3	Μεταλλικά κουτιά (λευκοσίδηρος / αλουμίνιο)
Κάδος 4	Υπόλοιπα (υγρό κλάσμα)

2.2.1.2.3 Διαλογή με χωριστούς συγκεντρωτικούς κάδους για χαρτί και υλικά συσκευασίας

Η εναλλακτική αυτή προτείνει οι σημερινοί κάδοι να παραμείνουν ως έχουν και να χρησιμοποιηθούν για την αποθήκευση του υγρού κυρίως κλάσματος. Για τη συγκέντρωση των υλικών συσκευασίας και του χαρτιού τοποθετούνται σε επιλεγμένες

θέσεις συγκεντρωτικοί κάδοι ή μικρά containers.

Η μέθοδος είναι αρκετά απλή αναφορικά με το σχεδιασμό της και σχετικά προσιτή αναφορικά με το κόστος της. Μπορεί να εφαρμοστεί σαν το πρώτο διερευνητικό βήμα για την ανίχνευση της προθυμίας του κοινού για συμμετοχή.

Υπάρχουν οι εξής δυνατότητες:

Διαλογή συγκεντρωτικών κάδων (Α)	
Κάδος 1	Χαρτί
Κάδος 2	Γυαλί, πλαστικό, μεταλλικά κουτιά

Διαλογή συγκεντρωτικών κάδων (Β)	
Κάδος 1	Χαρτί
Κάδος 2	Γυαλί, πλαστικό
Κάδος 3	Μεταλλικά κουτιά

Διαλογή συγκεντρωτικών κάδων (Γ)	
Κάδος 1	Χαρτί
Κάδος 2	Γυαλί
Κάδος 3	Μεταλλικά κουτιά
Κάδος 4	Πλαστικό

Οι συγκεντρωτικοί κάδοι μπορούν να τοποθετούνται ανά 1000 οικίες, ενώ συλλογή τους μπορεί να γίνεται ανά δεκαπενθήμερο ή μηνιαία.

Παρατηρήσεις για την μείωση στην πηγή:

Η διαλογή του γυαλιού μπορεί να γίνει ανάλογα με το χρώμα του (σκούρο ή διαφανές). Συνήθως για την αποθήκευσή του χρησιμοποιούνται κάδοι τύπου καμπάνας και για τη μεταφορά του ανοικτά γερανοφόρα φορτηγά. Κατά τη μαζική διαλογή γυαλιού

(ανεξαρτήτως χρώματος) ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δοθεί ώστε να αποφεύγεται θραύση των φιαλών, καθώς έτσι προκαλείται ανάμιξη φιαλών διαφορετικών χρωμάτων και δυσχεραίνεται ο περαιτέρω διαχωρισμός.

Η συλλογή του χαρτιού, του πλαστικού και του αλουμινίου πραγματοποιείται με χρήση κάδων μηχανικής αποκομιδής και οχημάτων τύπου ‘πρέσας’.

2.2.2 Ανακύκλωση

2.2.2.1 Γενικά

Τα προγράμματα ανακύκλωσης ποικίλουν σε βαθμούς δραστηριότητας. Μερικά είναι απλά, χαμηλής τεχνολογίας, ενώ άλλα προϋποθέτουν ολοκληρωμένο διαχωρισμό στην πηγή και συλλογή πολλαπλών κάδων ή πιο περίπλοκες τεχνολογίες διαχωρισμού σε Κέντρα Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών (ΚΔΑΥ).

Σε εθνικό ή παγκόσμιο επίπεδο, στόχοι της ανακύκλωσης μπορεί να είναι: Η εξοικονόμηση ενέργειας από τη μειωμένη παραγωγή πρώτων υλών (π.χ. για το γυαλί προσεγγίζει το 90% και για το αλουμίνιο το 95%) και προϊόντων, η μείωση των αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον (τόσο από την εξοικονόμηση πρώτων υλών όσο και από τη μείωση των αποβλήτων), ο διαχωρισμός και η εκτροπή συγκεκριμένων υλικών (π.χ. των επικίνδυνων ή των βιοαποδομήσιμων), η περιβαλλοντική διαπαιδαγώγηση και διαμόρφωση συμπεριφορών (εφόσον τεκμηριώνεται και αναγνωρίζεται από τους πολίτες κάποια θετική επίπτωση στο περιβάλλον) κ.ά.

Σε επίπεδο των φορέων διαχείρισης στόχοι μπορεί να είναι: Η επίτευξη συγκεκριμένων στόχων ‘καθαρότητας’ των αποβλήτων που γίνονται δεκτά σε ΧΥΤΑ, η επίτευξη υποχρεωτικών ποσοστών εκτροπής, πιθανά οικονομικά οφέλη (μείωση των δαπανών για διαχείριση των ΑΣΑ ή/και έσοδα από αξιοποίηση ανακτώμενων υλικών και ενέργειας), η συγκέντρωση συγκεκριμένων υλικών για συγκεκριμένους ‘πελάτες - αγοραστές’, ο διαχωρισμός υλικών για συγκεκριμένη περαιτέρω επεξεργασία (π.χ. των βιοαποδομήσιμων για κομποστοποίηση ή των ξηρών υλικών για καύσιμο), κ.ά.

Τα βασικά πλεονεκτήματα της ανακύκλωσης συνοψίζονται παρακάτω[5]:

1. Η ανάκτηση υλικών μέσω της ανακύκλωσης δεδομένης της έλλειψης πρώτων υλών και του συνεπαγόμενου αυξημένου κόστους τους συντελεί στην εξοικονόμηση ενέργειας και φυσικών πόρων καθώς και στη μείωση της ρύπανσης. Παρακάτω παρουσιάζονται τα οφέλη από την αντικατάσταση των πρώτων υλών από δευτερογενείς.

% Μείωση	Χαρτί	Γυαλί	Χαλκός	Αλουμίνιο
Ενέργεια	23 – 74	4 - 32	47 - 74	90 - 97
Αέρια Ρύπανση	73 – 74	6 - 22	85 - 86	95
Ρύπανση νερών	35	-	76	97
Χρήση νερού	58 – 60	50	40	-

ΠΙΝΑΚΑΣ 2-1: Οφέλη από την αντικατάσταση των πρώτων υλών από δευτερογενείς [6]

- Τα προγράμματα ανακύκλωσης μπορούν να μειώσουν σημαντικά τον όγκο των απορριμμάτων που οδηγούνται στην τελική διάθεση, με αποτέλεσμα τη δυνατότητα σχεδιασμού μικρότερων μονάδων επεξεργασίας και διάθεσης ή αντίστοιχα την επιμήκυνση του χρόνου λειτουργίας των υπαρχουσών μονάδων. Για το λόγο αυτό αποτελούν μία από τις πρώτες επιλογές των φορέων διαχείρισης που αντιμετωπίζουν πρόβλημα έλλειψης επαρκούς χώρου για υγειονομική ταφή. Ενδεικτικό στοιχείο της μείωσης του όγκου των απορριμμάτων με την ανακύκλωση αποτελεί η σχέση ‘όγκου:βάρους’ κάθε υλικού σε ένα ΧΥΤΑ.

Υλικό	Βάρος (%)	Όγκος στον ΧΥΤΑ (%)	Σχέση ‘όγκος: βάρος’
Πλαστικό	7,30	18	2,5:1
Χαρτί	35,6	38	1,1:1
Μέταλλα	8,70	14	1,6:1
Γυαλί	8,40	2	0,2:1
Άλλα υλικά	40,0	28	0,7:1

ΠΙΝΑΚΑΣ 2-2: Σχέση ‘όγκου: βάρος’ των επιμέρους υλικών στο ΧΥΤΑ [6]

- Επιτυγχάνεται απομάκρυνση των υλικών που δεν καίγονται, όπως το γυαλί και τα μέταλλα, καθώς και πηγών ρύπανσης που βρίσκονται στη στάχτη (π.χ. μόλυβδος και κάδμιο στα μελάνια γραφής και στις μπαταρίες). Παράλληλα μπορεί να τροποποιηθεί το θερμιδικό περιεχόμενο των απορριμμάτων, οδηγώντας αφ’ ενός στην ελάττωση των ακαύστων, αφ’ ετέρου στην αύξηση της υγρασίας.
- Ως μέθοδος η ανακύκλωση αντιμετωπίζεται με τη μεγαλύτερη μάλλον αποδοχή από την κοινή γνώμη. Παρά το γεγονός ότι η δημιουργία ΧΥΤΑ ή μονάδων θερμικής επεξεργασίας προκαλεί την αρνητική στάση των πολιτών, μία μονάδα που

αναπτύσσεται παράλληλα ή μετά την εφαρμογή ενός προγράμματος ανακύκλωσης βρίσκει σε γενικές γραμμές ευμενή ανταπόκριση.

5. Η απομάκρυνση των ανακυκλώσιμων υλικών από το κυρίως ρεύμα των απορριμμάτων επιδρά θετικά και στη διαδικασία της κομποστοποίησης. Υλικά όπως το γυαλί, το αλουμίνιο και το πλαστικό δεν είναι εύκολο να μεταβληθούν σε βελτιωτικό εδάφους και γενικά η παρουσία τους μέσα στο ίδιο το βελτιωτικό εδάφους θεωρείται επιζήμια.

2.2.2.2 Ανακυκλώσιμα υλικά

2.2.2.2.1 Χαρτί

Τα είδη του χαρτιού που συνήθως ανακτώνται μέσω των προγραμμάτων ανακύκλωσης είναι εφημερίδες, χάρτινες σακούλες, χαρτόνι και χαρτί γραφείου.

Το χαρτί των απορριμμάτων χωρίζεται σε κατηγορίες (ποιότητες), ανάλογα με την ποιότητα των ινών και το βαθμό των ξένων προσμίξεων, οι συνηθέστερες από τις οποίες είναι πλαστικά και μεταλλικά αντικείμενα (συνδετήρες, συρραφείς), πλαστική ή κέρνινη επικάλυψη και οργανικά υπολείμματα.

Γενικά θεωρείται ότι όσο μεγαλύτερες είναι οι ίνες τόσο καθαρότερο και καλύτερης ποιότητας είναι το χαρτί και κατά συνέπεια υψηλότερη η τιμή αγοράς του. Με την ανακύκλωση υποβαθμίζονται οι ίνες του χαρτιού (π.χ. η ανάμειξη και επεξεργασία του με νερό θραύει και μικραίνει τις ίνες). Κατά συνέπεια δεν μπορεί να ανακυκλώνεται απεριόριστα, λόγω της φθοράς που υφίστανται οι ίνες.

Η ανάκτηση του χαρτιού γίνεται με πολλούς τρόπους, όπως η συλλογή σε οικιακό ή επαγγελματικό επίπεδο και η συλλογή σε κάδους (ενίοτε κατά ποιότητα).

Οι κυριότεροι τύποι χαρτιού (με βάση κυρίως την ποιότητα) είναι οι εξής:

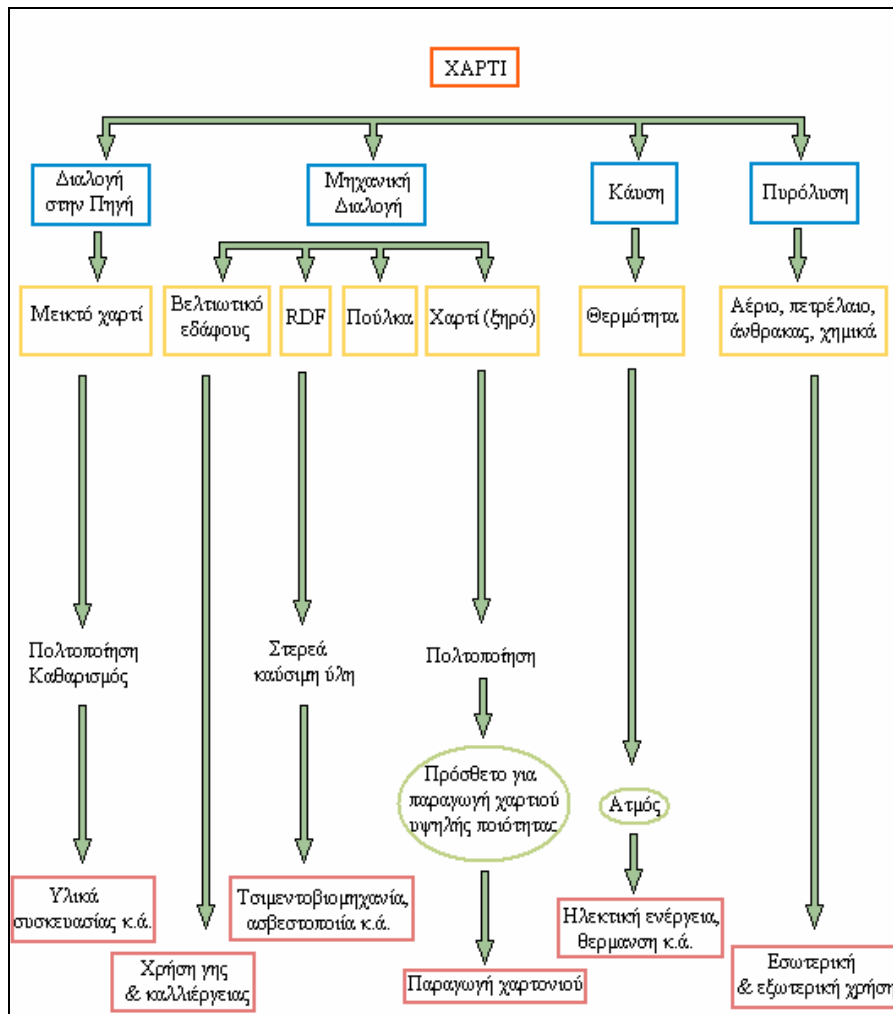
Εφημερίδες: Η ανακύκλωση εφημερίδων αποτελεί βασική συνιστώσα των περισσότερων προγραμμάτων ανακύκλωσης και ιδιαίτερα διαλογής στην πηγή. Μετά τη συλλογή τους από τους κάδους και τη μεταφορά τους στο κέντρο ανακύκλωσης δεματοποιούνται και μεταφέρονται στον τελικό αγοραστή-χρήστη.

Χαρτόνι: Συνήθως το χαρτόνι αποτελεί τη συσκευασία για μεταφορά άλλων προϊόντων. Πηγές παραγωγής απορριμμάτων χαρτονιού είναι τα super markets, οι αποθήκες χοντρικής, τα εργοστάσια κ.λπ. Η ανάκτηση και ανακύκλωση για το χαρτόνι είναι διαφορετική από αυτήν για τις εφημερίδες. Τα κουτιά γίνονται επίπεδα και

δεματοποιούνται για μεταφορά σε χαρτοβιομηχανίες με στόχο την κατασκευή χαρτονιού και κουτιών διαφορετικού τύπου.

Χαρτί υψηλής ποιότητας: Είναι το χαρτί γραφείου (φωτοτυπικό, εκτύπωσης κλπ.) που περιέχει ίνες υψηλής ποιότητας. Το παραγόμενο νέο προϊόν μπορεί να είναι χαρτί γραφής ή tissue (χαρτομάντιλα, χαρτοπετσέτες κλπ).

Μεικτό χαρτί: Περιλαμβάνει περιοδικά, βιβλία και εφημερίδες που αποτελούν τη χαμηλότερη ποιότητα χαρτιού που περιέχεται στα οικιακά απορρίμματα. Μετά τη συλλογή, το χαρτί μεταφέρεται στον τελικό χρήστη ως έχει ή μετά από επιλογή, ανάλογα με τις ποσότητες και το κόστος της πρόσθετης διαλογής του. Τα προϊόντα που παράγονται από το ανακυκλωμένο χαρτί αυτού του τύπου είναι πισσόχαρτο, χαρτί μονώσεων, χαρτί γραφής και χάρτινα κουτιά. Για λόγους καλαισθησίας μπορεί να προστεθεί λευκό χαρτί στην εξωτερική επιφάνεια του νέου προϊόντος.



ΣΧΗΜΑ 2-1: Δυνατότητες διαχείρισης – επαναχρησιμοποίησης του χαρτιού [7]

2.2.2.2.2 Γυαλί

Πηγές παραγωγής απορριμμάτων γυαλιού είναι τα εργοστάσια κατασκευής, εμφιάλωσης και συσκευασίας, τα κέντρα διασκέδασης, τα ξενοδοχεία, τα εστιατόρια, τα νοικοκυριά και διάφορα καταστήματα. Η ανακύκλωση του γυαλιού αφορά στις φιάλες, τα γυάλινα δοχεία και άλλα γυάλινα υλικά (τζάμια, πιάτα, θερμοανθεκτικά γυαλιά, κρύσταλλα κλπ).

Το προς ανακύκλωση γυαλί συλλέγεται ανάμεικτο σε χωριστούς υποδοχείς (containers) για το σύνολο του γυαλιού, σε δοχεία για κάθε χρώμα, σε κέντρα ανακύκλωσης, ή με τη μέθοδο της συλλογής πόρτα-πόρτα.

Οι τιμές αγοράς του διαχωρισμένου γυαλιού είναι υψηλότερες από εκείνες του ανάμεικτου, το οποίο χρησιμοποιείται μόνο για παραγωγή πράσινου γυαλιού.

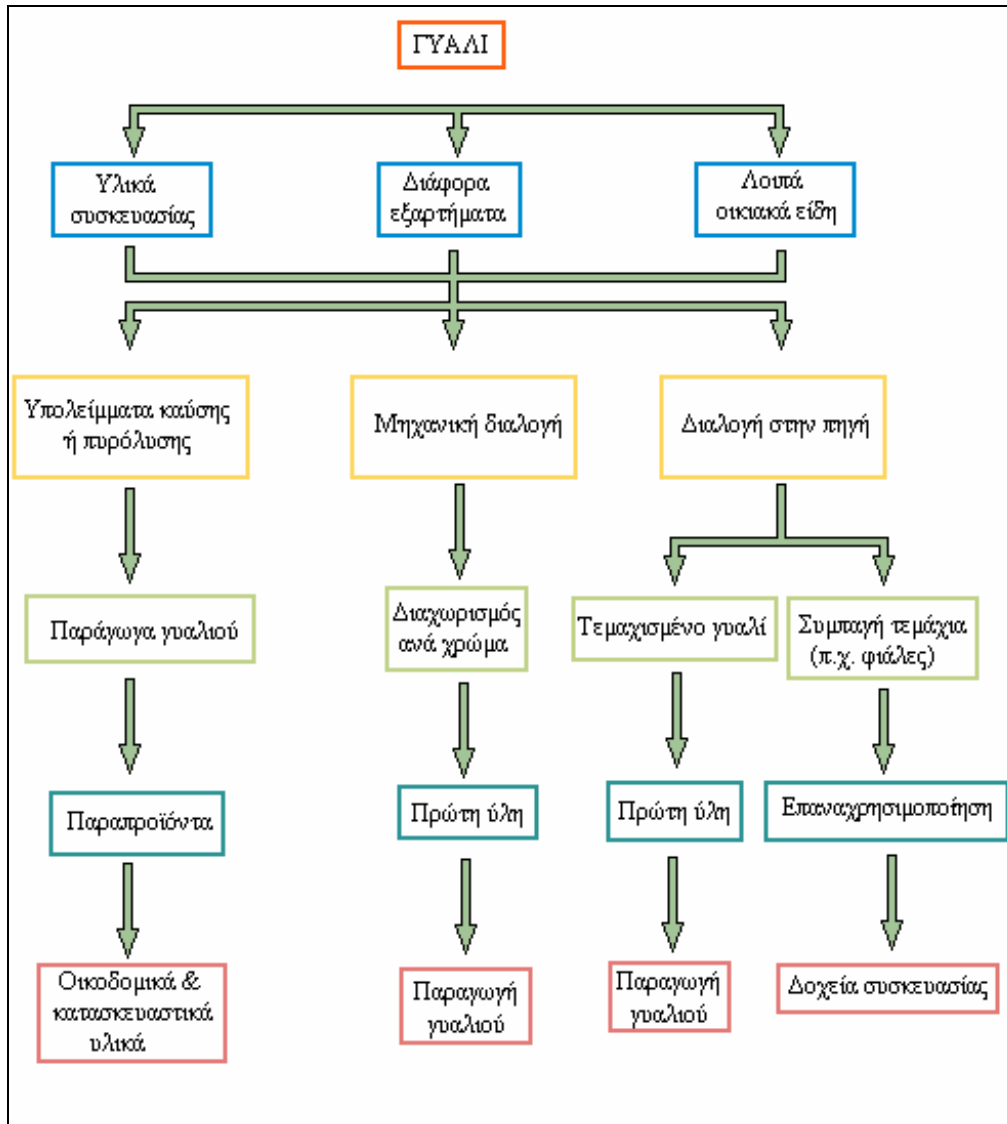
Το κέρδος στην ανακύκλωση γυαλιού, κατά κύριο λόγο, δεν είναι στην πρώτη ύλη αλλά στην εξοικονόμηση ενέργειας [7].

Το γυαλί υποδιαιρείται σε τρεις κατηγορίες: 1. λευκό, 2. πράσινο και 3. καφέ. Κατά τη συλλογή, θραύεται κατά κατηγορία για να μειωθεί ο όγκος του και δημιουργείται το υαλόθραυσμα. Στις βιομηχανίες το υαλόθραυσμα καθαρίζεται και τεμαχίζεται σε πολύ μικρά κομμάτια που έχουν τη μορφή άμμου. Κατόπιν αναμιγνύεται με πυριτική άμμο και θραύσματα ασβεστόλιθου και τήκεται για παραγωγή νέου γυαλιού. Με τη χρήση του υαλοθραύσματος επιτυγχάνεται σημαντική μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, διότι έτσι είναι μικρότερη η απαιτούμενη θερμοκρασία τήξης στον κλίβανο.

Γυαλί καφέ χρώματος χρησιμοποιείται για μπουκάλια μπίρας και φαρμάκων τα οποία είναι χημικά ευαίσθητα στο φως και πράσινου χρώματος για μπουκάλια κρασιού και αναψυκτικών.

Το τελικό προϊόν της ανακύκλωσης γυαλιού μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην παραγωγή υαλοβάμβακα, fiberglass, σημάτων για τους δρόμους κλπ. Το υαλόθραυσμα μικτού χρώματος χρησιμοποιείται στα πυρότουβλα, τα τούβλα, το τσιμέντο και την άσφαλτο.

Αναφορικά με τις προσμίξεις, αν και οι ετικέτες αφαιρούνται με ευκολία, προβληματικά κατά την επεξεργασία είναι τα πώματα, τα μεταλλικά αντικείμενα και δαχτυλίδια, τα κεραμικά, η σκόνη και οι πέτρες. Το τελικό προϊόν μπορεί να καταστεί ακατάλληλο για χρήση, επειδή μερικά από τα παραπάνω δεν τήκονται στο φούρνο, δημιουργώντας φουσαλίδες στο τελικό προϊόν.



ΣΧΗΜΑ2-2: Δυνατότητες διαχείρισης – επαναχρησιμοποίησης του γυαλιού [7]

2.2.2.2.3 Σιδηρούχα μέταλλα

Τα σιδηρένια κουτιά που χρησιμοποιούνται στη συσκευασία αποτελούνται από χάλυβα με λεπτή εσωτερική επικάλυψη κασσίτερου για να αποφεύγεται το σκούριασμα και για να προστατεύεται το περιεχόμενο του κουτιού. Η επικάλυψη μπορεί να είναι και από χρώμιο. Ο κασσίτερος είναι υλικό αξίας μεγαλύτερης αυτής του χάλυβα, και αντιπροσωπεύει το 0.5-1% του συνολικού βάρους του κουτιού.

Η διαλογή για ανακύκλωση των σιδηρένιων κουτιών μπορεί να γίνει οικιακά ή σε containers και από εκεί να μεταφερθούν σε κέντρο ανακύκλωσης. Εκεί με τη χρήση

μαγνητικού διαχωριστή τα σιδερένια κουτιά διαχωρίζονται από τα υπόλοιπα υλικά (π.χ. κουτιά αλουμινίου, πλαστικές φιάλες) και αφού θραυτούν και δεματοποιηθούν μεταφέρονται στη βιομηχανία.

Ορισμένα κουτιά μπύρας και αναψυκτικών αποτελούνται από χάλυβα, έχουν αλουμινένιο καπάκι και ονομάζονται διμεταλλικά. Το πρόβλημα στην περίπτωση αυτή είναι ότι και μετά τον ειδικό τεμαχισμό μπορεί να παραμένουν προσμίξεις αλουμινίου στο χάλυβα [7].

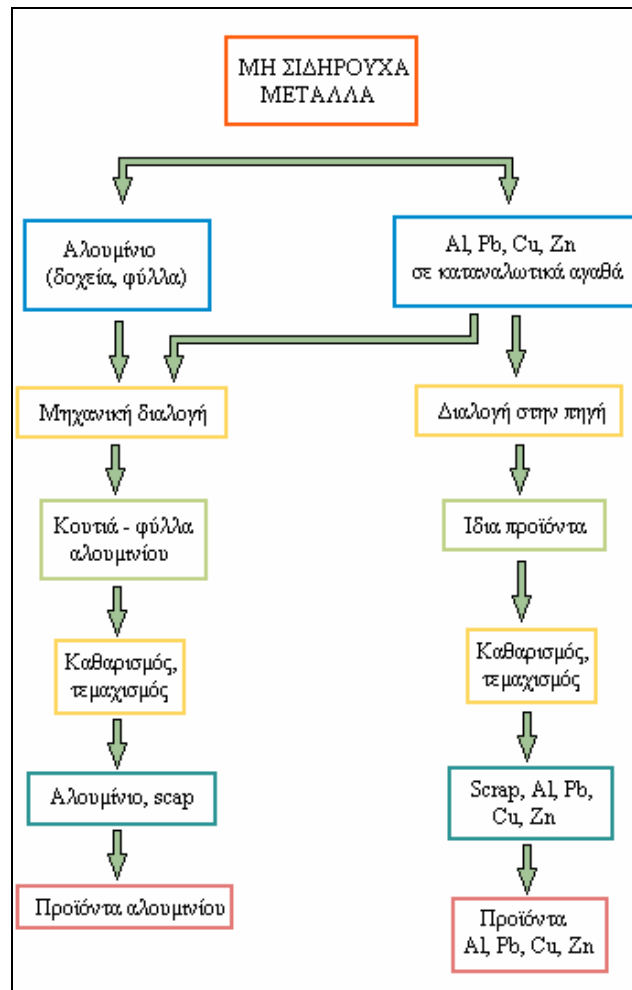
2.2.2.2.4 Αλουμίνιο

Η ανακύκλωση αλουμινίου αφορά κυρίως στα κουτιά αναψυκτικών και μπύρας, ενώ άλλες πηγές ανακτήσιμου αλουμινίου είναι οι υδρορροές, τα πλαίσια παραθύρων, τα έπιπλα κήπων, διάφορα εξαρτήματα αυτοκινήτων κλπ.

Η μεταφορά των ανακτώμενων αλουμινένιων κουτιών στη βιομηχανία μπορεί να γίνει με πολλούς τρόπους (χύμα, δεματοποιημένα ή συμπιεσμένα).

Το αλουμίνιο εμφανίζει ιδιαίτερα υψηλή τιμή με τη μορφή scrap (λόγω της σημαντικής εξοικονόμησης ενέργειας που έχει η βιομηχανία όταν το χρησιμοποιεί αντί για πρώτη ύλη), γεγονός που ευνοεί την ανακύκλωσή του. Σημαντικό πλεονέκτημά του είναι η απεριόριστη δυνατότητα ανακύκλωσης χωρίς το τελικό προϊόν να χάνει τις ιδιότητές του [7].

Η ανάκτηση του αλουμινίου μπορεί να γίνει σε κάδους ή/και σε κέντρα ανακύκλωσης. Μετά τη συλλογή τους, τα κουτιά αλουμινίου διαχωρίζονται από τα σιδηρούχα και τα διμεταλλικά με τη χρήση μαγνητικού διαχωριστή.



ΣΧΗΜΑ 2-3: Δυνατότητες διαχείρισης – επαναχρησιμοποίησης των μη σιδηρούχων μετάλλων [7]

2.2.2.2.5 Πλαστικό

Τα πλαστικά προϊόντα προέρχονται από πολλά ή από ένα είδος ρητίνης ή από σύνδεση ρητινών. Χαρακτηριστικό γνώρισμα των πλαστικών, είναι η σχέση του βάρους προς τον όγκο που καταλαμβάνουν, η οποία φτάνει και μέχρι 1:3. Η αλλαγή της συσκευασίας των προϊόντων προς όφελος του πλαστικού είχε ως συνέπεια τη δραματική αύξηση της συμμετοχής του στα απορρίμματα, τα τελευταία κυρίως χρόνια.

Υπάρχουν πολλά προβλήματα με τα πλαστικά σε σχέση με τη δυνατότητα ανακύκλωσης. Αυτά οφείλονται στα εξής:

α) Υπάρχουν πολλές ποιότητες και τύποι πλαστικών με διαφορετικές φυσικές ιδιότητες και χημική σύσταση

β) Τα διάφορα είδη είναι αρκετά δύσκολο να αναγνωρισθούν

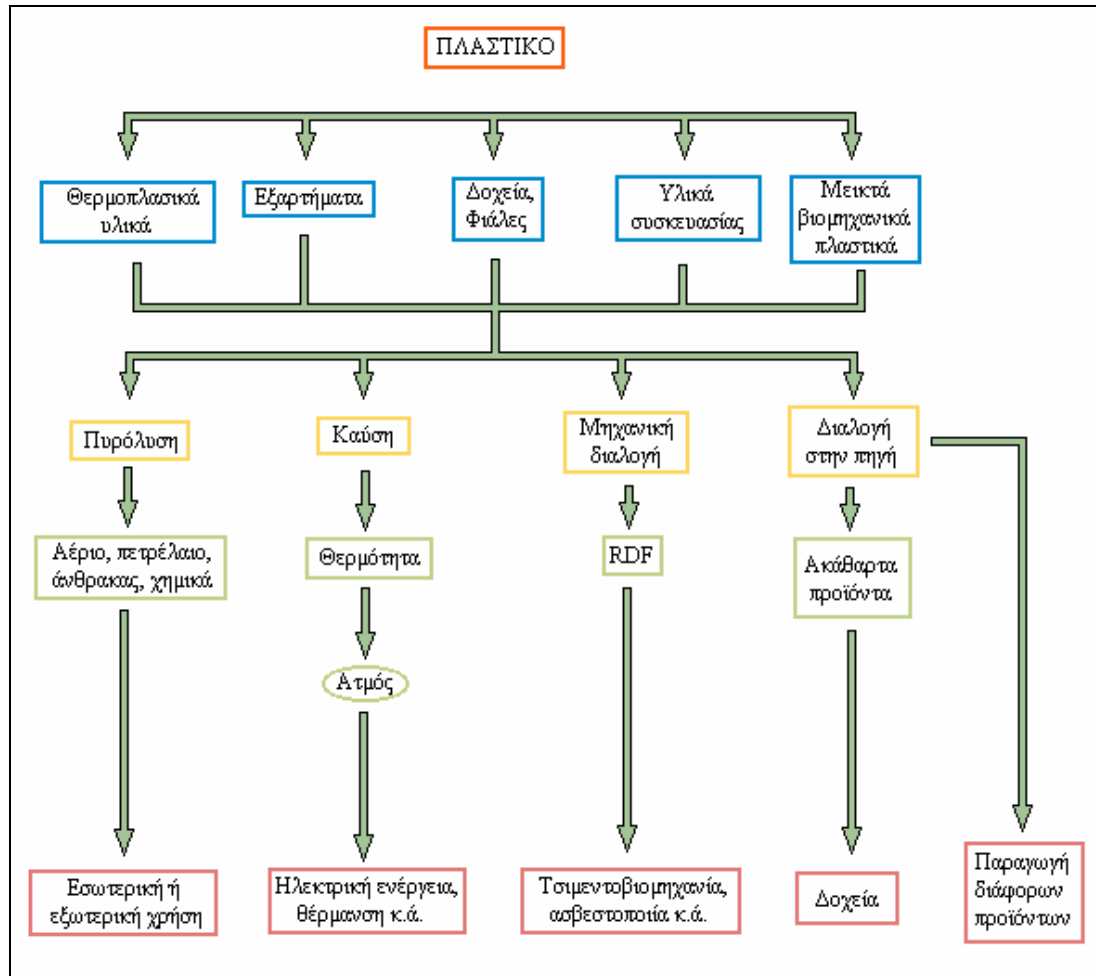
γ) Υπάρχουν σε αυτά πολλές προσμίξεις

Η ανακύκλωση των πλαστικών αφορά κυρίως PVC, PET και HDPE. Από PET κατασκευάζονται φιάλες ανθρακούχων αναψυκτικών ή ορισμένες εμφιαλωμένου νερού, ενώ από HDPE (high density polyethelene) κατασκευάζονται φιάλες γάλακτος, αναψυκτικών και απορρυπαντικών. Λόγω της χαρακτηριστικής σχέσης όγκου/βάρος, τα πλαστικά μπουκάλια θραύονται και δεματοποιούνται για την οικονομικότερη μεταφορά τους στη βιομηχανία, όπου κατά την επεξεργασία τους απομακρύνονται οι προσμίξεις (ετικέτες, κατάλοιπα και σκόνη). Από PVC κατασκευάζονται φιάλες για μεταλλικό νερό, βρώσιμα λάδια, χυμούς, καλλυντικά κλπ, καθώς επίσης και πλαστικά σκαφίδια για τρόφιμα (π.χ. λαχανικά).

Τα θερμοπλαστικά διαθέτουν τη δυνατότητα επαναθέρμανσης και επαναδιαμόρφωσης, αν και η επαναθέρμανση τελικά τα υποβαθμίζει. Άλλα προβλήματα στα ανακυκλωμένα πλαστικά εμφανίζονται λόγω βιολογικών προσμίξεων που δεν καταστρέφονται. Τα μπουκάλια PET και HDPE δεν μπορούν να ξαναγίνουν μπουκάλια για τροφές.

Τέλος, προϊόντα από ανακυκλωμένο PET είναι διάφορα υποβοηθητικά υλικά για επιστρώσεις και επενδύσεις, σχοινιά και σπάγκοι, γεωφάσματα και διαμορφωμένα πλαστικά, ενώ προϊόντα από ανακυκλωμένο HDPE είναι οι διάφορες βιομηχανικές επιστρώσεις δαπέδων, δεξαμενές και κάδοι, γλάστρες κ.ά.

Άλεσμένες φιάλες PVC χρησιμοποιούνται στην παραγωγή σωλήνων ύδρευσης, αποχέτευσης, άρδευσης κλπ.



ΣΧΗΜΑ 2-4: Δυνατότητες διαχείρισης – επαναχρησιμοποίησης του πλαστικού [7]

2.2.3 Μηχανική Διαλογή

Η διεργασία της μηχανικής διαλογής (ή του μηχανικού διαχωρισμού) εφαρμόζεται με σκοπό την ανάκτηση των επί μέρους κλασμάτων του μίγματος των στερεών αποβλήτων, έτσι ώστε αυτά να καταστούν αξιοποιήσιμα.

Στις εγκαταστάσεις μηχανικής διαλογής πραγματοποιείται διαχείριση κυρίως των μικτών οικιακών στερεών αποβλήτων και επιτυγχάνεται διαχωρισμός, ανάκτηση καθώς και περαιτέρω επεξεργασία υλικών που περιέχονται σε αυτά. Τα υλικά που ανακτώνται είναι κυρίως:

- Βιοαποδομήσιμα οργανικά
- Χαρτί

- Πλαστικό
- Μίγμα χαρτιού και πλαστικού
- Σιδηρούχα μέταλλα
- Αλουμίνιο

Μεταξύ των πλεονεκτημάτων του μηχανικού διαχωρισμού είναι [1]:

- Το υψηλό ποσοστό ανάκτησης υλικών (μέχρι και 70 % του βάρους των αποβλήτων), εφόσον παράγεται RDF και compost
- Η αποτελεσματικότητα στο διαχωρισμό ενός σημαντικού ποσοστού του ζυμώσιμου κλάσματος από τα απόβλητα για βιοεπεξεργασία
- Η μη εξάρτηση από τη συμμετοχή των πολιτών, καθώς δεν απαιτείται ο σχεδιασμός προγράμματος διαλογής στην πηγή

Αντίστοιχα τα βασικά μειονεκτήματα της μεθόδου είναι:

- Η μη καθαρότητα (ακριβώς λόγω του μη διαχωρισμού στην πηγή) και κατά συνέπεια η περιορισμένη εμπορευσιμότητα των ανακτώμενων υλικών και των προϊόντων (π.χ. του χαρτιού, του γυαλιού, της καύσιμης ύλης, και του compost
- Το σχετικά υψηλό κόστος
- Η δυσχέρεια εκτίμησης του κόστους (ποικιλία δομών, μορφών και διαδικασιών)
- Η δυσχέρεια (λόγω της μορφής της βασικής κτιριακής και μηχανολογικής υποδομής) προσαρμογής σε μεταβαλλόμενες ποσότητες εισροής (έλλειψη ελαστικότητας κλίμακας εφαρμογής)
- Οι συχνές αστοχίες και βλάβες των πολύπλοκων μηχανολογικών και ηλεκτρονικών συστημάτων που καθιστούν αναγκαία την ύπαρξη εφεδρικού χώρου εδαφικής διάθεσης πλησίον της μονάδας για προσωρινή απόθεση των αποβλήτων μέχρι την επαναλειτουργία
- Η αβεβαιότητα της επίδοσης της τεχνολογίας (ειδικά για την Ελλάδα), η οποία είτε δεν έχει δοκιμαστεί για ικανό χρόνο στην πράξη, ή έχει σχεδιαστεί και δοκιμαστεί σε χώρες με διαφορετικές καιρικές συνθήκες, διαφορετική σύνθεση αποβλήτων και διαφορετική τεχνολογική και οργανωτική παράδοση και εμπειρία
- Η συμβολή στην αδιαφορία των πολιτών για ενεργό συμμετοχή
- Η έλλειψη ικανών στελεχών για τη λειτουργία και συντήρηση των εγκαταστάσεων.

Οι εγκαταστάσεις μηχανικής διαλογής απαιτούν υψηλές πάγιες επενδύσεις και υψηλά λειτουργικά έξοδα. Από μελέτες του ΟΟΣΑ έχει εκτιμηθεί ότι μόνο εγκαταστάσεις δυναμικότητας 200 - 2.000 τόνων ημερησίως είναι δυνατόν να λειτουργήσουν αποδοτικά.

Κατά τη διαδικασία αυτή μπορούν να ανακτηθούν διάφορα κλάσματα όπως σιδηρούχα μέταλλα, ζυμώσιμα υλικά, καύσιμα υλικά, γυαλί, αλουμίνιο κτλ.

Βασικές προϋποθέσεις για την εξασφάλιση της σωστής λειτουργίας των εγκαταστάσεων είναι ο ορθολογικός προγραμματισμός και ο μακροπρόθεσμος σχεδιασμός σε συνδυασμό τους επαρκείς οικονομικούς πόρους και τη σωστή διοικητική διάρθρωση.

Οι αναγκαίες προϋποθέσεις για τον αποδοτικό σχεδιασμό και τη βιώσιμη διαχείριση μίας μονάδας μηχανικού διαχωρισμού συνοψίζονται στα εξής:

1. Έγκαιρος και σαφής προσδιορισμός του ιδιοκτησιακού καθεστώτος της εγκατάστασης
2. Επιλογή του χρονικού ορίζοντα της ανάλυσης, ο οποίος δεν θα πρέπει να εξαρτάται από τη φυσική και οικονομική ζωή της εγκατάστασης, αλλά να διευρύνεται στο χρονικό διάστημα από πριν την έναρξη λειτουργίας του έργου μέχρι και κάποιες δεκαετίες μετά το τέλος της λειτουργίας της, οπότε και θα έχουν εκλείψει οι όποιες (θετικές ή αρνητικές) επιπτώσεις της
3. Διαμόρφωση συνολικού, μακροπρόθεσμου και πολύπλευρου σχεδιασμού, που λαμβάνει υπ' όψη παραμέτρους όπως η ιδιοκτησιακή κατάσταση, η γνώση της σύνθεσης και ο έλεγχος ροής των αποβλήτων
4. Ορισμός ημερών λειτουργίας και ωρών ανά μέρα, τόσο για το σύστημα υποδοχής όσο και για το κύριο σύστημα επεξεργασίας, ώστε να υπολογιστεί η ωριαία δυναμικότητα σχεδιασμού
5. Διαμόρφωση του διαγράμματος ροής και του ισοζυγίου μάζας για το σχεδιασμό (διαστασιολόγηση) κάθε επιμέρους μονάδας της εγκατάστασης
6. Διαμόρφωση συστήματος συνεχούς αξιολόγησης της οικονομικής βιωσιμότητας των εναλλακτικών επιλογών, λαμβάνοντας υπόψη την αγορά για τα ανακτώμενα υλικά και για την παραγόμενη ενέργεια, την ευαισθησία σε τυχόν αλλαγές αυτής της αγοράς ή σε πιθανές νομοθετικές ρυθμίσεις
7. Διαμόρφωση συστήματος μόνιμης παρακολούθησης (monitoring) ποσοτικών, ποιοτικών και οικονομικών στοιχείων για την πορεία της μονάδας (ποιοι

συμμετέχουν, διακυμάνσεις στη σύνθεση και στις ποσότητες των συστατικών των αποβλήτων, διακυμάνσεις στην αγορά, δαπάνες και έσοδα κατά κατηγορία ανακτώμενων υλικών και ενέργειας κτλ.)

8. Διαμόρφωση συστήματος μόνιμης παρακολούθησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη λειτουργία της μονάδας

Τα κύρια κριτήρια αξιολόγησης της επίδοσης μιας μονάδας μηχανικού διαχωρισμού, εφόσον υπάρχει η κοινωνική αποδοχή και ο απαιτούμενος χώρος εγκατάστασης, είναι:

- Η περιβαλλοντική βιωσιμότητα
- Η χρηματοδοτική δυνατότητα και η οικονομική βιωσιμότητα για το χρονικό ορίζοντα της ανάλυσης και με συγκεκριμένη πρόβλεψη και εξασφάλιση για βιώσιμη συνέχεια (της ίδιας ή εναλλακτικής επεξεργασίας)
- Η αξιοπιστία της ποιότητας του προϊόντος (εφόσον παράγεται προϊόν)
- Η λειτουργικότητα (ευχέρεια στη λειτουργία και τη συντήρηση)
- Η σταθερότητα και η ευχέρεια προσαρμογής σε εξελισσόμενες συνθήκες ποσοτήτων και σύνθεσης αποβλήτων
- Η δυνατότητα συνεπεξεργασίας με άλλα απόβλητα (γεωργικά, βιομηχανικά, ιλύες βιολογικών καθαρισμών κ.τ.λ.)
- Η συμβολή στην απασχόληση του τοπικού εργατικού δυναμικού (επιλογή μεταξύ μονάδας εντάσεως εργασίας και μονάδας εντάσεως εξοπλισμού)

Σε ορισμένες περιπτώσεις τα παραπάνω κριτήρια υποκαθίστανται με τρεις δείκτες: ποσοστό ανάκτησης, ποιότητα προϊόντος και κόστος ανά τόνο, που δίνουν μεν μία γενική εικόνα, αλλά ενδέχεται να διέπονται από ασάφεια.

Οι εγκαταστάσεις μηχανικού διαχωρισμού αποτελούνται από τις παρακάτω επιμέρους μονάδες:

1. Είσοδος – Ζυγιστήριο

Ο σχεδιασμός των έργων εισόδου θα πρέπει να γίνεται με τρόπο που να εξασφαλίζει την απρόσκοπτη προσπέλαση και την ομαλή κυκλοφορία των οχημάτων, λαμβάνοντας υπ' όψη και τις ώρες αιχμής. Οι διατάξεις ζύγισης των εισερχομένων φορτίων είναι συνήθως υπόγειες γεφυροπλάστιγγες εφοδιασμένες με ηλεκτρονικό σύστημα ζύγισης και κατασκευασμένες από οπλισμένο σκυρόδεμα ή από κοινό χάλυβα.

2. Μονάδα υποδοχής – τροφοδοσίας

Τα απόβλητα οδηγούνται σε τάφρους υποδοχής με δυνατότητα προσωρινής αποθήκευσης για χρονικό διάστημα μέχρι δύο ημερών. Οι χώροι υποδοχής θα πρέπει να λειτουργούν σε συνθήκες υποπίεσης. Η τροφοδοσία των διατάξεων γίνεται με γερανογέφυρες ή με υδραυλικούς βραχίονες που καταλήγουν σε πολύποδη αρπάγη.

3. Μονάδα μηχανικού διαχωρισμού

Οι κυριότερες τεχνικές που εφαρμόζονται για το μηχανικό διαχωρισμό και την ανάκτηση υλικών είναι οι εξής:

- Τεχνικές διάνοιξης σάκων
- Τεχνικές διαχωρισμού βάσει μεγέθους: χρησιμοποιούνται διαδοχικά περιστρεφόμενα κόσκινα με διαφορετικό άνοιγμα οπών, με στόχο τον μηχανικό διαχωρισμό και την ανάκτηση χρήσιμων υλικών βάσει του μεγέθους των επιμέρους συστατικών των αποβλήτων
- Τεχνικές μείωσης του μεγέθους: Επιτυγχάνεται η μείωση του μεγέθους των υλικών των αποβλήτων με χρήση βιοαντιδραστήρων (για το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα) και τεμαχιστών (για τα υπόλοιπα απόβλητα)
- Τεχνικές αεροδιαχωρισμού και βαλλιστικού διαχωρισμού: χρησιμοποιούνται για τον εμπλουτισμό (σε χαρτί και ελαφρύ πλαστικό) του κύριου ρεύματος ελαφρών συστατικών που προκύπτει συνήθως από το δευτεροβάθμιο περιστρεφόμενο κόσκινο
- Τεχνικές μαγνητικού διαχωρισμού: επιτυγχάνεται ο διαχωρισμός και η ανάκτηση των σιδηρούχων μετάλλων. Χρησιμοποιούνται για το σκοπό αυτό, τόσο μόνιμοι μαγνήτες όσο και ηλεκτρομαγνήτες
- Τεχνικές επαγωγικών ρευμάτων: επιτυγχάνεται ο διαχωρισμός και η ανάκτηση του αλουμινίου με χρήση περιστρεφόμενου ρότορα
- Μονάδες περαιτέρω επεξεργασίας των ανακτηθέντων υλικών: Περιλαμβάνουν, ανάλογα με το υλικό, μονάδα παραγωγής RDF, μονάδα καθαρισμού σιδηρούχων μετάλλων και αλουμινίου, μονάδα παραγωγής compost (κομποστοποίησης), μονάδα ωρίμανσης του compost, μονάδα εξευγενισμού του compost

2.2.4 Κομποστοποίηση

2.2.4.1 Γενικά

Η κομποστοποίηση είναι μία φυσική διεργασία που έχει εφαρμοστεί εδώ και δεκαετίες

(σε διαφορετικές μορφές και με διαφορετικές αποδόσεις) ως τμήμα της συνολικής διαχείρισης των στερεών απορριμμάτων, καθώς συνδυάζει την επεξεργασία με την αξιοποίησή τους. Συνήθως δρα συμπληρωματική προς άλλες μεθόδους.

Διακρίνεται γενικά από χαμηλό κόστος σε σχέση με άλλες περισσότερο πολύπλοκες διαδικασίες, συμβάλλει στη μείωση των αερίων εκπομπών που προέρχονται από τα απορρίμματα και παράγει ένα ωφέλιμο τελικό προϊόν (βελτιωτικό εδάφους) με δυνατότητες οικονομικής εκμετάλλευσης.

Η συνηθέστερη μέθοδος εφαρμογής της κομποστοποίησης είναι η διάταξη σε σειράδια (windrow composting). Η οργανική ύλη τοποθετείται σε σειράδια και μετατρέπεται σταδιακά σε αδρανές υλικό με τη βοήθεια διαδοχικής ανάμειξης που συμβάλλει στην οξυγόνωση του υλικού. Πριν την τοποθέτησή της αναμειγνύεται έντονα ώστε να εξασφαλισθεί η κατάλληλη διοχέτευση του αέρα μέσα στον όγκο και να αποφευχθούν ανομοιομορφίες κατά τη διεργασία. Η συχνότητα ανάμειξης προσαρμόζεται ανάλογα τις συνθήκες και μειώνεται σταδιακά με το χρόνο. Ουσιαστικά η διαδικασία γίνεται με τη βοήθεια μηχανολογικού εξοπλισμού, ωστόσο σε ορισμένα στάδια είναι αναπόφευκτη η χειρονακτική εργασία. Ανασταλτικός παράγοντας για την εφαρμογή της μεθόδου είναι το γεγονός ότι για την εφαρμογή της απαιτείται αρκετά μεγάλος διαθέσιμος χώρος. Εναλλακτικά της ανάδευσης μπορεί να πραγματοποιείται παροχή αέρα στην οργανική ύλη διαμέσου διάτρητων αγωγών που τοποθετούνται στη βάση των σειραδίων.

Παράμετροι	Αερόβια επεξεργασία
Μικροοργανισμοί	Βακτήρια, ακτινομύκητες, φύκη
Δημιουργία βιομάζας	50% του αποδομημένου C
Οξυγόνο	5-15%
Υγρασία	40-60%
Θρεπτικά συστατικά	C/N : 20-35/1
Βέλτιστη θερμοκρασία	55-60° C
pH	6-7,5 για τα βακτήρια 5,5-8 για τα φύκη

ΠΙΝΑΚΑΣ 2-3: Τυπικές τιμές παραμέτρων κατά την αερόβια επεξεργασία των απορριμμάτων

Σε ορισμένες περιπτώσεις αντί για διάταξη σε σειράδια εφαρμόζεται η τεχνική των βιοαντιδραστήρων (in - vessel composting). Το υλικό τοποθετείται σε κλειστό χώρο και

με τη βοήθεια αερισμού και μηχανικής ανάμειξης υφίσταται αναερόβια αποσύνθεση. Οι κυριότερες σχεδιαστικές παράμετροι που ελέγχουν την απόδοση της διαδικασίας είναι: 1. η παροχή αέρα (που καθορίζει το ρυθμό οξυγόνωσης) και 2. η θερμοκρασία.

Παράμετροι	Αναερόβια χώνευση
Μικροοργανισμοί	Βακτήρια
Δημιουργία βιομάζας	10% του αποδομημένου C
Οξυγόνο	-
Υγρασία	60-85%
Θρεπτικά συστατικά	C/N : 10-30/1
Βέλτιστη θερμοκρασία	30-60° C
pH	5,3-6,7 για τα βακτήρια 6,6-8 για τα φύκη

ΠΙΝΑΚΑΣ 2-4: Τυπικές τιμές παραμέτρων κατά την αναερόβια χώνευση των απορριμμάτων

Παράγοντες που συμβάλλουν στην υιοθέτηση και ευρεία διάδοση του συστήματος είναι η ελαχιστοποίηση τόσο των οσμών όσο και του χρόνου της διεργασίας καθώς και το γεγονός ότι δεν προκαλείται καμία ουσιαστική περιβαλλοντική όχληση.



ΣΧΗΜΑ 2-5: Τυπική διάταξη κομποστοποίησης με χρήση βιοαντιδραστήρα (μέθοδος Kompostage) [7]

Από τη διεργασία παράγεται:

1. Compost (σε ποσοστό 40–45% του αρχικού όγκου των απορριμμάτων) που μετά από κατάλληλες προσθήκες και ελαφρά επεξεργασία μετατρέπεται σε βελτιωτικό εδάφους
2. Βιοαέριο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί περαιτέρω για παραγωγή ενέργειας
3. Μία ποσότητα υγρού αποβλήτου που συγκεντρώνεται και οδηγείται σε μονάδες επεξεργασίας

Παρακάτω παρουσιάζονται συνοπτικά τα κυριότερα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της κομποστοποίησης [5]:

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Δραστική μείωση του όγκου των αποβλήτων προς υγειονομική ταφή	Αμφίβολη διάθεση του τελικού προϊόντος στην αγορά
Συμπληρωματική λειτουργία προς τις τεχνολογίες της θερμικής επεξεργασίας και της ανακύκλωσης μέσω της απομάκρυνσης της οργανικής ύλης από τα απόβλητα	Εξάρτηση από τις μηχανικές διεργασίες λόγω της ουσιαστικής απουσίας ανθρώπινης παρέμβασης
Παραγωγή του εδαφοβελτιωτικού υλικού	Δυσκολία στην εξασφάλιση χρηματοδότησης από ιδιωτικά κεφάλαια
Αποδοτική λειτουργία ακόμα και σε υψηλά ποσοστά υγρασίας	Εξάρτηση από επιδοτήσεις που θα εξασφαλίσουν την οικονομική βιωσιμότητα της μονάδας
Μείωση των εκπομπών CO ₂ / μεθανίου μέσω της μετατροπής της οργανικής ύλης σε ενέργεια	Εξάρτηση από την ευαισθητοποίηση των πολιτών και τη συμμετοχή τους σε προγράμματα διαλογής στην πηγή
Προσιτό κόστος επένδυσης	
Μικρή απαίτηση σε προσωπικό λόγω της αυτοματοποιημένης κατά κανόνα λειτουργίας	
Δυνατότητα κάλυψης εποχιακών αναγκών στη διαχείριση αποβλήτων (φύλλα, κλαδιά, υπολείμματα από τη συγκομιδή γεωργικών προϊόντων)	
Αποδοτική λειτουργία σε θερμές κλιματολογικές συνθήκες	

2.2.4.2 Παραγωγή βελτιωτικού εδάφους

Η παραγωγή βελτιωτικού εδάφους είναι μία συνεχώς αναπτυσσόμενη τεχνολογία και κατέχει την υψηλότερη θέση όσον αφορά τη μείωση της ποσότητας των υλικών, που διαφορετικά θα έπρεπε να υποστούν κάποια άλλη επεξεργασία ή να καταλήξουν σε κάποιο χώρο υγειονομικής ταφής.

Υπάρχει μία ποικιλία προγραμμάτων παραγωγής βελτιωτικού εδάφους, που κυμαίνονται από απλά οικιακά συστήματα κήπου έως πιο πολύπλοκα συστήματα, που διαχειρίζονται στερεά απορρίμματα οικιακού τύπου. Η παραγωγή βελτιωτικού εδάφους είναι σε θέση να αποδώσει σημαντικές ποσότητες υλικών, που θα προορίζονταν για υγειονομική ταφή.

Οι μονάδες βιοσταθεροποίησης και παραγωγής βελτιωτικού εδάφους γίνονται ολοένα και πιο δημοφιλείς ως τρόπος διαχείρισης απορριμμάτων και η λειτουργία τους μπορεί άμεσα να ωφελήσει τις άλλες εναλλακτικές λύσεις.

Βασική προϋπόθεση για την εξασφάλιση της σωστής λειτουργίας των εγκαταστάσεων είναι ο σωστός σχεδιασμός που λαμβάνει υπ' όψη τις προοπτικές βιωσιμότητας της μονάδας, μια και το παραγόμενο προϊόν (όπως έχει αποδείξει η μέχρι σήμερα πρακτική) παρουσιάζει σχετικά μειωμένες δυνατότητες απορρόφησης από την αγορά. Για το λόγο αυτό η οικονομική και διοικητική αυτοτέλεια πρέπει να έχουν εξασφαλιστεί εκ των προτέρων.

2.3 Θερμική Επεξεργασία

2.3.1 Γενικά

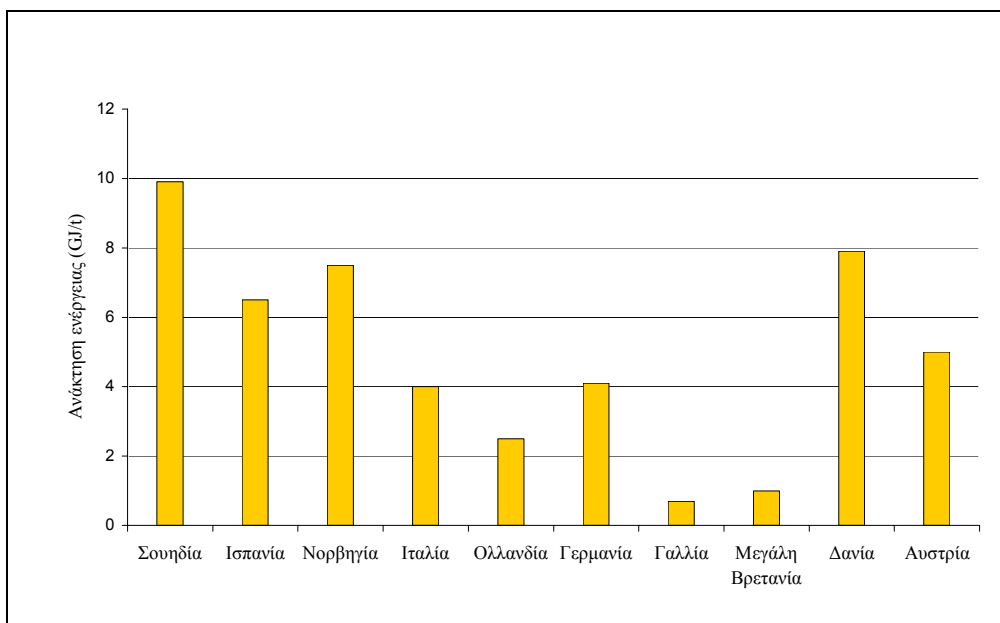
Η θερμική επεξεργασία ως εναλλακτική μέθοδος επεξεργασίας των απορριμμάτων ασκεί σημαντικό ρόλο στη διαχείρισή τους, αφ' ενός επειδή μειώνει τον όγκο των απορριμμάτων προς διάθεση και αφ' ετέρου επειδή παράγει ηλεκτρική ενέργεια. Ενδεικτικά αναφέρεται πως το 1999 η ενέργεια που παρήχθη μέσω της διαδικασίας της θερμικής επεξεργασίας απορριμμάτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση ήταν 43.000 GWh, που αντιστοιχεί σε ποσοστό 1,8% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας.

Καθώς τα διάφορα επιμέρους κλάσματα των απορριμμάτων (χαρτί, πλαστικό, δέρμα, ξύλο, ύφασμα) παρουσιάζουν υψηλή θερμογόνο δύναμη και η διάθεσή τους στους χώρους υγειονομικής ταφής συνεπάγεται απώλεια ενέργειας και περιβαλλοντική επιβάρυνση, οι σύγχρονες τάσεις της διαχείρισης σε παγκόσμιο επίπεδο, κινούνται προς την κατεύθυνση της ανάκτησης ενέργειας.

Στη θερμική επεξεργασία των αποβλήτων ανήκουν ως επί το πλείστον η καύση και η

πυρόλυση. Οι διεργασίες αυτές αφορούν στην επεξεργασία των μη δυνάμενων να χρησιμοποιηθούν αποβλήτων κατά τέτοιο τρόπο ώστε να αδρανοποιηθούν με παράλληλη μείωση του όγκου τους και χρήση της θερμογόνου τιμής τους. Παρά το γεγονός ότι τα απόβλητα δεν αποτελούν μία ιδιαίτερα εύκολη καύσιμη ύλη αν λάβει κανείς υπ' όψη την ανομοιογενή και κυμαινόμενη σύνθεσή τους σε οργανικά και ανόργανα υλικά, η θερμική επεξεργασία είναι μία δοκιμασμένη μέθοδος και εφαρμόζεται κυρίως σε χώρες οι οποίες αντιμετωπίζουν πρόβλημα χώρου. Σκοπός της θερμικής επεξεργασίας είναι η ελάττωση του όγκου των αποβλήτων, η μετατροπή τους σε υλικά μη επιβλαβή για την υγεία και η κατά το δυνατόν εκμετάλλευση της ευρισκόμενης σε αυτά ενέργειας ως θέρμανση, ατμό, ηλεκτρικό ρεύμα, ή καύσιμο υλικό.

Οι πρώτες εγκαταστάσεις καύσης απορριμμάτων κατασκευάστηκαν στο τέλος του 18^{ου} αιώνα, στο Νότιγγαμ της Αγγλίας, στο Αμβούργο της Γερμανίας και στο λιμάνι της Νέας Υόρκης. Κατά την περίοδο 1920 - 1950 υπήρξε μεγάλη ανάπτυξη στο σχεδιασμό συστημάτων καύσης στην Ευρώπη και ΗΠΑ. Σήμερα η καύση κατέχει παγκοσμίως την δεύτερη θέση στην επεξεργασία των αποβλήτων [12].



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2-6: Ανάκτηση ενέργειας από μονάδες θερμικής επεξεργασίας [7]

Οι πρώτες μονάδες θερμικής επεξεργασίας (αποκλειστικά εγκαταστάσεις καύσης) κατασκευάστηκαν στην Ευρώπη πριν 100 χρόνια, ενώ το 1996 παγκοσμίως αριθμούσαν 2.400 εγκαταστάσεις σε λειτουργία και 150 υπό κατασκευή. Εκτιμάται ότι μέχρι το 2005 θα έχουν κατασκευασθεί ακόμη 250 εγκαταστάσεις. Το 1994 στην Ευρώπη

ακολούθησαν τη διαδικασία της καύσης περίπου 33 εκατ. τόνοι οικιακών απορριμμάτων με ενεργειακή αξιοποίηση. [7]

Η απόδοση ενός τέτοιου συστήματος εξαρτάται άμεσα από την ποιότητα της συντήρησης, από τη συνεχή παρακολούθηση των αερίων εκπομπών και το λειτουργικό κόστος, παράγοντες που μπορούν να παρουσιάσουν πολύ μεγάλες διακυμάνσεις ανάλογα με τις εκάστοτε συνθήκες.

Στα πλαίσια της διαχείρισης των απορριμμάτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση η θερμική επεξεργασία χρησιμοποιείται σε ποσοστό 20%, έναντι 70% της υγειονομικής ταφής. Ωστόσο στο μέλλον εκτιμάται πως οι όροι θα αναστραφούν κυρίως για τους εξής λόγους:

1. Συνεχώς μειούμενη διαθεσιμότητα γης
2. Αυξημένη ευαισθησία για την προστασία των υπογείων υδάτων
3. Αυξημένη ευαισθησία για την προστασία της δημόσιας υγείας και των αισθητικών παραμέτρων

Χώρα	Υγειονομική Ταφή	Θερμική Επεξεργασία
Αυστρία	32	16
Βέλγιο	42	35
Δανία	15	56
Φινλανδία	77	2
Γαλλία	60	30
Γερμανία	62	28
Ελλάδα	93	0
Ιρλανδία	100	0
Ιταλία	85	8
Λουξεμβούργο	24	48
Πορτογαλία	86	0
Ισπανία	85	8
Σουηδία	31	39
Ολλανδία	69	20
Ηνωμένο Βασίλειο	85	8
Μ.Ο. Ευρωπαϊκής Ένωσης	71	18

ΠΙΝΑΚΑΣ 2-5: Αριθμός μονάδων θερμικής επεξεργασίας και ΧΥΤΑ στα Κράτη – Μέλη της Ε.Ε. [7]

Οι σημαντικότεροι στόχοι της θερμικής επεξεργασίας είναι [7]:

- Η ελαχιστοποίηση της ποσότητας των αποβλήτων που οδηγούνται στους ΧΥΤΑ

- Η αδρανοποίησή τους (μετατροπή τους σε υλικά λιγότερο επιβλαβή)
- Η εκμετάλλευση της θερμογόνου δύναμης τους προς ανάκτηση ενέργειας (θέρμανση, παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος, καύσιμη ύλη)
- Η μείωση της περιβαλλοντικής ρύπανσης

Τα βασικά πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι τα εξής [7]:

1. Μειώνει τον όγκο των αποβλήτων σε ποσοστό έως και 90%
2. Μειώνει τη μάζα τους σε ποσοστό έως και 70%
3. Μπορεί να σχεδιασθεί τόσο για μικρές όσο και για μεγάλες ποσότητες αποβλήτων
4. Επιτυγχάνει ανάκτηση και αξιοποίηση της παραγόμενης ενέργειας
5. Είναι ανταγωνιστική των συμβατικών καυσίμων (κάρβουνο, αέριο, πετρέλαιο) στην περίπτωση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

Αντίστοιχα ανασταλτικοί παράγοντες για την εφαρμογή της μεθόδου είναι οι εξής [7]:

1. Το υψηλό κόστος κατασκευής και λειτουργίας, που ειδικά για την Ελλάδα ενδέχεται να είναι ως και τρεις φορές υψηλότερο του κόστους για συνδυασμό εγκατάστασης μηχανικού διαχωρισμού, κομποστοποίησης και χώρου εδαφικής διάθεσης υπολειμμάτων [1].
2. Η περίπλοκη τεχνολογία και η άμεση εξάρτηση από τον προμηθευτή
3. Η ανάγκη απασχόλησης εξειδικευμένου προσωπικού
4. Η μη άμεση αξιοποίηση υλικών από τα απόβλητα
5. Η εξάρτηση από τη σύνθεση και τα χαρακτηριστικά των αποβλήτων (τα οποία ειδικά στην Ελλάδα διακρίνονται από έντονη εποχικότητα)
6. Η δυσκολία αξιοποίησης της παραγόμενης θερμότητας (ιδίως σε μικρές εγκαταστάσεις)
7. Η χρήση δαπανηρών συστημάτων ελέγχου και παρακολούθησης της προκαλούμενης ατμοσφαιρικής ρύπανσης
8. Οι εκπομπές επικίνδυνων ρύπων μέσω των καυσαερίων

Οι μονάδες θερμικής επεξεργασίας είναι ιδιαίτερα σύνθετες, έχουν ανάγκη συνεχούς και υψηλού επιπέδου συντήρησης και λειτουργούν μόνο με την προϋπόθεση της πλήρους διοικητικής, οργανωτικής και οικονομικής κάλυψης. Συγχρόνως σε κάθε περίπτωση θα

πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψη οι εκάστοτε ιδιαιτερότητες που αφορούν στη σύνθεση των απορριμμάτων, στις τεχνολογικές δυνατότητες καθώς και στις απαιτήσεις της νομοθεσίας.

Μπορεί να γίνει διάκριση των εξής κατηγοριών:

1. Συμβατική καύση (combustion)
2. Αεροποίηση (gasification)
3. Πυρόλυση (pyrolysis)

Η σύσταση και οι ποσότητες των εκπομπών και των υπολειμμάτων από την θερμική επεξεργασία εξαρτώνται από:

- α) Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των αποβλήτων και από την ύπαρξη ή την απουσία προεπεξεργασίας
- β) Τη χρησιμοποιούμενη τεχνολογία
- γ) Τις λειτουργικές συνθήκες της εγκατάστασης.

2.3.2 Τα απόβλητα ως καύσιμη ύλη

Η μάζα των αποβλήτων διακρίνεται από μεγάλη ανομοιογένεια και διακύμανση της αναλογίας σε οργανικά και ανόργανα συστατικά. Το γεγονός αυτό αποτελεί παράγοντα δυσκολίας για το σχεδιασμό και τη λειτουργία μίας εγκατάστασης θερμικής επεξεργασίας, για τον υπολογισμό του ισοζυγίου μάζας - ενέργειας και των εκπομπών της μονάδας. Οι βασικότερες ιδιότητες των αποβλήτων που επηρεάζουν την συμπεριφορά τους στην καύση είναι:

- Η ανώτερη και η κατώτερη θερμογόνος δύναμη
- Η περιεκτικότητα σε υγρασία (% κ.β.)
- Η περιεκτικότητα σε στάχτη (% κ.β.)
- Οι πτητικές ύλες (% κ.β.)

Υλικά	% κ.β.	Κατώτερη θερμογόνος δύναμη (kcal/kg)	Ενέργεια (kcal)/100kg αποβλήτων	Συμμετοχή στην ενέργεια (%)
Χαρτί	20	3960	79300	32,3
Πλαστικά	8,5	7700	65450	26,7
Ζυμώσιμα	49	1100	53900	22,0
Γυαλί	4,5	33	748	0
Μέταλλα	4,5	165	742	0
Δέρμα-Ξύλο- Υφάσματα- Ελαστικά	3	4400	13200	5,4
Αδρανή	5	30	150	0
Λοιπά	5,5	5570	31735	12,9

ΠΙΝΑΚΑΣ 2-6: Ενεργειακό περιεχόμενο υλικών [7]

Οι βασικές παράμετροι που επηρεάζουν τη διαδικασία της θερμικής επεξεργασίας αφορούν κατά κύριο λόγο στα επιμέρους χαρακτηριστικά των απορριμμάτων και είναι οι εξής:

- η ομοιογένεια
- το μέγεθος των κόκκων ή τεμαχίων, η κατανομή και η ειδική επιφάνειά τους
- η θερμική αγωγιμότητα
- η θερμογόνος τιμή της καύσιμης ύλης
- η θερμοκρασία ανάφλεξης
- το ειδικό βάρος
- η δυνατότητα αποθήκευσης
- η ποσοτική σύνθεση της υπό καύση ύλης.
- η περιεκτικότητα σε πτητικά
- η τήξη της στάχτης

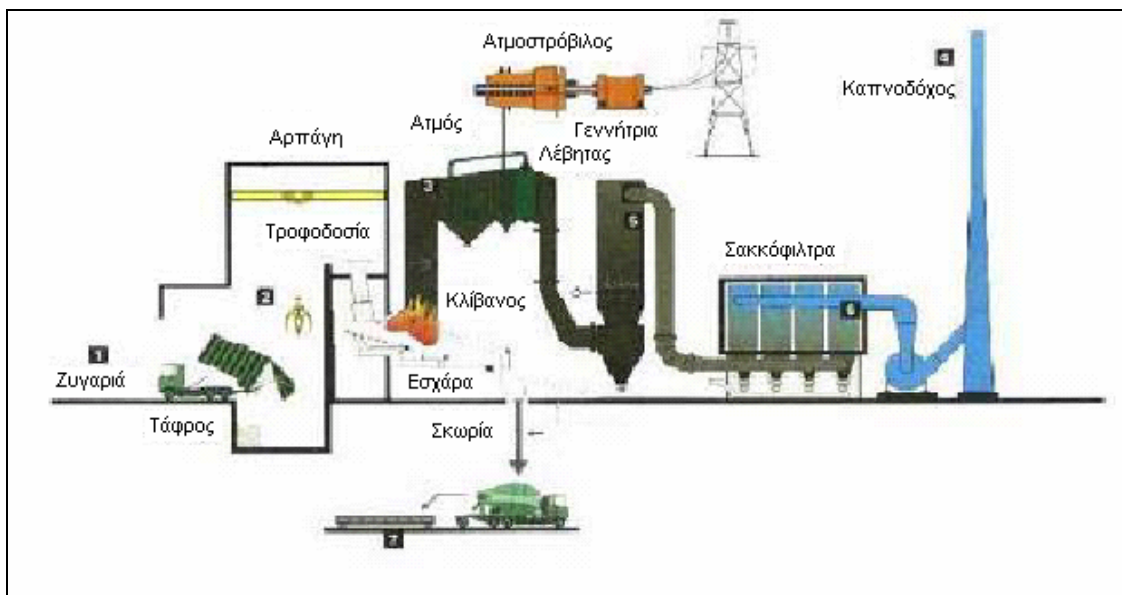
2.3.3 Καύση

2.3.3.1 Γενικά

Οι μονάδες καύσης είναι πλήρεις βιομηχανικές εγκαταστάσεις που απαρτίζονται από τα

εξής τμήματα:

- Χώρος αποθήκευσης αποβλήτων
- Τροφοδοσία
- Εστία καύσης
- Μονάδα αξιοποίησης θερμότητας
- Τμήμα ελέγχου αέριας ρύπανσης
- Μονάδα επεξεργασίας υπολειμμάτων



ΣΧΗΜΑ 2-7: Τυπική μονάδα καύσης [7]

Η ανάκτηση ενέργειας πραγματοποιείται με τη βοήθεια λέβητα, που τοποθετείται αμέσως μετά τον θάλαμο της καύσης ή ενσωματώνεται με την εξάτμισή του. Ο λέβητας χρησιμοποιεί ανακυκλούμενο νερό για να ανακτήσει την θερμότητα από τα αέρια της θερμικής επεξεργασίας σε μορφή ατμού ή ζεστού νερού.

Η διαδικασία της καύσης υποδιαιρείται στα παρακάτω στάδια:

1. Ξήρανση
2. Θέρμανση
3. Απαγωγή των πτητικών ουσιών από το καύσιμο υλικό
4. Ανάφλεξη και οξείδωση των πτητικών ουσιών

5. Καύση του στερεού άνθρακα παρουσία οξυγόνου

Οι προϋποθέσεις για την εύρυθμη και αποδοτική λειτουργία μιας μονάδας καύσης συνοψίζονται στα εξής:

- Επαρκής ποσότητα καύσιμου υλικού και οξειδωτικού μέσου (O_2) στην εστία καύσης
- Επαρκής θερμοκρασία ανάφλεξης
- Σωστή αναλογία του μίγματος καύσιμης ύλης - οξυγόνου
- Συνεχής απομάκρυνση των παραγόμενων κατά την καύση αερίων
- Συνεχής απομάκρυνση των υπολειμμάτων της καύσης

Παρακάτω παρουσιάζονται οι συχνότερα εφαρμοζόμενες τεχνολογίες καύσης των αποβλήτων:

1. Κλίβανος με εσχάρες
2. Περιστροφικός κλίβανος
3. Ρευστοποιημένη κλίνη

2.3.3.2 Κλίβανος με εσχάρες

Οι αποτεφρωτήρες αυτού του τύπου έχουν ένα σύστημα εσχάρων στον κλίβανο και χρησιμοποιούνται ευρύτατα για την καύση στερεών αποβλήτων. Εκτελούν μαζική καύση (mass burn), η οποία απαιτεί πολύ μικρή προεπεξεργασία και εφαρμόζονται σε εγκαταστάσεις μεγάλης κλίμακας (από 50 ως άνω των 2000 τόνων ανά ημέρα) που συνήθως έχουν συνεχή τροφοδοσία. Η θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 750 και 1000°C. Ο αέρας για την καύση παρέχεται με φυσητήρες από το άνω ή το κάτω τμήμα των εσχάρων.

Οι κύριες λειτουργίες των εσχάρων είναι η μεταφορά των αποβλήτων από το δοσομετρικό σύστημα (τροφοδοσία) στο σύστημα απομάκρυνσης της σκωρίας, η ομοιογενής παροχή του πρωτογενούς αέρα, η αναμόχλευση της φωτιάς στη ζώνη καύσιμης ύλης και η μεταφορά της στάχτης. Ο πρωτογενής αέρας ο οποίος εισέρχεται από τις εσχάρες αποτελεί το 40 - 60% του ολικού απαιτούμενου αέρα σε μια μονάδα. Παράλληλα αυτός ο αέρας ψύχει και τις εσχάρες. Η ομοιογενής παροχή του επιτυγχάνεται με τις απώλειες της πίεσης των διαφόρων συστημάτων.

Οι εσχάρες μπορεί να είναι σταθερές ή κινητές. Οι κινητές εσχάρες αποσκοπούν στη

αύξηση της ανάμιξης και της παροχής του αέρα στη μάζα των αποβλήτων για να επιτευχθεί μία περισσότερο πλήρης καύση. Η μεγάλη περίσσεια αέρα (της τάξης του 100%) που απαιτείται για την αποδοτική καύση των αποβλήτων σε αυτούς τους κλιβάνους έχει δύο βασικά μειονεκτήματα, αφ' ενός την απώλεια ενέργειας στην καμινάδα με την έξοδο των αερίων και αφ' ετέρου την ανάγκη για ένα λέβητα μεγαλύτερου όγκου για να κατακρατά τον επιπλέον όγκο των αερίων.

Τα κυριότερα είδη εσχάρων είναι:

1. Ατέρμονη εσχάρα (λειτουργεί όπως μία μεταφορική ταινία, πάνω στην οποία τα απόβλητα καίγονται χωρίς να υπόκεινται ανάδευση)
2. Εσχάρα πρόωσης (μια σειρά από εσχάρια τοποθετούνται το ένα πάνω στο άλλο και προωθούν με παλινδρομικές κινήσεις τα απόβλητα)
3. Εσχάρα αντώσεως (μια σειρά από εναλλάξ τοποθετημένα κινητά και ακίνητα εσχάρια διασφαλίζουν τη συνεχή κίνηση και την ισχυρή ανάδευση των αποβλήτων)
4. Κυλινδρική εσχάρα (μια σειρά από κύλινδροι τοποθετούνται σε σειρά και λειτουργώντας ανεξάρτητα υποβοηθούν την ανάδευση των αποβλήτων)

2.3.3.3 Περιστροφικός κλίβανος

Οι αποτεφρωτήρες αποβλήτων με περιστροφικό κλίβανο δεν είναι τόσο διαδεδομένοι για την μαζική καύση των αποβλήτων στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης αλλά χρησιμοποιούνται κυρίως για την καύση των επικινδύνων αποβλήτων.

Η αρχή λειτουργίας αυτού του τύπου κλιβάνων αφορά στην περιστροφή των αποβλήτων σε ένα κυλινδρικό κλίβανο με σκοπό τη βελτιστοποίηση της ανάμιξης και την εξασφάλιση ομοιόμορφης καύσης. Η θερμοκρασία κυμαίνεται αρχικά μεταξύ των 800 και 1000° C και από 850 ως 1200° C στο θάλαμο μετάκαυσης.

2.3.3.4 Ρευστοποιημένη κλίνη

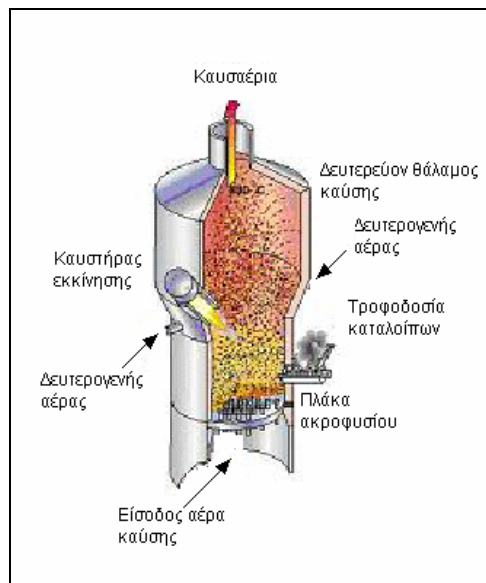
Η ρευστοποιημένη κλίνη χαρακτηρίζεται από γρήγορη, συνεχή και εναλλασσόμενη στο χώρο κίνηση των σωματιδίων. Η θερμική επεξεργασία των αποβλήτων με τη μέθοδο της ρευστοποιημένης κλίνης αναπτύχθηκε σε μεγάλο βαθμό τα τελευταία 20 χρόνια. Ιδιαίτερη πρόοδο στη μέθοδο αυτή έχουν η Ιαπωνία και οι Σκανδιναβικές χώρες. Ένας από τους σπουδαιότερους λόγους προτίμησης αυτής της μεθόδου είναι ο έλεγχος του αποτεφρωτήρα ως προς την αντίδραση καύσης, τη λειτουργία και την πιθανή ρύπανση. Επίσης η ρευστοποιημένη κλίνη παρουσιάζει πλεονέκτημα ως προς τις τρεις βασικές παραμέτρους ‘χώρος - χρόνος – όφελος’.

Στην περίπτωση αυτή η επεξεργασία βασίζεται στη χρήση μίας κλίνης άμμου που διατηρείται σε ρευστή κατάσταση με την παροχή θερμού αέρα από κάτω προς τα πάνω. Ο αέρας αυτός χρησιμοποιείται και σαν αέρας πρωτοβάθμιας καύσης.

Η τυπική θερμοκρασία λειτουργίας κυμαίνεται μεταξύ 750 και 1000° C.

Στην Ευρώπη για την καύση των αποβλήτων χρησιμοποιούνται δύο τύποι ρευστοποιημένης κλίνης:

1. Σταθερή ρευστοποιημένη κλίνη, στην οποία η ταχύτητα του αέρα διατηρείται κοντά στην οριακή τιμή πάνω από την οποία το υλικό της κλίνης μετατοπίζεται
2. Περιστροφική ρευστοποιημένη κλίνη, στην οποία η ταχύτητα του αέρα είναι τόσο μεγάλη ώστε παρασύρει μέρος του υλικού της κλίνης το οποίο στη συνέχεια κατακρατείται και επιστρέφει στην επιφάνεια της κλίνης.



ΣΧΗΜΑ 2-9: Τυπική διάταξη καύσης με ρευστοποιημένη κλίνη [7]

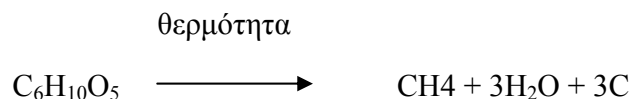
Σημαντικό πλεονέκτημα της ρευστοποιημένης κλίνης είναι η δυνατότητα διατήρησης ομοιόμορφης θερμοκρασίας στον κλίβανο.

2.3.4 Πυρόλυση

Πυρόλυση ονομάζεται η θερμική διάσπαση των οργανικών απουσία ή με ελάχιστη την παρουσία ελεύθερου οξυγόνου. Πρόκειται για μία θερμική φυσικοχημική διαδικασία που λαμβάνει χώρα απουσία οξυγόνου και δεν επιτυγχάνει πλήρη οξείδωση των αποβλήτων.

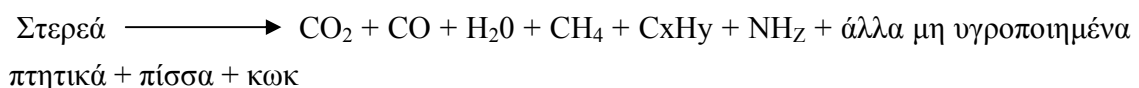
Η μετατροπή των απορριμμάτων είναι ένα πολύπλοκο φαινόμενο και περιλαμβάνει πολλαπλές φυσικές και χημικές διαδικασίες. Κατά την πυρόλυση των αποβλήτων παράγονται ως προϊόντα κωκ, καύσιμη ύλη, αέριο και νερό. Η ποσότητα και ποιότητα αυτών των προϊόντων εξαρτώνται από την πρώτη ύλη (απόβλητα), τον αντιδραστήρα και τις συνθήκες λειτουργίας της εγκατάστασης.

Στη πυρόλυση κύριο λόγο έχουν τα οργανικά υλικά, το ποσοστό των οποίων στα οικιακά απορρίμματα κυμαίνεται μεταξύ 50% και 60% (χαρτί, υπολείμματα κουζίνας, δέρμα, υφάσματα, ξύλο). Το μεγαλύτερο μέρος των υλικών τα οποία περιέχουν άνθρακα αποτελείται από κυτταρίνη. Δεδομένου ότι ο εμπειρικός τύπος των απορριμμάτων είναι $(C_6H_{10}O_5)_n$, η ενδόθερμη αντίδραση της πυρόλυσης είναι η εξής:



δηλαδή παράγεται ένα μίγμα αερίου το οποίο περιέχει μεθάνιο, μονοξείδιο του άνθρακα και υγρασία. Τα δυο πρώτα αέρια καίγονται. Σ' αυτή την ιδανική αντίδραση δεν προστίθεται οξυγόνο.

Τυπικά η πυρόλυση των οξυγονωμένων υδρογονανθράκων σε στερεά μορφή είναι η ακόλουθη:



Η πίσσα περιέχει πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες, ενώ το κωκ δεν αποτελείται από καθαρό άνθρακα αλλά περιέχει και υδρογόνο και οξυγόνο. Οι περισσότερες οργανικές ουσίες στα απορρίμματα πυρολύονται κατά 75 - 90% σε πτητικά και 10 - 25% σε κωκ. Λόγω όμως της παρουσίας υγρασίας και ανόργανων ουσιών, η ποσότητα των πτητικών κυμαίνεται από 60 - 70% και του κωκ από 30 - 40%.

Στην πυρόλυση η οργανική ύλη αποσυντίθεται με εξωτερική θερμότητα (θερμοκρασίες

450 - 750°C). Στις σύγχρονες εγκαταστάσεις περίπου 10% της παραγόμενης ενέργειας από την πυρόλυση επαναχρησιμοποιείται παρέχοντας την απαιτούμενη θερμότητα.

Τα παραγόμενα προϊόντα είναι κωκ, καύσιμη ύλη, αέριο και νερό. Η ποσότητα και ποιότητα αυτών των προϊόντων εξαρτώνται άμεσα από την πρώτη ύλη (απορρίμματα), τον αντιδραστήρα και τις συνθήκες λειτουργίας της εγκατάστασης, ενώ η σύνθεσή τους εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη θερμοκρασία της αντίδρασης, την πίεση και την παροχή αέρα στον αντιδραστήρα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να παρουσιάζονται σημαντικές διακυμάνσεις ανάλογα με τις εκάστοτε επικρατούσες συνθήκες.

Η πυρόλυση διαφοροποιείται από την καύση αποβλήτων σε δύο παράγοντες:

1. Τη θερμοκρασία λειτουργίας, που στην πυρόλυση είναι χαμηλότερη
2. Την απαιτούμενη ποσότητα οξυγόνου, που για την πυρόλυση είναι κατά πολύ μικρότερη απ' ό,τι για την καύση

Τα φαινόμενα, που λαμβάνουν χώρα κατά την πυρόλυση είναι :

1. Ξήρανση στους 100 - 200° C
2. Διάσπαση της οξείδωσης, αποθείωση, πρώτη φάση διάσπασης του υδρόθειου και του διοξειδίου του άνθρακα στους 250° C
3. Διάσπαση των συνδέσμων των αλιφατικών ενώσεων στους 340° C
4. Εμπλουτισμός του υλικού σε άνθρακα στους 380° C
5. Διάσπαση των δεσμών άνθρακα - οξυγόνου και άνθρακα - αζώτου στους 400° C.
6. Μετατροπή των πισσασφαλτούχων υλικών σε καύσιμη ύλη και πίσσα στους 400 ως 600° C
7. Σχάση των πισσασφαλτούχων υλικών σε υλικά ανθεκτικά στη θερμότητα.
8. Δημιουργία αρωματικών ενώσεων στους 600° C
9. Θερμική δημιουργία σε βενζόλιο και άλλες αρωματικές ενώσεις, αφυδρογόνωση του βουταδιενίου κ.ά.

2.3.5 Αεροποίηση

Αεροποίηση είναι η θερμική αποικοδόμηση της οργανικής ύλης παρουσία μικρής ποσότητας οξυγόνου. Η αεριοποίηση έχει εφαρμοστεί εδώ και χρόνια στην κατεργασία της βιομάζας, ενώ πρόσφατα εφαρμόζεται με σημαντική επιτυχία και για την

επεξεργασία αστικών στερεών απορριμμάτων. Η διαφορά της πυρόλυσης από την αεριοποίηση έγκειται στο γεγονός ότι στην αεριοποίηση τροφοδοτείται πρόσθετο καύσιμο αέριο για την επιπλέον μετατροπή των οργανικών υπολειμμάτων σε αέρια προϊόντα. Πρόκειται θεωρητικά για το επόμενο στάδιο της πυρόλυσης, στην οποία το υπολειμματικό κωκ οξειδώνεται σε θερμοκρασία άνω των 800° C και χωρίς στοιχειομετρική αναλογία οξυγόνου. Μπορεί να αποτελέσει είτε τμήμα είτε το σύνολο της θερμικής επεξεργασίας των απορριμμάτων. Ως μέσο αεριοποίησης χρησιμοποιείται ατμός, CO₂, O₂ ή αέρας.

Έχουν γίνει αρκετές προσπάθειες αξιοποίησης του παραγόμενου αερίου, αλλά έχει αποδειχθεί ότι η οικονομικά πιο πρόσφορη λύση είναι η καύση του σε παραπλήσια μονάδα. Αντίθετα, το στερεό υπόλειμμα που προκύπτει είναι υαλώδους μορφής και βρίσκει πολλές εφαρμογές ως πρώτη ύλη στην επίστρωση δρόμων [8].

2.3.6 Σύγκριση πυρόλυσης και αεριοποίησης με καύση

Αν οι διεργασίες πυρόλυσης και αεριοποίησης συγκριθούν με την τυπική διαδικασία της καύσης διακρίνονται από σχετικά μικρότερο κόστος επένδυσης, ενώ λόγω της δυνατότητάς τους για ανάκτηση ενέργειας είναι δυνατό να επιδοτηθούν από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Είναι περισσότερο λειτουργικές καθώς μπορούν να εφαρμοστούν σε μικρότερη κλίμακα, γεγονός που επιδρά θετικά και στις αισθητικές παραμέτρους μια και στεγάζονται σε μικρότερες κτιριακές εγκαταστάσεις με χαμηλότερες καμινάδες. Τέλος, πρόκειται για τεχνολογίες αιχμής που συνδυάζουν την ικανοποιητική απόδοση με την περιβαλλοντική προστασία, με αποτέλεσμα να αντιμετωπίζονται με ευμένεια από την κοινή γνώμη.

Ωστόσο, δεν έχουν ακόμα εφαρμοστεί ευρέως, σε αντίθεση με την καύση που αποτελεί δοκιμασμένη τεχνολογία με σαφή αποτελέσματα. Απόρροια αυτού είναι και το αβέβαιο λειτουργικό τους κόστος σε βάθος χρόνου καθώς και το γεγονός ότι οι εταιρείες που μέχρι σήμερα δραστηριοποιούνται στον τομέα είναι μικρής εμβέλειας και ενίοτε αμφίβολης αξιοπιστίας.

2.3.7 Άλλες μέθοδοι θερμικής επεξεργασίας

1. Υδρογόνωση: είναι η αντικατάσταση υλικών π.χ. άνθρακα και χημικών μακρομορίων με υδρογόνο, υπό πίεση και με αύξηση της θερμοκρασίας παρουσία υδρογόνου, οπότε τα μακρομόρια διασπώνται σε μικρότερα μόρια.

2. Εξαερίωση: αποτελεί μία μέθοδο περισσότερο βιομηχανική παρά επεξεργασίας, με την οποία παράγονται προϊόντα φιλικά προς το περιβάλλον, αν και οι χρησιμοποιούμενες δευτερογενείς πρώτες ύλες χαρακτηρίζονται ενίοτε ως 'επικίνδυνα απόβλητα'. Η διαδικασία της εξαερίωσης περιλαμβάνει την ατελή καύση ανθρακούχων καυσίμων και τη δημιουργία αερίου καυσίμου, πλούσιου σε μονοξείδιο του άνθρακα, υδρογόνο και κορεσμένους υδρογονάνθρακες.
3. Θερμόλυση: κατά τη μέθοδο αυτή παράγεται ανθρακούχο υπόλειμμα με την εμπορική ονομασία carbor. Είναι παρόμοια με την επεξεργασία cracking (διύλισης) που χρησιμοποιείται στα διυλιστήρια για την παραγωγή διαφόρων κλασμάτων του αργού πετρελαίου. Η τεχνική αυτή ανταποκρίνεται στις ανάγκες περιοχών με μικρό πληθυσμό και τουριστικών περιοχών με έντονη διακύμανση του πληθυσμού.
4. Συνδυασμός πυρόλυσης - εξαερίωσης (π.χ. μέθοδος Noell)
5. Συνδυασμός πυρόλυσης - καύσης (π.χ. μέθοδος RCP)

2.3.8 Καύση RDF (Refuse Derived Fuel)

Η ανάκτηση χρήσιμων υλικών από τα απορρίμματα έχει μεγάλη εξέλιξη τα τελευταία χρόνια σε όλο τον κόσμο. Επιτυγχάνεται είτε με διαλογή στη πηγή είτε με μηχανική επεξεργασία. Σήμερα λειτουργούν και στην Ευρώπη πολλές μονάδες μηχανικής διαλογής. Ένα από τα βασικά προϊόντα ανάκτησης είναι και το RDF (Refuse Derived Fuel).

Για την ανάπτυξη ενός συστήματος παραγωγής RDF απαιτούνται τα εξής:

- Ανάλυση της σύνθεσης των απορριμμάτων και της αγοράς για την ενεργειακή αξιοποίηση του RDF
- Ανάλυση της δυνατότητας συλλογής και μεταφοράς
- Επιλογή μεθοδολογίας παραγωγής
- Λεπτομερής χαρακτηρισμός των ομάδων υλικών (χαρτί, πλαστικό κ.λπ.)
- Επιλογή κατάλληλου μηχανολογικού εξοπλισμού για κάθε διαδικασία (π.χ τεμαχισμός)
- Ανάπτυξη πλήρους διαδικασίας με τα λεπτομερή στοιχεία (π.χ μέγεθος τεμαχίων)

Συνήθως το RDF αποτελείται κατά 65 - 85% κ.β. από χαρτί και χαρτόνι, 10 - 13% από πλαστικό και 4 - 13% από διάφορα αδρανή υλικά. Η ποιότητά του εξαρτάται από την περιεκτικότητα του χαρτιού και πλαστικού στα απόβλητα. Η θερμογόνο τιμή είναι

διπλάσια των οικιακών απορριμμάτων και κυμαίνεται από 12 - 20MJ/Kg.

Η καύση του μπορεί να γίνει σε εσχάρες, περιστροφικούς κλιβάνους ή και με χρήση ρευστοποιημένης κλίνης.

Σημαντικά κριτήρια για τη χρήση του RDF είναι τα εξής [12]:

1. Αρκετά υψηλή και ομοιόμορφη θερμογόνος τιμή
2. Χαμηλή περιεκτικότητα σε νερό
3. Χαμηλή περιεκτικότητα σε αδρανή υλικά, άρα χαμηλή περιεκτικότητα σε στάχτη
4. Όσο το δυνατόν χαμηλότερη περιεκτικότητα σε βλαβερές ουσίες
5. Ομογενοποιημένη σύνθεση, κατά το δυνατό σταθερό μέγεθος και κατανομή τεμαχίων
6. Ικανότητα αποθήκευσης του για αρκετούς μήνες χωρίς βιολογική αποδόμηση και αλλαγή της δομής του
7. Καλή ικανότητα μεταφοράς
8. Δυνατότητα καύσης του σε υπάρχοντα συστήματα καύσης

2.3.9 Η οικονομική παράμετρος της θερμικής επεξεργασίας

Η θερμική επεξεργασία ίσως αποτελεί τη δυσκολότερη περίπτωση κοστολόγησης από όλες τις τεχνολογίες διαχείρισης των στερεών αποβλήτων, λόγω του ότι δεν έχει δοκιμαστεί υπό όλες τις τοπικές ιδιαιτερότητες αλλά και επειδή εξελίσσεται συνεχώς από άποψη τεχνολογίας.

Οι μεγάλες διακυμάνσεις που παρατηρούνται από χώρα σε χώρα και μεταξύ διαφόρων τεχνολογιών εξαρτώνται από [5]:

- το μέγεθος της εγκατάστασης
- τα περιβαλλοντικά πρότυπα που επιβάλλονται
- την τεχνολογία που χρησιμοποιείται
- το εισόδημα που δημιουργείται από τις πωλήσεις της ενέργειας και των ανακυκλώσιμων υλικών

Η απαίτηση για αυστηρότερο έλεγχο των εκπομπών από τις μονάδες καύσης έχει οδηγήσει σε σημαντική αύξηση του κόστους των έργων αυτών. Στις πλέον σύγχρονες

εγκαταστάσεις των βόρειων ευρωπαϊκών χωρών το κύριο μέρος της επένδυσης αφορά την επεξεργασία των εκπομπών αερίων και συγκεκριμένα το 1/3 αντιστοιχεί στον κλίβανο και στο λέβητα και τα 2/3 στην επεξεργασία των αερίων εκπομπών. Αντίθετα, σε χώρες όπως το Ηνωμένο Βασίλειο, Γαλλία ή Ισπανία το κόστος των μονάδων επεξεργασίας εμφανίζεται περίπου να είναι το 1/5 του κόστους του κλιβάνου.

2.4 Εδαφική διάθεση

2.4.1 Γενικά

Η εδαφική διάθεση αποτελεί τον παλιότερο και πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο τρόπο αντιμετώπισης του προβλήματος των στερεών αποβλήτων. Στις παλιότερες κοινωνίες τα υπολείμματα της παραγωγής και της κατανάλωσης αγαθών ήταν ένα μέρος του βιολογικού κύκλου της φύσης. Η ανεξέλεγκτη διάθεση των απορριμμάτων ήταν μία ιδανική λύση αφού η φύση είχε τη δυνατότητα να τα ανακυκλώνει. Αντίθετα στις σημερινές κοινωνίες η κατάσταση έχει μεταβληθεί δραματικά. Οι ποσότητες των απορριμμάτων αλλά και η ποιοτική τους σύσταση, έχουν ξεπεράσει τις ικανότητες της φύσης για αυτοκαθαρισμό, με αποτέλεσμα την ανατροπή της οικολογικής ισορροπίας [7].

Οι κυριότερες μορφές εδαφικής διάθεσης είναι οι εξής:

1. Ανεξέλεγκτη διάθεση - απόρριψη.

Πρόκειται για τη διάθεση αποβλήτων (συνήθως από μικρούς δήμους και κοινότητες) σε συγκεκριμένους χώρους, χωρίς να λαμβάνεται κανένα μέτρο υγειονομικής ταφής. Μπορούν να διακριθούν οι εξής υποπεριπτώσεις:

- Διάθεση-απόρριψη αστικών αποβλήτων, ογκωδών αντικειμένων ή υλικών κατεδαφίσεων από ιδιώτες κοντά σε χώρους υγειονομικής ταφής
- Διάθεση-απόρριψη βιομηχανικών αποβλήτων σε ανεξέλεγκτους χώρους
- Εγκατάλειψη απορριμμάτων από εκδρομείς

Συχνά παρατηρείται και το φαινόμενο της ανεξέλεγκτης καύσης, χωρίς να λαμβάνεται κανένα μέτρο για τον κίνδυνο πυρκαγιάς και για τη ρύπανση του περιβάλλοντος.

2. Ημιελεγχόμενη διάθεση

Αφορά στη δημιουργία κάποιου χώρου διάθεσης, στον οποίο γίνεται μία τυπική επικάλυψη των αποβλήτων και τηρούνται κάποια στοιχειώδη μέτρα ελέγχου. Ποιοτικά η

ημιελεγχόμενη διάθεση βρίσκεται μεταξύ ανεξέλεγκτης και ελεγχόμενης. Τα περιβαλλοντικά προβλήματα και οι κίνδυνοι που ανακύπτουν με την ανεξέλεγκτη διάθεση εμφανίζονται και στην περίπτωση της ημιελεγχόμενης, με μικρότερη ωστόσο οξύτητα.

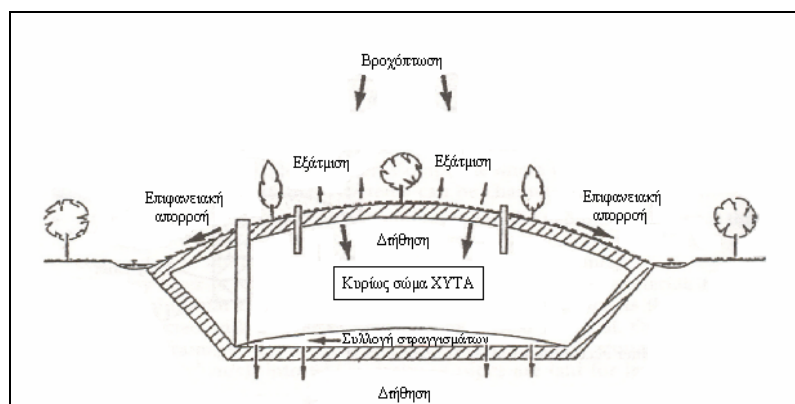
3. Υγειονομική ταφή (ελεγχόμενη διάθεση):

Είναι η πλέον ικανοποιητική και εγκεκριμένη λύση διάθεσης των στερεών αποβλήτων, σύμφωνη με τις παγκόσμιες προδιαγραφές προστασίας της ανθρώπινης υγείας και του περιβάλλοντος και με τη νομοθεσία. Παρακάτω αναλύεται διεξοδικά ως μέθοδος, τόσο από τη διαχειριστική όσο και από την καθαρά τεχνολογική σκοπιά.

Πρόκειται για την πιο συχνά εφαρμοζόμενη μέθοδο διάθεσης και επεξεργασίας των αποβλήτων μαζί με την θερμική επεξεργασία και τη βιοσταθεροποίηση. Αποτελεί συμπλήρωμα κάθε μεθόδου διάθεσης, επειδή σε όλες υπάρχουν κατάλοιπα για ταφή (π.χ. τέφρα, αδρανή υλικά κ.λπ.). Συνεπώς η υγειονομική ταφή δεν είναι απλά μία εναλλακτική τεχνική διάθεσης στερεών αποβλήτων, αλλά αποτελεί αναπόσπαστο στάδιο της συνολικής διαχείρισής τους.

Οι διαφορές που υπάρχουν στην εφαρμογή των διαφόρων μεθόδων μεταξύ των χωρών οφείλονται σε διαφορετικές πολιτικές και οικονομικές επιλογές, αλλά και σε αντικειμενικούς παράγοντες (πληθυσμιακή πυκνότητα, κλιματικές συνθήκες κλπ).

Η υγειονομική ταφή είναι ουσιαστικά η διαδικασία κατά την οποία τα απόβλητα που πρόκειται να διατεθούν τοποθετούνται σε στρώσεις ύψους 2-3 μέτρων, συμπιέζονται και καλύπτονται με κατάλληλο αδρανές υλικό στο τέλος της καθημερινής λειτουργίας του χώρου. Όταν ο ΧΥΤΑ φθάσει στην τελική του χωρητικότητα, τοποθετείται μια τελική στρώση αδρανούς υλικού πάχους 0,60 m περίπου και μετά στρώμα χώματος κατάλληλο για δενδροφύτευση, ώστε να αποκατασταθεί τελικά το τοπίο.



ΣΧΗΜΑ 2-10: Σχηματική απεικόνιση ΧΥΤΑ μετά την αποκατάστασή του [10]

Οι χώροι υγειονομικής ταφής δεν πρέπει να συγχέονται με τους χώρους ανεξέλεγκτης απόρριψης, φαινόμενο ιδιαίτερα συχνό στην Ελλάδα, οι οποίοι αποτελούν εστίες ρύπανσης του περιβάλλοντός και πηγές ανάφλεξης. Αντίθετα η υγειονομική ταφή είναι, όχι απλώς μία περιβαλλοντικά αποδεκτή μέθοδος διάθεσης, αλλά επίσης ένας τρόπος για την αξιοποίηση άχρηστων χώρων και για την περιβαλλοντική τους αποκατάσταση σε βάθος χρόνου. Ο σχεδιασμός και η λειτουργία ενός χώρου υγειονομικής ταφής προϋποθέτει την εφαρμογή μιας σειράς επιστημονικών, τεχνικών και οικονομικών αρχών.

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα της υγειονομικής ταφής σε σχέση με τις άλλες μεθόδους διάθεσης τα οποία την επέβαλαν σαν την πιο διαδεδομένη μέθοδο διεθνώς, είναι τα ακόλουθα:

1. Είναι μία μέθοδος τεχνικά απλή και αποτελεσματική ενώ η εφαρμογή της δεν απαιτεί εξειδικευμένες γνώσεις. Ο σχετικός μηχανολογικός εξοπλισμός είναι απλός και εύχρηστος, ανθεκτικός, με ευχέρεια επισκευής και προμήθειας ανταλλακτικών.
2. Ο έλεγχος της καλής λειτουργίας του χώρου υγειονομικής ταφής από τις δημοτικές αρχές και το κοινό γίνεται χωρίς ιδιαίτερες δυσκολία.
3. Έχει σχετικά χαμηλό επενδυτικό και λειτουργικό κόστος.
4. Είναι λειτουργική μέθοδος δεδομένου ότι:
 - Ευνοείται από τα εδαφομορφολογικά, κλιματολογικά, πληθυσμιακά και χωροταξικά χαρακτηριστικά της Ελλάδας. Εδικά το έντονο ελληνικό ανάγλυφο προσφέρει ιδανικές τοποθεσίες για δημιουργία ΧΥΤΑ, λόγω του επικλινούς εδάφους και της φυσικής απόκρυψης.
 - Ο χώρος μπορεί να δεχθεί για άμεση διάθεση ετερογενή απόβλητα.
 - Η λειτουργία του ΧΥΤΑ δεν επηρεάζεται από τις έντονες εποχιακές διακυμάνσεις της ποσότητας και σύστασης των αποβλήτων. Αυξημένες ποσότητες απορριμμάτων μπορούν εύκολα να ελεγχθούν με τη χρήση εφεδρικών ή και προσωρινά μισθωμένων μηχανημάτων.
 - Δεν απαιτεί άλλη εγκατάσταση διάθεσης στερεών αποβλήτων όπως συμβαίνει με τις άλλες μεθόδους, που προϋποθέτουν συμπληρωματικά την ύπαρξη ΧΥΤΑ για την διάθεση των υπολειμμάτων τους.
5. Η υγειονομική ταφή μπορεί να συμβάλει στην αναμόρφωση υποβαθμισμένων τοπίων ή στην αποκατάσταση άλλων, που έχουν πληγεί από την ανθρώπινη δραστηριότητα (π.χ.

λατομεία), καθώς μετά την αποκατάσταση του χώρου μπορούν να δημιουργηθούν πάρκα, αθλητικές εγκαταστάσεις, θερμοκήπια κ.ά.

6.Υπάρχει δυνατότητα ενεργειακής αξιοποίησης του παραγόμενου βιοαερίου.

Απέναντι στα πλεονεκτήματα, η υγειονομική ταφή εμφανίζει στην Ελλάδα το καθοριστικό μέχρι στιγμής μειονέκτημα, ότι έχει ταυτιστεί στην συνείδηση τόσο των δημοτικών αρχών όσο και των πολιτών με την ανεξέλεγκτη διάθεση και για το λόγο αυτό δεν έχει τύχει ικανοποιητικής κοινωνικής αποδοχής.

Ένα δεύτερο μειονέκτημα της μεθόδου είναι η απαίτηση σημαντικών εκτάσεων, που συχνά αποτελεί σημαντικό εμπόδιο ειδικά σε περιοχές με έντονη τουριστική ανάπτυξη ή μεγάλη οικοπεδική/γεωργική αξία γης.

Τέλος, η περίοδος μεταφροντίδας του έργου είναι μεγαλύτερη σε σύγκριση με οποιαδήποτε άλλη τεχνολογία ή μέθοδο επεξεργασίας των στερεών αποβλήτων.

2.4.2 Μόνωση του ΧΥΤΑ

Το σύστημα μόνωσης των χώρων διάθεσης στερεών αποβλήτων αποτελεί βασικό παράγοντα για τη σωστή λειτουργία και απαραίτητη προϋπόθεση για την εμφάνιση όσο το δυνατό λιγότερων επιπτώσεων στο περιβάλλον, καθώς αποφεύγεται η διαρροή στραγγισμάτων και η μετανάστευση βιοαερίου από τη βάση και τα πλευρικά τοιχώματα του χώρου και εξασφαλίζεται η αποτελεσματική συλλογή τους. Η προστασία του εδάφους, των υπόγειων και επιφανειακών υδάτων επιτυγχάνεται με το συνδυασμό των παρακάτω επιμέρους συστημάτων:

- Φυσική υφιστάμενη μόνωση
- Σύστημα τεχνητής μόνωσης από συμπιεσμένα αργιλικά υλικά και συνθετική μεμβράνη
- Σύστημα αποστράγγισης και συλλογής των στραγγισμάτων

Γενικά, ένα σύστημα μόνωσης αποτελείται από τα εξής:

- Μόνωση του πυθμένα (βάσης)
- Μόνωση της τελικής επιφάνειας
- Μόνωση των πλευρικών τοιχωμάτων (πρανών)

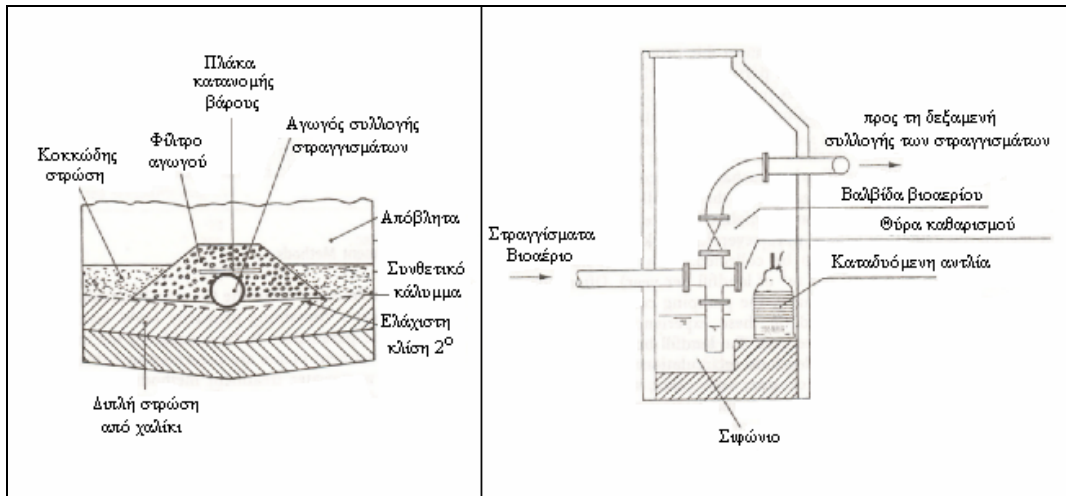
2.4.3 Παραγωγή και διαχείριση των στραγγισμάτων

Η διείσδυση του νερού της βροχής και των επιφανειακών υδάτων οδηγεί στην παραγωγή στραγγισμάτων. Κύριο χαρακτηριστικό των παραγόμενων στραγγισμάτων είναι το υψηλό και ποικίλο ρυπαντικό φορτίο, το οποίο επιπλέον παρουσιάζει σημαντική χρονική διαφοροποίηση καθώς αυξάνεται το διάστημα λειτουργίας του ΧΥΤΑ. Για το σκοπό αυτό απαιτείται ο σχεδιασμός, η κατασκευή και η λειτουργία κατάλληλου συστήματος για τη συλλογή, απομάκρυνση και επεξεργασία τους.

Οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν τη σύσταση των στραγγισμάτων είναι:

- Ηλικία χώρου διάθεσης
- Ύψος χώρου διάθεσης
- Θερμοκρασία
- Εκπομπή αερίων από το χώρο διάθεσης
- Προεπεξεργασία απορριμμάτων
- Είδος και ηλικία απορριμμάτων
- Κλιματολογικές συνθήκες
- Υδρογεωλογία εδάφους
- Τρόπος διάθεσης των απορριμμάτων

Η διαστασιολόγηση των αγωγών του συστήματος συλλογής και μεταφοράς των στραγγισμάτων, γίνεται σε συνάρτηση με τη μέγιστη διάρκεια και την ένταση της βροχόπτωσης της τελευταίας εικοσαετίας, το υπάρχον ανάγλυφο, τις εδαφομηχανικές παραμέτρους της ζώνης αποστράγγισης, το είδος και την ποιότητα των αγωγών και τα υπερκείμενα φορτία των αποβλήτων. Η διάμετρος των αγωγών πρέπει να είναι τέτοια που να επιτρέπει την ελεύθερη ροή των στραγγισμάτων προς τα σημεία συλλογής κατάντι του ΧΥΤΑ, τον εύκολο καθαρισμό τους από συμπυκνώματα καθώς και τον ευχερή έλεγχο της λειτουργικής τους κατάστασης.



ΣΧΗΜΑ 2-11: Διατομές ενός τυπικού συστήματος συλλογής στραγγισμάτων [10]

Οι αγωγοί αποστράγγισης πρέπει να είναι ανθεκτικοί σε χημικές επιδράσεις, μηχανικά σταθεροί και υδραυλικά αποδοτικοί τόσο κατά την φάση της λειτουργίας όσο και κατά τη φάση της μετέπειτα φροντίδας του ΧΥΤΑ. Τέλος, οι αγωγοί πρέπει να τοποθετούνται στα κατώτερα σημεία της ζώνης αποστράγγισης.

Το σύστημα πρέπει να εξασφαλίζει την απρόσκοπτη και σε συνεχή βάση συλλογή και μεταφορά της συνολικής ποσότητας των παραγόμενων στραγγισμάτων και αποτελείται από τα εξής:

- Στρώση συλλογής (ζώνη αποστράγγισης) κατασκευασμένης από αδρανές υλικό υψηλής υδροπερατότητας
- Αγωγούς συλλογής των στραγγισμάτων

Για το σχεδιασμό και την κατασκευή του συστήματος επεξεργασίας των στραγγισμάτων πρέπει να λαμβάνονται υπόψη:

- Οι πιθανές διαφοροποιήσεις που παρατηρούνται στη σύσταση και την ποσότητα των στραγγισμάτων
- Η δυνατότητα ορθολογικής διάθεσης των υπολειμμάτων από την επεξεργασία των στραγγισμάτων
- Η απαίτηση συνέχισης της επεξεργασίας των στραγγισμάτων και μετά το οριστικό κλείσιμο του ΧΥΤΑ
- Το κόστος επένδυσης και λειτουργίας

2.4.4 Παραγωγή και διαχείριση του βιοαερίου

Κατά τη διαδικασία της βιοαποδόμησης στους ΧΥΤΑ παράγεται εκτός από τα στραγγίσματα και ένα χαρακτηριστικό μίγμα αερίων με κύρια συστατικά το μεθάνιο (CH_4) και το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), που ονομάζεται βιοαέριο. Το αέριο αυτό είναι προϊόν αναερόβιας ζύμωσης των οργανικών συστατικών των αποβλήτων και εμφανίζει παρεμφερή χαρακτηριστικά με το φυσικό αέριο, καθώς έχει θερμογόνο δύναμη της τάξης των 15.000 - 20.000 KJ/m³.

Το υδρόθειο και ορισμένες οργανικές ενώσεις του προσδίδουν χαρακτηριστικά επικίνδυνου και ενίοτε τοξικού αερίου. Παράλληλα, το μεθάνιο σε αναλογία 5-15% στον αέρα είναι εκρηκτικό. Η ποσότητα, ο ρυθμός παραγωγής και η ποιοτική σύσταση του βιοαερίου είναι συνάρτηση της ποιότητας των αποβλήτων, της υγρασίας, της θερμοκρασίας, της αλκαλικότητας (pH) και άλλων φυσικών παραμέτρων. Έχει αποδειχθεί ότι ο ρυθμός παραγωγής αυξάνει κατά τη διάρκεια 2-3 χρόνων από την ημέρα απόθεσης των αποβλήτων και στη συνέχεια ακολουθεί γρήγορη πτωτική πορεία. Η σταθεροποίηση των αποβλήτων επέρχεται μετά την πάροδο 8 έως 10 ετών.

Η βιοαποδόμηση έχει μοντελοποιηθεί και χωριστεί στις ακόλουθες 5 φάσεις:

Φάση I: Πρόκειται για μικρής διάρκειας αέρια φάση που λαμβάνει χώρα αμέσως μετά την απόθεση των αποβλήτων, στην οποία τα ευκόλως αποδομούμενα οργανικά συστατικά αποσυντίθενται αερόβια με παραγωγή CO_2 .

Φάση II: Η δράση βακτηρίων έχει ως αποτέλεσμα την ταχεία παραγωγή πτητικών λιπαρών οξέων, CO_2 και H_2 . Το προκύπτον όξινο διαστάλλαγμα περιέχει υψηλές συγκεντρώσεις λιπαρών οξέων, Ca, Fe, βαρέων μετάλλων και NH_3 .

Φάση III: Αυξάνεται η συγκέντρωση του CH_4 ενώ μειώνονται οι συγκεντρώσεις του H_2 του CO_2 και των πτητικών λιπαρών οξέων. Η αύξηση του pH λόγω της μετατροπής των λιπαρών οξέων μειώνει τη διαλυτότητα των μετάλλων που καθιζάνουν ως σουλφίδια.

Φάση IV: Χαρακτηρίζεται ως φάση του μεθανίου, καθώς παρατηρείται σταθερή παραγωγή του, της τάξης του 50-65% κ.ό., κάτι που διατηρεί σε χαμηλά ποσοστά τα πτητικά οξέα και το H_2 .

Φάση V: Η παραγωγή CH_4 ελαχιστοποιείται, παραμένει στα απορρίμματα ο ελάχιστος αποδομήσιμος οργανικός άνθρακας και εμφανίζεται N_2 στο βιοαέριο εξαιτίας της διάχυσής του στους χώρους απόθεσης από την ατμόσφαιρα. Αερόβιες ζώνες και υψηλά δυναμικά οξειδοαναγωγής για την παραγωγή CH_4 εμφανίζονται στα ανώτερα στρώματα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ

3.1 Κόστος συλλογής

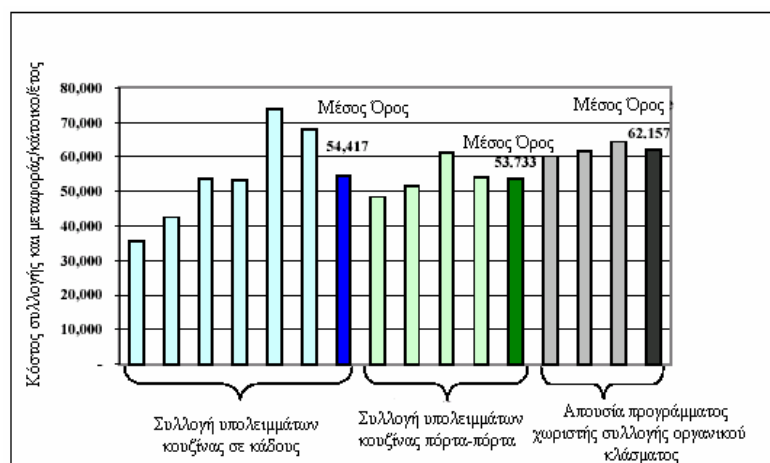
3.1.1 Γενικά

Η συλλογή των στερεών αποβλήτων πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψη σαν ένα αυτόνομο σύστημα, το οποίο όμως βρίσκεται σε άμεση αλληλεξάρτηση με το στάδιο της επεξεργασίας.

Σημαντικές παράμετροι που επηρεάζουν την οικονομική αποτίμηση της συλλογής είναι οι εξής:

1. Η συλλογή του ξηρού κλάσματος των ανακυκλώσιμων υλικών μειώνει το ποσοστό των προς συλλογή υπολειμματικών αποβλήτων (residual waste) και κατ' επέκταση συνεπάγεται μείωση του συνολικού κόστους συλλογής τους.
2. Η συλλογή του βιοαποικοδομήσιμου κλάσματος αποτελεί επίσης παράγοντα μείωσης της ποσότητας των υπολειμματικών αποβλήτων. Η χωριστή συλλογή των οργανικών αποβλήτων (π.χ. υπολείμματα κουζίνας) οδηγεί σε περιορισμό τυχόν ενοχλητικών συνεπειών (π.χ. δυσοσμία στους κάδους), επιτρέπει τη σημαντική μείωση της συχνότητας συλλογής και κατά συνέπεια τη μείωση του κόστους.

Ενδεικτικό των παραπάνω είναι το παράδειγμα της Ιταλίας, που παρουσιάζεται στο ακόλουθο διάγραμμα.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3-1: Κόστος συλλογής αστικών στερεών απορριμμάτων στην Ιταλία [27]

3.1.2 Κόστος συλλογής υπολειμματικών αποβλήτων

Σε γενικές γραμμές, η εικόνα που παρουσιάζεται στην Ευρωπαϊκή Ένωση αναφορικά με το κόστος συλλογής εμφανίζει μεγάλη ποικιλομορφία, που οφείλεται κυρίως στις τοπικές ιδιαιτερότητες, σχετικά με τις επιλεγόμενες ανά περίπτωση πολιτικές, τις δυνατότητες συμμετοχής των πολιτών και την απόδοση των εφαρμοζόμενων συστημάτων. Αυτή η διαφορετικότητα μπορεί να εντοπιστεί στα εξής σημεία:

- Αποκλίσεις στη συχνότητα συλλογής, που επηρεάζεται από ετερόκλητους παράγοντες, όπως το κλίμα, οι δυνατότητες προσωρινής αποθήκευσης, η υιοθέτηση ή μη προγραμμάτων βιολογικής επεξεργασίας των οργανικών αποβλήτων κ.τ.λ.
- Αποκλίσεις στον τρόπο διάθεσης των υπολειμματικών αποβλήτων από τους πολίτες και στον τρόπο χρηματοδότησης του κάθε προγράμματος (π.χ. στα συστήματα συλλογής ‘πόρτα-πόρτα’ άλλοτε οι πολίτες οφείλουν να αγοράζουν τις ειδικές σακούλες για την προσωρινή αποθήκευση των αποβλήτων και άλλοτε τους παρέχονται δωρεάν από το φορέα διαχείρισης).
- Αποκλίσεις στην ποσότητα των αποβλήτων που συλλέγονται ανά σημείο συλλογής, που όπως αναφέρθηκε και παραπάνω εξαρτάται από το αν γίνεται χωριστή διαλογή του υγρού ή/και του ξηρού κλάσματος και από το είδος των κάδων που χρησιμοποιούνται.
- Αποκλίσεις στους τύπους των χρησιμοποιούμενων οχημάτων και στον επιπλέον εξοπλισμό (κατανάλωση καυσίμου, χωρητικότητα κ.τ.λ.). Μεγαλύτερα οχήματα συνεπάγονται μικρότερο κόστος, με την προϋπόθεση ότι μεταφέρουν πάντοτε το μέγιστο δυνατό όγκο αποβλήτων. Επίσης οχήματα που φέρουν ηλεκτρονικά συστήματα καταγραφής στατιστικών στοιχείων π.χ. ζύγιση εμφανίζουν σημαντικά αυξημένο κόστος.
- Αποκλίσεις στους μισθούς των εργαζομένων ανάλογα με τη χώρα και το εφαρμοζόμενο πρόγραμμα.

	Κόστος (ευρω/τόνο αποβλήτων)			Κόστος (ευρω/νοικοκυριό)			Συχνότητα
	Χαμηλό	Υψηλό	Βέλτιστο	Χαμηλό	Υψηλό	Βέλτιστο	
Αυστρία			70				Κάθε 2 εβδομάδες (το καλοκαίρι συχνότερα)
Βέλγιο	58	92	75	14	22	18	Κυρίως κάθε 2 εβδομάδες (ενίοτε κάθε βδομάδα)
Δανία			126			62	1 φορά την εβδομάδα
Φινλανδία	15 (αστ.)	32 (αγρ.)		17 (αστ.)	37 (αγρ.)		1 ή 2 φορές την εβδομάδα ή 1 φορά το μήνα ανά νοικοκυριό, ανάλογα με την ακολουθούμενη διαδρομή και την περιοχή
Γαλλία	54 (αστ.)	65 (αγρ.)	60 (αστ.)				5 φορές την εβδομάδα σε αστικές περιοχές
	63 (αγρ.)	74 (αστ.)	70 (αγρ.)				5 φορές την εβδομάδα σε αγροτικές περιοχές
Γερμανία	39 (αστ.)	81 (αγρ.)	67 (αστ.)			30 (αστ.)	1 ή 2 φορές την εβδομάδα, ανάλογα με την εποχή
	48 (αγρ.)	91 (αστ.)	71 (αγρ.)			40 (αγρ.)	(στη 2 ^η περίπτωση προκύπτει μικρότερο κόστος)
Ελλάδα	25 (αστ.)	36 (αγρ.)	30 (αστ.)			32 (αστ.)	Καθημερινά στις αστικές περιοχές
	40 (αγρ.)	67 (αστ.)	55 (αγρ.)			57 (αγρ.)	1 φορά την εβδομάδα σε κάποιες αγροτικές περιοχές
Ιρλανδία	60	70	65	70	80	75	1 φορά την εβδομάδα
Ιταλία	48	255	75	15	45	25	1 ή 2 φορές την εβδομάδα όταν γίνεται χωριστή συλλογή του οργανικού κλάσματος, διαφορετικά 3 ή και 4 φορές την ημέρα
Λουξεμβούργο	85	104	85				2 φορές τον μήνα
Ολλανδία	75	123	100				1 φορά την εβδομάδα
Πορτογαλία			45				
Ισπανία	19	91	60	10	43	25	1 φορά την ημέρα στις αστικές περιοχές
Σουηδία							1 φορά την εβδομάδα σε πυκνοκατοικημένες αστικές περιοχές
	59	80	65				2 φορές τον μήνα σε αραιοκατοικημένες περιοχές
Ηνωμένο Βασ.	32 (αστ.)	50 (αγρ.)	42 (αστ.)	24 (αστ.)	38 (αγρ.)	31 (αστ.)	1 φορά την εβδομάδα (συνήθως)
	50 (αγρ.)	80 (αστ.)	60 (αγρ.)	38 (αγρ.)	60 (αστ.)	45 (αγρ.)	

ΠΙΝΑΚΑΣ 3-1: Κόστος συλλογής υπολειμματικών στερεών αποβλήτων στα Κράτη – Μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης [27]

3.1.3 Κόστος συλλογής ανακυκλώσιμων υλικών

Το κόστος για τη συλλογή των ανακυκλώσιμων υλικών είναι συνάρτηση αρκετών παραγόντων, οι σημαντικότεροι από τους οποίους αναφέρονται παρακάτω:

1. Η συνολική προσέγγιση του προβλήματος: Τα προγράμματα συλλογής σε κάδους έχουν κατά γενική ομολογία χαμηλότερες δαπάνες συγκριτικά με τα προγράμματα ‘πόρτα-πόρτα’, παρά το γεγονός ότι στη δεύτερη περίπτωση η απόδοση είναι αρκετά υψηλότερη (μεγαλύτερη συμμετοχή του κοινού, καλύτερος διαχωρισμός, περιορισμός ενοχλητικών συνεπειών όπως οι οσμές). Εξάλλου διαφορές στο κόστος προκαλεί και η εκάστοτε επιλογή των υλικών – στόχων, το είδος των χρησιμοποιούμενων οχημάτων, το επιθυμητό ποσοστό ανάκτησης και η συχνότητα συλλογής. Ορισμένα προγράμματα για να μειώσουν το κόστος προβλέπουν την ταυτόχρονη συλλογή των ανακυκλώσιμων υλικών και των υπολειμματικών αποβλήτων (στο ίδιο όχημα και κατά την ίδια διαδρομή), ωστόσο έχουν το μειονέκτημα ότι η επεξεργασία και ο διαχωρισμός των υπό ανάκτηση υλικών είναι αρκετά δυσκολότερος και σίγουρα λιγότερο αποδοτικός, μια και μειώνεται η ‘καθαρότητα’ τους.
2. Η σύνθεση και η πυκνότητα των στερεών αποβλήτων που πρόκειται να ανακτηθούν: Όταν το κάθε υλικό συλλέγεται χωριστά, το κόστος στην περίπτωση υλικών που διακρίνονται από χαμηλή πυκνότητα (πλαστικό, χαρτόνι) ή που αποτελούν μικρό ποσοστό του συνολικού ρεύματος των στερεών αποβλήτων είναι αρκετά μεγαλύτερο συγκριτικά με υλικά όπως π.χ. το γυαλί και το χαρτί.

Αναφορικά με το κόστος συλλογής του κάθε υλικού έχει παρατηρηθεί πως το γυαλί, το χαρτί και το ύφασμα κυμαίνονται στη ίδια περιοχή με τα υπολειμματικά απόβλητα, ενώ τα ελαφρά υλικά συσκευασίας, τα πλαστικά και το αλουμίνιο εμφανίζουν σημαντικά υψηλότερο κόστος.

	Προσέγγιση	Διάφορα Χαρτιά	Εφημερίδες/ Περιοδικά	Χαρτόνι	Γυαλί	Υφάσματα	Μέταλλα	Πλαστικό	Υλικά συσκευασίας
Αυστρία	κέντρο συλλογής /κάδοι	74€/t	-	-	48€/t	190€/t	296€/t	-	298€/t
Βέλγιο	‘πόρτα-πόρτα’ κάδοι	44€/t			97-194€/t 48€/t	-	-	-	100-359€/t
Δανία	‘πόρτα-πόρτα’ κέντρο ανακύκλωσης	21.5€/νοικ. ή 100-180€/t για μηνιαία συλλογή σε πλαστικές σακούλες 4.7€/νοικ ή 74€/t για το χαρτί, 3.4€/νοικ για το γυαλί							
Φινλανδία	‘πόρτα-πόρτα’ κέντρο συλλογής	78€/t για εβδομαδιαία ή μηνιαία συλλογή 108€/t							
Γαλλία	‘πόρτα-πόρτα’ (αστ.) ‘πόρτα-πόρτα’ (αγρ.) κέντρο συλλογής	111-133€/t ή 12-14€/νοικ. για συλλογή 2 φορές την εβδομάδα όλων των υλικών εκτός από γυαλί και υφάσματα 171-202€/t ή 24-29€/νοικ. για εβδομαδιαία συλλογή όλων των υλικών εκτός από γυαλί και υφάσματα 30-35€/t για συλλογή γυαλιού							
Γερμανία	‘πόρτα-πόρτα’	111-133€/t για χαρτί συσκευασίας			70€/t	-	-	-	250-300€/t 575€/t για ελαφρά υλικά συσκευασίας
Ελλάδα	κάδοι (εθελοντική συμμετοχή)	59€/t για ανάμεικτα ανακυκλώσιμα υλικά							
Ιρλανδία	κάδοι διαφόρων τύπων/ κέντρο συλλογής	19-96€/νοικ. ανάλογα το υλικό και το πού πραγματοποιείται ο διαχωρισμός							

Ιταλία	‘πόρτα-πόρτα’ κάδοι	30-125€/t 2.5-4€/νοικ. 90-150€/t 1.5-3€/νοικ.	-	-	50-70€/t 1.7-3€/νοικ. (μαζί με το αλουμίνιο) 20-40€/t 4-1.3€/νοικ.	-	50-70€/t 1.7-3€/νοικ. (μαζί με το γυαλί) 20-40€/t 4-1.3€/νοικ.	300-750€/t 1.5-6€/νοικ. 230-500€/t 1-2.5€/νοικ	-
Λουξεμβούργο	‘πόρτα-πόρτα’ κάδοι κέντρο ανακύκλωσης	139-146€/t 82€/t 60€/νοικ.	-	-	139€ 32€ 7€	-	-	81€	-
Ολλανδία	‘πόρτα-πόρτα’ κέντρο συλλογής	40€/t	-	-	27€/t	-	-	-	-
Πορτογαλία	κάδοι	60€/t	-	-	39€/t	-	125€/t (χάλυβας) 964€/t(αλουμίνιο)	803€/t	-
Ισπανία	κάδοι (αστ.) κάδοι (ημιαστ.) κάδοι (αγρ.)	40-60€/t 50-70/t	-	-	30€/t 40-50€/t	-	-	-	180€/t 200€/t 270€/t
Σουηδία	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ηνωμένο Βασίλειο	‘πόρτα-πόρτα’ κέντρο συλλογής	130-200€/t για ανάμεικτα ανακυκλώσιμα υλικά 50-80€/t για χαρτί και γυαλί							

ΠΙΝΑΚΑΣ 3-2: Κόστος συλλογής ανακυκλώσιμων υλικών στα κράτη – μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης [27]

Έσοδα από την πώληση των ανακυκλώσιμων υλικών

Τα έσοδα από τη διάθεση των ανακυκλώσιμων υλικών παρουσιάζουν σχετική ομοιογένεια μεταξύ των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, καθώς οι αγορές δευτερογενών υλικών είναι σε μεγάλο βαθμό παγκοσμιοποιημένες. Η κατάσταση αυτή ισχύει εδώ και χρόνια για υλικά όπως το χαρτί και το αλουμίνιο, ενώ τελευταία επαληθεύεται και για το πλαστικό και τον χάλυβα. Μοναδική εξαίρεση αποτελεί το γυαλί, οι τιμές του οποίου επηρεάζονται σημαντικά από τις τοπικές συνθήκες. Ωστόσο, ο τρόπος με τον οποίο οι υπεύθυνοι φορείς διαχείρισης αποζημιώνονται για τις υπηρεσίες που παρέχουν αναφορικά με τη συλλογή και το διαχωρισμό των υλικών παρουσιάζει σημαντικές διακυμάνσεις από χώρα σε χώρα, ανάλογα με το βαθμό υιοθέτησης των σχετικών ευρωπαϊκών οδηγιών αλλά και τις τοπικές ιδιαιτερότητες αναφορικά με την κατανομή των αρμοδιοτήτων. Έτσι σε χώρες όπως η Γερμανία, που την διαχείριση των ανακυκλώσιμων υλικών αναλαμβάνουν αυτόνομοι φορείς, τα έσοδα για τους Δήμους είναι χαμηλά. Το αντίθετο ισχύει στο Ηνωμένο Βασίλειο και την Ολλανδία όπου οι Δήμοι έχουν τη βασική ευθύνη αλλά αποκομίζουν και το σύνολο των εσόδων, ενώ σε χώρες, όπως η Γαλλία, η Πορτογαλία, η Ιταλία και η Ισπανία, όπου εφαρμόζεται μία ενδιάμεση κατάσταση, τα έσοδα των Δήμων είναι ένα πάγιο προσυμφωνημένο ποσό.

3.1.4 Κόστος συλλογής βιοποικοδομήσιμων υλικών

Η εφαρμογή ή μη προγράμματος κομποστοποίησης, που προφανώς απαιτεί την ιδιαίτερη συλλογή του οργανικού κλάσματος αποτελεί παράμετρο που επηρεάζει σημαντικά το σχεδιασμό και την οργάνωση του συνολικού συστήματος συλλογής. Στις περιπτώσεις, που τα βιοποικοδομήσιμα υλικά συλλέγονται χωριστά η συχνότητα συλλογής για τα υπολειμματικά απόβλητα είναι αρκετά μικρότερη, γεγονός που έχει ιδιαίτερη σημασία ιδιαίτερα σε χώρες όπως η Ελλάδα, όπου η συλλογή πραγματοποιείται σε καθημερινή βάση.

Αν τα υπολείμματα κουζίνας συλλέγονται μαζί με το οργανικό κλάσμα από κηπευτικές και γεωργικές δραστηριότητες, τότε το κόστος ανά τόνο ενδέχεται να προκύψει μικρότερο, όμως το συνολικό κόστος θα αυξηθεί λόγω της μεγαλύτερης ποσότητας που συλλέγεται τελικά. Έτσι, ενώ το κόστος ανά τόνο είναι μειωμένο, το κόστος ανά νοικοκυριό παρουσιάζει σημαντική αύξηση.

Χώρες με ανεπτυγμένα συστήματα κομποστοποίησης (π.χ. Γερμανία, Αυστρία) προωθούν προγράμματα οικιακής κλίμακας με στόχο τη μείωση των εξόδων συλλογής

και επεξεργασίας. Τα θετικά αποτελέσματα στον συνολικό προϋπολογισμό της διαχείρισης των στερεών αποβλήτων είναι εμφανή.

Επιπλέον προς την κατεύθυνση της μείωσης του κόστους οδηγεί και η επιλεκτική εφαρμογή μεθόδων συλλογής για ορισμένα είδη οργανικών αποβλήτων. Για παράδειγμα, τα υπολείμματα κουζίνας ενδείκνυται να συλλέγονται με σύστημα ‘πόρτα – πόρτα’, καθώς έχουν μεγάλη υγρασία και πυκνότητα, και συνεπώς μπορούν να συλλέγονται εύκολα σε μικρά και απλά οχήματα, τα οποία μάλιστα δεν χρειάζεται να διαθέτουν μηχανισμό συμπίεσης.

	Είδος βιοαποικοδομήσιμου οργανικού κλάσματος	Συχνότητα συλλογής	Εκτιμώμενο κόστος
Αυστρία	οργανικά υπολείμματα	1 φορά την εβδομάδα το καλοκαίρι 2 φορές τον μήνα τον υπόλοιπο χρόνο	82€/t – ευρεία εφαρμογή και της οικιακής κομποστοποίησης
Βέλγιο	οργανικά υπολείμματα	1 φορά την εβδομάδα / 2 φορές τον μήνα	διακύμανση 45-146€/t
Δανία			
Φινλανδία	οργανικά υπολείμματα	1 φορά την εβδομάδα / 2 φορές τον μήνα	63€/t
Γαλλία	οργανικά υπολείμματα	1 φορά την εβδομάδα (αστ.) 2 φορές τον μήνα (αγρ.)	120-142€/t 36-45€/t
Γερμανία	οργανικά υπολείμματα	2 φορές τον μήνα (εναλλάξ με τη συλλογή υπολειμματικών αποβλήτων) 1 φορά την εβδομάδα το καλοκαίρι	67-159€/t (καλύτερη εκτίμηση: 100€/t) – ευρεία εφαρμογή και της οικιακής κομποστοποίησης
Ελλάδα	δεν υπάρχουν στοιχεία	δεν υπάρχουν στοιχεία	δεν υπάρχουν στοιχεία
Ιρλανδία	οργανικά υπολείμματα	εναλλάξ με τη συλλογή υπολειμματικών αποβλήτων	στα ίδια επίπεδα με τη συλλογή υπολειμματικών αποβλήτων με εξαίρεση μία μικρή αύξηση στο κόστος επένδυσης (κάδοι, σακούλες κτλ.) κατ' εκτίμηση 33€/νοικ.
Ιταλία	μόνο υπολείμματα κουζίνας	1 ή 2 φορές την εβδομάδα	54-302€/t ή 4.4-9.3€/νοικ.
Λουξεμβούργο			
Ολλανδία			
Πορτογαλία			
Ισπανία	υπολείμματα κουζίνας		40€/t δεν παρατηρήθηκε αύξηση σε σχέση με την συλλογή ολόκληρου του κλάσματος των στερεών αποβλήτων
Σουηδία			
Ηνωμένο Βασίλειο	οργανικά υπολείμματα	2 φορές τον μήνα (εναλλάξ με τη συλλογή υπολειμματικών αποβλήτων)	αύξηση του κόστους συλλογής κατά 11€/t ή 3.5€/νοικ. μετά την εφαρμογή του προγράμματος

ΠΙΝΑΚΑΣ 3-3: Κόστος συλλογής βιοαποικοδομήσιμων υλικών στα Κράτη – Μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης [27]

3.1.5 Συμπεράσματα

Συνολικά θα πρέπει να γίνουν οι ακόλουθες παρατηρήσεις σχετικά με το κόστος συλλογής στερεών αποβλήτων:

- Ο υπολογισμός του κόστους ανά τόνο αποβλήτων δίνει μία μερική μόνο εικόνα της πραγματικότητας, κυρίως στην περίπτωση των υπολειμματικών αποβλήτων. Όσο μεγαλύτερη ποσότητα απ' αυτά συλλέγεται, τόσο περισσότερο μειώνεται το κόστος ανά τόνο. Συμπληρωματικά θα πρέπει να χρησιμοποιείται σαν μονάδα το κόστος ανά νοικοκυριό. Το ίδιο ισχύει και σε ένα βαθμό και για τα υπόλοιπα είδη των αποβλήτων, όπως π.χ. για τα βιοαποικοδομήσιμα.
- Ειδικά για αυτή την κατηγορία των υπολειμματικών αποβλήτων, όσο μικρότερη είναι η ανάπτυξη προγραμμάτων διαλογής στην πηγή, τόσο χαμηλότερο εμφανίζεται το κόστος συλλογής τους. Γι' αυτόν ακριβώς το λόγο θα πρέπει να αποφεύγεται και η αξιολόγηση της απόδοσης ενός συστήματος συλλογής με βάση το κόστος, μια και όπως αποδεικνύεται μπορεί να αποτελούν αλληλοσυγκρουόμενες παραμέτρους.
- Το κόστος ανά τόνο για την συλλογή ανακυκλώσιμων υλικών σε κάδους θα μειωθεί όσο η συμμετοχή των πολιτών αυξάνεται. Εξαίρεση στον κανόνα αυτό αποτελεί η περίπτωση κατά την οποία αυξάνεται μονομερώς η ποσότητα των υπό ανάκτηση υλικών με χαμηλή πυκνότητα (π.χ. πλαστικό). Για το λόγο αυτό κρίνεται απαραίτητη κατά τον αρχικό σχεδιασμό του προγράμματος ο προσεγγιστικός υπολογισμός της αναμενόμενης πυκνότητας των υλικών.
- Για τα ανακυκλώσιμα υλικά, η υιοθέτηση προγραμμάτων με κέντρα συλλογής, ανακύκλωσης κ.τ.λ. αποτελεί οικονομικότερη λύση σε σχέση με την εφαρμογή συστημάτων 'πόρτα – πόρτα' ή συλλογής με κάδους.
- Για τα βιοαποικοδομήσιμα υλικά, το κόστος συλλογής σχετίζεται με το βαθμό εξάρτησης από τη συλλογή άλλων υλικών. Όταν γίνεται συνδυαστική συλλογή υλικών, το κόστος μειώνεται αισθητά.

3.2 Κόστος τεχνολογιών επεξεργασίας των αστικών στερεών απορριμμάτων

3.2.1 Κόστος διαχωρισμού υλικών

Ο βαθμός στον οποίο απαιτείται διαχωρισμός των συλλεχθέντων υλικών και η πολυπλοκότητα του σχεδιασμού εξαρτάται άμεσα από το εκάστοτε εφαρμοζόμενο σύστημα. Η έντονη ποικιλομορφία που παρουσιάζεται μεταξύ διαφορετικών χωρών

αναφορικά με τις τεχνικές και τις μεθόδους συλλογής αντανακλάται και κατά τη φάση του διαχωρισμού.

Οι απαιτήσεις για διαχωρισμό των υλικών αυξάνονται:

- Όσο αυξάνεται ο αριθμός των υλικών που συλλέγονται συγκεντρωτικά (συλλογή ανάμεικτων υλικών).
- Όσο υψηλότεροι στόχοι έχουν υιοθετηθεί σχετικά με την προώθηση των υλικών στην αγορά. Για παράδειγμα, όταν το χαρτί συσκευασίας, το χαρτόνι, το γραφικό χαρτί, οι εφημερίδες και τα περιοδικά συλλέγονται ταυτόχρονα ενδείκνυται η προώθησή τους προς επιπλέον ποιοτικό διαχωρισμό, ώστε να επιτευχθεί μεγαλύτερο οικονομικό όφελος από την περαιτέρω πώλησή τους.
- Όσο πιο περιορισμένες είναι οι δυνατότητες των τελικών αποδεκτών (π.χ. χαρτοβιομηχανίες) για διαχωρισμό. Για παράδειγμα, αν οι μεταπράτες / ενδιάμεσοι είναι ικανοί να απομακρύνουν μεταλλικά αντικείμενα, τότε ενδείκνυται η συγκεντρωτική συλλογή πλαστικών και μετάλλων. Με τον τρόπο αυτό μειώνεται η αξία των υλικών που παραδίδονται από τις τοπικές αρχές, καθώς εκείνοι έχουν αναλάβει την ευθύνη του διαχωρισμού. Η ίδια διαδικασία μπορεί να εφαρμοστεί και για το συνδυασμό αλουμινίου – χάλυβα.

Σημαντική παράμετρος που καθορίζει σε ένα βαθμό το είδος και τη χρήση του απαιτούμενου εξοπλισμού για διαχωρισμό είναι και ο όγκος. Έτσι, το κόστος ανά τόνο για υλικά με υψηλότερη πυκνότητα είναι μικρότερο.

Παρακάτω παρουσιάζονται οι δαπάνες διαχωρισμού για διάφορες ευρωπαϊκές χώρες.

	Αυστρία	Βέλγιο	Γαλλία	Ιρλανδία	Ηνωμένο Βασίλειο
Χαρτί	28€/t		για ανάμεικτα υλικά εκτός γυαλί 183-229€/t	127€/t	30-66€/t (εκτός γυαλί)
Πλαστικό	272€/t				
Γυαλί	14€/t				

ΠΙΝΑΚΑΣ 3-4: Κόστος διαχωρισμού ανακυκλώσιμων υλικών στα Κράτη – Μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης [27]

3.2.2 Κόστος κομποστοποίησης

Το κόστος για την κατασκευή και τη λειτουργία μίας μονάδας κομποστοποίησης είναι συνάρτηση των εξής παραγόντων:

1. Απόκτηση γης
2. Απαιτήσεις γης ανά μονάδα δυναμικότητας (που εξαρτάται από τους χρόνους παραμονής και ωρίμανσης του οργανικού κλάσματος και κατ' επέκταση συνδέεται με την ποιότητα του τελικού προϊόντος)
3. Κλίμακα της μονάδας κομποστοποίησης
4. Επιλογή της εφαρμοζόμενης τεχνολογίας, και κυρίως ο βαθμός τεχνολογικής εξειδίκευσης των διαδικασιών ελέγχου, που συνδέεται με την εισροή υλικών, την τοποθεσία κ.τ.λ.
5. Αποδοτικότητα της διαλογής στην πηγή αναφορικά με την καθαρότητα των εισερχόμενων στη μονάδα υλικών
6. Φύση και διάρκεια των συμφωνιών αναφορικά με την διάθεση του προϊόντος στην αγορά

	Είδος διεργασίας	Κόστος	Σχόλια
Αυστρία	Υψηλής ακρίβειας μονάδα για βιοαποικοδόμηση	94€/t για δυναμικότητα 20000t/y	
	Υπαίθρια κομποστοποίηση	45-58€/t για δυναμικότητα 5000-20000t/y	
Βέλγιο	Κομποστοποίηση υπολειμμάτων κήπου	25-37€/t	Χρήση βιοφίλτρων και στις 2 περιπτώσεις
	Κομποστοποίηση υπολειμμάτων κουζίνας	62-74€/t	
Δανία	Κομποστοποίηση υπολειμμάτων κήπου	0-30€/t	Συμπεριλαμβάνονται και έσοδα από την πώληση του compost, 11€/t τελικού προϊόντος ή 4.5€/t αποβλήτου
	Κομποστοποίηση υπολειμμάτων κουζίνας	73-77€/t για δυναμικότητα 10000t/y	
Φινλανδία	Αντιδραστήρας 'drum'	47€/t για δυναμικότητα 6000t/y 189€/t για δυναμικότητα 1300t/y	Δεν συμπεριλαμβάνονται έσοδα από την πώληση του compost, 6-10€/m ³
	Αντιδραστήρας 'drum' και 'tunnel'	68-76€/t για δυναμικότητα 7000t/y	
	Αντιδραστήρας 'tunnel'	37-54€/t για δυναμικότητα 20000t/y	

Γαλλία	Κομποστοποίηση υπολειμμάτων κήπου (υπαίθρια, σε σειράδια)	50-85€/t για δυναμικότητα 6000t/y 34-57€/t για δυναμικότητα 12000t/y	Συμπεριλαμβάνονται και έσοδα από την πώληση του compost, 0-8€/t αποβλήτου για υπολείμματα κήπου και 0-6€/t αποβλήτου για υπολείμματα κουζίνας Το υπόλειμμα οδηγείται σε μονάδες καύσης
	Κομποστοποίηση υπολειμμάτων κουζίνας (υπαίθρια, σε σειράδια)	63-95€/t για δυναμικότητα 6000t/y	
	Κομποστοποίηση υπολειμμάτων κουζίνας (υπαίθρια, ελεγχόμενος αερισμός, απουσία συστήματος απόσμησης)	41-68€/t για δυναμικότητα 12000t/y	
	Κομποστοποίηση υπολειμμάτων κουζίνας (σε κλειστό χώρο, ελεγχόμενος αερισμός, χρήση βιοφίλτρων για απόσμηση)	50-91€/t για δυναμικότητα 22000t/y	
Γερμανία	Κομποστοποίηση υπολειμμάτων κουζίνας και κήπου (σε κλειστό χώρο με χρήση βιοφίλτρων για απόσμηση)	62€/t για δυναμικότητα 40000t/y 56€/t για δυναμικότητα 60000t/y	
Ελλάδα	δεν υπάρχουν στοιχεία	δεν υπάρχουν στοιχεία	δεν υπάρχουν στοιχεία
Ιρλανδία	Κομποστοποίηση υπολειμμάτων κουζίνας	16€/t για δυναμικότητα 6000t/y	Οι τιμές αναφέρονται μόνο στο λειτουργικό κόστος, χωρίς συνυπολογισμό απόσβεσης ή εσόδων
	Κομποστοποίηση υπολειμμάτων κήπου	25€/t για δυναμικότητα 5000t/y 23€/t για δυναμικότητα 10000t/y	
Ιταλία	Κομποστοποίηση υπολειμμάτων κουζίνας και κήπου	53€/t για δυναμικότητα 20000t/y	Δεν συμπεριλαμβάνονται έσοδα από την πώληση του compost, 10€/t εισερχόμενου αποβλήτου Δεν συμπεριλαμβάνονται έσοδα από την πώληση του compost, 9€/t εισερχόμενου αποβλήτου
	Κομποστοποίηση υπολειμμάτων κήπου	34€/t για δυναμικότητα 20000t/y	
Λουξεμβούργο	Μονάδα βιοαποικοδόμησης		
Ολλανδία			

Πορτογαλία			
Ισπανία	Κομποστοποίηση υπολειμμάτων κουζίνας και κήπου		40€/t δεν παρατηρήθηκε αύξηση σε σχέση με την συλλογή ολόκληρου του κλάσματος των στερεών αποβλήτων
Σουηδία			
Ηνωμένο Βασίλειο	both		αύξηση του κόστους συλλογής κατά 11€/t ή 3.5€/νοικ. μετά την εφαρμογή του προγράμματος

ΠΙΝΑΚΑΣ 3-5: Κόστος βιολογικής επεξεργασίας στερεών αποβλήτων στα κράτη – μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης [27]

3.2.3 Κόστος θερμικής επεξεργασίας

Στο σημείο αυτό θα μελετηθεί ειδικά η περίπτωση της καύσης. Το κόστος μίας μονάδας καύσης εξαρτάται από τους ακόλουθους παράγοντες:

1. Απόκτηση γης
2. Κλίμακα της μονάδας (μικρές μονάδες αποδεικνύονται συχνά οικονομικά ασύμφορες)
3. Απαιτήσεις για επεξεργασία των απαερίων (ορισμένα κράτη της Ευρωπαϊκής Ένωσης έχουν αναπτύξει διαφορετικές νομοθετικές ρυθμίσεις για τη θέσπιση των ορίων αερίων εκπομπών). Για παράδειγμα, η Γερμανία και η Ολλανδία είχαν εφαρμόσει συστήματα αντιρρύπανσης πριν τεθούν όρια από την κοινοτική νομοθεσία.
4. Ανάγκη για επεξεργασία και τελική διάθεση των υπολειμμάτων τέφρας. Για μεν την τέφρα του κλιβάνου είναι δυνατό να αποφευχθεί η εδαφική της διάθεση αν χρησιμοποιηθεί ως δομικό υλικό, ενώ για την ιπτάμενη τέφρα οι δυνατότητες ποικίλουν ανάλογα με τις εφαρμοζόμενες τεχνολογίες και τους εκάστοτε κανονισμούς.
5. Δυνατότητες για ανάκτηση ενέργειας και πιθανά έσοδα που θα προκύψουν από την πώλησή της. Βασικές παράμετροι είναι η ανά μονάδα ενέργειας τιμή πώλησης καθώς και το αν τα έσοδα μπορούν να προέλθουν από ταυτόχρονη διάθεση ενέργειας και θερμότητας.
6. Ανάκτηση μετάλλων και έσοδα που μπορούν να αντληθούν από την πώλησή τους
7. Φορολόγηση
8. Συνθήκες λειτουργίας
9. Έσοδα που μπορούν να αντληθούν από την διάθεση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας ή θερμότητας. Για παράδειγμα, στη Σουηδία το κόστος επεξεργασίας των στερεών αποβλήτων είναι σαφώς μειωμένο λόγω της πώλησης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας.
10. Έσοδα που μπορούν να αντληθούν από την ανάκτηση υλικών συσκευασίας. Οι μονάδες θερμικής επεξεργασίας στην Ιταλία και το Ηνωμένο Βασίλειο έχουν επιδείξει σημαντικά αποτελέσματα προς αυτή την κατεύθυνση, που αντανακλώνται στην τελική μείωση του κόστους επεξεργασίας.

	Κόστος χωρίς φόρο	Έσοδα (€/ παρεχόμενη KWh)
Αυστρία	326 €/t για 60Kt/έτος 159 €/t για 150Kt/έτος 97 €/t για 300Kt/έτος	Ηλεκτρ. ενέργεια 0.036 Θέρμανση 0.018
Βέλγιο	71-75 €/t για 150Kt/έτος	Ηλεκτρ. ενέργεια 0.025
Δανία	30-45€/t	Ηλεκτρ. ενέργεια 0.05
Φινλανδία	Κανένα	Για αεριοποίηση: Ηλεκτρ. ενέργεια 0.034 Θέρμανση 0.017
Γαλλία	118-129 €/t για 18.7Kt/έτος 91-101 €/t για 37.5Kt/έτος 86-101 €/t για 37.5Kt/έτος 80-90 €/t για 75Kt/έτος 67-80 €/t για 150Kt/έτος	Ηλεκτρ. ενέργεια 0.023
Γερμανία	250 €/t (50Kt/έτος και λιγότερο) 105 €/t (200Kt/έτος) 65 €/t για 600Kt/έτος	Ηλεκτρ. ενέργεια 0.046
Ελλάδα	Κανένα	Άγνωστο
Ιρλανδία	46 €/t	Άγνωστο
Ιταλία	41.3-93 €/t	Ηλεκτρ. ενέργεια 0,04 - 0.14
Λουξεμβούργο	97 €/t	Ηλεκτρ. ενέργεια 0.025
Ολλανδία	71-110 €/t 70-134 €/t	Ηλεκτρ. ενέργεια 0.05
Πορτογαλία	46-76 €/t	
Ισπανία	34-56 €/t	Ηλεκτρ. ενέργεια 0.036
Σουηδία	21-53 €/t	Ηλεκτρ. ενέργεια 0.03 Θέρμανση 0.02
Ηνωμένο Βασίλειο	69 €/t για 100Kt/έτος 47 €/t για 200Kt/έτος	Ηλεκτρ. ενέργεια 0.032

ΠΙΝΑΚΑΣ 3-6: Κόστος καύσης στερεών αποβλήτων στα Κράτη – Μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης [27]

3.2.4 Κόστος υγειονομικής ταφής

Οι συνιστώσες που συνθέτουν το κόστος της υγειονομικής ταφής συνοψίζονται παρακάτω:

1. Κόστος για την απόκτηση γης
2. Διαθέσιμο αρχικό κεφάλαιο για επένδυση
3. Λειτουργικές δαπάνες
4. Κόστος για την αποκατάσταση του χώρου μετά το τέλος λειτουργίας του
5. Κόστος μεταφροντίδας (παρακολούθηση βιοαερίου, εδαφομηχανικοί έλεγχοι κτλ.)
6. Φορολογία

Σε κάθε περίπτωση το κόστος εξαρτάται από τον ρυθμό πλήρωσης του ΧΥΤΑ καθώς και από τη συνολική δυναμικότητα, παράγοντες που σε ένα βαθμό καθορίζουν το βάθος χρόνου στο οποίο ο χώρος θα δέχεται απόβλητα και κατ' επέκταση την περίοδο απόσβεσης του αρχικού κεφαλαίου.

Το κόστος για την απόκτηση γης παρουσιάζει σημαντικές διακυμάνσεις από χώρα σε χώρα, ανάλογα με τις κατά τόπους συνθήκες και δυνατότητες και σίγουρα δε μπορεί να προσδιοριστεί με γενικά κριτήρια. Άλλοτε πραγματοποιείται απευθείας αγορά, άλλοτε εκμίσθωση (leasing), ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις εκχωρούνται τα δικαιώματα χρήσης συγκεκριμένης έκτασης.

Το ύψος του αρχικού κεφαλαίου για την επένδυση εξαρτάται από τις ανάγκες για τη διαμόρφωση του χώρου, την ανάπτυξη των απαιτούμενων υποδομών, την εκσκαφή, τη μόνωση και την κατασκευή δικτύου συλλογής των στραγγισμάτων και συνεπώς είναι άμεση συνάρτηση της γεωλογίας και μορφολογίας της περιοχής και της ύπαρξης ή μη υπόγειου υδροφορέα σε μικρή απόσταση.

Η εκμετάλλευση του βιοαερίου για ενεργειακούς σκοπούς, όταν αυτή είναι εφικτή, μπορεί να μειώσει σε ένα βαθμό τα λειτουργικά έξοδα της μονάδας ή ακόμα -υπό ορισμένες συνθήκες- να αποφέρει επιπλέον έσοδα. Ορισμένοι φορείς διαχείρισης εκχωρούν με συμβόλαιο το δικαίωμα της ενεργειακής εκμετάλλευσης του ΧΥΤΑ αποκομίζοντας ανταποδοτικά οφέλη.

Οι λειτουργικές δαπάνες είναι συνήθως χαμηλές και περιορίζονται στη συντήρηση του εξοπλισμού και την μισθοδοσία των εργαζομένων.

Το κόστος για την αποκατάσταση είναι κυρίως συνάρτηση της περιοχής (έκταση, ιδιαίτερες συνθήκες κτλ.) και λιγότερο της ποσότητας και του ρυθμού των εισερχόμενων αποβλήτων.

Δεδομένων και των απαιτήσεων της κοινοτικής νομοθεσίας για εντατική παρακολούθηση του χώρου μετά το τέλος της λειτουργίας του, είναι αναγκαίος ο εκ των προτέρων συνυπολογισμός του κόστους για το σκοπό αυτό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

4.1 Ποσοτική και ποιοτική ανάλυση των αστικών στερεών απορριμμάτων στους νομούς Ρεθύμνου, Ηρακλείου και Λασιθίου

Γενικά

Για την διερεύνηση του υπό μελέτη προβλήματος είναι απαραίτητη η γνώση των ποσοτικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών των αστικών στερεών αποβλήτων στους νομούς Ρεθύμνου, Ηρακλείου και Λασιθίου. Λόγω της πλημμελούς τήρησης στατιστικών δεδομένων σχετικά τόσο με τις παραγόμενες ποσότητες όσο και με τη σύνθεση των απορριμμάτων, οι δυνατότητες για εξαγωγή αξιόπιστων συμπερασμάτων είναι μέχρι σήμερα περιορισμένες.

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν τα αποτελέσματα της ‘Ποιοτικής και ποσοτικής ανάλυσης αστικών απορριμμάτων Περιφέρειας Κρήτης’, που πραγματοποιήθηκε από το Εργαστήριο Διαχείρισης Τοξικών και Επικινδύνων Αποβλήτων του Πολυτεχνείου Κρήτης[19].

Εκτίμηση της παραγωγής αστικών στερεών αποβλήτων

Οι παραγόμενες ποσότητες για κάθε δημοτικό διαμέρισμα του νησιού εκτιμήθηκαν από τον πληθυσμό των αντίστοιχων δήμων, σύμφωνα με τις εξής παραδοχές:

- Για κοινότητες με πληθυσμό μικρότερο των 10.000 κατοίκων : 0,8 Kg απορρίμματα ανά κάτοικο και ημέρα
- Για κοινότητες με πληθυσμό μεγαλύτερο των 10.000 κατοίκων : 1 Kg απορρίμματα ανά κάτοικο και ημέρα
- Για το δήμο Ρεθύμνου, δήμο Αγίου Νικολάου, δήμο Ιεράπετρας : 1 Kg απορρίμματα ανά κάτοικο και ημέρα.
- Για τον μεγαλύτερο δήμο (πληθυσμός 133.012, απογραφή 2001) και εμπορικό κέντρο της Κρήτης, το Ηράκλειο: 1,2 Kg απορρίμματα ανά κάτοικο και ημέρα.

Οι παραπάνω παραδοχές βρίσκονται σε αντιστοιχία με την πρόσφατη ελληνική νομοθεσία ‘Μέτρα και όροι για την Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων, Εθνικός και Περιφερειακός Σχεδιασμός Διαχείρισης’ η οποία και παραδέχεται ως μέση τιμή παραγωγής απορριμμάτων 1,14 Kg / κάτοικο / ημέρα.

Η αυξημένη μέση παραγωγή απορριμμάτων στους μεγαλύτερους δήμους σε σχέση με τις υπόλοιπες αστικές περιοχές του νομού είναι αναμενόμενη, εξαιτίας των δραστηριοτήτων που έχουν αναπτυχθεί γύρω από τον πολεοδομικό ιστό (σφαγεία, συνεργεία αυτοκινήτων, μεγάλες τουριστικές μονάδες κ.ά.)

Επιπρόσθετα με τις ποσότητες αυτές, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη και οι μέγιστες ημερήσιες ποσότητες απορριμμάτων που παράγονται λόγω του τουρισμού, η εκτίμηση των οποίων έγινε ως εξής:

- Από στοιχεία του ΕΟΤ ελήφθη το σύνολο των κλινών σε κάθε Δήμο ή Κοινότητα που διαθέτει κύρια ξενοδοχειακά καταλύματα.
- Από στοιχεία του ΕΟΤ σχετικά με την πληρότητα των κλινών εντοπίστηκε η μέση % πληρότητα η οποία ισχύει κατά τους θερινούς μήνες, βάσει της οποίας υπολογίστηκε η συνολική παραγόμενη ποσότητα απορριμμάτων λόγω τουρισμού.
- Θεωρήθηκε ότι η μέση παραγόμενη ποσότητα απορριμμάτων ανά τουρίστα και ημέρα ανέρχεται σε 1,2 Kg. Σημειώνεται ότι ο συντελεστής είναι κατά τι είναι υπερεκτιμημένος, ώστε να συνυπολογίζει τα μη καταχωρημένα ενοικιαζόμενα δωμάτια (δεν περιλαμβάνονται στα στοιχεία του ΕΟΤ), τους διερχόμενους τουρίστες, τους επισκέπτες κ.τ.λ..

Εκτίμηση ποσοτήτων

Νομός Ρεθύμνου

A/A	ΔΗΜΟΣ, ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ	ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΟΡ. KG/ΗΜΕΡΑ	ΕΤΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΟΡ. TN/ΕΤΟΣ	ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΟΡ. ΛΟΓΩ ΤΟΥΡΙΣΜΟΥ KG/ΗΜΕΡΑ	ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΟΡ. ΛΟΓΩ ΤΟΥΡΙΣΜΟΥ, TN/ΕΤΟΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΟΡ., KG/ΗΜΕΡΑ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΤΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΟΡ., TN/ΕΤΟΣ
1	ΡΕΘΥΜΝΗΣ	31687	31147	11369	10940	2297	46296	15033
2	ΑΝΩΓΕΙΩΝ	4812	3850	1405			4235	1546
3	ΑΡΚΑΔΙΟΥ	5644	4515	1648	7053	1481	12725	3442
4	ΓΕΡΟΠΟΤΑΜΟΥ	8323	6658	2430	2653	557	10242	3286
5	ΚΟΥΛΟΥΚΩΝΑ	5949	4759	1737	8	2	5244	1913
6	ΚΟΥΡΗΤΩΝ	2703	2162	789			2379	868
7	ΛΑΜΠΗΣ	6173	4938	1803	1444	303	7020	2316
8	ΛΑΠΠΑΙΩΝ	2628	2102	767			2313	844
9	ΝΙΚΗΦΟΡΟΥ ΦΩΚΑ	6599	5279	1927	216	45	6045	2170
10	ΣΙΒΡΙΤΟΥ	3512	2810	1026			3091	1128
11	ΦΟΙΝΙΚΑ	3946	3157	1152	1799	378	5451	1683
ΣΥΝΟΛΟ		81976	71378	26053	24113	5064	105040	34228

ΠΙΝΑΚΑΣ 4-1: Ποσοτική ανάλυση των αστικών στερεών απορριμμάτων στο ν. Ρεθύμνου [19]

Νομός Ηρακλείου

A/A	ΔΗΜΟΣ, ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ	ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΟΡ. KG/ΗΜΕΡΑ	ΕΤΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΟΡ. ΤΝ/ΕΤΟΣ	ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΟΡ. ΛΟΓΩ ΤΟΥΡΙΣΜΟΥ KG/ΗΜΕΡΑ	ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΟΡ. ΛΟΓΩ ΤΟΥΡΙΣΜΟΥ, ΤΝ/ΕΤΟΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΟΡ., KG/ΗΜΕΡΑ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΤΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΟΡ., ΤΝ/ΕΤΟΣ
1	ΗΡΑΚΛΕΙΟ	137711	163374	59631	3104	652	183125	66311
2	ΑΓ. ΒΑΡΒΑΡΑΣ	5310	4248	1551			4673	1706
3	ΑΡΚΑΛΟΧΩΡΙΟΥ	10897	8718	3182	55	12	9650	3513
4	ΑΡΧΑΝΩΝ	4548	3638	1328	20	4	4024	1465
5	ΑΣΤΕΡΟΥΣΙΩΝ	6303	5042	1840			5547	2025
6	ΒΙΑΝΝΟΥ	6463	5170	1887			5687	2076
7	ΓΑΖΙΟΥ	13581	10865	3966	9405	1975	22296	6535
8	ΓΟΡΓΟΛΑΙΝΗ	3171	2537	926			2790	1019
9	ΓΟΡΓΥΝΑΣ	5292	4234	1545	23	5	4682	1705
10	ΓΟΥΒΩΝ	7761	6209	2266	7736	1625	15340	4280
11	ΕΠΙΣΚΟΠΗΣ	2533	2026	740			2229	814
12	ΖΑΡΟΥ	3370	2696	984	128	27	3106	1112
13	ΘΡΑΨΑΝΟΥ	2616	2093	764			2302	840
14	ΚΑΣΤΕΛΛΙΟΥ	6819	5455	1991			6001	2190
15	ΚΟΦΙΝΑ	5338	4270	1559			4697	1715
16	ΚΡΟΥΣΩΝΑ	4059	3247	1185			3572	1304
17	ΜΑΛΙΩΝ	6212	4970	1814	9719	2041	16158	4240
18	ΜΟΙΡΩΝ	10857	8686	3170	20	4	9576	3492
19	ΝΕΑΣ ΑΛΙΚΑΡΝΑΣΣΟΥ	12542	12360	4511	228	48	13846	5015
20	ΝΙΚΟΥ ΚΑΖΑΝΤΖΑΚΗ	7171	5737	2094			6310	2303
21	ΡΟΥΒΑ	2324	1859	679			2045	746
22	ΤΕΜΕΝΟΥΣ	3218	2574	940	10	2	2843	1036
23	ΤΕΤΡΑΧΩΡΙΟΥ	2404	1923	702			2116	772
24	ΤΥΛΙΣΟΥ	3491	2793	1019	62	13	3141	1136
25	ΤΥΜΠΑΚΙΟΥ	10001	8001	2920	1393	293	10333	3534
26	ΧΕΡΣΟΝΗΣΟΥ	8497	6798	2481	21032	4417	30612	7588
ΣΥΝΟΛΟ		292489	289522	105676	52936	11117	376704	128471

ΠΙΝΑΚΑΣ 4-2: Ποσοτική ανάλυση των αστικών στερεών απορριμμάτων στο ν. Ηρακλείου [19]

Νομός Λασιθίου

A/A	ΔΗΜΟΣ, ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ	ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΟΡ. KG/ΗΜΕΡΑ	ΕΤΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΟΡ. ΤΝ/ΕΤΟΣ	ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΟΡ. ΛΟΓΩ ΤΟΥΡΙΣΜΟΥ KG/ΗΜΕΡΑ	ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΟΡ. ΛΟΓΩ ΤΟΥΡΙΣΜΟΥ, ΤΝ/ΕΤΟΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΟΡ., KG/ΗΜΕΡΑ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΤΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΟΡ., ΤΝ/ΕΤΟΣ
1	ΑΓ. ΝΙΚΟΛΑΟΥ	19462	17751	6479	9494	1994	29969	9320
2	ΙΕΡΑΠΕΤΡΑ	23707	22030	8041	2797	587	27310	9491
3	ΙΤΑΝΟΥ	2514	2011	734	219	46	2453	858
4	ΛΕΥΚΗΣ	2177	1742	636			1916	699
5	ΜΑΚΡΥ ΓΥΑΛΟΥ	4204	3363	1228	997	209	4796	1581
6	ΝΕΑΠΟΛΗΣ	6765	5412	1975	2007	421	8161	2636
7	ΟΡΟΠΕΔΙΟ ΛΑΣΙΘΙΟΥ	3152	2522	920	33	7	2810	1020
8	ΣΗΤΕΙΑΣ	14338	11470	4187	1124	236	13854	4865
ΣΥΝΟΛΟ		76319	66301	24200	16670	3501	91268	30471

ΠΙΝΑΚΑΣ 4-3: Ποσοτική ανάλυση των αστικών στερεών απορριμμάτων στο ν. Λασιθίου [19]

Οπότε συνολικά και για τους τρεις νομούς:

ΝΟΜΟΣ	ΔΗΜΟΣ, ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ	ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΟΡ. KG/ΗΜΕΡΑ	ΕΤΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΟΡ. ΤΝ/ΕΤΟΣ	ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΟΡ. ΛΟΓΩ ΤΟΥΡΙΣΜΟΥ KG/ΗΜΕΡΑ	ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΟΡ. ΛΟΓΩ ΤΟΥΡΙΣΜΟΥ, ΤΝ/ΕΤΟΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΤΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΟΡ., ΤΝ/ΕΤΟΣ
Ρεθύμνης	81976	71378	26053	24113	5064	105040	34228
Ηρακλείου	292489	289522	105676	52936	11117	376704	128471
Λασιθίου	57290	66301	24200	16670	3501	75499	30471
ΣΥΝΟΛΟ	431755	427201	155928	93719	19681	557243	193170

ΠΙΝΑΚΑΣ 4-4: Συνολικά αποτελέσματα ποσοτικής ανάλυσης των αστικών στερεών απορριμμάτων στους νομούς Ρεθύμνου, Ηρακλείου και Λασιθίου [19]

Ποιοτική σύνθεση

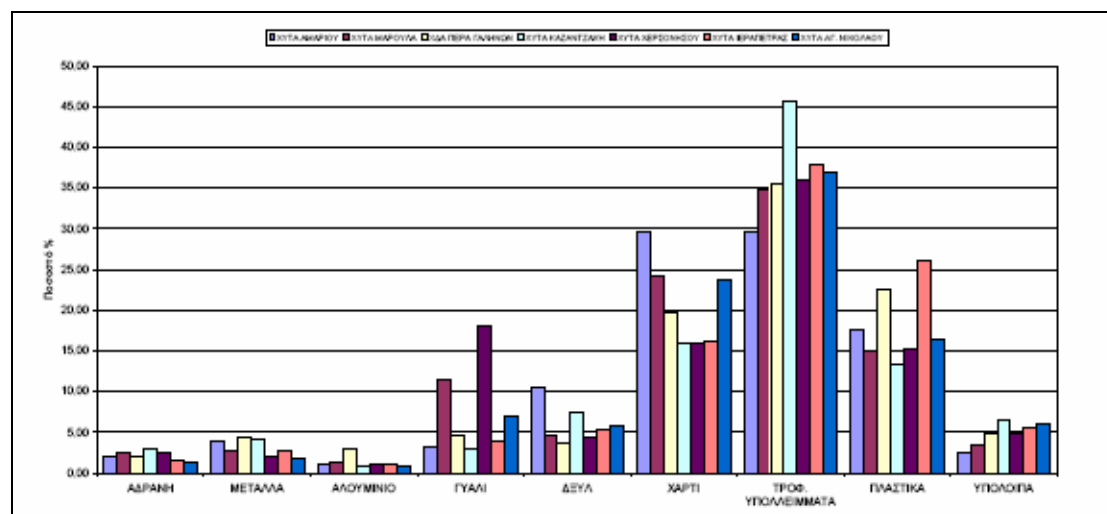
Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι μέσες τιμές των ποσοστών % σύνθεσης στα επιμέρους κλάσματα διαχωρισμού.

1^η φάση δειγματοληψίας (Σεπτέμβριος – Οκτώβριος 2003)

ΚΛΑΣΜΑ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ	ΧΥΤΑ ΑΜΑΡΙΟΥ	ΧΥΤΑ ΜΑΡΟΥΛΑ	ΧΔΑ ΠΕΡΑ ΓΑΛΗΝΩΝ	ΧΥΤΑ ΚΑΖΑΝΤΖΑΚΗ	ΧΥΤΑ ΧΕΡΣΟΝΗΣΟΥ	ΧΥΤΑ ΙΕΡΑΠΕΤΡΑΣ	ΧΥΤΑ ΑΓ. ΝΙΚΟΛΑΟΥ
ΑΔΡΑΝΗ	1,90	2,50	1,93	2,99	2,43	1,54	1,34
ΜΕΤΑΛΛΑ	4,00	2,65	4,44	4,24	2,12	2,65	1,84
ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ	1,08	1,29	3,01	0,86	0,97	0,97	0,82
ΓΥΑΛΙ	3,24	11,56	4,58	3,05	18,05	3,86	6,92
ΔΕΥΛ	10,56	4,71	3,60	7,40	4,36	5,26	5,84
ΧΑΡΤΙ	29,66	24,20	19,71	16,00	16,04	16,14	23,82
ΤΡΟΦ. ΥΠΟΛΛΕΙΜΜΑΤΑ	29,56	34,82	35,45	45,66	35,97	37,95	37,03
ΠΛΑΣΤΙΚΑ	17,54	14,88	22,49	13,31	15,20	26,15	16,46
ΥΠΟΛΟΙΠΑ	2,47	3,39	4,79	6,50	4,85	5,49	5,94

ΠΙΝΑΚΑΣ 4-5: Ποιοτική ανάλυση των αστικών στερεών απορριμμάτων στους νομούς Ρεθύμνου, Ηρακλείου και Λασιθίου – 1^η φάση δειγματοληψίας [19]

Τα αποτελέσματα υπό μορφή διαγράμματος είναι τα εξής:



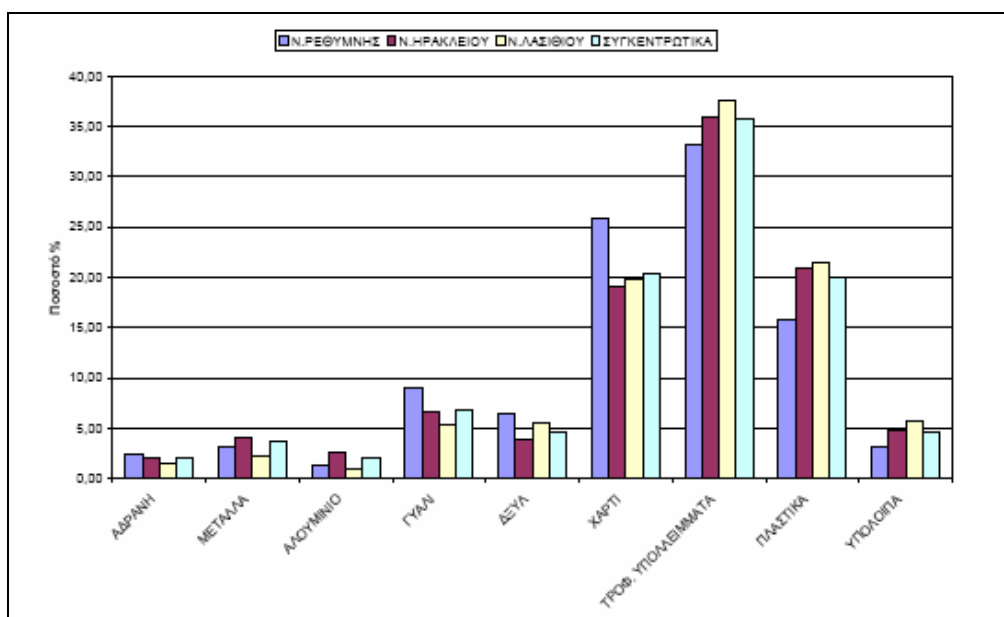
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4-1: Ποιοτική ανάλυση των αστικών στερεών απορριμμάτων στους νομούς Ρεθύμνου, Ηρακλείου και Λασιθίου – 1^η φάση δειγματοληψίας [19]

Η ποιοτική σύνθεση σε επίπεδο νομού και κατ' επέκταση σε επίπεδο περιφέρειας φαίνεται παρακάτω:

ΚΛΑΣΜΑ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ	N. ΡΕΘΥΜΝΗΣ	N. ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	N. ΛΑΣΙΘΙΟΥ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ
ΑΔΡΑΝΗ	2,34	2,06	1,44	2,02
ΜΕΤΑΛΛΑ	3,01	4,05	2,25	3,66
ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ	1,23	2,58	0,90	2,15
ΓΥΑΛΙ	9,31	6,73	5,36	6,87
ΔΕΥΛ	6,29	3,88	5,54	4,52
ΧΑΡΤΙ	25,68	18,96	19,91	20,37
ΤΡΟΦ. ΥΠΟΛΛΕΙΜΜΑΤΑ	33,40	35,95	37,50	35,65
ΠΛΑΣΤΙΚΑ	15,60	20,92	21,39	20,11
ΥΠΟΛΟΙΠΑ	3,14	4,87	5,71	4,65

ΠΙΝΑΚΑΣ 4-6: Ποιοτική ανάλυση των αστικών στερεών απορριμμάτων σε επίπεδο νομού και σε επίπεδο περιφέρειας – 1η φάση δειγματοληψίας [19]

Τα αποτελέσματα υπό μορφή διαγράμματος είναι τα εξής:



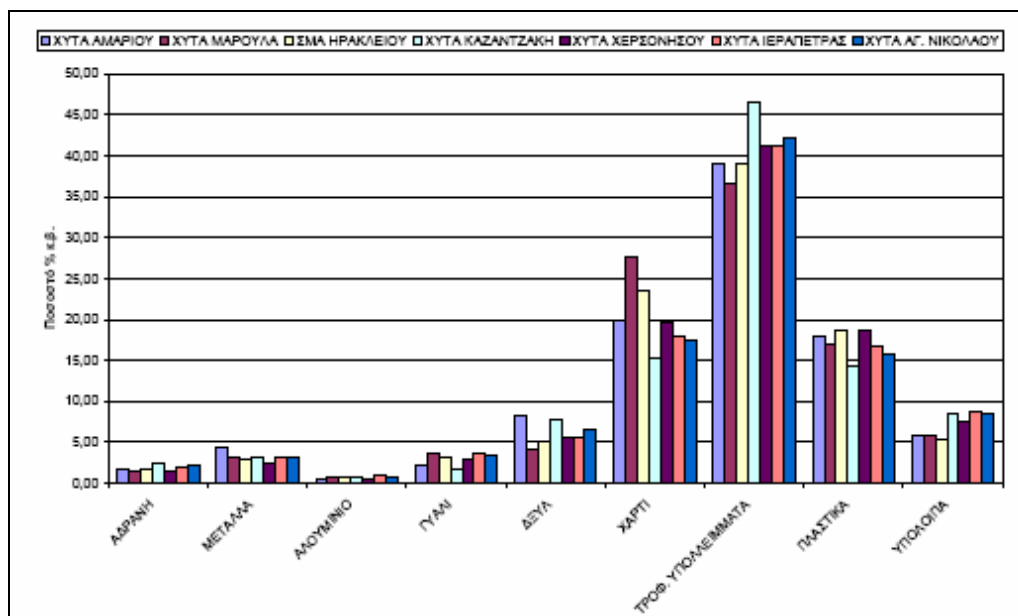
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4-2: Ποιοτική ανάλυση των αστικών στερεών απορριμμάτων σε επίπεδο νομού και σε επίπεδο περιφέρειας – 1η φάση δειγματοληψίας [19]

2^η φάση δειγματοληψίας (Νοέμβριος 2003 – Ιανουάριος 2004)

ΚΛΑΣΜΑ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ	ΧΥΤΑ ΑΜΑΡΙΟΥ	ΧΥΤΑ ΜΑΡΟΥΛΑ	ΧΔΑ ΠΕΡΑ ΓΑΛΗΝΩΝ	ΧΥΤΑ ΚΑΖΑΝΤΖΑΚΗ	ΧΥΤΑ ΧΕΡΣΟΝΗΣΟΥ	ΧΥΤΑ ΙΕΡΑΠΕΤΡΑΣ	ΧΥΤΑ ΑΓ. ΝΙΚΟΛΑΟΥ
ΑΔΡΑΝΗ	1,66	1,45	1,58	2,39	1,49	1,86	2,15
ΜΕΤΑΛΛΑ	4,47	3,08	3,01	3,21	2,43	3,28	3,14
ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ	0,54	0,61	0,74	0,68	0,49	0,89	0,71
ΓΥΑΛΙ	2,23	3,62	3,08	1,58	2,99	3,63	3,47
ΔΕΥΛ	8,35	4,23	5,11	7,62	5,68	5,55	6,62
ΧΑΡΤΙ	19,96	27,56	23,39	15,31	19,66	17,96	17,47
ΤΡΟΦ. ΥΠΟΛΛΕΙΜΜΑΤΑ	39,00	36,71	39,09	46,53	41,08	41,28	42,17
ΠΛΑΣΤΙΚΑ	18,03	16,86	18,59	14,26	18,72	16,83	15,84
ΥΠΟΛΟΙΠΑ	5,77	5,87	5,41	8,41	7,46	8,74	8,44

ΠΙΝΑΚΑΣ 4-7: Ποιοτική ανάλυση των αστικών στερεών απορριμμάτων στους νομούς Ρεθύμνου, Ηρακλείου και Λασιθίου – 2η φάση δειγματοληψίας [19]

Τα αποτελέσματα υπό μορφή διαγράμματος είναι τα εξής:



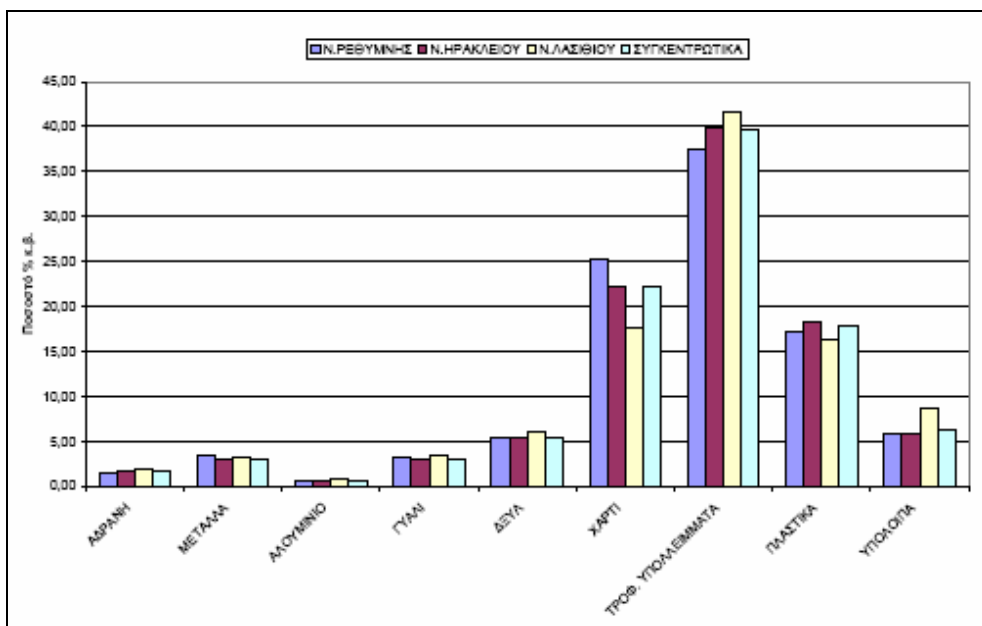
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4-3: Ποιοτική ανάλυση των αστικών στερεών απορριμμάτων στους νομούς Ρεθύμνου, Ηρακλείου και Λασιθίου – 2η φάση δειγματοληψίας [19]

Η ποιοτική σύνθεση σε επίπεδο νομού και κατ'επέκταση σε επίπεδο περιφέρειας φαίνεται παρακάτω:

ΚΛΑΣΜΑ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ	N. ΡΕΘΥΜΝΗΣ	N. ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	N. ΛΑΣΙΘΙΟΥ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ
ΑΔΡΑΝΗ	1,51	1,61	2,00	1,65
ΜΕΤΑΛΛΑ	3,51	2,91	3,21	3,08
ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ	0,59	0,69	0,81	0,69
ΓΥΑΛΙ	3,19	2,99	3,55	3,12
ΔΕΥΛ	5,50	5,34	6,07	5,49
ΧΑΡΤΙ	25,21	22,30	17,72	22,21
ΤΡΟΦ. ΥΠΟΛΛΕΙΜΜΑΤΑ	37,42	39,83	41,71	39,61
ΠΛΑΣΤΙΚΑ	17,22	18,39	16,35	17,83
ΥΠΟΛΟΙΠΑ	5,84	5,93	8,59	6,32

ΠΙΝΑΚΑΣ 4-8: Ποιοτική ανάλυση των αστικών στερεών απορριμμάτων σε επίπεδο νομού και σε επίπεδο περιφέρειας – 2η φάση δειγματοληψίας [19]

Τα αποτελέσματα υπό μορφή διαγράμματος είναι τα εξής:



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4-4: Ποιοτική ανάλυση των αστικών στερεών απορριμμάτων σε επίπεδο νομού και σε επίπεδο περιφέρειας – 2η φάση δειγματοληψίας [19]

Από τα παραπάνω μπορούν να εξαχθούν οι εξής γενικές παρατηρήσεις:

- Στη σύνθεση των απορριμμάτων τρεις είναι οι κυρίαρχες κατηγορίες υλικών (χαρτί, τροφικά υπολείμματα και πλαστικά) με συνολικό ποσοστό περίπου 80%, οι οποίες μάλιστα παρουσιάζουν σημαντική εποχιακή σταθερότητα.

- Την πρώτη θέση καταλαμβάνουν τα τροφικά υπολείμματα και ακολουθούν το χαρτί και το πλαστικό.
- Διακυμάνσεις μεταξύ των δύο φάσεων της δειγματοληψίας παρουσιάζουν το αλουμίνιο και το γυαλί, λόγω της εποχιακού χαρακτήρα της χρήσης τους.
- Τα ποσοστά των αδρανών υλικών είναι ιδιαίτερα χαμηλά ποσοστό που δικαιολογείται από το ότι δεν συλλέγονται από τα απορριμματοφόρα οχήματα αλλά μεταφέρονται σε ξεχωριστούς χώρους διάθεσης αποβλήτων με άλλα οχήματα.

Παρατήρηση: σε δύο επόμενες δειγματοληψίες που πρόσφατα ολοκληρώθηκαν, το ποσοστό των οργανικών υλικών βρέθηκε αρκετά υψηλότερο, ωστόσο στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιούνται τα στοιχεία που αναφέρθηκαν παραπάνω.

4.2 Η περιοχή μελέτης

Οι πρόσφατες μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί με στόχο την επίλυση του προβλήματος των αστικών στερεών απορριμμάτων σε επίπεδο περιφέρειας Κρήτης, έχουν θεωρήσει ως πιθανό –όχι όμως βέβαιο- το ενδεχόμενο η μονάδα επεξεργασίας να κατασκευαστεί στο δήμο Αγίας Βαρβάρας, στο νομό Ηρακλείου.

Ο οικισμός Αγία Βαρβάρα είναι η έδρα του δήμου που συστήθηκε σύμφωνα με το σχέδιο Καποδίστριας, καταλαμβάνει έκταση 100.000 στρεμμάτων περίπου και περιλαμβάνει τους οικισμούς :Αγίας Βαρβάρας, Αγίου Θωμά, Άνω Μουλίων, Δούλιου, Λαρανίου, Μεγάλης Βρύσης και Πρινία με συνολικό πληθυσμό 6.422 άτομα.

Βόρεια του δήμου, βρίσκονται οι δήμοι Πετροχωρίου και Γοργολαΐνι, δυτικά ο δήμος Ρούβα, ανατολικά – βορειοανατολικά οι δήμοι Τεμένους και Καζαντζάκη και νότια οι δήμοι Γόρτυνας και Κόφινα.

Η ευρύτερη περιοχή είναι μάλλον ημιορεινή – ορεινή με μικρές πεδινές εκτάσεις τοπικά, όπου κυριαρχούν καλλιέργειες κυρίως ελιάς και λιγότερο αμπελιού και οπωροκηπευτικών.

Συναντώνται τα οικοσυστήματα της ημιορεινής και ορεινής ζώνης, καθώς επίσης φαράγγια και κάθετα βράχια.

Το κλίμα είναι τυπικά μεσογειακό με βροχερή περίοδο το χειμώνα, από Νοέμβρη μέχρι Απρίλη. Το θέρος είναι θερμό και ξηρό ενώ οι βροχοπτώσεις μπορεί να θεωρηθούν ικανοποιητικές κατά την διάρκεια του έτους. Εντός του έτους όμως η κατανομή τους είναι ανομοιόμορφη, περιοριζόμενη στους χειμερινούς μήνες. Επίσης

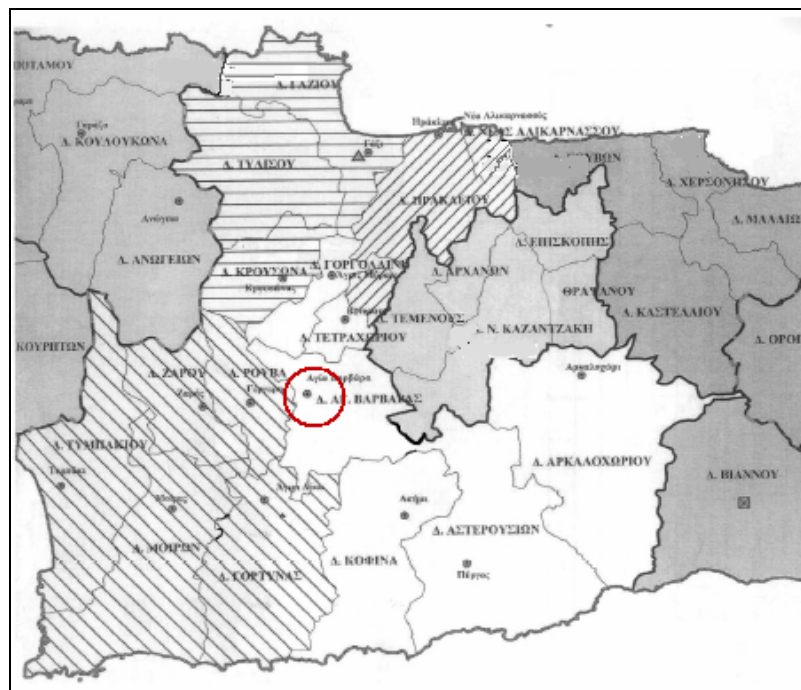
η θερμοκρασία, η μέση τιμή της οποίας ανέρχεται στους 16.6°C , παρουσιάζει σημαντική διακύμανση ανάλογα με την εποχή.

Η βασική οικονομική δραστηριότητα είναι η γεωργία και δευτερευόντως η οικόσιτη και ημιοικόσιτη κτηνοτροφία.

Ο ενεργός πληθυσμός είναι 2.530 άτομα και κατανέμεται στους τρεις τομείς της παραγωγής ως εξής:

- 1.664 άτομα στον πρωτογενή τομέα
- 187 άτομα στον δευτερογενή τομέα
- 387 άτομα στον τριτογενή τομέα

Η ανεργία δεν υπερβαίνει το 4%.



ΣΧΗΜΑ 4-5: Η περιοχή μελέτης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΣΕΝΑΡΙΑ ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

5.1 Γενικά

Για την εκπόνηση ενός ολοκληρωμένου σχεδιασμού διαχείρισης των αστικών στερεών αποβλήτων απαιτείται η εξέταση των υπαρχόντων τεχνολογιών σε συνδυασμό με τις τοπικές και άλλες ιδιαιτερότητες του υπό μελέτη προβλήματος. Βασικές παράμετροι που οφείλουν να ληφθούν υπ' όψη είναι:

- Η κάλυψη με τον καλύτερο δυνατό τρόπο των αναγκών της εκάστοτε περιοχής εφαρμογής συνδυάζοντας βιωσιμότητα και λειτουργικότητα σε βάθος χρόνου
- Οι προϋποθέσεις και οι πιθανοί περιορισμοί για την εφαρμογή της κάθε τεχνολογίας, που μπορεί να περιλαμβάνουν οικονομικές, τεχνικές ή και κοινωνικές συνιστώσες
- Η εναρμόνιση με τις γενικές κατευθύνσεις του κοινοτικού και κατ' επέκταση του εθνικού σχεδιασμού για την περιβαλλοντική διαχείριση, όπως οριοθετείται από τη νομοθεσία

Στο παρελθόν, πριν τον σαφή προσδιορισμό των προτεραιοτήτων της Ευρωπαϊκής Ένωσης σχετικά με τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων, υπήρχε η τάση της μονοσήμαντης μελέτης τεχνολογιών για κάθε περίπτωση, π.χ. υγειονομική ταφή, μηχανικός διαχωρισμός, καύση κ.τ.λ.

Στη σύγχρονη πρακτική ωστόσο, έχουν πλέον εμπεδωθεί οι κατευθυντήριες γραμμές για την μείωση των παραγόμενων απορριμμάτων, την επαναχρησιμοποίηση ενός ποσοστού τους και την ανάκτηση υλικών και ενέργειας. Έτσι, σχεδιάζονται κατά κύριο λόγο συνδυαστικά συστήματα, που περικλείουν ετερόκλητες μεθοδολογίες ώστε να καλύπτεται ένα όσο το δυνατό μεγαλύτερο φάσμα στόχων.

Σε αυτό το σκεπτικό βασίζεται και η επιλογή των σεναρίων της παρούσας μελέτης. Έγινε προσπάθεια τα προτεινόμενα σενάρια να καλύπτουν διαφορετικές τεχνολογικές προσεγγίσεις, να συνδυάζουν τις τεχνικές απαιτήσεις με τη συμμετοχή των πολιτών, να συμβάλλουν ταυτόχρονα στην ανάκτηση υλικών και ενέργειας και να είναι εφαρμόσιμα στα ελληνικά δεδομένα.

Με γνώμονα τους παραπάνω άξονες είναι δυνατή η κατάρτιση πλήθους εναλλακτικών σεναρίων που θα παρουσιάζουν διαφοροποιήσεις ως προς τους επιδιωκόμενους στόχους, τις τεχνικές προδιαγραφές, το κόστος και την κοινωνική

αποδοχή. Ωστόσο, επιλέχθηκαν τρία σενάρια, με τρόπο ώστε να είναι αφ' ενός αντιπροσωπευτικά και αφ' ετέρου διακριτά ως προς τις μεθόδους και τους στόχους τους.

1. Σενάριο 1: Διαλογή στην Πηγή – Κέντρο Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών (ΚΔΑΥ) - Υγειονομική Ταφή
2. Σενάριο 2: Μηχανικός Διαχωρισμός – Κομποστοποίηση – Υγειονομική Ταφή
3. Σενάριο 3: Διαλογή στην Πηγή – Κέντρο Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών (ΚΔΑΥ) - Θερμική Επεξεργασία - Υγειονομική Ταφή

Ακολουθεί αναλυτική παρουσίαση του κάθε σεναρίου.

5.2 Σενάριο 1: Διαλογή στην Πηγή – Κέντρο Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών (ΚΔΑΥ) - Υγειονομική Ταφή

Προβλέπεται εφαρμογή προγράμματος διαλογής στην πηγή με στόχο τον διαχωρισμό σε πρώτο επίπεδο των ανακυκλώσιμων υλικών από το οργανικό κλάσμα. Λαμβάνοντας υπ' όψη την μειωμένη εξοικείωση του ελληνικού κοινού με προγράμματα στα οποία απαιτείται ίδια συμμετοχή, το πυκνοκατοικημένο αστικό περιβάλλον της χώρας καθώς και την παράμετρο του κόστους, επιλέχθηκε η απλούστερη εκδοχή, δηλαδή το σύστημα δύο κάδων 'υγρού – ξηρού'. Οι πολίτες καλούνται να τοποθετούν τα απορρίμματα από ανακυκλώσιμα υλικά (χαρτί, πλαστικό, γυαλί, μέταλλα και αλουμίνιο) στον ένα κάδο και τα οργανικά και υπολείμματα στον δεύτερο. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται σημαντική καθαρότητα των απορριμμάτων, καθώς αποφεύγεται η ανάμειξη και η παραμονή τους στον ίδιο κάδο για μεγάλα χρονικά διαστήματα.

Το ανακυκλώσιμο κλάσμα οδηγείται σε Κέντρο Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών (ΚΔΑΥ) όπου πραγματοποιείται ο διαχωρισμός –χειρονακτικά ή/και μηχανικά- των επιμέρους υλικών. Η κατασκευή του ΚΔΑΥ είναι σχετικά απλή, ενώ η λειτουργία του δεν απαιτεί ιδιαίτερη τεχνογνωσία και επομένως μπορεί με ευκολία να εφαρμοστεί σε χώρες με μικρή σχετική εμπειρία όπως η Ελλάδα. Τα ανακτώμενα υλικά προωθούνται προς την αγορά ανακυκλώσιμων (π.χ. βιομηχανίες χαρτιού, γυαλιού κ.τ.λ.) με στόχο την ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση.

Τα απορρίμματα από τον δεύτερο κάδο, οργανικά και υπολείμματα, χωρίς να υποστούν περαιτέρω επεξεργασία οδηγούνται προς υγειονομική ταφή.

Για την ανάλυση των επιμέρους ποσοτήτων που υπόκεινται τις διάφορες διεργασίες, για τον καθορισμό των συντελεστών ανάκτησης κάθε υλικού και τελικά για τον υπολογισμό της δυναμικότητας των μονάδων επεξεργασίας και διάθεσης

χρησιμοποιήθηκαν πραγματικά στοιχεία από την ελληνική πρακτική, ενώ στις περιπτώσεις που δεν υπήρχε προηγούμενη εμπειρία χρησιμοποιήθηκε βιβλιογραφία.

Η εφαρμογή προγραμμάτων διαλογής στην πηγή είναι μάλλον πρωτόγνωρη για τα εγχώρια δεδομένα και συνεπώς η συμμετοχή των πολιτών αναμένεται μειωμένη. Κατά συνέπεια ο διαχωρισμός των υλικών στους δύο κάδους πρόκειται να είναι πλημμελής. Η μοναδική σχετική εμπειρία στην Ελλάδα είναι το σύστημα που έχει σχεδιάσει η Ελληνική Εταιρεία Αξιοποίησης και Ανακύκλωσης (ΕΕΑΑ) σε επτά δήμους της Αττικής και δύο δήμους της περιφέρειας, από τη λειτουργία του οποίου έχει εξαχθεί το συμπέρασμα ότι τον κάδο των ανακυκλώσιμων υλικών (μπλε κάδος) καταλήγει το 30% των απορριμμάτων και αντίστοιχα στον κάδο των οργανικών και υπολειμμάτων (πράσινος κάδος) το 70%, ενώ η αναλογία που προκύπτει μελετώντας την σύνθεση των απορριμμάτων είναι 50% ανακυκλώσιμα - 50% οργανικά και υπολείμματα. Η απόκλιση είναι εμφανής και αρκετά σημαντική.

Ιδιαίτερης σημασίας είναι και τα ποσοστά των υλικών μέσα στους δύο κάδους:

- Ο μπλε κάδος περιέχει σε ποσοστό 70% ανακυκλώσιμα υλικά και 30% υπολείμματα
- Ο πράσινος κάδος περιέχει 58% οργανικά και υπολείμματα και 42% ανακυκλώσιμα

Επομένως, αν και το εν δυνάμει ανακυκλώσιμο κλάσμα των απορριμμάτων είναι περίπου 50%, τελικά στο κέντρο διαλογής οδηγείται μόλις το 21%.

Ειδικά στον μπλε κάδο η αναλογία των υλικών παρουσιάζει διαφοροποιήσεις σε σχέση με την αντίστοιχη αναλογία επί του συνόλου των ανακυκλώσιμων στο κύριο ρεύμα των απορριμμάτων, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Υλικό	% Ποσοστό στον μπλε κάδο	% Ποσοστό στο ανακυκλώσιμο κλάσμα των απορριμμάτων
Χαρτί	67	43
Πλαστικό	18	38
Γυαλί	6	10
Αλουμίνιο	2	3
Μέταλλα	7	6
Σύνολο	100	100

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-1: Ποσοστά υλικών στον μπλε κάδο και στο ανακυκλώσιμο κλάσμα των απορριμμάτων

Είναι εύκολα αντιληπτό πως το χαρτί διατηρεί το σημαντικότερο ρόλο στα υπό ανάκτηση υλικά, γεγονός που ενδεχομένως να οφείλεται στην καθαρότητά του ως υλικού, αλλά και στην μεγαλύτερη εξοικείωση του κοινού με προγράμματα ανακύκλωσης χαρτιού.

Αναφορικά με το ΚΔΑΥ, η ανάκτηση είναι συνάρτηση πολλών παραγόντων, από την αρτιότητα του μηχανολογικού εξοπλισμού και τις συνθήκες προσωρινής αποθήκευσης των υλικών μέχρι την εμπειρία του εργατικού προσωπικού.

Σύμφωνα με τους Tchobanoglous, Theisen, Vigil [11] οι συντελεστές ανάκτησης κυμαίνονται στα εξής επίπεδα:

- Για το χαρτί και το χαρτόνι από 0,60 έως 0,95
- Για το γυαλί και το πλαστικό από 0,75 έως 0,95
- Για τα σιδηρούχα μέταλλα από 0,70 έως 0,85
- Για το αλουμίνιο από 0,80 έως 0,95

Ωστόσο, οι τιμές αυτές διακρίνονται από αρκετά μεγάλο εύρος και αναφέρονται κατά κύριο λόγο χώρες, όπου επικρατούν διαφορετικές συνθήκες στον τομέα της διαχείρισης των αστικών στερεών απορριμμάτων. Για την ρεαλιστική απεικόνιση της κατάστασης στην Ελλάδα, προτιμήθηκε και πάλι η χρήση στοιχείων από φορείς, όπως το Τμήμα Εναλλακτικής Διαχείρισης Συσκευασιών και άλλων Προϊόντων του ΥΠΕΧΩΔΕ, η ΕΕΑΑ και ο Ενιαίος Σύνδεσμος Δήμων και Κοινοτήτων Νομού Αττικής (ΕΣΔΚΝΑ), που εκφράζουν σε μεγάλο βαθμό την ελληνική πραγματικότητα.

Υλικό	Συντελεστής ανάκτησης στο ΚΔΑΥ
Χαρτί	0,85
Πλαστικό	0,90
Γυαλί	0,90
Μέταλλα - Αλουμίνιο	0,95
Μέσος Όρος	0,90

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-2: Συντελεστές ανάκτησης ανά υλικό από το ΚΔΑΥ στην Ελλάδα

Η ανάκτηση στο ΚΔΑΥ έχει γενικά υψηλές αποδόσεις, λόγω της μεγάλης καθαρότητας των υλικών. Μόνο το χαρτί, όντας περισσότερο ευπαθές, εμφανίζει συντελεστή ανάκτησης κάτω του 90%.

Τελικά, από την διαλογή των υλικών που λαμβάνει χώρα στο ΚΔΑΥ ανακτάται ποσοστό 18,4% του συνόλου των απορριμμάτων το οποίο μπορεί να διατεθεί προς πώληση στην αγορά ανακυκλώσιμων υλικών.

Οι ποσότητες που προέρχονται από τον πράσινο κάδο (70%), τα οργανικά και υπολείμματα του μπλε κάδου (9%) καθώς και το άχρηστο κλάσμα των ανακυκλώσιμων υλικών από το ΚΔΑΥ (2,6%), δηλαδή συνολικά το 81,6% των απορριμμάτων οδηγείται προς υγειονομική ταφή.

Οι διαδικασίες στις οποίες υπόκεινται τα υλικά σε ένα ΚΔΑΥ έχουν ως εξής:

Αρχικά τα απορριμματοφόρα αδειάζουν τα ανακτηθέντα υλικά μέσα στο σιλό τροφοδοσίας, απ' όπου μεταφέρονται μέσω ανυψωτικής ταινίας αρχικά σε δονητικό κόσκινο με διάμετρο οπών 20 – 30 mm και στη συνέχεια στη γραμμή διαλογής.

Εκεί οι εργαζόμενοι, αφαιρούν από το σωρό των υλικών το χαρτί, το χαρτόνι, το γυαλί, το πλαστικό και το αλουμίνιο τα οποία τοποθετούνται σε επιμέρους κλωβούς.

Το υπόλοιπο του σωρού διέρχεται από μαγνητικό διαχωριστήρα ο οποίος συγκρατεί τα σιδηρούχα υλικά.

Τα συλλεχθέντα σε κλωβούς υλικά μεταφέρονται με ανυψωτικό όχημα (clark) σε πρέσα, όπου συσκευάζονται, ώστε τελικά να διατεθούν στα εργοστάσια ανακύκλωσης.

Ο εξοπλισμός του ΚΔΑΥ διακρίνεται σε σταθερό και κινητό. Τα βασικά τμήματα του σταθερού εξοπλισμού είναι:

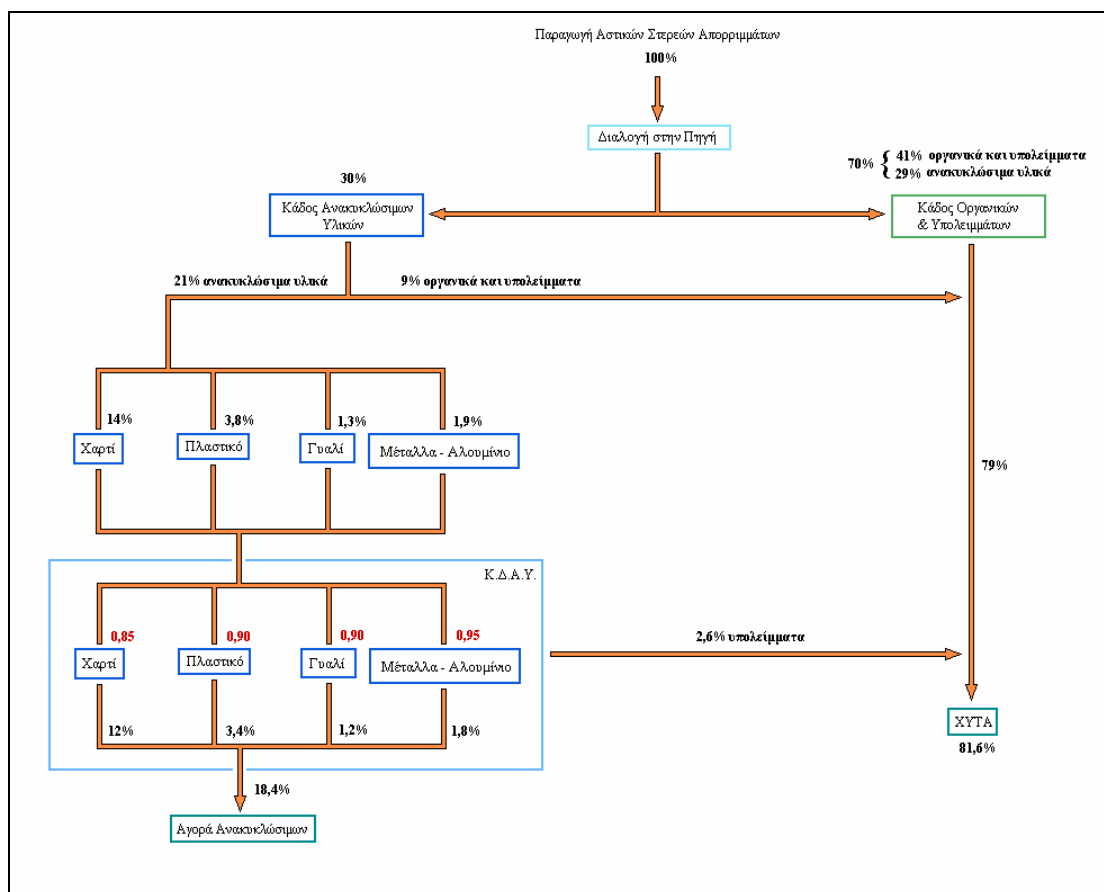
- Σιλό τροφοδοσίας - ταινία χειροδιαλογής: Το σιλό τροφοδοσίας είναι τραπεζοειδούς διατομής, μεταλλικής κατασκευής και διαμορφωμένο ως τη στάθμη του δαπέδου.
- Τροφοδότης-αλυσομεταφορέας
- Μεταφορική ταινία ανύψωσης του υλικού
- Δονητικό κόσκινο: Η κίνηση του δονούμενου κόσκινου μπορεί να είναι κυκλική, ρομβική ή σπειροειδής. Είναι κατασκευασμένο από μέταλλο ή πλαστικό. Ο αριθμός των δονήσεων κυμαίνεται από 600-800 στροφές το λεπτό.
- Μεταφορική ταινία διαλογής: Η οριζόντια αυτή ταινία, μήκους άνω των 20m συνήθως είναι κατασκευασμένη από ελαστικό, επεξεργασμένο κατάλληλα για βαριά βιομηχανική χρήση. Κινείται με τη βοήθεια ηλεκτροκινητήρα και αποτελεί το βασικό χώρο διαλογής.
- Εξέδρα διαλογής: η εξέδρα διαλογής είναι κατασκευασμένη εξ' ολοκλήρου από χάλυβα και διαθέτει δύο διαδρόμους εργασίας.
- Ηλεκτρομαγνήτης (μαγνητικός ιμάντας): Ο μαγνητικός ιμάντας χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση των σιδηρούχων μετάλλων. Τοποθετείται πάνω από τη μεταφορική ταινία. Τα σιδηρούχα μέταλλα έλκονται από την μεταφορική ταινία και μεταφέρονται εκτός πεδίου.
- Πρέσα συμπίεσης: Χρησιμοποιείται υδραυλική πρέσα, συνήθως με δύναμη συμπίεσης 40t.
- Πλάστιγγα ζύγισης : Είναι ηλεκτρονική ζυγαριά, αυτόματης καταγραφής
- Εγκαταστάσεις αερισμού και συλλογής της σκόνης: οι εγκαταστάσεις αυτές περιλαμβάνουν αεραγωγούς , απαγωγείς με κατάλληλες χοάνες μύζησης του αέρα,

κυρίως πάνω από τις γραμμές διαλογής αλλά και πάνω από άλλες ρυπαίνουσες με σκόνη δραστηριότητες. Στην έξοδο του εξαερισμού υπάρχει κατάλληλο φίλτρο κατακράτησης της σκόνης.

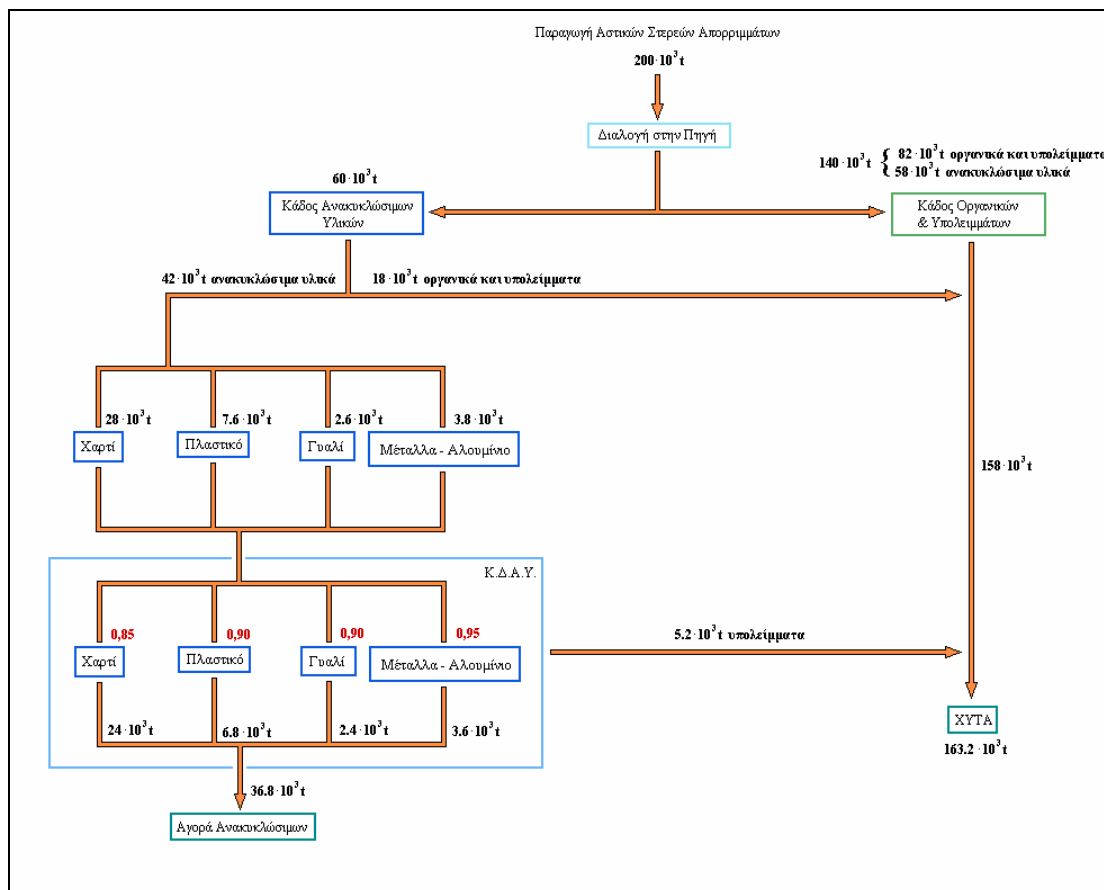
Αντίστοιχα, ο κινητός εξοπλισμός αποτελείται από:

- Κλωβούς προσωρινής αποθήκευσης των υλικών που προέρχονται από την διαλογή: Χρησιμοποιούνται κλωβοί με μεταλλικό σκελετό και τις επιφάνειες του πυθμένα και των πλαϊνών τοιχωμάτων κατασκευασμένα από διάτρητο μεταλλικό πλέγμα. Επίσης χρησιμοποιούνται και μικρά μεταλλικά containers για το γυαλί και το υπόλειμμα της προδιαλογής.
- Περονοφόρο ανυψωτικό μηχάνημα: Χρησιμοποιούνται ηλεκτροκίνητα περονοφόρα ανυψωτικά μηχανήματα εφοδιασμένα με μηχανισμό πλήρους περιστροφής πάνω στον οποίο προσαρμόζεται προσθήκη ειδικής αρπαγής που του προσδίδει την ικανότητα να εκτελεί τους απαιτούμενους χειρισμούς στο χώρο του ΚΔΑΥ.
- Containers: Στο τέλος της ταινίας διαλογής υπάρχει μεταλλικό στεγανό container ανοιχτό από πάνω, μέσα στο οποίο καταλήγει το υπόλειμμα της διαλογής. Το περιεχόμενο του container μεταφορτώνεται σε ανοιχτό φορτηγό και μεταφέρεται για απόθεση στο ΧΥΤΑ.
- Βοηθητικό εξοπλισμός: Περιλαμβάνει τα απαραίτητα εργαλεία για τις εργασίες επισκευών και συντήρησης των μηχανημάτων και των εγκαταστάσεων του ΚΔΑΥ

Ακολουθεί ένα διάγραμμα ροής με τις επιμέρους διεργασίες και τα αντίστοιχα % ποσοστά, που αναφέρονται στη συνολική ποσότητα των απορριμμάτων, καθώς και ένα διάγραμμα ροής με τις πραγματικές ετήσιες ποσότητες του υπό μελέτη σεναρίου.



ΣΧΗΜΑ 5-1: Διάγραμμα ροής του σεναρίου 1 με βάση τα ποσοστά επί της συνολικής ποσότητας απορριμμάτων



ΣΧΗΜΑ 5-2: Διάγραμμα ροής του σεναρίου 1 με βάση τις ποσότητες

5.3 Σενάριο 2: Μηχανικός Διαχωρισμός – Κομποστοποίηση – Υγειονομική Ταφή

Στην περίπτωση αυτή μελετήθηκε ένα σύστημα διαχείρισης των αστικών στερεών αποβλήτων που δεν θα εξαρτάται από την συμμετοχή του κοινού, αλλά μόνο από τον ενδεδειγμένο σχεδιασμό και τη σωστή εφαρμογή της τεχνογνωσίας. Με τον τρόπο αυτό μειώνονται οι απώλειες που ανακύπτουν από την πιθανή ελλιπή συμμετοχή, αυξάνεται ωστόσο η αβεβαιότητα της συνολικής απόδοσης, καθώς η μηχανική διαλογή και η κομποστοποίηση είναι αρκετά σύνθετες και πολυπαραγοντικές διαδικασίες. Οι αυξομειώσεις στις εισερχόμενες ποσότητες απορριμμάτων επηρεάζουν σημαντικά το κόστος ανά τόνο, ο βέλτιστος συνδυασμός χειροδιαλογής και μηχανικής διαλογής είναι δύσκολο να επιτευχθεί, η εύρεση συγκεκριμένου τύπου εγκατάστασης που να μπορεί να συγκεράσει την αποτελεσματικότητα με το κόστος και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις είναι πολύπλοκη [17].

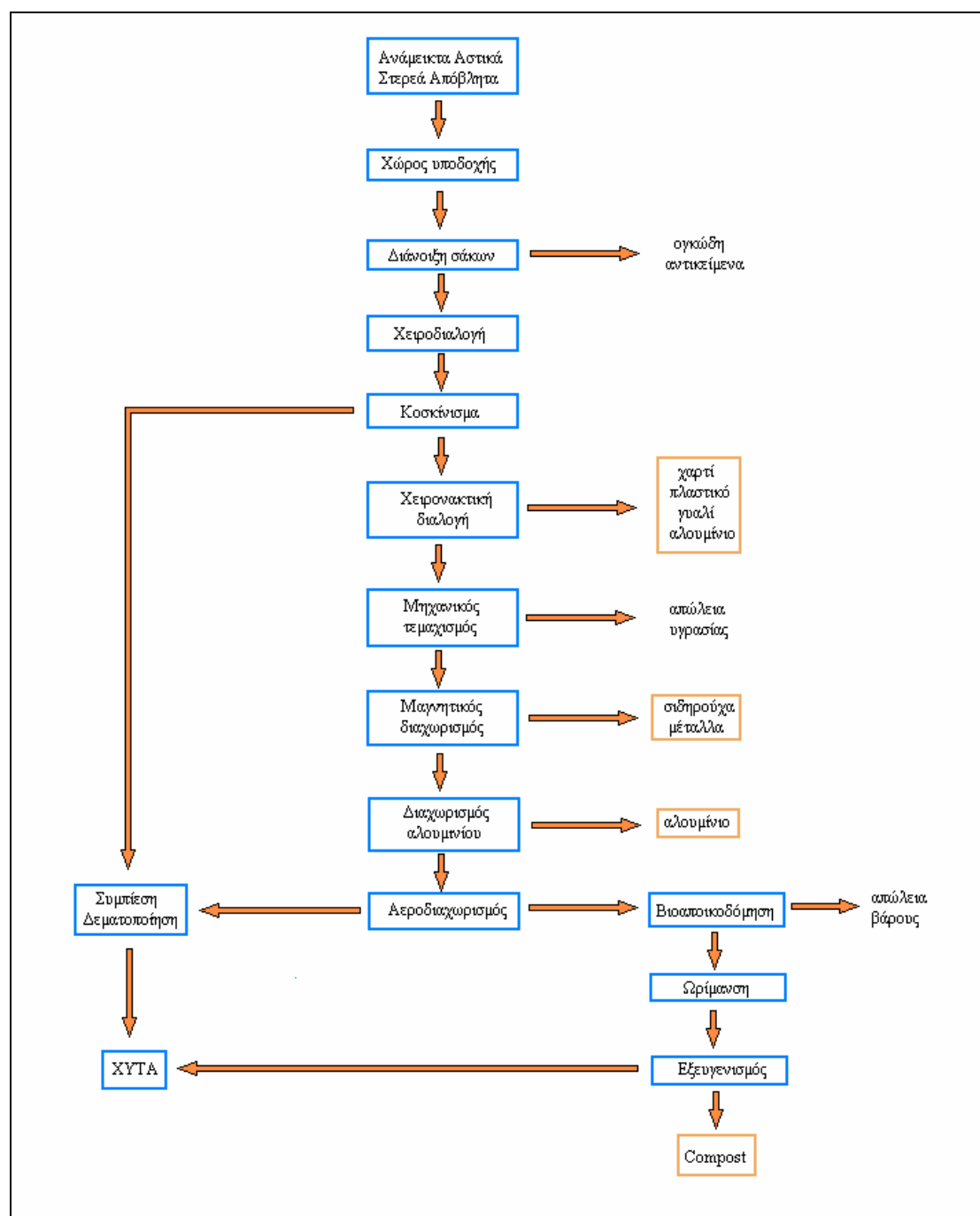
Σημαντικός παράγοντας για την ακριβή κατάρτιση του σεναρίου είναι η διευκρίνιση των χρησιμοποιούμενων τεχνολογιών, μια και οι εναλλακτικοί τρόποι διαχωρισμού (χειροδιαλογή – μηχανική διαλογή) και οι εναλλακτικές γραμμές ροής που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ποικίλουν, γεγονός που επηρεάζει άμεσα το συνολικό κόστος της μονάδας.

Τα βασικά τμήματα της εγκατάστασης, όπως επιλέχθηκαν για το συγκεκριμένο σενάριο, είναι τα εξής:

1. Μονάδα ελέγχου και ζύγισης εισερχόμενων και εξερχόμενων οχημάτων: η μονάδα, που είναι πλήρως αυτοματοποιημένη και λειτουργεί με χρήση μαγνητικής κάρτας για κάθε όχημα, καταγράφει τα βάρη τόσο των εισερχόμενων όσο και των εξερχόμενων υλικών
2. Μονάδα υποδοχής των αποβλήτων και τροφοδοσίας των κατάντη διαχωρισμών: περιλαμβάνει πλατεία ελιγμών και στάθμευσης, ειδικά διαμορφωμένες και αυτοματοποιημένες θέσεις εκκένωσης, γερανογέφυρα – αρπάγη, χοάνη παραλαβής – τροφοδοσίας, πλακοταινία μεταφοράς και σύστημα διάνοιξης σάκων
3. Μονάδα μηχανικής και χειρονακτικής διαλογής:
 - Χειροδιαλογή: πραγματοποιείται απομάκρυνση των ευμεγεθών αντικειμένων και διευκόλυνση της ροής
 - Κοσκίνισμα: χρησιμοποιούνται περιστρεφόμενα κόσκινα με ειδικά επιλεγμένες σχεδιαστικές παραμέτρους, ώστε να διασφαλίζεται η αποτελεσματική απομάκρυνση του λεπτόκοκκου κλάσματος

- Χειρονακτική διαλογή: πραγματοποιείται διαχωρισμός από το εργατικό προσωπικό των υλικών – στόχων της ανάκτησης (χαρτί, γυαλί, πλαστικό, μέταλλα, αλουμίνιο)
 - Μηχανικός τεμαχισμός: χρησιμοποιείται τεμαχιστής για τη μείωση του μεγέθους των απορριμμάτων και τη διευκόλυνση της περαιτέρω διαδικασίας διαχωρισμού
 - Μαγνητικός διαχωρισμός: χρησιμοποιείται μαγνητικός διαχωριστής πολλαπλών πόλων για την απομάκρυνση των σιδηρούχων υλικών.
 - Διαχωρισμός αλουμινίου: γίνεται χρήση ειδικών διαχωριστών επαγωγικού μαγνητικού πεδίου (eddy current) για την απομάκρυνση των ποσοτήτων αλουμινίου που δεν διαχωρίστηκαν κατά τη φάση της χειρονακτικής διαλογής
 - Αεροδιαχωρισμός: πραγματοποιείται διαχωρισμός του ελαφρού κλάσματος
4. Μονάδα συμπίεσης και δεματοποίησης αχρήστων
 5. Μονάδα βιοαποικοδόμησης: επιλέχθηκε η μέθοδος των αναδευόμενων σειραδίων με σύστημα υψηλής απόδοσης και μηχανική ανάδευση δύο φορές την εβδομάδα. Ο χρόνος παραμονής του βιοαποικοδομήσιμου κλάσματος στη μονάδα καθορίζεται στις 30 ημέρες
 6. Μονάδα ωρίμανσης: πραγματοποιείται βιολογική σταθεροποίηση του διαμορφωμένου σε σωρούς για 30 ημέρες
 7. Μονάδα εξευγενισμού και αποθήκευσης: πραγματοποιείται διαχωρισμός του compost από προσμίξεις (γυαλί, πλαστικό, χαλίκι κτλ.) με τη βοήθεια διάταξης περιστροφικού κλιβάνου. Ακολουθεί αεροδιαχωρισμός και βαλλιστικός διαχωρισμός και παραλαμβάνεται το τελικό προϊόν.

Η σχηματική αναπαράσταση της ακολουθούμενης διαδικασίας φαίνεται παρακάτω.



ΣΧΗΜΑ 5-3: Εγκατάσταση μηχανικής διαλογής, μονάδα κομποστοποίησης και XYTA, όπως προτείνονται από το σενάριο

Όπως και κατά τη μελέτη του προηγούμενου σεναρίου, θα χρησιμοποιηθούν δεδομένα από ελληνικούς φορείς διαχείρισης αστικών στερεών αποβλήτων. Τα στοιχεία είναι προσεγγιστικά και βασίζονται σε σχεδιαστικούς υπολογισμούς, καθώς μέχρι στιγμής δεν έχει τεθεί σε πλήρη λειτουργία κάποιο εργοστάσιο μηχανικής διαλογής και κομποστοποίησης.

Το 50% της εισροής είναι εν δυνάμει ανακυκλώσιμα υλικά. Είναι αναμενόμενο ότι οι συντελεστές ανάκτησης για τα υλικά αυτά θα είναι σαφώς μειωμένοι συγκριτικά με το πρώτο σενάριο, καθώς τα απορρίμματα δεν διαχωρίζονται στην πηγή, με

αποτέλεσμα την έντονη ανάμειξη των επιμέρους υλικών και τη ‘μόλυνση’ των πιο ευπαθών από αυτά, με κυριότερο το χαρτί.

Οι βιβλιογραφικές αναφορές και οι μελέτες προτείνουν ποσοστά ανάκτησης μεταξύ 55 και 80%, που κατανέμονται στα επιμέρους υλικά για το συγκεκριμένο σενάριο ως εξής:

Υλικό	Συντελεστής ανάκτησης κατά το μηχανικό διαχωρισμό
Χαρτί	0,65
Πλαστικό	0,70
Γυαλί	0,80
Μέταλλα - Αλουμίνιο	0,70
Μέσος Όρος	0,71

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-3: Συντελεστές ανάκτησης ανά υλικό από το μηχανικό διαχωρισμό

Με βάση τα παραπάνω μετά το διαχωρισμό, το ποσοστό των ανακυκλώσιμων υλικών που μπορούν να διατεθούν προς πώληση είναι περισσότερο από το 1/3 της συνολικής ποσότητας των εισερχόμενων απορριμμάτων (34,5%).

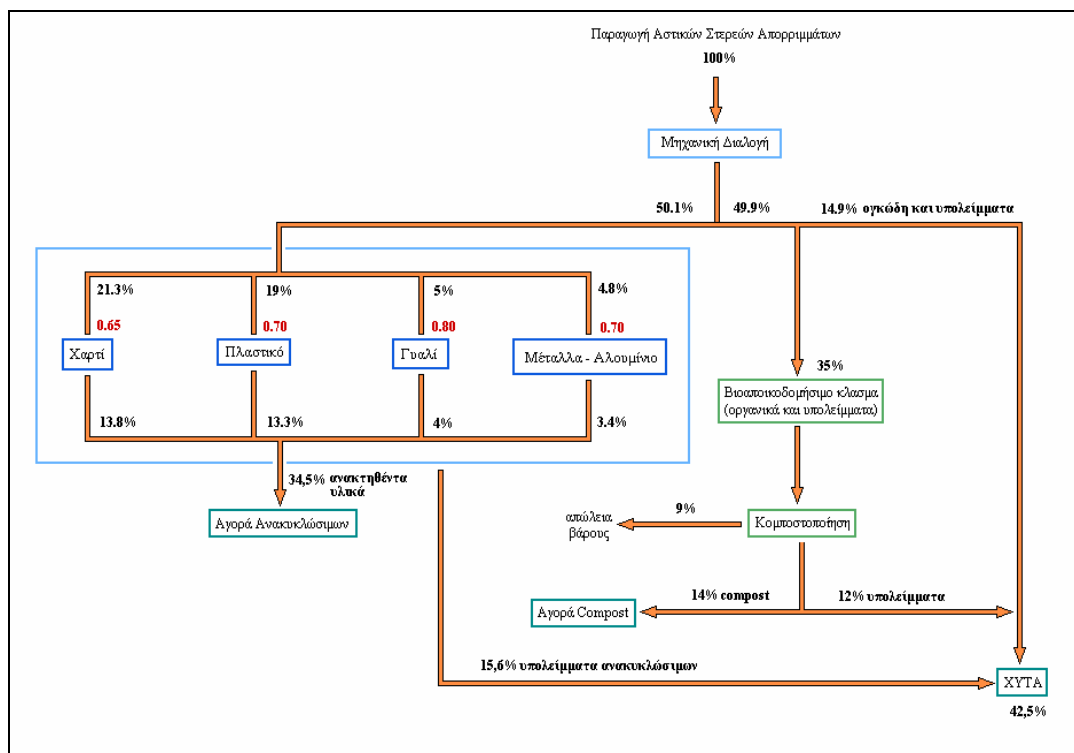
Το υπόλοιπο 50% των απορριμμάτων αποτελείται από οργανικά και υπολείμματα. Μετά τις διάφορες διεργασίες διαχωρισμού που αποσκοπούν στην ανάκτηση υλικών - στόχων και την απομάκρυνση των ακρήστων, το εναπομείναν υλικό, ποσοστό 35% της εισροής, οδηγείται προς βιολογική διεργασία. Για την κομποστοποίηση πραγματοποιήθηκαν μία σειρά από παραδοχές, που βασίζονται τόσο σε βιβλιογραφικά δεδομένα ([11], [19]) όσο και σε στοιχεία από την ελληνική εμπειρία:

- Το ποσοστό του οργανικού κλάσματος που μετατρέπεται σε αξιοποιήσιμο τελικό προϊόν (compost) είναι 36 - 40% (θεωρήθηκε 40% κατά τους υπολογισμούς). Έτσι, στην αγορά μπορεί να καταλήξει ως εδαφοβελτιωτικό το 14% των συνολικών εισερχόμενων απορριμμάτων.
- Η απώλεια βάρους κατά την διεργασία της βιολογικής επεξεργασίας επί της ποσότητας του βιοαποικοδομήσιμου κλάσματος είναι 25%
- Το υπόλειμμα από τη διαδικασία είναι αντίστοιχα 35% επί της ποσότητας του βιοαποικοδομήσιμου κλάσματος

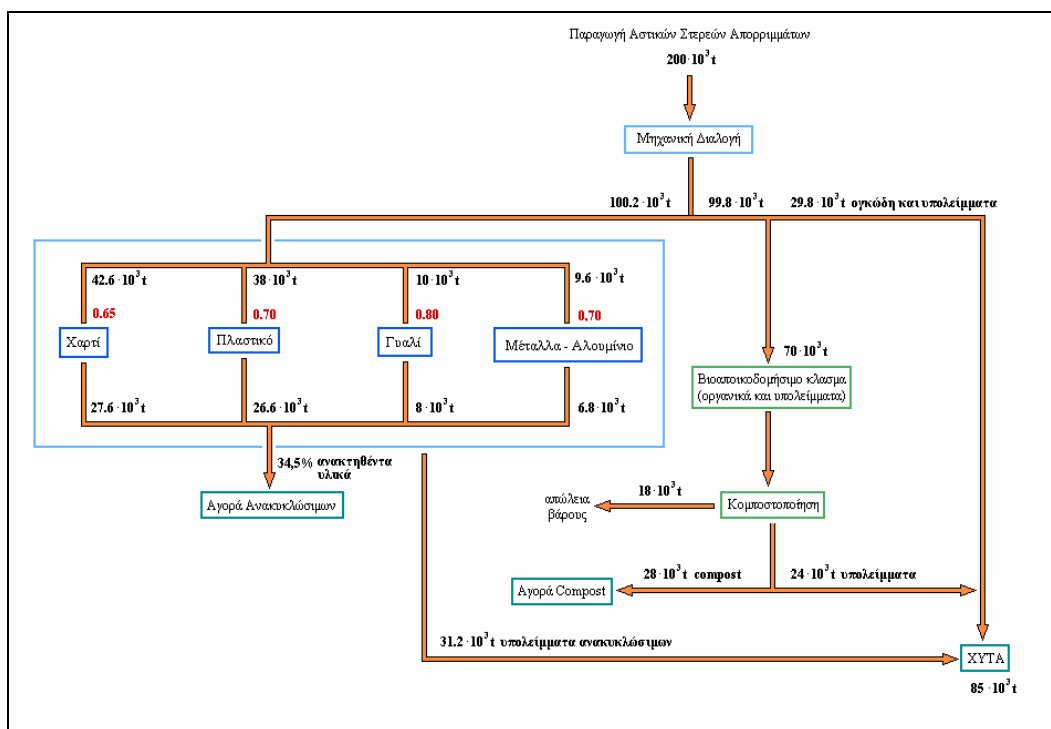
Για τον υπολογισμό της συνολικής ποσότητας που καταλήγει σε ΧΥΤΑ πρέπει να ληφθεί υπ' όψη το υπόλειμμα από τη διαλογή των ανακυκλώσιμων υλικών (15,4% της εισροής), το υπόλειμμα από την κομποστοποίηση (12% της εισροής) καθώς και τα ογκώδη και άλλα άχρηστα αντικείμενα που απομακρύνονται στα διάφορα στάδια

(14,9%). Τελικά, το 42,5% των εισερχόμενων στη μονάδα απορριμμάτων οδηγούνται προς ταφή.

Ακολουθεί ένα διάγραμμα ροής με τις επιμέρους διεργασίες και τα αντίστοιχα % ποσοστά, που αναφέρονται στη συνολική ποσότητα των απορριμμάτων, καθώς και ένα διάγραμμα ροής με τις πραγματικές ετήσιες ποσότητες του υπό μελέτη σεναρίου.



ΣΧΗΜΑ 5-4: Διάγραμμα ροής του σεναρίου 2 με βάση τα ποσοστά επί της συνολικής ποσότητας απορριμμάτων



ΣΧΗΜΑ 5-5: Διάγραμμα ροής του σεναρίου 2 με βάση τις ποσότητες

5.4 Σενάριο 3: Διαλογή στην Πηγή – Κέντρο Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών (ΚΔΑΥ) - Θερμική Επεξεργασία - Υγειονομική Ταφή

Τα δύο προηγούμενα σενάρια αποτελούν ίσως σχετικά αναμενόμενες μεθοδολογίες για την επεξεργασία και εν γένει για τη διαχείριση των αστικών στερεών αποβλήτων σε μία χώρα όπως η Ελλάδα, καθώς βασίζονται σε ευρέως διαδεδομένες και δοκιμασμένες τεχνολογίες. Για το τρίτο ωστόσο σενάριο επιλέχθηκε μία μέθοδος με ιδιαίτερα υψηλή απόδοση αλλά και μεγάλες απαιτήσεις, αναφορικά με το απαιτούμενο κόστος και την τεχνογνωσία, η θερμική επεξεργασία. Η αποτελεσματικότητά της τόσο σχετικά με την ελαχιστοποίηση των απορριμμάτων, όσο και με τις δυνατότητες παραγωγής ενέργειας έχει αποδειχθεί σε ένα πλήθος από εφαρμογές, κυρίως σε χώρες της Δυτικής Ευρώπης και στη Βόρειο Αμερική. Ωστόσο θα πρέπει να επισημανθεί ότι οι μονάδες θερμικής επεξεργασίας είναι σύνθετες, απαιτούν συνεχή λειτουργία και παρακολούθηση, έχουν ανάγκη υψηλού επιπέδου συντήρησης και λειτουργούν με την προϋπόθεση της πλήρους διοικητικής, οργανωτικής και οικονομικής κάλυψής τους. Επιπλέον, απαραίτητη είναι η συμμόρφωση της λειτουργίας τους με τις προδιαγραφές ποιότητας αερίων εκπομπών, όπως αυτές ορίζονται από τη νομοθεσία [20].

Η εφαρμογή ενός τέτοιου συστήματος στην Ελλάδα αναμένεται να παρουσιάσει σημαντικές αποκλίσεις σε σχέση με άλλες χώρες, που εξαρτώνται από το μέγεθος της εγκατάστασης, τα επιβαλλόμενα περιβαλλοντικά πρότυπα, τη χρησιμοποιούμενη

τεχνολογία και τη δυνατότητα εμπορικής εκμετάλλευσης της παραγόμενης ενέργειας. Έτσι, αν και η μελέτη του σεναρίου πραγματοποιείται με προσεγγιστικά δεδομένα, παρουσιάζει αρκετό ενδιαφέρον.

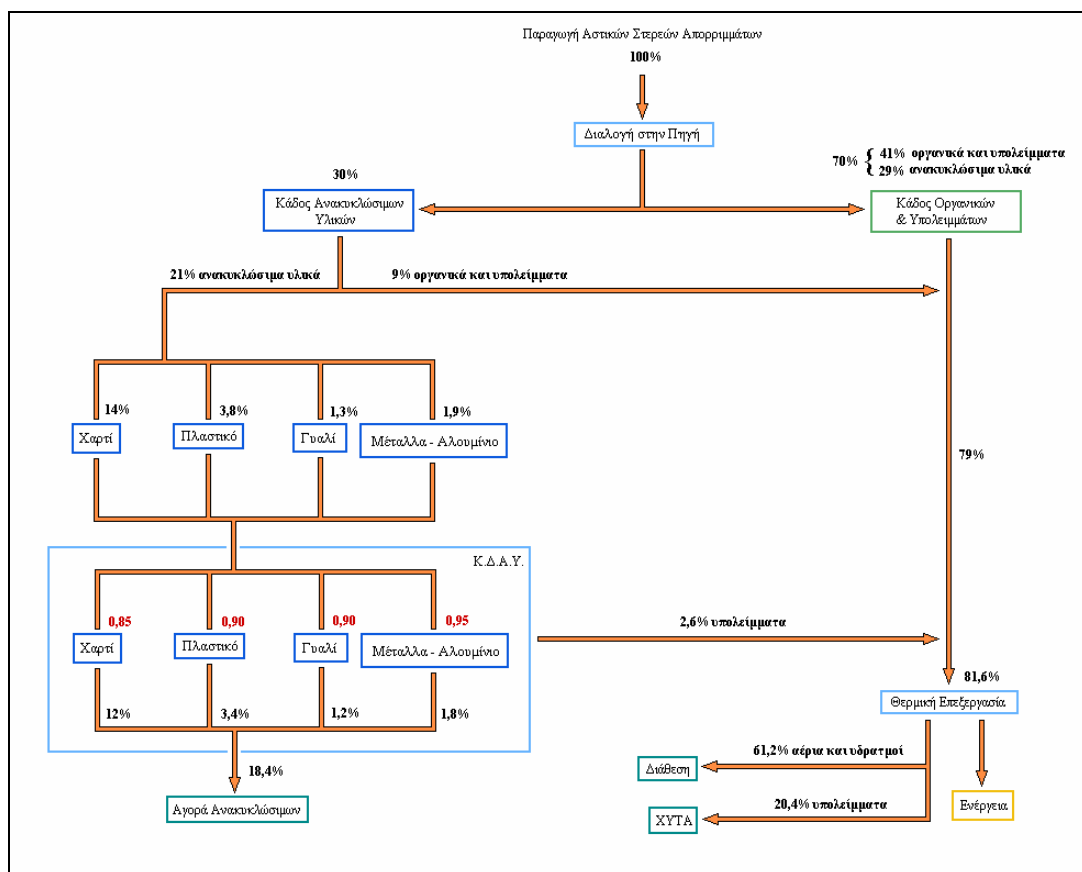
Αν και έχουν αναπτυχθεί πιο σύγχρονες, πιο λειτουργικές και πιο οικονομικές μέθοδοι θερμικής επεξεργασίας επιλέχθηκε για τη συγκεκριμένη περίπτωση η καύση, ως μία δοκιμασμένη τεχνολογία που μπορεί ευκολότερα να εφαρμοστεί στην Ελλάδα, όπου δεν υπάρχει προηγούμενη σχετική εμπειρία.

Πρέπει να σημειωθεί ότι με βάση την ισχύουσα κοινοτική και εθνική νομοθεσία είναι απαραίτητη η ανάκτηση συγκεκριμένων ποσοτήτων υλικών από τα απορρίμματα. Για το λόγο αυτό στο σενάριο περιλαμβάνεται και πρόγραμμα διαλογής στην πηγή. Χρησιμοποιούνται οι ίδιες ακριβώς σχεδιαστικές και λειτουργικές παράμετροι με το σενάριο 1, δηλαδή οι ίδιες αναλογίες ανακυκλώσιμων με οργανικά και υπολείμματα στους δύο χρησιμοποιούμενους κάδους και οι ίδιοι συντελεστές ανάκτησης για τα επιμέρους υλικά.

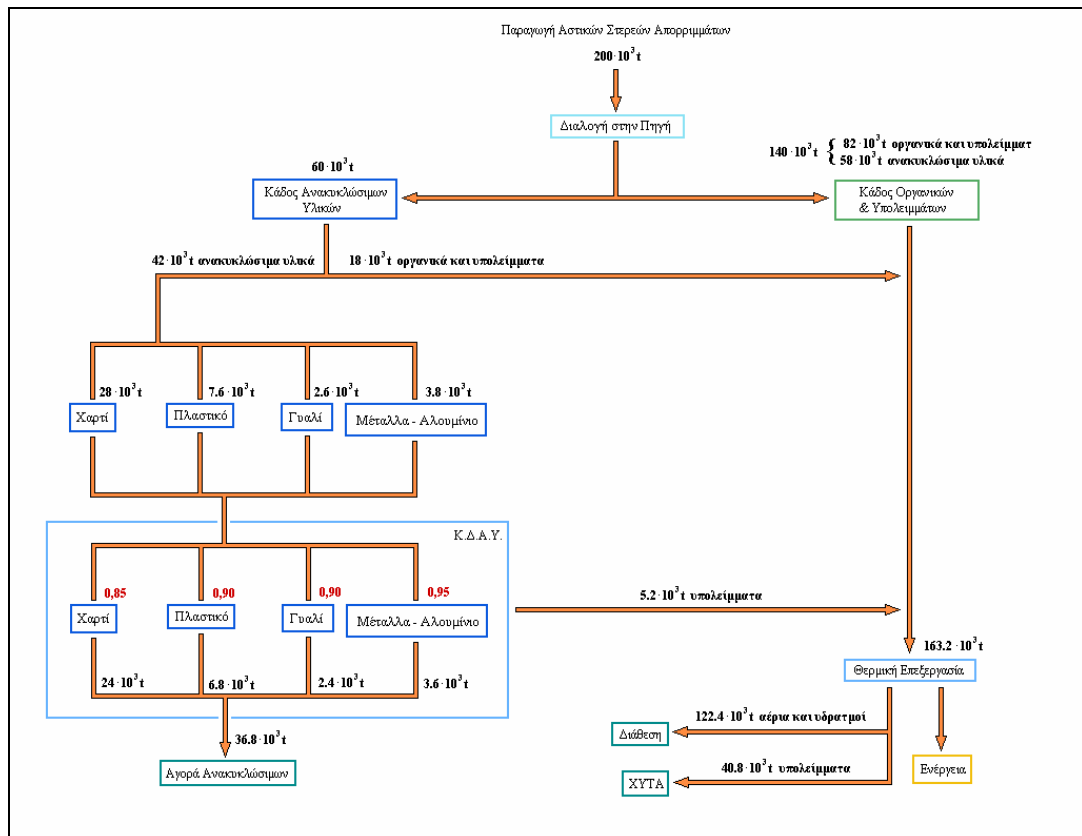
Τα υπολείμματα από τον διαχωρισμό στο κέντρο διαλογής μαζί με τα οργανικά και άλλα υλικά που συλλέγονται στον πράσινο κάδο – ποσοστό 81,6% επί τη συνολικής ποσότητας των απορριμμάτων- οδηγούνται στη μονάδα καύσης.

Με βάση στοιχεία από χώρες όπου η μέθοδος έχει εφαρμοστεί ([11], [12]), γίνεται η παραδοχή ότι από το υλικό που υπόκειται καύση προκύπτουν αέρια και υδρατμοί σε ποσοστό 75% και υπολείμματα σε ποσοστό 25%. Τα ποσοστά αυτά εκφρασμένα επί της συνολικής ποσότητας των απορριμμάτων είναι αντίστοιχα 61,2% και 20,4%.

Όπως σε όλα τα συστήματα διαχείρισης απαιτείται η δημιουργία ΧΥΤΑ, ο ρόλος του οποίου δεν περιορίζεται στη διάθεση των υπολειμμάτων από τις επιμέρους διεργασίες, καθώς λειτουργεί εφεδρικά στις περιπτώσεις προγραμματισμένης ή απρόβλεπτης παύσης λειτουργίας κάποιας από τις άλλες μονάδες. Το ποσοστό των απορριμμάτων που τελικά καταλήγει σε ΧΥΤΑ με βάση το σενάριο αυτό είναι περίπου 20%.



ΣΧΗΜΑ 5-6: Διάγραμμα ροής του σεναρίου 3 με βάση τα ποσοστά επί της συνολικής ποσότητας απορριμμάτων



ΣΧΗΜΑ 5-7: Διάγραμμα ροής του σεναρίου 3 με βάση τις ποσότητες

5.5 Οικονομική αποτίμηση των εναλλακτικών σεναρίων

5.5.1 Γενικά

Σημαντικός παράγοντας για την ενδελεχή μελέτη των προτεινόμενων εναλλακτικών σεναρίων και στη συνέχεια για τη σύγκρισή τους είναι το κόστος, καθώς αποτελεί καθοριστική παράμετρο στη λήψη αποφάσεων.

Στο σημείο αυτό επιχειρείται μία προσεγγιστική οικονομική αποτίμηση των σεναρίων για την εξαγωγή μίας γενικής αλλά κατά το δυνατό ρεαλιστικής εικόνας της απαιτούμενης για την εφαρμογή τους δαπάνης.

Η διαδικασία είναι αρκετά σύνθετη και απαιτεί τον συνυπολογισμό δεκάδων ετερόκλητων παραμέτρων. Ενδεικτικά αναφέρονται οι εξής:

- Ποιοτική και ποσοτική σύνθεση των απορριμμάτων, πυκνότητα των διαφόρων υλικών
- Σχεδιασμός συστήματος συλλογής (μαζική ή ανά υλικό συλλογή / ‘πόρτα – πόρτα’ ή σε κάδους συλλογή κ.τ.λ.)
- Συμμετοχή των πολιτών, που επηρεάζει άμεσα την απόδοση του προγράμματος διαλογής στην πηγή
- Επιλογή των επιμέρους τεχνολογιών (αερόβια / αναερόβια βιολογική επεξεργασία, μέθοδος θερμικής επεξεργασίας, χειροδιαλογή / μηχανική διαλογή στο Κέντρο Ανάκτησης Υλικών κτλ.)
- Υιοθέτηση στόχων για ανάκτηση υλικών ή/και ενέργειας

Για το λόγο αυτό έχουν αναπτυχθεί μια σειρά από μεθοδολογίες και εργαλεία οικονομικής ανάλυσης, συναρτήσεις κόστους κ.ά.

Ωστόσο, αφ’ ενός στόχος της μελέτης δεν είναι η κοστολόγηση των διαφόρων μονάδων επεξεργασίας και αφ’ ετέρου στην Ελλάδα οι περισσότερες από τις προτεινόμενες μεθοδολογίες δεν έχουν ακόμα εφαρμοστεί. Γι’ αυτό προτιμήθηκε μία προσεγγιστική αντιμετώπιση του ζητήματος, που βασίζεται εν μέρει σε επίσημα στοιχεία από την Ευρωπαϊκή Ένωση και εν μέρει στη μικρή εγχώρια εμπειρία.

Το συνολικό κόστος ενός συστήματος, που μπορεί να περιλαμβάνει ακόμα και τις οικονομικά αποτιμώμενες κοινωνικές και περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις, αποτελείται σε γενικές γραμμές από τις εξής συνιστώσες:

1. Την αρχική δαπάνη ή κόστος επένδυσης, που περιλαμβάνει όλες τις δαπάνες που ανακύπτουν κατά το στάδιο της προπαρασκευής και της κατασκευής του έργου, όπως για παράδειγμα το κόστος για την απόκτηση της απαιτούμενης

γης, την αδειοδότηση, την κατασκευή των κτιριακών και άλλων υποδομών, την αγορά σταθερού και κινητού μηχανολογικού εξοπλισμού κ.ά.

2. Το λειτουργικό κόστος, που αναφέρεται συνήθως σε ετήσια βάση, για τη διάρκεια των N ετών της χρήσιμης ζωής του έργου και περιλαμβάνει επιβαρύνσεις, όπως το κόστος για την μισθοδοσία των εργαζομένων, τη συντήρηση του εξοπλισμού, την κατανάλωση ενέργειας κ.ά.

Βασική προϋπόθεση για τη συγκριτική αξιολόγηση ταμειακών ροών είναι η δυνατότητα αναγωγής οικονομικών ποσών από μία χρονική περίοδο σε μία άλλη, η οποία πραγματοποιείται με τη βοήθεια τύπων αναγωγής που εκφράζουν τη διαχρονική ισοδυναμία ενός ποσού. Βασική αρχή αυτών των τύπων είναι ότι 'ένα χρηματικό ποσό Π , που είναι σήμερα διαθέσιμο, είναι ισοδύναμο με ένα ποσό Φ που ανακύπτει μετά από N περιόδους ανατοκισμού με συντελεστή επικαιροποίησης r . Το ποσό Π είναι επίσης ισοδύναμο με μία σειρά από ποσά, το καθένα ίσο με E , που ανακύπτουν, ανά ένα, στο τέλος καθεμίας από τις N επόμενες περιόδους ανατοκισμού' [1].

Υποθέτοντας σταθερό συντελεστή επικαιροποίησης για την περίοδο N προκύπτει:

$$E = \Pi \cdot \left[\frac{r \cdot (1+r)^N}{(1+r)^N - 1} \right]$$

Με τον τρόπο αυτό ανάγονται όλες οι υπολογιζόμενες δαπάνες σε ετήσια βάση, οπότε τελικά για κάθε τεχνολογία, και κατ' επέκταση για κάθε σενάριο, προκύπτει το ισοδύναμο ετήσιο κόστος διαχείρισης των απορριμμάτων.

Το κόστος επένδυσης αποτελεί δαπάνη, η οποία καλύπτεται, σχεδόν πάντοτε, από κεφάλαια προερχόμενα από δανεισμό. Ως εκ τούτου, η ετήσια καταβολή της αποπληρωμής του δανείου, θα ενέχει την απαιτούμενη προσαύξηση για την κάλυψη των αναγκών της τράπεζας με την μορφή επιτοκίου (συντελεστή επικαιροποίησης r). Ο συντελεστής αυτός παρουσιάζεται αυξημένος σε σχέση με τα κοινά δάνεια (π.χ. στεγαστικό δάνειο), καθώς τα συστήματα διαχείρισης αστικών στερεών απορριμμάτων ενέχουν τον κίνδυνο αστοχίας και κατά συνέπεια, αδυναμίας αποπληρωμής του δανείου. Σε αυτό το πλαίσιο και σύμφωνα με την υπάρχουσα χρηματοδοτική πολιτική των ελληνικών τραπεζών αλλά και τα στοιχεία των αρμόδιων φορέων (ΥΠΕΧΩΔΕ, ΕΕΑΑ) έγιναν οι εξής παραδοχές:

- Για το Κέντρο Διαλογής Ανακυκλώσιμων υλικών θεωρήθηκε $r=5.5\%$
- Για τη Μονάδα Μηχανικού Διαχωρισμού και Κομποστοποίησης θεωρήθηκε $r=6.5\%$
- Για το ΧΥΤΑ θεωρήθηκε $r=6\%$

Με βάση στοιχεία από φορείς που δραστηριοποιούνται στον τομέα της διαχείρισης αστικών στερεών απορριμμάτων, από τοπικές αρχές και από οικονομοτεχνικές αναλύσεις που έχουν πραγματοποιηθεί έγιναν κάποιες θεωρήσεις:

- Το κόστος γης στην υπό μελέτη περιοχή είναι 2000 €/στρέμμα
- Η διάρκεια ζωής της μονάδας είναι 15 χρόνια. Ειδικά για τις κτιριακές εγκαταστάσεις είναι 20 χρόνια, για το σταθερό εξοπλισμό 15 χρόνια, για τον ηλεκτρολογικό και μηχανολογικό εξοπλισμό 9 χρόνια.
- Το κόστος για την κατανάλωση ενέργειας στις μονάδες μηχανικής διαλογής και κομποστοποίησης και στο κέντρο διαλογής υπολογίζεται με την παραδοχή ότι απαιτούνται 25 KWh ανά τόνο εισερχόμενων απορριμμάτων. Η τιμή της KWh είναι 0.06 €. Το κόστος συντήρησης του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού ισούται με το 2.5% του αντίστοιχου κόστους επένδυσης.
- Ειδικά για τη θερμική επεξεργασία, το λειτουργικό κόστος συντήρησης των μηχανολογικών εγκαταστάσεων ισούται με το 4% του αντίστοιχου κόστους επένδυσης. Επίσης τα έσοδα από την πώληση ενέργειας υπολογίστηκαν με την προσεγγιστική τιμή 30 €/MJ, σύμφωνα με εκτιμήσεις του τμήματος διανομής φορτίου της ΔΕΗ.

Επιπλέον, για τον υπολογισμό των εσόδων από την πώληση των ανακτηθέντων υλικών, χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από σχετικά προσύμφωνα που έχουν συναφθεί μεταξύ αγοραστών και της Δημοτικής Επιχείρησης Διαχείρισης Στερεών Απορριμμάτων Χανίων.

Πώληση ανακυκλώσιμων υλικών	€/τόνο
Χαρτί	
Λευκό	140
Σκούρο	50
Πλαστικό	
Μικτό PE	30 – 40
Μικτό PP/PS	30 – 40
Μικτό film	δεν υπάρχει σταθερή τιμή
PET	35
Γυαλί	9
Μέταλλα	58
Αλουμίνιο	950

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-4: Τιμές πώλησης των ανακυκλώσιμων υλικών

5.5.2 Σενάριο 1: Διαλογή στην πηγή – ΚΔΑΥ – ΧΥΤΑ

Τεχνικά χαρακτηριστικά		
	ΚΔΑΥ	ΧΥΤΑ
Δυναμικότητα	42.000 τόνοι/έτος	163.200 τόνοι/έτος
Απαιτούμενη έκταση	10 στρ.	60στρ.
Διάρκεια ζωής	15	15

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-5: Τεχνικά χαρακτηριστικά σεναρίου 1

ΚΟΣΤΟΣ ΚΔΑΥ

Κόστος επένδυσης	Κόστος (€)	Διάρκεια ζωής/ περίοδος αποπληρωμής (έτη)	Συντελεστής επικαιροποίησης (%)	Ετήσιο κόστος (€)
Αδειοδότηση	100.000	5	5,5	23.418
-εκπόνηση Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΜΠΕ) -αδειοδότηση από την Πολεοδομία -έγκριση της Διεύθυνσης Βιομηχανίας				
Απόκτηση έκτασης	20.000		5,5	1.100
Κατασκευή κτιρίου	2.900.000	20	5,5	242.670
-περιμετρικό τοίχιο -μεταλλικός σκελετό -panel πολυουρεθάνης -εξοπλισμός κτιρίου -υδραυλική εγκατάσταση -ηλεκτρολογική εγκατάσταση -πλυστικό μηχάνημα -αποχέτευση -δίκτυα διανομής αέρα -πυρασφάλεια -βοηθητικοί χώροι				
Αγορά του σταθερού εξοπλισμού της εγκατάστασης	3.700.000	15	5,5	368.615

-γεφυροπλάστιγγα -σιλό τροφοδοσίας διαλογής -ταινία τροφοδοσίας -ταινίες διαλογής -δονούμενο κόσκινο -ηλεκτρομαγνήτης -πατάρι διαλογής -κλωβοί αποθήκευσης -σιλό τροφοδοσίας πρέσας -πρέσα -πλάστιγγα ζύγισης -προϊόντων ανάκτησης				
Αγορά του κινητού εξοπλισμού της εγκατάστασης	1.200.000	9	5,5	172.607
-κοντέινερ υπολειμμάτων -όχημα μεταφοράς υπολειμμάτων -ανυψωτικά μηχανήματα				
Μερικό Σύνολο (συμπεριλαμβανομένου Φ.Π.Α.)	9.345.600			953.924
Λειτουργικό κόστος				
Συντήρηση				140.000
Κατανάλωση ενέργειας				63.000
Λοιπές δαπάνες				20.000
Αμοιβές προσωπικού				250.000
-υπεύθυνοι παραγωγής				
-εργοδηγοί				
-εργάτες χειροδιαλογής				
-συντηρητές				
-χειριστές μηχανημάτων				
Μερικό Σύνολο (συμπεριλαμβανομένου Φ.Π.Α.)				558.140
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ				1.512.064
Έσοδα				
Πώληση ανακυκλώσιμων υλικών	€/τόνο	τόνοι/ έτος		€/έτος
Χαρτί	70	24.000		1.680.000

Πλαστικό	35	6.800		238.000
Γυαλί	9	2.400		21.600
Μέταλλα - αλουμίνιο	58 μετ.-950 αλ.	2.100 μετ.-1.500 αλ.		1.547.000
Μερικό Σύνολο				3.490.000

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-6: Κόστος επένδυσης, λειτουργικό κόστος και έσοδα ΚΔΑΥ

ΚΟΣΤΟΣ ΧΥΤΑ

Κόστος επένδυσης	Κόστος (€)	Διάρκεια ζωής/ περίοδος αποπληρωμής (έτη)	Συντελεστής επικαιροποίησης (%)	Ετήσιο κόστος (€)
Αδειοδότηση	100.000	5	6	23.740
-εκπόνηση Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΜΠΕ)				
Απόκτηση έκτασης	120.000		6	7.200
Χωματουργικά Έδαφος ημιβραχώδες	1.900.000	20	6	165.650
Στεγανοποίηση Αργλική επίστρωση και γεωμεμβράνη	3.330.000	20	6	290.324
Οδοποιία Μήκος 3500m	1.000.000	20	6	87.184
Αντιπλημμυρική προστασία	470.000	20	6	40.976
Κτιριακή υποδομή	640.000	20	6	55.798
Ηλεκτροφωτισμός	400.000	9	6	58.810
Διαχείριση στραγγισμάτων	5.000.000	15	6	514.813
-γεωτρήσεις -αγωγοί -μονάδα επεξεργασίας				
Διαχείριση βιοαερίου				
Έργα υποδομής - εξοπλισμός	1.100.000	15	6	113.259
Μερικό Σύνολο (συμπεριλαμβανομένου Φ.Π.Α.)	16.590.800			1.602.150
Λειτουργικό κόστος				
Αμοιβές προσωπικού				396.000

-διοικητικό προσωπικό -υπεύθυνος εργαστηρίου – επίβλεψης -χειριστής μηχανημάτων – οχημάτων -συντηρητής				
Συντήρηση				90.000
-εγκαταστάσεων -μηχανημάτων				
Κατανάλωση ενέργειας				110.000
Μερικό Σύνολο (συμπεριλαμβανομένου Φ.Π.Α.)				703.280
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ				2.305.430

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-7: Κόστος επένδυσης και λειτουργικό κόστος ΧΥΤΑ

Το ανηγμένο ανά τόνο απορριμμάτων κόστος για το σενάριο 1 είναι:

ανηγμένο κόστος (€/τόνο)	
ΚΔΑΥ	36
ΧΥΤΑ	14
Σύνολο	50

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-8: Κόστος ανά τόνο απορριμμάτων για το σενάριο 1

5.5.3 Σενάριο 2: Μηχανικός διαχωρισμός– Ανακύκλωση – Κομποστοποίηση - ΧΥΤΑ

Τεχνικά χαρακτηριστικά			
	Μηχανικός διαχωρισμός	Κομποστοποίηση	ΧΥΤΑ
Δυναμικότητα	200.000 τόνοι/έτος	70.000τόνοι/έτος	85.000 τόνοι/έτος
Απαιτούμενη έκταση	6 στρ.	30 στρ.	50 στρ.
Διάρκεια ζωής	15	15	15

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-9: Τεχνικά χαρακτηριστικά σεναρίου 2

ΚΟΣΤΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ

Κόστος επένδυσης	Κόστος (€)	Διάρκεια ζωής/ περίοδος αποπληρωμής (έτη)	Συντελεστής επικαιροποίησης (%)	Ετήσιο κόστος (€)
Αδειοδότηση	100.000	5	6,5	24.063
Απόκτηση έκτασης	12.000		6,5	780

Κατασκευή κτιρίου	7.900.000	20	6,5	716.975
Αγορά του εξοπλισμού της εγκατάστασης				
-σύστημα διάνοιξης σάκων				
-σύστημα χειροδιαλογής				
◦ κλωβοι				
◦ ταινίες μεταφοράς				
-κόσκινα				
-σύστημα χειρονακτικής διαλογής				
◦ κλωβοί				
◦ περονοφόρα οχήματα				
-μηχανικοί τεμαχιστές				
-μαγνητικοί διαχωριστές				
-διαχωρισμός αλουμινίου				
◦ eddy current				
-αεροδιαχωριστές				
-μεταφορικές ταινίες				
-δεματοποιητές				
-συμπιεστές – δεματοποιητές υπολειμμάτων				
Μερικό Σύνολο	3.974.000	9	6,5	597.045
Μερικό Σύνολο (συμπεριλαμβανομένου Φ.Π.Α.)	14.143.480			1.579.858
Λειτουργικό κόστος				
Συντήρηση				99.350
Κατανάλωση ενέργειας				300.000
Αμοιβές προσωπικού				
-συντηρητές διάνοιξης σάκων				35.425
-χειροδιαλογείς				412.020
-χειριστές κοσκίνων				35.425
-χειριστές περονοφόρων				109.000
-συντηρητές τεμαχιστών				23.980
-συντηρητές μαγνητικού διαχωρισμού				35.425
-συντηρητές αεροδιαχωρισμού				35.425
-προσωπικό καθαριότητας				40.330
-χειριστές δεματοποιητή				30.520
-χειριστές φορτωτή				61.040
-φύλακες				29.430
-διοικητικό προσωπικό				119.900

Μερικό Σύνολο				1.003.345
Μερικό Σύνολο (συμπεριλαμβανομένου Φ.Π.Α.)				1.655.801
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ				3.235.659
Έσοδα				
Πώληση ανακυκλώσιμων υλικών	€/τόνο	Τόνοι/ έτος		€/έτος
Χαρτί	70	27.600		1.932.000
Πλαστικό	35	26.600		931.000
Γυαλί	9	8.000		72.000
Μέταλλα - αλουμίνιο	58 μετ.-950 αλ.	3.944 μετ.-2.856 αλ.		2.942.000
Μερικό Σύνολο				5.877.000

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-10: Κόστος επένδυσης, λειτουργικό κόστος και έσοδα μηχανικού διαχωρισμού

ΚΟΣΤΟΣ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ

Κόστος επένδυσης	Κόστος (€)	Διάρκεια ζωής/ περίοδος αποπληρωμής (έτη)	Συντελεστής επικαιροποίησης (%)	Ετήσιο κόστος (€)
Αδειοδότηση	50.000	5	6,5	12.032
Απόκτηση έκτασης -μονάδα βιοαποικοδόμησης -μονάδα ωρίμανσης -μονάδα εξευγενισμού	13.200 3.200 112			

Μερικό Σύνολο	16.500		6,5	1.073
Κατασκευή κτιρίου				
-μονάδα βιοαποικοδόμησης	5.000.000			
-μονάδα ωρίμανσης	1.100.000			
-μονάδα εξευγενισμού	200.000			
Μερικό Σύνολο	6.300.000	20	6,5	571.765
Εξοπλισμός				
-αναδευτήρες	750.000			
-μεμβράνες	600.000			
-φορτωτές	900.000			
-σύστημα εξευγενισμού	100.000			
Μερικό Σύνολο	2.350.000	9	6,5	353.060
Μερικό Σύνολο (συμπεριλαμβανομένου Φ.Π.Α.)	10.285.470			1.106.757
Λειτουργικό κόστος				
Συντήρηση μηχανολογικού εξοπλισμού				33.750
Ασφάλιση μηχανολογικού εξοπλισμού				7.000
Κατανάλωση ενέργειας				105.000
Αμοιβές προσωπικού				
-χειριστές αναδευτήρων				55.000
-χειριστές φορτωτών				35.000
-επόπτες				45.000
-εργάτες				450.000
Μερικό Σύνολο (συμπεριλαμβανομένου Φ.Π.Α.)				690.300
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ				1.797.057
Έσοδα				
	€/τόνο	Τόνοι/ έτος		€/έτος
Πώληση compost	15	28.000		420.000

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-11: Κόστος επένδυσης, λειτουργικό κόστος και έσοδα μονάδας κομποστοποίησης

ΚΟΣΤΟΣ ΧΥΤΑ

Κόστος επένδυσης	Κόστος (€)	Διάρκεια ζωής/ περίοδος αποπληρωμής (έτη)	Συντελεστής επικαιροποίησης (%)	Ετήσιο κόστος (€)
------------------	------------	--	---------------------------------------	-------------------------

Αδειοδότηση				
-εκπόνηση Μελέτης Περιβαλλοντικών Εδπιπτώσεων (ΜΠΕ)	50.000	5	6	11.870
Απόκτηση έκτασης	100.000		6	6.000
Χωματοurgικά Έδαφος ημιβραχώδες	1.300.000	20	6	113.340
Στεγανοποίηση Αργιλική επίστρωση και γεωμεμβράνη	2.100.000	20	6	183.090
Οδοποιία Μήκος 3500m	600.000	20	6	52.311
Αντιπλημμυρική προστασία	200.000	20	6	17.436
Κτιριακή υποδομή	300.000	20	6	26.155
Ηλεκτροφωτισμός	200.000	9	6	29.404
Διαχείριση στραγγισμάτων	4.000.000	15	6	411.851
-γεωτρήσεις				
-αγωγοί				
-μονάδα επεξεργασίας	1.000.000	15	6	102.963
Διαχείριση βιοαερίου				
Έργα υποδομής - εξοπλισμός				
Μερικό Σύνολο (συμπεριλαμβανομένου Φ.Π.Α.)	9.850.000			1.126.216
Λειτουργικό κόστος				
Αμοιβές προσωπικού				200.000
-διοικητικό προσωπικό				
-υπεύθυνος εργαστηρίου – επίβλεψης				
-χειριστής μηχανημάτων – οχημάτων				
-συντηρητής				80.000
Συντήρηση				
-εγκαταστάσεων				
-μηχανημάτων				70.000
Κατανάλωση ενέργειας				
Μερικό Σύνολο (συμπεριλαμβανομένου Φ.Π.Α.)				413.000
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ				1.539.216

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-12: Κόστος επένδυσης και λειτουργικό κόστος ΧΥΤΑ

Το ανηγμένο ανά τόνο απορριμμάτων κόστος για το σενάριο 2 είναι:

ανηγμένο κόστος (€/τόνο)	
Μονάδα μηχανικού διαχωρισμού	16
Μονάδα κομποστοποίησης	26
ΧΥΤΑ	18
Σύνολο	60

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-13: Κόστος ανά τόνο απορριμμάτων για το σενάριο 2

5.5.4 Σενάριο 3: Διαλογή στην πηγή - ΚΔΑΥ – Καύση – ΧΥΤΑ

Τεχνικά χαρακτηριστικά			
	ΚΔΑΥ	Μονάδα καύσης	ΧΥΤΑ
Δυναμικότητα	42.000 τόνοι/έτος	163.200 τόνοι/έτος	41.000 τόνοι/έτος (93.600 ι.κ.)
Απαιτούμενη έκταση	10 στρ.	40 στρ.	30 στρ.
Διάρκεια ζωής	15	15	15

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-14: Τεχνικά χαρακτηριστικά σεναρίου 3

ΚΟΣΤΟΣ ΚΔΑΥ

Κόστος επένδυσης	Κόστος (€)	Διάρκεια ζωής/ περίοδος αποπληρωμής (έτη)	Συντελεστής επικαιροποίησης (%)	Ετήσιο κόστος (€)
Αδειοδότηση	100.000	5	5,5	23.418
-εκπόνηση Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΜΠΕ) -αδειοδότηση από την Πολεοδομία -έγκριση της Διεύθυνσης Βιομηχανίας				
Απόκτηση έκτασης	20.000		5,5	1.100
Κατασκευή κτιρίου	2.900.000	20	5,5	242.670

-περιμετρικό τοίχιο -μεταλλικός σκελετό -panel πολυουρεθάνης -εξοπλισμός κτιρίου -υδραυλική εγκατάσταση -ηλεκτρολογική εγκατάσταση -πλυστικό μηχάνημα -αποχέτευση -δίκτυα διανομής αέρα -πυρασφάλεια -βοηθητικοί χώροι				
Αγορά του σταθερού εξοπλισμού της εγκατάστασης	3.700.000	15	5,5	368.615
-γεφυροπλάστιγγα -σιλό τροφοδοσίας διαλογής -ταινία τροφοδοσίας -ταινίες διαλογής -δονούμενο κόσκινο -ηλεκτρομαγνήτης -πατάρι διαλογής -κλωβοί αποθήκευσης -σιλό τροφοδοσίας πρέσας -πρέσα -πλάστιγγα ζύγισης -προϊόντων ανάκτησης				
Αγορά του κινητού εξοπλισμού της εγκατάστασης	1.200.000	9	5,5	172.607
-κοντέινερ υπολειμμάτων -όχημα μεταφοράς υπολειμμάτων -ανυψωτικά μηχανήματα				
Μερικό Σύνολο (συμπεριλαμβανομένου Φ.Π.Α.)	9.345.600			953.924
Λειτουργικό κόστος				
Συντήρηση				140.000
Κατανάλωση ενέργειας				63.000
Λοιπές δαπάνες				20.000
Αμοιβές προσωπικού				250.000
-υπεύθυνοι παραγωγής				
-εργοδηγοί				
-εργάτες χειροδιαλογής				
-συντηρητές				
-χειριστές μηχανημάτων				

Μερικό Σύνολο (συμπεριλαμβανομένου Φ.Π.Α.)				558.140
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ				1.512.064
Έσοδα				
Πώληση ανακυκλώσιμων υλικών	€/τόνο	τόνοι/ έτος		€/έτος
Χαρτί	70	24.000		1.680.000
Πλαστικό	35	6.800		238.000
Γυαλί	9	2.400		21.600
Μέταλλα - αλουμίνιο	58 μετ.-950 αλ.	2.100 μετ.-1.500 αλ.		1.547.000
Μερικό Σύνολο				3.490.000

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-15: Κόστος επένδυσης, λειτουργικό κόστος και έσοδα ΚΔΑΥ

ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΥΣΗΣ

Κόστος επένδυσης	Κόστος (€)	Διάρκεια ζωής/ περίοδος αποπληρωμής (έτη)	Συντελεστής επικαιροποίησης (%)	Ετήσιο κόστος (€)
Αδειοδότηση	50.000	5	7	12.200
Απόκτηση έκτασης	80.000		7	5.600
Διαμόρφωση χώρου	340.000	20	7	32.100
Κατασκευή κτιρίων	18.000.000	20	7	1.700.000
Τεχνικές και μηχανολογικές εγκαταστάσεις	69.000.000	9	7	10.590.566
Ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις	13.300.000	9	7	2.041.370

Μερικό Σύνολο (συμπεριλαμβανομένου Φ.Π.Α.)	100.770.000			16.970.760
Λειτουργικό κόστος - ανεξάρτητο της εισροής				
Κατασκευές				180.000
Τεχνικές και μηχανολογικές εγκαταστάσεις				2.760.000
Ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις				325.000
Διαχείριση μονάδας				300.000
Βοηθητικά υλικά				170.000
		αριθμός	€/άτομο	
Εργατικό προσωπικό		80	19.000	1.520.000
Λειτουργικό κόστος – συνάρτηση της εισροής				
		m ³ /έτος	€/m ³	
Νερό επεξεργασίας		51.200	0,15	7.900
Αέριο		1.381.440	0,20	282.500
		τόνοι/έτος	€/τόνο	
CaO		1.000	79,2	79.200
Αμμωνία		400	97,1	38.900
	Kg/τόνο απορριμμάτων			
Επεξεργασία λάσπης	334	66.800	28,1	1.878.500
Επεξεργασία στάχτης	8	1.600	255,6	409.000
Επεξεργασία σκόνης φίλτρων	22	4.400	255,6	1.124.800
Μερικό Σύνολο (συμπεριλαμβανομένου Φ.Π.Α.)				10.709.444
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ				27.680.204
Έσοδα				
	MWh/τόνο	τόνοι/έτος	€/MJ	€/έτος
Διάθεση ενέργειας	1,972	163.200	30	9.654.912

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-16: Κόστος επένδυσης, λειτουργικό κόστος και έσοδα μονάδας καύσης

ΚΟΣΤΟΣ ΧΥΤΑ

Κόστος επένδυσης	Κόστος (€)	Διάρκεια ζωής/ περίοδος αποπληρωμής (έτη)	Συντελεστής επικαιροποίησης (%)	Ετήσιο κόστος (€)
Αδειοδότηση	50.000	5	6	11.870
-εκπόνηση Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΜΠΕ)				
Απόκτηση έκτασης	60.000		6	3.600
Χωματουργικά Έδαφος ημιβραχώδες	650.000	20	6	56.670
Στεγανοποίηση Αργιλική επίστρωση και γεωμεμβράνη	1.050.000	20	6	91.544
Οδοποιία Μήκος 3500m	300.000	20	6	26.155
Αντιπλημμυρική προστασία	58.000	20	6	5.057
Κτιριακή υποδομή	145.000	20	6	12.642
Ηλεκτροφωτισμός	150.000	9	6	22.053
Διαχείριση στραγγισμάτων	1.000.000	15	6	102.963
-γεωτρήσεις -αγωγοί -μονάδα επεξεργασίας				
Διαχείριση βιοαερίου				
Έργα υποδομής - εξοπλισμός	400.000	15	6	41.185
Μερικό Σύνολο (συμπεριλαμβανομένου Φ.Π.Α.)	4.558.340			373.739
Λειτουργικό κόστος				
Αμοιβές προσωπικού -διοικητικό προσωπικό -υπεύθυνος εργαστηρίου -επίβλεψης -χειριστής μηχανημάτων -οχημάτων -συντηρητής				132.000
Συντήρηση				80.000

-εγκαταστάσεων -μηχανημάτων				
Κατανάλωση ενέργειας				50.000
Μερικό Σύνολο (συμπεριλαμβανομένου Φ.Π.Α.)				262.000
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ				625.739

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-17: Κόστος επένδυσης και λειτουργικό κόστος ΧΥΤΑ

Το ανηγμένο ανά τόνο απορριμμάτων κόστος για το σενάριο 3 είναι:

ανηγμένο κόστος (€/τόνο)	
ΚΔΑΥ	36
Καύση	170
ΧΥΤΑ	15
Σύνολο	221

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-18: Κόστος ανά τόνο απορριμμάτων
για το σενάριο 3

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΗΣ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ

6.1 Βασικές αρχές της πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων

6.1.1 Γενικά

Η πολυκριτήρια ανάλυση αποφάσεων (multicriteria decision making) είναι ένας εξελισσόμενος χώρος της επιχειρησιακής έρευνας (operations research), ο οποίος τις τελευταίες τρεις δεκαετίες έχει γνωρίσει ιδιαίτερη άνθηση τόσο σε θεωρητικό όσο και σε πρακτικό επίπεδο. Στις επόμενες παραγράφους πραγματοποιείται μία προσέγγιση των βασικών σημείων της θεωρίας της πολυκριτήριας ανάλυσης, όπως παρουσιάζονται στις Πανεπιστημιακές Σημειώσεις ‘Πολυκριτήρια Συστήματα Αποφάσεων’ του τμήματος Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης [24].

Βασικό ρόλο στην ανάπτυξη και διάδοση της πολυκριτήριας ανάλυσης αποτέλεσε η απλή διαπίστωση ότι η επίλυση πολύπλοκων και ιδιαίτερα σημαντικών προβλημάτων λήψης αποφάσεων δεν είναι δυνατό να πραγματοποιείται μέσω μονοδιάστατης ανάλυσης.

Κατά την προσπάθεια όμως εξέτασης όλων των παραμέτρων ενός προβλήματος και των κριτηρίων/παραγόντων που επηρεάζουν τη λήψη της κατάλληλης απόφασης, γεννάται ένα ιδιαίτερα σημαντικό πρόβλημα, το οποίο ορισμένες φορές αποθαρρύνει τους αποφασίζοντες και αναλυτές από την υιοθέτηση της πιο ρεαλιστικής προσέγγισης. Το πρόβλημα αυτό αναφέρεται στον τρόπο με τον οποίο μπορεί να πραγματοποιηθεί η σύνθεση όλων των παραμέτρων ώστε να επιτευχθεί η λήψη ορθολογικών αποφάσεων.

Η αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού αποτελεί το βασικό αντικείμενο της πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων. Η ειδοποιός όμως διαφορά της πολυκριτήριας ανάλυσης από άλλες εναλλακτικές προσεγγίσεις, δεν είναι η απλή σύνθεση όλων των παραμέτρων ενός προβλήματος. Αυτή πραγματοποιείται και μέσω άλλων μεθοδολογικών προσεγγίσεων. Το βασικό χαρακτηριστικό γνώρισμα της πολυκριτήριας ανάλυσης είναι η πραγματοποίηση της αναγκαίας σύνθεσης υπό το πρίσμα της πολιτικής λήψης των αποφάσεων και του συστήματος προτιμήσεων και αξιών, το οποίο συνειδητά ή ασυνείδητα χρησιμοποιεί ο αποφασίζων.

Το χαρακτηριστικό αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία στο χώρο της λήψης αποφάσεων. Όπως είναι κατανοητό, το αποτέλεσμα της όποιας ανάλυσης πραγματοποιείται με σκοπό την αντιμετώπιση ενός προβλήματος λήψης αποφάσεων, έχει ως τελικό αποδέκτη τον ίδιο τον αποφασίζοντα. Συνεπώς, η ανάπτυξη υποδειγμάτων λήψης αποφάσεων μέσω μεθοδολογικών προσεγγίσεων που δεν είναι σε θέση να

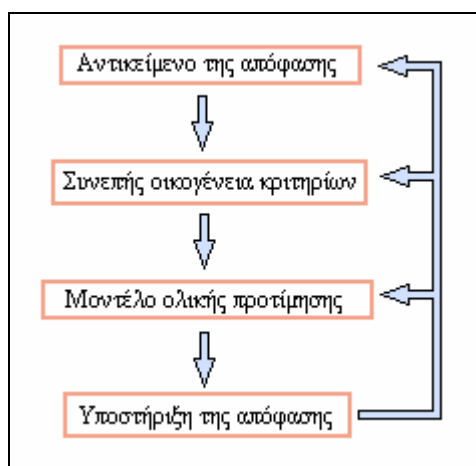
ενσωματώσουν τον αποφασίζοντα και τις προτιμήσεις του στη διαδικασία ανάπτυξης των υποδειγμάτων αυτών, ουσιαστικά προσδίδουν στον αποφασίζοντα έναν παθητικό ρόλο, ο οποίος περιορίζεται στην παρακολούθηση και εφαρμογή των αποτελεσμάτων μαθηματικών υποδειγμάτων.

Υπό το πρίσμα των παρατηρήσεων αυτών, η πολυκριτήρια ανάλυση έχει δώσει ιδιαίτερο ενδιαφέρον στην έρευνα θεμάτων που σχετίζονται με την ανάλυση, μαθηματική μοντελοποίηση και αναπαράσταση των προτιμήσεων που διέπουν την πολιτική λήψης αποφάσεων από την πλευρά του εκάστοτε αποφασίζοντα. Απώτερος στόχος είναι η παροχή των απαραίτητων πληροφοριών για την υποστήριξη της διαδικασίας λήψης των αποφάσεων, συμβάλλοντας στον εντοπισμό των βασικών χαρακτηριστικών του εξεταζόμενου προβλήματος καθώς και των ιδιαιτεροτήτων των διαθέσιμων εναλλακτικών λύσεων.

Βάσει των ιδιαιτεροτήτων που παρουσιάζουν τα προβλήματα λήψης αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια, ο χώρος της πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων έχει τους ακόλουθους τρεις βασικούς στόχους:

1. Την ανάλυση της ανταγωνιστικής φύσης των κριτηρίων.
2. Τη μοντελοποίηση των προτιμήσεων του αποφασίζοντος.
3. Τον εντοπισμό ικανοποιητικών λύσεων.

Για την επίτευξη αυτών των στόχων ο Roy (1996) πρότεινε ένα γενικό μεθοδολογικό πλαίσιο, που ακολουθείται στα πλαίσια της πολυκριτήριας ανάλυσης. Το πλαίσιο αυτό αποτελείται από τέσσερα στάδια.



ΣΧΗΜΑ 6-1: Το μεθοδολογικό πλαίσιο της πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων [24]

Όπως είναι εμφανές το προτεινόμενο μεθοδολογικό πλαίσιο περιλαμβάνει τέσσερις φάσεις/στάδια μεταξύ των οποίων είναι δυνατή η ανάπτυξη αναδράσεων.

Το αντικείμενο της απόφασης

Το πρώτο αυτό στάδιο του μεθοδολογικού πλαισίου της πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων αφορά τον καθορισμό του συνόλου των εναλλακτικών δραστηριοτήτων και της προβληματικής της ανάλυσης. ‘Εναλλακτική δραστηριότητα’ ή απλά ‘εναλλακτική’ (alternative ή action) ορίζεται κάθε πιθανή επιλογή η οποία αποτελεί λύση του εξεταζόμενου προβλήματος και η οποία πρέπει να αξιολογηθεί ως προς την καταλληλότητά της.

Μετά τον προσδιορισμό του συνόλου των εναλλακτικών δραστηριοτήτων, απαιτείται ο καθορισμός της προβληματικής της ανάλυσης (decision problematic). Γενικά, υπάρχουν τέσσερις προβληματικές που καλύπτουν το σύνολο των πρακτικών περιπτώσεων:

1. Προβληματική α (επιλογή, choice): Η προβληματική τύπου α αναφέρεται στην επιλογή μίας ή περισσότερων εναλλακτικών οι οποίες θεωρούνται ως οι πλέον κατάλληλες. Για παράδειγμα, κατά την χωροθέτηση ενός εργοστασίου η προβληματική αφορά την επιλογή της πλέον κατάλληλης τοποθεσίας.
2. Προβληματική β (ταξινόμηση, classification/sorting): Η προβληματική τύπου β αναφέρεται στην ταξινόμηση των εναλλακτικών δραστηριοτήτων σε προκαθορισμένες ομοιογενείς κατηγορίες. Για παράδειγμα, κατά την αξιολόγηση μιας αίτησης δανειοδότησης το αντικείμενο της ανάλυσης αφορά την αξιολόγηση του αιτούντα (επιχείρηση ή ιδιώτη) και την ταξινόμησή του είτε στην κατηγορία των αποδεκτών αιτήσεων είτε στην κατηγορία των απορριπτέων αιτήσεων.
3. Προβληματική γ (κατάταξη, ranking): Η προβληματική τύπου γ αναφέρεται στην κατάταξη των εναλλακτικών δραστηριοτήτων από τις καλύτερες προς τις χειρότερες. Για παράδειγμα, κατά την εισαγωγή των μαθητών σε μια πανεπιστημιακή σχολή απαιτείται η κατάταξή τους βάσει της βαθμολογίας τους στις εισαγωγικές εξετάσεις.
4. Προβληματική δ (περιγραφή, description): Η προβληματική τύπου δ αναφέρεται στην περιγραφή των εναλλακτικών δραστηριοτήτων βάσει των επιδόσεών τους στα επιμέρους κριτήρια αξιολόγησης.

Συνεπής οικογένεια κριτηρίων

Στο δεύτερο στάδιο της διαδικασίας καθορίζεται μια συνεπής οικογένεια κριτηρίων (consistent family of criteria). Ως κριτήριο θεωρείται μία μονότονη συνάρτηση x , δηλωτική των προτιμήσεων του αποφασίζοντος τέτοια ώστε για κάθε δύο εναλλακτικές ισχύει:

$$x' > x'' \Leftrightarrow X' P X''$$

$$x' = x'' \Leftrightarrow X' I X''$$

όπου x' και x'' είναι οι επιδόσεις των εναλλακτικών X' και X'' αντίστοιχα.

P και I είναι οι σχέσεις προτίμησης και αδιαφορίας οριζόμενες έτσι ώστε:

$X' P X'' \Leftrightarrow$ η εναλλακτική X' προτιμάται της εναλλακτικής X'' (προτίμηση)

$X' I X'' \Leftrightarrow$ οι εναλλακτικές X' και X'' είναι ισοδύναμες (αδιαφορία)

Το είδος των επιλεγόμενων κριτηρίων επηρεάζεται από:

1. Άμεσες συνιστώσες, όπως είναι το υπό επίλυση πρόβλημα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του
2. Έμμεσες συνιστώσες, όπως οι τυχόν ενδιαφερόμενες ομάδες πληθυσμού και οι εμπλεκόμενοι φορείς

Μοντέλο ολικής προτίμησης

Μετά την ολοκλήρωση των δύο προηγούμενων σταδίων της ανάλυσης (αντικείμενο του προβλήματος, διαμόρφωση συνεπούς οικογένειας κριτηρίων), το επόμενο στάδιο αφορά την κατασκευή και χρησιμοποίηση ενός μοντέλου ολικής προτίμησης (global evaluation model). Ως μοντέλο ολικής προτίμησης θεωρείται η σύνθεση όλων των κριτηρίων έτσι ώστε να επιτευχθεί ο στόχος της ανάλυσης ανάλογα με την προβληματική που έχει καθοριστεί. Το μοντέλο ολικής προτίμησης μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως βάση για:

1. Τον προσδιορισμό μίας συνολικής αξιολόγησης κάθε εναλλακτικής.
2. Την πραγματοποίηση διμερών συγκρίσεων μεταξύ των εναλλακτικών.
3. Τη διερεύνηση του συνόλου των εναλλακτικών λύσεων, όταν αυτό είναι συνεχές.

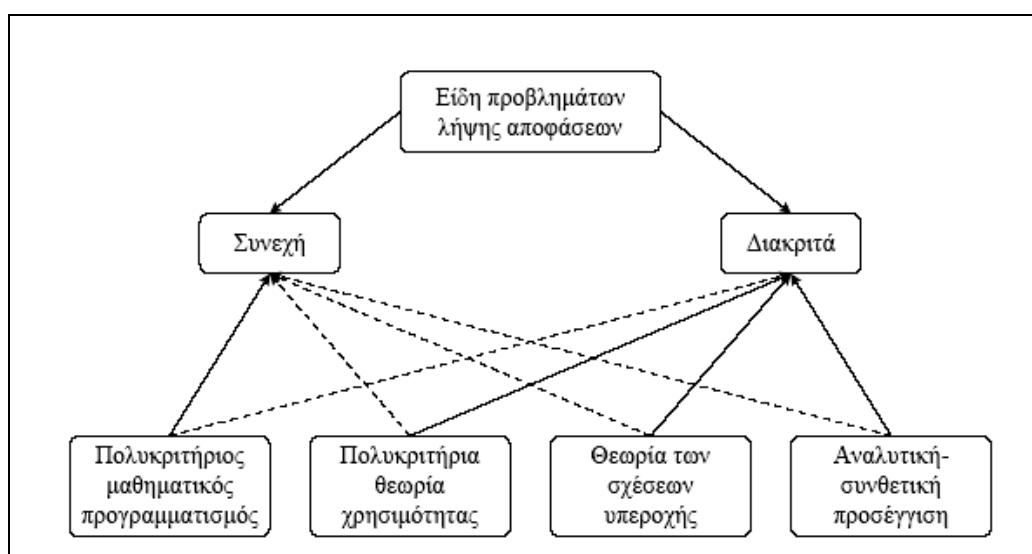
6.1.2 Βασικές μεθοδολογικές προσεγγίσεις

Στο χώρο της πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων έχουν αναπτυχθεί τις τελευταίες τρεις δεκαετίες διάφορες μεθοδολογίες. Οι μεθοδολογίες αυτές μπορούν να χωριστούν σε κατηγορίες ανάλογα με τη μορφή του μοντέλου ολικής προτίμησης που χρησιμοποιούν αλλά και τη διαδικασία ανάπτυξης του μοντέλου αυτού. Βάσει αυτής της θεώρησης, οι Pardalos et al. (1995) πρότειναν την ακόλουθη κατηγοριοποίηση:

1. Πολυκριτήριος μαθηματικός προγραμματισμός (multi-objective mathematical programming)
2. Πολυκριτήρια θεωρία χρησιμότητας (multiattribute utility theory)
3. Θεωρία των σχέσεων υπεροχής (outranking relations theory)
4. Αναλυτική-συνθετική προσέγγιση (preference disaggregation approach)

Όπως παρουσιάζεται στο ακόλουθο σχήμα, μεταξύ των τεσσάρων αυτών βασικών προσεγγίσεων της πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων, οι τρεις τελευταίες, δηλαδή η πολυκριτήρια θεωρία χρησιμότητας, η θεωρία των σχέσεων υπεροχής και η αναλυτική – συνθετική προσέγγιση, προσανατολίζονται προς την αντιμετώπιση διακριτών προβλημάτων λήψης αποφάσεων.

Απώτερος στόχος τους, είναι η σύνθεση όλων των κριτηρίων με σκοπό την αξιολόγηση ενός πεπερασμένου συνόλου εναλλακτικών δραστηριοτήτων σύμφωνα με τις προβληματικές της επιλογής, κατάταξης ή ταξινόμησης. Αντίθετα, ο πολυκριτήριος μαθηματικός προγραμματισμός αποτελεί γενίκευση της γνωστής θεωρίας του μαθηματικού προγραμματισμού σε περιπτώσεις όπου πρέπει να βελτιστοποιηθούν πολλαπλές αντικειμενικές συναρτήσεις.



ΣΧΗΜΑ 6-2: Οι βασικές μεθοδολογικές προσεγγίσεις της πολυκριτήριας ανάλυσης [24]

Για τη μελέτη του προβλήματος αυτής της εργασίας εφαρμόζεται ουσιαστικά η πολυκριτήρια θεωρία χρησιμότητας. Παρακάτω παρουσιάζονται συνοπτικά οι βασικές παράμετροι και αρχές της θεωρίας.

6.1.3 Πολυκριτήρια θεωρία χρησιμότητας

6.1.3.1 Γενική μεθοδολογία

Η πολυκριτήρια θεωρία χρησιμότητας (multiattribute utility theory) αποτελεί γενίκευση της κλασσικής θεωρίας χρησιμότητας. Ήδη από τα πρώτα στάδια ανάπτυξης της πολυκριτήριας ανάλυσης, η πολυκριτήρια θεωρία χρησιμότητας αποτέλεσε (και αποτελεί) έναν από τους ακρογωνιαίους λίθους της θεωρητικής ανάπτυξης και πρακτικής εφαρμογής των αρχών της πολυκριτήριας ανάλυσης. Έμμεσα ή άμεσα και τα υπόλοιπα θεωρητικά ρεύματα της πολυκριτήριας ανάλυσης βασίζονται στις θεμελιώδεις έννοιες και αρχές της πολυκριτήριας θεωρίας χρησιμότητας. Ο πολυκριτήριος μαθηματικός προγραμματισμός και ο προγραμματισμός στόχων, ουσιαστικά αποσκοπούν στον εντοπισμό μίας αποτελεσματικής λύσης, η οποία μεγιστοποιεί τη χρησιμότητα του αποφασίζοντα.

Σκοπός της πολυκριτήριας θεωρίας χρησιμότητας είναι η μοντελοποίηση και αναπαράσταση του συστήματος αξιών που συνειδητά ή ασυνείδητα ακολουθεί ο αποφασίζων, μέσω μίας συνάρτησης αξιών - χρησιμότητας $U(x)$. Η συνάρτηση αυτή εκφράζεται βάσει του συνόλου των κριτηρίων αξιολόγησης τα οποία καθορίζουν το αποτέλεσμα της αξιολόγησης:

$$U(x) = U(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

Γενικά, οι συναρτήσεις χρησιμότητας είναι μη γραμμικές αύξουσες συναρτήσεις οριζόμενες στο πεδίο τιμών των αντίστοιχων κριτηρίων αξιολόγησης, οι οποίες ικανοποιούν τις ακόλουθες δύο βασικές ιδιότητες.

$$U(x') > U(x'') \Leftrightarrow x' P x'' \text{ (η εναλλακτική } x' \text{ προτιμάται της } x'')$$

$$U(x') = U(x'') \Leftrightarrow x' I x'' \text{ (η εναλλακτική } x' \text{ είναι ισοδύναμη της } x'')$$

6.1.3.2 Το μοντέλο του σταθμισμένου μέσου

Η απλούστερη μορφή που μπορεί να λάβει μια συνάρτηση χρησιμότητας είναι η συνάρτηση του σταθμισμένου μέσου, η οποία εκφράζεται ως εξής:

$$U(x) = \omega_1 \cdot x_1 + \omega_2 \cdot x_2 + \dots + \omega_n \cdot x_n$$

Στη συνάρτηση αυτή τα $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$ είναι θετικοί αριθμητικοί συντελεστές των κριτηρίων αξιολόγησης οι οποίοι αποδίδουν τη σημαντικότητα (βάρος) του κάθε κριτηρίου. Ιδιαίτερη σημασία για τη σωστή χρήση αυτού του απλού υποδείγματος αποτελεί η σημασία που αποδίδεται στον όρο 'σημαντικότητα' για την ερμηνεία των συντελεστών $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$. Οι συντελεστές στάθμισης των κριτηρίων σε ένα μοντέλο

σταθμισμένου μέσου ουσιαστικά περιγράφουν τις παραχωρήσεις μεταξύ των κριτηρίων. Οι παραχωρήσεις αυτές θεωρούνται ότι είναι σταθερές και δεν επηρεάζονται από τις επιδόσεις των εναλλακτικών στα εξεταζόμενα κριτήρια. Στο πρόβλημα διαχείρισης αστικών στερεών αποβλήτων που εξετάζεται θα χρησιμοποιηθεί το συγκεκριμένο μαθηματικό μοντέλο.

6.1.3.3 Πολλαπλά κριτήρια

Στη γενική περίπτωση των πολλαπλών κριτηρίων, ικανή και αναγκαία συνθήκη για την ύπαρξη μίας προσθετικής συνάρτησης χρησιμότητας είναι η αμοιβαία προτιμησησική ανεξαρτησία των κριτηρίων (mutual preferential independence).

Για τον καθορισμό της έννοιας της αμοιβαίας προτιμησησικής ανεξαρτησίας, θα πρέπει πρώτα να οριστεί η έννοια της προτιμησησικής ανεξαρτησίας. Δεδομένου ενός συνόλου κριτηρίων X , ένα υποσύνολο κριτηρίων $Y \subset X$ είναι προτιμησησικά ανεξάρτητο των υπόλοιπων κριτηρίων Z εάν και μόνο εάν οι προτιμήσεις βάσει των κριτηρίων του συνόλου Y δεν προσδιορίζονται από τις τιμές των κριτηρίων του συνόλου Z . Ένα σύνολο κριτηρίων X θεωρείται ότι διαθέτει την ιδιότητα της αμοιβαίας προτιμησησικής ανεξαρτησίας εάν κάθε υποσύνολο κριτηρίων Y είναι προτιμησησικά ανεξάρτητο των υπόλοιπων κριτηρίων.

Η κατασκευή της προσθετικής συνάρτησης χρησιμότητας στην περίπτωση των πολλαπλών κριτηρίων υλοποιείται σε δύο στάδια.

Στο πρώτο στάδιο στόχος είναι η κατασκευή των συναρτήσεων μερικών χρησιμοτήτων. Για το σκοπό αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί η τεχνική του σημείου μέσης αξίας.

Στο δεύτερο στάδιο πραγματοποιείται ο προσδιορισμός των συντελεστών παραχωρήσεων $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$ τέτοιων ώστε:

$$\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n \geq 0 \quad \text{και} \quad \omega_1 + \omega_2 + \dots + \omega_n = 1$$

Δεδομένης της εξίσωσης $\omega_1 + \omega_2 + \dots + \omega_n = 1$ απαιτούνται ακόμα $n - 1$ εξισώσεις για τον καθορισμό όλων των συντελεστών παραχωρήσεων. Οι απαιτούμενες σχέσεις μπορούν να προσδιοριστούν με την ακόλουθη διαδικασία.

1. Αρχικά προσδιορίζονται οι λιγότερο προτιμητέες και οι περισσότερες προτιμητέες τιμές για κάθε κριτήριο: $x_{1*}, x_{2*}, \dots, x_{n*}$ και $x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*$
2. Ιεραρχούνται τα κριτήρια από τα πλέον σημαντικά έως τα λιγότερα σημαντικά. Η ιεράρχηση μπορεί να πραγματοποιηθεί συγκρίνοντας τις ακόλουθες εναλλακτικές:

$$x_1 = (x_1^*, x_2, \dots, x_n)$$

$$x_2 = (x_1, x_2^*, \dots, x_n)$$

...

$$x_n = (x_1, x_2, \dots, x_n^*)$$

Αν $x_i P x_j$ τότε το κριτήριο x_i είναι σημαντικότερο από το κριτήριο x_j . Πράγματι, δεδομένου ότι για κάθε κριτήριο x_i ισχύει $U(x_i^*) = 0$ και $U(x_i^*) = 1$ τότε:

$$x_i P x_j \Leftrightarrow \sum_{k=1, k \neq i}^n \omega_k u_k(x_{k^*}) + \omega_i u_i(x_i^*) > \sum_{k=1, k \neq j}^n \omega_k u_k(x_{k^*}) + \omega_j u_j(x_j^*) \Leftrightarrow \omega_i > \omega_j$$

3. Έστω ότι ως x_I συμβολίζεται το πλέον σημαντικό κριτήριο, ως x_{II} το δεύτερο σε σημαντικότητα κριτήριο, κ.ο.κ. Ζητείται από τον αποφασίζοντα να καθορίσει μια τιμή x_I^t του κριτηρίου x_I , τέτοια ώστε $(x_{1^*}, \dots, x_{II^*}, x_I^t, \dots, x_{n^*}) I (x_{1^*}, \dots, x_{II^*}, x_{I^*}, \dots, x_{n^*})$. Τότε:

$$\sum_{k=1, x_k \neq x_I}^n \omega_k u_k(x_{k^*}) + \omega_I u_I(x_I^t) = \sum_{k=1, x_k \neq x_{II}}^n \omega_k u_k(x_{k^*}) + \omega_{II} u_{II}(x_{II}^t) \Leftrightarrow \omega_I u_I(x_I^t) = \omega_{II}$$

Δεδομένου ότι από το πρώτο στάδιο της ανάλυσης έχουν καθοριστεί όλες οι συναρτήσεις μερικών χρησιμοτήτων, η μερική χρησιμότητα $u_I(x_I^t)$ είναι γνωστή και συνεπώς η παραπάνω εξίσωση προσδιορίζει μία σχέση μεταξύ της σημαντικότητας του πλέον σημαντικού κριτηρίου και του δεύτερου σε σημαντικότητα κριτηρίου. Η ίδια διαδικασία επαναλαμβάνεται με τον ίδιο τρόπο στο επόμενο βήμα ώστε να καθοριστεί μία σχέση μεταξύ του πλέον σημαντικού κριτηρίου και του τρίτου σε σημαντικότητα κριτηρίου, κ.ο.κ.

Με την ολοκλήρωση της παραπάνω διαδικασίας θα έχουν προσδιοριστεί $n - 1$ σχέσεις μεταξύ της σημαντικότητας του πλέον σημαντικού κριτηρίου και καθενός από τα υπόλοιπα κριτήρια. Οι σχέσεις αυτές σε συνδυασμό με τη συνθήκη $\omega_1 + \omega_2 + \dots + \omega_n = 1$ διαμορφώνουν ένα σύστημα n εξισώσεων με n αγνώστους (τους συντελεστές παραχωρήσεων των κριτηρίων). Η επίλυση του συστήματος οδηγεί στον προσδιορισμό των συντελεστών παραχωρήσεων των κριτηρίων.

6.1.3.4 Ευστάθεια ως προς τους βαθμούς των παραχωρήσεων

Το βασικό σημείο της πολυκριτήριας θεωρίας χρησιμότητας είναι η έννοια των παραχωρήσεων, στοιχείο το οποίο προσδιορίζει και την έννοια της σημαντικότητας των κριτηρίων αξιολόγησης. Η ερμηνεία όμως των παραχωρήσεων ως βάρη απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή, και ανάλυση της επίδρασης που μπορεί να έχει μία μεταβολή των

παραχωρήσεων στα αποτελέσματα της αξιολόγησης. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσω της ανάλυσης ευαισθησίας (sensitivity analysis). Η ανάλυση ευαισθησίας ως προς τους βαθμούς παραχωρήσεων έχει ως στόχο τον προσδιορισμό των μεταβολών στις παραχωρήσεις οι οποίες μπορούν να μεταβάλουν το αποτέλεσμα της αξιολόγησης.

Έστω δύο εναλλακτικές x_i και x_j τέτοιες ώστε $U(x_i) \geq U(x_j)$, όπου $U(x) = \sum_{k=1}^n \omega_k x_k$.

Υλοποιώντας την ανάλυση για ένα κριτήριο x_k , στόχος είναι να προσδιοριστεί η ελάχιστη μεταβολή δ_{ij}^k στο συντελεστή παραχώρησης του κριτηρίου x_k ώστε $U(x_i) < U(x_j)$, δηλαδή:

$$U(x_i) < U(x_j) \Leftrightarrow$$

$$\sum_{\substack{l=1 \\ k \neq l}}^n \omega_l x_{il} + (\omega_k + \delta_{ij}^k) x_{ik} < \sum_{\substack{l=1 \\ k \neq l}}^n \omega_l x_{jl} + (\omega_k + \delta_{ij}^k) x_{jk} \Leftrightarrow$$

$$\sum_{l=1}^n \omega_l x_{il} + \delta_{ij}^k x_{ik} < \sum_{l=1}^n \omega_l x_{jl} + \delta_{ij}^k x_{jk} \Leftrightarrow$$

$$\delta_{ij}^k (x_{ik} - x_{jk}) < U(x_j) - U(x_i) \Leftrightarrow$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \delta_{ij}^k < \frac{U(x_j) - U(x_i)}{x_{ik} - x_{jk}}, x_{ik} > x_{jk} \\ \delta_{ij}^k > \frac{U(x_j) - U(x_i)}{x_{ik} - x_{jk}}, x_{ik} < x_{jk} \end{array} \right\}$$

Βέβαια, η μεταβολή δ_{ij}^k που υπολογίζεται με αυτό τον τρόπο θα πρέπει να είναι εφικτή, δηλαδή θα πρέπει $\omega_k + \delta_{ij}^k \geq 0 \Leftrightarrow \delta_{ij}^k \geq -\omega_k$. Η μεταβολή που προσδιορίζεται από την παραπάνω διαδικασία εκφράζεται σε απόλυτους όρους και η ερμηνεία της πρέπει να γίνει σε σχέση με το μέγεθος του συντελεστή παραχώρησης ω_k . Συνεπώς καλύτερη πληροφόρηση μπορεί να υπάρξει αν υπολογιστεί η σχετική μεταβολή:

$$\delta'_{ij} = \delta_{ij}^k / \omega_k$$

Με τον ίδιο τρόπο μπορούν να υπολογιστούν όλες οι σχετικές μεταβολές δ'_{ij} για κάθε ζεύγος εναλλακτικών λύσεων x_i και x_j . Υπολογίζοντας όλες τις σχετικές μεταβολές μπορεί να οριστεί ο συντελεστής ευαισθησίας του κριτηρίου x_k ως εξής:

$$s_k = 1 / D_k, \text{ όπου } D_k = \min_{\forall x_i, x_j} \{ |\delta'_{ij}| \}$$

Κριτήρια με υψηλό συντελεστή ευαισθησίας θεωρούνται κρίσιμα κριτήρια, υπό την έννοια ότι μία μικρή μεταβολή του συντελεστή παραχωρήσεων τους οδηγεί σε μεταβολή των αποτελεσμάτων της αξιολόγησης.

6.1.3.5 Ευστάθεια ως προς τις επιδόσεις των εναλλακτικών

Αντίστοιχη ανάλυση με αυτή που παρουσιάστηκε προηγούμενα για τη σημαντικότητα των κριτηρίων μπορεί να πραγματοποιηθεί και για τις επιδόσεις των εναλλακτικών στα κριτήρια αξιολόγησης. Στην περίπτωση αυτή σκοπός είναι η μελέτη της επίδρασης που μπορεί να έχει η μεταβολή των επιδόσεων των εναλλακτικών στο αποτέλεσμα της αξιολόγησης. Η ανάλυση αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική κυρίως σε περιπτώσεις όπου δεν είναι δυνατός ο προσδιορισμός των επιδόσεων των εναλλακτικών με απόλυτη βεβαιότητα.

Έστω δύο εναλλακτικές x_i και x_j τέτοιες ώστε $U(x_i) \geq U(x_j)$, όπου $U(x) = \sum_{k=1}^n \omega_k x_k$.

Υλοποιώντας την ανάλυση για ένα κριτήριο x_k , στόχος είναι να προσδιοριστεί η ελάχιστη μεταβολή r_{ik}^j στο συντελεστή παραχώρησης του κριτηρίου x_k ώστε $U(x_i) < U(x_j)$, δηλαδή:

$$U(x_i) < U(x_j) \quad \Leftrightarrow$$

$$\sum_{\substack{l=1 \\ k \neq l}}^n \omega_l x_{il} + (\omega_k + r_{ik}^j) x_{ik} < \sum_{l=1}^n \omega_l x_{jl} \quad \Leftrightarrow$$

$$\sum_{l=1}^n \omega_l x_{il} + r_{ik}^j x_{ik} < \sum_{l=1}^n \omega_l x_{jl} \quad \Leftrightarrow$$

$$r_{ik}^j < \frac{U(x_j) - U(x_i)}{\omega_k}$$

Η μεταβολή r_{ik}^j που υπολογίζεται με αυτό τον τρόπο θα πρέπει να είναι εφικτή, δηλαδή θα πρέπει $x_{ik} + r_{ik}^j \geq 0 \Leftrightarrow r_{ik}^j \geq -x_{ik}$. Η μεταβολή που προσδιορίζεται από την παραπάνω διαδικασία εκφράζεται σε απόλυτους όρους και η ερμηνεία της πρέπει να γίνει σε σχέση με την επίδοση της εναλλακτικής x_i στο κριτήριο x_k . Συνεπώς καλύτερη πληροφόρηση μπορεί να υπάρξει αν υπολογιστεί η σχετική μεταβολή:

$$r'_{ik}{}^j = r_{ik}^j / x_{ik}$$

Με τον ίδιο τρόπο μπορούν να υπολογιστούν όλες οι σχετικές μεταβολές r'_{ik} για κάθε εναλλακτική λύση x_i και κριτήριο x_k . Υπολογίζοντας όλες τις σχετικές μεταβολές μπορεί να οριστεί ο συντελεστής ευαισθησίας της εναλλακτικής x_i ως εξής:

$$S_i = 1 / E_k, \text{ όπου } E_k = \min_{\forall x_j, x_k} \{r'_{ik}\}$$

Κριτήρια με υψηλό συντελεστή ευαισθησίας θεωρούνται κρίσιμα κριτήρια, υπό την έννοια ότι μία μικρή μεταβολή του συντελεστή παραχωρήσεων τους οδηγούν σε μεταβολή των αποτελεσμάτων της αξιολόγησης.

6.2 Πολυκριτήρια ανάλυση και περιβαλλοντική διαχείριση

Η λήψη αποφάσεων σχετικά με τη διαχείριση περιβαλλοντικών προβλημάτων αποτελεί μία αρκετά σύνθετη διαδικασία. Τα διάφορα περιβαλλοντικά προβλήματα σχετίζονται άμεσα ή έμμεσα με ένα μεγάλο αριθμό παραγόντων, η βαρύτητα των οποίων αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την επιλογή της βέλτιστης για κάθε πρόβλημα λύσης. Είναι προφανές πως η επιλογή και αξιολόγηση ενός μόνο κριτηρίου (π.χ. ατμοσφαιρική ρύπανση, λειτουργικό κόστος κτλ.) για τη σύγκριση των υποψήφιων σεναρίων δεν είναι δυνατό να οδηγήσει σε ασφαλή συμπεράσματα, που να εξετάζουν όλες τις πτυχές και να συνυπολογίζουν όλες τις παραμέτρους του προβλήματος. Αυτό το μεθοδολογικό κενό καλείται να καλύψει η εφαρμογή ενός πολυκριτηριακού συστήματος αξιολόγησης.

Τα κυριότερα στάδια για την εφαρμογή της πολυκριτηρίας ανάλυσης, όχι μόνο για την επίλυση προβλημάτων περιβαλλοντικής διαχείρισης, αλλά και ευρύτερα συνοψίζονται ως εξής:

1. Προσδιορισμός του προβλήματος
2. Επιλογή των πιθανών εναλλακτικών λύσεων – σεναρίων
3. Επιλογή της κατάλληλης μεθόδου / μοντέλου για την ανάλυση
4. Επιλογή, ταξινόμηση και μαθηματική περιγραφή των κριτηρίων
5. Εκτίμηση της βαρύτητας του κριτηρίου σε σχέση με το προς επίλυση πρόβλημα
6. Κατάρτιση της μήτρας αξιολόγησης με τις βαθμολογίες των επιμέρους κριτηρίων για κάθε σενάριο
7. Καθορισμός των πιθανών περιοριστικών παραμέτρων
8. Τελική ταξινόμηση των εξεταζόμενων σεναρίων κατά σειρά βαθμολογίας

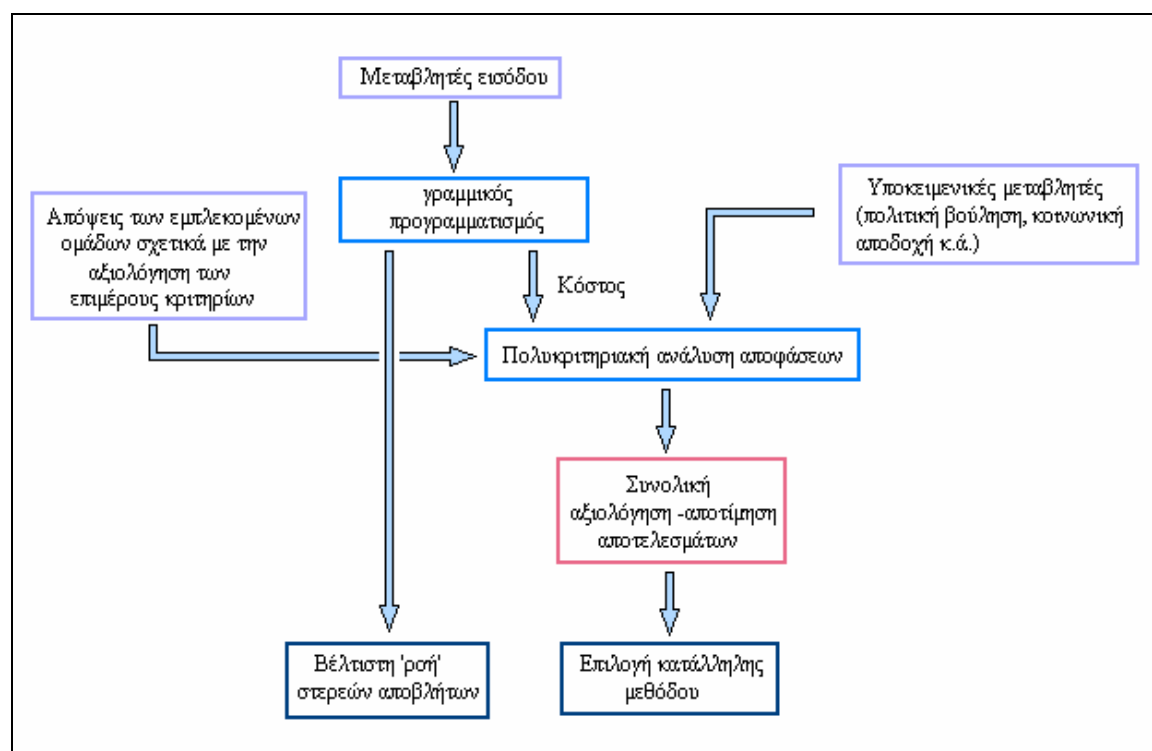
Ιδιαίτερη έμφαση πρέπει να δοθεί στην επιλογή των κριτηρίων, που πρέπει να πληροί τις εξής προϋποθέσεις:

- Να είναι ολοκληρωμένη, δηλαδή τα κριτήρια να είναι κατά το δυνατό αντιπροσωπευτικά, καλύπτοντας όλες τις πτυχές του υπό εξέταση θέματος
- Να είναι λειτουργική, δηλαδή τα κριτήρια να μπορούν να αξιολογηθούν με βάση μία ενιαία και αντιπροσωπευτική βαθμολογική κλίμακα
- Να μην υπάρχουν αλληλοεπικαλυπτόμενα κριτήρια

Ο βαθμός σπουδαιότητας των εφαρμοζόμενων κριτηρίων για την αξιολόγηση των διαφόρων εναλλακτικών σεναρίων καθορίζεται από το συντελεστή βαρύτητας που αποδίδεται στα κριτήρια αυτά. Οι άμεσοι συντελεστές βαρύτητας χρησιμοποιούνται κυρίως στην περίπτωση που ο αριθμός των κριτηρίων είναι μικρός. Οι έμμεσοι συντελεστές βαρύτητας προσδιορίζονται με την ταξινόμηση των κριτηρίων κατά σειρά σπουδαιότητας, την απόδοση ενός συνολικού ή ενός μέγιστου συντελεστή βαρύτητας και στη συνέχεια απόδοση των επιμέρους συντελεστών είτε σε σχέση με το άθροισμά τους είτε σε σχέση με το μεγαλύτερο συντελεστή.

Ο προσδιορισμός της σπουδαιότητας του κάθε κριτηρίου βασίζεται στην ιδιαίτερη σημασία που δίνουν σ' αυτό μια σειρά από εμπλεκόμενους φορείς, που ποικίλουν ως προς τους στόχους, τις προτεραιότητες και συνεπώς τις απόψεις τους. Έτσι, ανάλογα με το είδος του προβλήματος, αλλά και τις ιδιαίτερες συνθήκες που επικρατούν είναι δυνατό για παράδειγμα να εμφανίζουν μεγαλύτερη βαρύτητα οι περιβαλλοντικές παράμετροι σε σχέση με τις οικονομικές και αντίστροφα.

Η επιλογή του βέλτιστου κατά περίπτωση σεναρίου είναι ουσιαστικά το τελευταίο και περισσότερο διαδικαστικό βήμα της όλης ανάλυσης, καθώς προκύπτει από την εφαρμογή της κατάλληλης πολυκριτήριας μεθόδου, η οποία έχει συνυπολογίσει όλες τις παραμέτρους που αναφέρθηκαν μέχρι τώρα. Η μέθοδος αυτή, το είδος της οποίας μπορεί να ποικίλει από μία απλή συνάρτηση ως ένα λογισμικό πακέτο, εκτιμά τη συνολική απόδοση ενός σεναρίου με βάση τις επιμέρους αποδόσεις σε κάθε κριτήριο.



ΣΧΗΜΑ 6-3: Η εφαρμογή της πολυκριτηριακής ανάλυσης στην περίπτωση επιλογής μεθόδου διαχείρισης και επεξεργασίας στερεών αποβλήτων [28]

Μία γενική ταξινόμηση των μεθόδων διακρίνει τις εξής κατηγορίες:

- Κατηγορία 1: υπολογίζεται η συνολική προτίμηση για κάθε σενάριο. Ως βέλτιστο επιλέγεται το σενάριο που συγκεντρώνει τη μεγαλύτερη βαθμολογία, ανεξάρτητα από τα επιμέρους κριτήρια.
- Κατηγορία 2: προσεγγίζεται η προτίμηση ενός σεναρίου σε σχέση με ένα άλλο, με βάση τη δοκιμή της υπόθεσης *‘ένα σενάριο α είναι καλύτερο από ένα σενάριο α’ εφ’όσον το σενάριο α είναι τουλάχιστον τόσο καλό (ή όχι χειρότερο) από το σενάριο α’*. Η προσέγγιση αυτή αφορά την ανάπτυξη διμερούς σχέσης μεταξύ των σεναρίων. Πριν τη συγκριτική ταξινόμηση των κριτηρίων και ανάλογα με τη βαθμολογία τους, τίθενται κάποιοι περιοριστικοί όροι, που εκφράζουν την προτίμηση σε κάποια κριτήρια σε σχέση με άλλα. Τελικά, η επιλογή του βέλτιστου σεναρίου πραγματοποιείται εν μέρει με τον προσδιορισμό της συνολικής βαθμολογίας του και περισσότερο με τη σύγκριση μεταξύ των επιμέρους σεναρίων.
- Κατηγορία 3: πραγματοποιείται διαδραστική μελέτη του προβλήματος, με χρήση επαναληπτικών μεθόδων για την εκτίμηση του βέλτιστου σεναρίου.

6.3 Προσομοίωση

6.3.1 Γενικά

Η μελέτη διαφόρων κυρίως στοχαστικών φαινομένων μπορεί γενικά να γίνει χρησιμοποιώντας τρεις μεθόδους [25]:

1. Αναλυτικές Μέθοδοι: πραγματοποιείται κατάλληλη μαθηματική μοντελοποίηση του στοχαστικού φαινομένου. Η συμπεριφορά του μοντέλου γίνεται γνωστή για οποιεσδήποτε τιμές των παραμέτρων του. Οι αναλυτικές μέθοδοι είναι εφαρμόσιμες μόνο σε σχετικά απλά (ή απλουστευμένα) μοντέλα
2. Αριθμητικές Μέθοδοι: Χρησιμοποιούνται προσεγγιστικές μέθοδοι της αριθμητικής ανάλυσης. Η συμπεριφορά του μοντέλου γίνεται γνωστή μόνο για συγκεκριμένες τιμές των παραμέτρων του. Οι αριθμητικές μέθοδοι μπορούν να εφαρμοστούν και σε πιο σύνθετα μοντέλα.
3. Μέθοδοι Προσομοίωσης: το στοχαστικό φαινόμενο αναπαρίσταται εικονικά (μέσω ενός H/Y) και παρακολουθείται η εξέλιξή του καταγράφοντας τα χαρακτηριστικά που ενδιαφέρουν την εκάστοτε μελέτη. Η συμπεριφορά του μοντέλου γίνεται γνωστή μόνο για συγκεκριμένες τιμές των παραμέτρων του.

Οι μέθοδοι προσομοίωσης μπορούν να εφαρμοστούν και σε πολύ σύνθετα και ρεαλιστικά μοντέλα.

6.3.2 Μέθοδοι προσομοίωσης

Τις τελευταίες δεκαετίες έχει παρουσιαστεί και αναπτυχθεί μία νέα ‘πειραματική’ μέθοδος μελέτης στοχαστικών φαινομένων η οποία βασίζεται στην (ραγδαία αναπτυσσόμενη και σχετικά φθηνή) υπολογιστική ισχύ που προσφέρουν οι H/Y. Ένας εναλλακτικός ‘εμπειρικός’ ή ‘πειραματικός’ τρόπος μελέτης ενός φαινομένου προφανώς είναι η παρακολούθηση της εξέλιξης του φαινομένου στο χρόνο, η καταγραφή των διαφόρων μεγεθών που το αφορούν και η εξαγωγή ‘εμπειρικών’ συμπερασμάτων.

Για παράδειγμα, ο υπολογισμός της πιθανότητας ενός ενδεχομένου A μπορεί πολύ απλά να γίνει καταγράφοντας το πλήθος των πραγματοποιήσεων στα οποία εμφανίστηκε το A.

Προφανώς, η μελέτη μέσω αυτής της ‘πειραματικής’ μεθόδου είναι καλύτερη όσο μεγαλύτερο είναι το πλήθος των πραγματοποιήσεων του φαινομένου που παρατηρούνται. Στην πραγματικότητα όμως, η παρακολούθηση πολλών πραγματοποιήσεων ενός φαινομένου είναι συνήθως ανέφικτη ή πολυέξοδη. Σε αυτό το σημείο έρχεται να συνδράμει η μεγάλη υπολογιστική ισχύς των H/Y. Πράγματι,

αντί να παρατηρούνται οι πραγματοποιήσεις του φαινομένου στην πραγματικότητα, μπορεί να ‘αναπαρασταθεί’ το φαινόμενο μέσα σε μία κατάλληλη ‘εικονική πραγματικότητα’ ενός H/Y. Φυσικά θα πρέπει και πάλι να γίνουν κάποιες απλουστεύσεις του φαινομένου αλλά συνήθως είναι πολύ λιγότερες από τις απλουστεύσεις που απαιτούνταν κατά τη αναλυτική μελέτη του. Από τη στιγμή που αναπαρίσταται σχετικά ικανοποιητικά το φαινόμενο από τον H/Y, η διαδικασία μπορεί να επαναληφεί χιλιάδες ή εκατομμύρια φορές και να καταγραφούν τα χαρακτηριστικά που ενδιαφέρουν το μελετητή. Αυτή είναι η βασική ιδέα της εναλλακτικής εικονικής πειραματικής μεθόδου που είναι γνωστή ως ‘προσομοίωση’ (Simulation).

Ορισμένα παραδείγματα όπου μπορεί να αξιοποιηθεί η μέθοδος της προσομοίωσης είναι:

- Συστήματα ουρών αναμονής (π.χ. τράπεζες, νοσοκομεία, δίκτυα υπολογιστών, κ.ο.κ.)
- Έλεγχος αποθεμάτων αποθηκών
- Αξιοπιστία πολύπλοκων συστημάτων
- Κίνηση μετοχών σε μία χρηματιστηριακή αγορά
- Εξάπλωση ασθενειών ή γενικότερα χαρακτηριστικών σε έναν πληθυσμό
- Μελέτη μετεωρολογικών φαινομένων κ.ο.κ.

Με τη μέθοδο της προσομοίωσης όμως είναι δυνατή και η μελέτη κάποιων πολύπλοκων στατιστικών προβλημάτων όπως π.χ.:

- Προσεγγιστικός υπολογισμός της μέσης τιμής μίας πολύπλοκης συνάρτησης
- Προσεγγιστική εύρεση της κατανομής κάποιας πολύπλοκης στατιστικής συνάρτησης
- Ασυμπτωτική συμπεριφορά πολύπλοκων στοχαστικών μοντέλων
- Προσεγγιστικός υπολογισμός του p-value ή της ισχύος ενός ελέγχου μιας υπόθεσης σε ένα σύνθετο μοντέλο κ.ο.κ.

Η βάση για την μελέτη ενός στοχαστικού φαινομένου μέσω προσομοίωσης αποτελείται από μία διαδικασία η οποία παράγει ‘τυχαίους αριθμούς’. Εφόσον το υπό μελέτη φαινόμενο είναι στοχαστικό, θα επηρεάζεται από κάποιες μεταβλητές των οποίων η τιμή δεν είναι γνωστή εκ των προτέρων (δηλ. από τυχαίες μεταβλητές). Επομένως, το εικονικό πειραματικό μοντέλο που θα κατασκευαστεί με τη βοήθεια ενός H/Y θα πρέπει και αυτό να επηρεάζεται από κάποιους τυχαίους αριθμούς. Άρα το πρώτο που θα πρέπει να εξεταστεί είναι το πώς μπορούν να παραχθούν τυχαίοι

αριθμοί οι οποίοι θα εκφράζουν την εξέλιξη του εικονικού φαινομένου. Με τον όρο τυχαίοι αριθμοί ορίζεται το αποτέλεσμα μιας πραγματοποίησης μιας (πεπερασμένης) ακολουθίας $X_1, X_2, \dots, X_n$ ανεξάρτητων τυχαίων μεταβλητών n , καθεμία εκ των οποίων κατανέμεται ομοιόμορφα στο διάστημα $(0,1)$. Δηλαδή,

$$F_{X_i}(x) = \Pr(X_i \leq x) = x, \quad x \in (0,1)$$

Η παραγωγή μίας μεγάλης ακολουθίας πραγματικά τυχαίων αριθμών είναι αρκετά δύσκολη. Στην καλύτερη περίπτωση υπάρχουν αρχεία που περιέχουν αριθμούς οι οποίοι προέρχονται από στοχαστικά πειράματα. Λύση σ' αυτό το πρόβλημα δίνει η παραγωγή ψευδοτυχαίων αριθμών από έναν H/Y. Οι ψευδοτυχαίοι αριθμοί δεν είναι στην πραγματικότητα τυχαίοι (όπως διαφαίνεται και από το όνομά τους) αλλά παράγονται μέσα από κάποιες προσδιοριστικές (deterministic) επαναληπτικές διαδικασίες ξεκινώντας από κάποια αρχική τιμή (η οποία ενίοτε μπορεί να θεωρηθεί 'τυχαία'). Παρ' όλα αυτά, οι αριθμοί αυτοί τις περισσότερες φορές (ανάλογα και με την επαναληπτική μέθοδο που χρησιμοποιείται) καταφέρνουν να 'ξεγελάσουν' αρκετούς γνωστούς ελέγχους τυχειότητας. Κύρια εφαρμογή τους είναι η προσομοίωση διαφόρων μοντέλων.

Η παραγωγή τυχαίων αριθμών που προέρχονται από την ομοιόμορφη στο $(0,1)$ κατανομή ονομάζεται μέθοδος Monte Carlo. Ωστόσο, ανάλογα με τη φύση του εκάστοτε προβλήματος είναι δυνατή η παραγωγή τυχαίων αριθμών και από άλλες κατανομές, π.χ. την κανονική, την Poisson, τη διωνυμική κ.ά. (μέθοδος της αντιστροφής, μέθοδος της απόρριψης, μέθοδος της σύνθεσης κτλ.)

Κάθε γλώσσα προγραμματισμού (π.χ. Pascal, VBasic, C, Fortran) αλλά και κάθε υπολογιστικό πρόγραμμα (Mathematica, Matlab, Maple κ.ά.) ή πρόγραμμα επεξεργασίας δεδομένων (Excel, SPSS, S-Plus, Statgraphics κ.ά.) έχει ενσωματωμένη μία γεννήτρια ψευδοτυχαίων αριθμών και παρέχει αυτόματα τυχαίους αριθμούς συνήθως με την εντολή RANDOM ή RAND ή RND που ικανοποιεί τα παραπάνω χαρακτηριστικά. Μάλιστα ορισμένα πακέτα (π.χ. SPSS, Mathematica κ.ά.) μπορούν να παράγουν ψευδοτυχαίους αριθμούς και από άλλες κατανομές.

6.4 Προτεινόμενο πρόγραμμα

Με βάση τα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω σχετικά με την πολυκριτήρια ανάλυση αποφάσεων και την προσομοίωση, δημιουργήθηκε ένα πρόγραμμα, που εφαρμόζοντας τις βασικές αρχές τους επιδιώκει να δώσει αξιόπιστα συμπεράσματα σχετικά με την επιλογή της βέλτιστης μεθόδου διαχείρισης των αστικών στερεών απορριμμάτων. Χρησιμοποιήθηκε το μαθηματικό πακέτο Matlab 6.1.

Παρακάτω παρουσιάζεται ο κώδικας που χρησιμοποιήθηκε και ακολουθεί αναλυτική επεξήγησή του.

```
clear
disp('URG!')
%sce=input('Δώστε αριθμό σεναρίων ');
sce=3;
coef=input('Δώστε τους συντελεστές βαρύτητας για κάθε κριτήριο ');
tv=zeros(1,sce);
for k=1:sce
    inum=['Δώστε βαθμολογία για το σενάριο ', num2str(k), ' '];
    grad(k,:)=input(inum);
    %tv(k)=sum(coef.*grad(k))
    for j=1:length(coef)
        tv(k)=tv(k)+coef(j)*grad(k,j);
    end
    tvstr=['Η τελική βαθμολογία του σεναρίου ', num2str(k), ' είναι '
num2str(tv(k))];
    disp(' ')
    disp(tvstr)
    disp(' ')
end
rep=input('Δώστε αριθμό επαναλήψεων ');
coragr=zeros(rep,sce);
ragr=zeros(3,length(coef));
for k=1:sce
    random=rand(rep,length(coef));
    for i=1:rep
        for j=1:length(coef)
            if random(i,j)>0.8
                random(i,j)=2;
            elseif random(i,j)>0.6
                random(i,j)=1;
            elseif random(i,j)>0.4
                random(i,j)=0;
            elseif random(i,j)>0.2
                random(i,j)=-1;
            elseif random(i,j)>=0
                random(i,j)=-2;
            end
        end
    end
    for i=1:rep
        ragr(k,:)=random(i,:)+grad(k,:);
        for m=1:length(coef)
            if ragr(k,m)<0
                ragr(k,m)=0;
            elseif ragr(k,m)>10
                ragr(k,m)=10;
            end
            coragr(i,k)=coragr(i,k)+coef(m)*ragr(k,m);
        end
    end
end
[x,y]=sort(-coragr');
pos=y';
count123=0;
count132=0;
count213=0;
count231=0;
```

```

count312=0;
count321=0;
for i=1:rep
    if pos(i,:)==[1 2 3];
        count123=count123+1;
    elseif pos(i,:)==[1 3 2];
        count132=count132+1;
    elseif pos(i,:)==[2 1 3];
        count213=count213+1;
    elseif pos(i,:)==[2 3 1];
        count231=count231+1;
    elseif pos(i,:)==[3 1 2];
        count312=count312+1;
    elseif pos(i,:)==[3 2 1];
        count321=count321+1;
    end
end
str123=['Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά
προτίμησης 1 2 3 είναι ', num2str(count123/rep)];
str132=['Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά
προτίμησης 1 3 2 είναι ', num2str(count132/rep)];
str213=['Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά
προτίμησης 2 1 3 είναι ', num2str(count213/rep)];
str231=['Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά
προτίμησης 2 3 1 είναι ', num2str(count231/rep)];
str312=['Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά
προτίμησης 3 1 2 είναι ', num2str(count312/rep)];
str321=['Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά
προτίμησης 3 2 1 είναι ', num2str(count321/rep)];
disp(' ')
disp(str123)
disp(' ')
disp(str132)
disp(' ')
disp(str213)
disp(' ')
disp(str231)
disp(' ')
disp(str312)
disp(' ')
disp(str321)
pse1=zeros(rep,1);
for i=1:count123
    pse1(i)=1;
end
pse2=zeros(rep,1);
for i=1:count132
    pse2(i)=1;
end
pse3=zeros(rep,1);
for i=1:count213
    pse3(i)=1;
end
pse4=zeros(rep,1);
for i=1:count231
    pse4(i)=1;
end
pse5=zeros(rep,1);
for i=1:count312
    pse5(i)=1;
end
end

```

```

pse6=zeros(rep,1);
for i=1:count321
    pse6(i)=1;
end
disp(' ')
if abs(std(pse1))/sqrt(rep)*abs(tinv(0.001,rep-
1))<=0.001%*mean(pse1)/1.01
    disp('O στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 123 ικανοποιείται')
else
    disp('O στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 123 δεν ικανοποιείται')
end
disp(' ')
if abs(std(pse2))/sqrt(rep)*abs(tinv(0.001,rep-
1))<=0.001%*mean(pse2)/1.01
    disp('O στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 132 ικανοποιείται')
else
    disp('O στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 132 δεν ικανοποιείται')
end
disp(' ')
if abs(std(pse3))/sqrt(rep)*abs(tinv(0.001,rep-
1))<=0.001%*mean(pse3)/1.01
    disp('O στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 213 ικανοποιείται')
else
    disp('O στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 213 δεν ικανοποιείται')
end
disp(' ')
if abs(std(pse4))/sqrt(rep)*abs(tinv(0.001,rep-
1))<=0.001%*mean(pse4)/1.01
    disp('O στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 231 ικανοποιείται')
else
    disp('O στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 231 δεν ικανοποιείται')
end
disp(' ')
if abs(std(pse5))/sqrt(rep)*abs(tinv(0.001,rep-
1))<=0.001%*mean(pse5)/1.01
    disp('O στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 312 ικανοποιείται')
else
    disp('O στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 312 δεν ικανοποιείται')
end
disp(' ')
if abs(std(pse6))/sqrt(rep)*abs(tinv(0.001,rep-
1))<=0.001%*mean(pse6)/1.01
    disp('O στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 321 ικανοποιείται')
else
    disp('O στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 321 δεν ικανοποιείται')
end
end

```

ΣΧΗΜΑ 6-4: Η προτεινόμενη μεθοδολογία

Το πρόγραμμα δέχεται ως ορίσματα (input) τους συντελεστές βαρύτητάς των κριτηρίων - στόχων (σε κλίμακα από 0 έως 1), τη βαθμολογία τους (σε κλίμακα από 0 έως 10) για καθένα από τα τρία σενάρια και τον αριθμό των επαναλήψεων για τις οποίες θα πραγματοποιηθεί ανάλυση ευαισθησίας. Υπολογίζει (output) την τελική βαθμολογία κάθε σεναρίου και στη συνέχεια πραγματοποιεί ανάλυση ευαισθησίας. Μεταβάλλοντας τις τιμές των βαθμολογιών εξετάζεται αν και κατά πόσο θα μεταβληθεί η τελική επιλογή σεναρίου. Μελετώνται όλες οι δυνατές διατάξεις των

σεναρίων μεταξύ τους και υπολογίζεται η πιθανότητα εμφάνισης της καθεμίας από αυτές.

Αρχικά ζητούνται συντελεστές βαρύτητας που συνθέτουν το διάνυσμα **coef**. Για κάθε σενάριο εισάγεται στην αντίστοιχη γραμμή του πίνακα **grad** η βαθμολογία των κριτηρίων, οπότε ο πίνακας αποτελείται από τρεις γραμμές (όσα τα σενάρια) και από 17 στήλες (όσα τα κριτήρια). Στη συνέχεια εφαρμόζεται η συνάρτηση του σταθμισμένου μέσου της πολυκριτηριακής ανάλυσης. Η τελική βαθμολογία **tv** κάθε σεναρίου προκύπτει από το άθροισμα των γινομένων των βαθμολογιών επί τους συντελεστές βαρύτητας (πολλαπλασιασμός στοιχείο προς στοιχείο του πίνακα **coef** με τις γραμμές του πίνακα **grad** και πρόσθεση των επιμέρους γινομένων).

Ακολουθεί ανάλυση ευαισθησίας, για τον έλεγχο της αβεβαιότητας των αποτελεσμάτων. Η φιλοσοφία του προγράμματος βασίζεται στο κατά πόσο θα επηρεαστεί η τελική επιλογή αν οι τιμές των βαθμολογιών των υποκριτηρίων μεταβάλλονταν τυχαία:

1. κατά μία μονάδα και με τυχαίους συνδυασμούς
2. κατά δύο μονάδες και με τυχαίους συνδυασμούς

Ουσιαστικά πραγματοποιείται μεταβολή των τιμών της βαθμολογίας κάθε κριτηρίου κατά ± 2 μονάδες.

Θα ήταν επιθυμητό το πρόγραμμα να δοκιμάσει όλους τους δυνατούς συνδυασμούς μεταβολής των τιμών των υποκριτηρίων κατά μία ή δύο μονάδες και για τα τρία σενάρια ταυτοχρόνως. Δεδομένου όμως ότι τα κριτήρια είναι 17 και συνεπώς οι δυνατοί συνδυασμοί τους είναι $5^{17}=7,6 \cdot 10^{11}$, είναι προφανές ότι απαιτείται ιδιαίτερα μεγάλη υπολογιστική ισχύς. Για μεγαλύτερη ευκολία στους υπολογισμούς, χωρίς όμως να υπονομεύεται η επαναληψιμότητα και συνεπώς η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων χρησιμοποιείται γεννήτρια τυχαίων αριθμών με τη βοήθεια της συνάρτησης **rand** του Matlab [14]. Η γεννήτρια παράγει τυχαίους αριθμούς με ισοπίθανη κατανομή από το 0 ως το 1 και κατασκευάζεται ο πίνακας **random**. Τα στοιχεία του **random** μετατρέπονται με τον εξής τρόπο:

- Τα στοιχεία που βρίσκονται στο διάστημα (0,8, 1] τίθενται ίσα με 2
- Τα στοιχεία που βρίσκονται στο διάστημα (0,6, 0,8] τίθενται ίσα με 1
- Τα στοιχεία που βρίσκονται στο διάστημα (0,4, 0,6] τίθενται ίσα με 0
- Τα στοιχεία που βρίσκονται στο διάστημα (0,2, 0,4] τίθενται ίσα με -1
- Τα στοιχεία που βρίσκονται στο διάστημα [0, 0,2] τίθενται ίσα με -2

Κατ’ αυτό τον τρόπο ο πίνακας **random** έχει τόσες γραμμές, όσες οι επιθυμητές επαναλήψεις), 17 στήλες (όσα τα κριτήρια) και τα στοιχεία του είναι -2,-1,0,1,2, καταναμεμένα με τυχαίο τρόπο.

Σε κάθε γραμμή του πίνακα **grad** με τις βαθμολογίες των κριτηρίων προστίθενται μία προς μία οι γραμμές του πίνακα **random** και προκύπτει ένας νέος πίνακας ‘αλλοιωμένων’ βαθμολογιών, που ονομάζεται **ragr**. Καθώς οι βαθμολογίες των επιμέρους κριτηρίων κυμαίνονται από 0 έως 10, οι τιμές των στοιχείων του πίνακα **ragr** που υπερβαίνουν το 10 τίθενται ίσες με 10 και αντίστοιχα οι μικρότερες του 0 τίθενται ίσες με 0.

Οι νέες ‘αλλοιωμένες’ τελικές βαθμολογίες προκύπτουν από τον πολλαπλασιασμό στοιχείο προς στοιχείο του πίνακα **coef** με τις γραμμές του πίνακα **ragr** και πρόσθεση των επιμέρους γινομένων και καταχωρούνται στον πίνακα **coragr**.

Χρησιμοποιείται η συνάρτηση sort του Matlab, η οποία αποθηκεύει στη μεταβλητή Y τις θέσεις των τιμών (-βαθμολογιών) του **coragr** από τη μεγαλύτερη προς τη μικρότερη. Το πρόγραμμα ελέγχει μία προς μία τις διατάξεις των στοιχείων του Y και κρατάει στους μετρητές count123, count132, count213, count231, count312, count123 και count321, πόσες φορές εμφανίζονται οι αντίστοιχες διατάξεις.

Η πιθανότητα εμφάνισης με μία διάταξη ισούται με τις φορές που η διάταξη αυτή εμφανίστηκε προς τον αριθμό των επαναλήψεων.

Τέλος, μέσω στατιστικού ελέγχου προσδιορίζεται ο αριθμός των προσομοιώσεων που απαιτούνται ώστε να εκτιμηθεί με ακρίβεια το μέτρο απόδοσης του συστήματος. Συγκεκριμένα, ελέγχεται αν το πλήθος των προσομοιώσεων n είναι αρκετό ώστε το σφάλμα εκτίμησης να είναι το πολύ ίσο με β με πιθανότητα 1-α.

Χρησιμοποιώντας την κατανομή ‘Ταυ’, θεωρείται ότι n είναι ο μικρότερος ακέραιος αριθμός προσομοιώσεων από εκείνους που με πιθανότητα 1-α (στη δεδομένη περίπτωση 99,8%) εγγυώνται σφάλμα μικρότερο του β [23].

$$n: \min \text{ακέραιος: } t_{\alpha/2, n-1} \sqrt{\frac{S^2}{n}} \leq \beta$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

7.1 Γενικά

Η εύρεση του καλύτερου τρόπου αντιμετώπισης ενός διαχειριστικού προβλήματος αποτελεί μία πολύπλοκη διαδικασία, καθώς εξετάζεται μία σειρά από εναλλακτικές λύσεις – σενάρια, και λαμβάνονται υπ’ όψη διάφοροι περιοριστικοί παράγοντες και προϋποθέσεις. Προκειμένου να επιτευχθεί η αξιολόγηση των προτεινόμενων λύσεων δεν επαρκεί η εξέταση μίας κρίσιμης μεταβλητής. Καθοριστική παράμετρος στη διαδικασία της πολυκριτήριας ανάλυσης είναι ο προσδιορισμός των κριτηρίων με βάση τα οποία θα αξιολογηθεί το υπό μελέτη πρόβλημα. Τα κριτήρια πρέπει να πληρούν μία σειρά από προϋποθέσεις, με σημαντικότερη την ικανότητα κάλυψης όσο το δυνατό περισσότερων πτυχών του θέματος. Είναι κοινά για όλα τα εξεταζόμενα σενάρια και η σπουδαιότητά τους χαρακτηρίζεται από ένα συντελεστή βαρύτητας.

Ο καθορισμός αλλά και η ιεραρχική κατάταξη των κριτηρίων είναι ευρεία και πολυσύνθετη διαδικασία, που ουσιαστικά αντανakλά την κοινωνία και τις απαιτήσεις της. Είτε με τη μορφή εμπλεκόμενων κοινωνικών ομάδων, όπως είναι για παράδειγμα οι κάτοικοι της περιοχής στην οποία θα κατασκευαστεί ένας ΧΥΤΑ, είτε με τη μορφή οικολογικών οργανώσεων, που μελετούν τις πιθανότητες περιβαλλοντικής υποβάθμισης, είτε με τη μορφή της επιστημονικής ομάδας που έχει αναλάβει τη χωροθέτηση ενός έργου, είτε ακόμα με τη μορφή των τοπικών αρχόντων που ενδιαφέρονται για την οικονομική ανάπτυξη της περιοχής, οι διάφορες εκφάνσεις της κοινωνίας είναι εκείνες που σε τελική ανάλυση καθορίζουν τόσο τα κριτήρια όσο και τη σπουδαιότητά τους.

7.2 Επιλογή και ανάλυση κριτηρίων και υποκριτηρίων

Σε πρώτη φάση πραγματοποιήθηκε μια γενική κατηγοριοποίηση που αφορά κυρίως τους στόχους που τίθενται και τις προτεραιότητες που πρέπει να ληφθούν υπ’ όψη, ώστε να ενισχυθεί ο πολυκριτηριακός χαρακτήρας της ανάλυσης και να εξεταστούν όσο το δυνατό περισσότερες παράμετροι.

Οι βασικοί άξονες, με βάση τους οποίους διαμορφώθηκαν και τα επιμέρους υποκριτήρια είναι πέντε:

- Οικονομικό κόστος
- Περιβάλλον

- Αξιοποίηση πόρων
- Εφαρμογή πολιτικών
- Τεχνολογία

Η επιλογή αυτή καλύπτει ένα ευρύ φάσμα παραμέτρων, οι οποίες αν και βρίσκονται σε άμεση συνάρτηση μεταξύ τους, δεν αλληλοεπικαλύπτονται.

Με βάση αυτές τις γενικές κατηγορίες καταρτίζονται και τα υποκριτήρια που θα χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση των εναλλακτικών σεναρίων. Τα υποκριτήρια έχουν τη μορφή στόχων.

Το οικονομικό κόστος είναι αναμφισβήτητα ένας από τους πλέον ουσιαστικούς παράγοντες για τη λήψη αποφάσεων. Ως κριτήριο αποκτά ακόμα μεγαλύτερη σημασία αν ληφθεί υπ' όψη ότι συχνά μέρος του κόστους (ή και το σύνολό του) μεταφέρεται ενίοτε στους πολίτες με τη μορφή αυτοχρηματοδότησης. Η πιο συνηθισμένη κατάταξη των οικονομικών απαιτήσεων ενός έργου είναι ο διαχωρισμός σε κόστος επένδυσης και λειτουργικό κόστος.

Το κόστος επένδυσης είναι η αρχική δαπάνη, που σχετίζεται με όλες τις διαδικασίες της κατασκευής του έργου (από την αδειοδότηση μέχρι την κατασκευή κτιριακών εγκαταστάσεων και από τη διαμόρφωση του εδάφους μέχρι την αγορά μηχανολογικού εξοπλισμού).

Το λειτουργικό κόστος αναφέρεται στις ανάγκες κατά τη διάρκεια της λειτουργίας. Πρόκειται για περιοδικά καταβαλλόμενες δαπάνες, που επίσης καλύπτουν μια μεγάλη ποικιλία δραστηριοτήτων, από τη μισθοδοσία του προσωπικού μέχρι την κατανάλωση ενέργειας και τη συντήρηση του εξοπλισμού.

Η μείωση του οικονομικού κόστους εξυπηρετείται και μέσω της ανάπτυξης αγοράς ανακτήσιμων υλικών και παραγωγής ενέργειας, που μπορούν να αποφέρουν αξιόλογα έσοδα. Τα ανακυκλώσιμα υλικά προέρχονται από διαλογή στην πηγή ή μηχανικό διαχωρισμό (χαρτί, γυαλί, πλαστικό, μέταλλα-αλουμίνιο) και δευτερευόντως από τη βιολογική επεξεργασία του οργανικού κλάσματος (compost). Τα μεν ανακυκλώσιμα υλικά που ανακτώνται μπορούν να πωληθούν σε σχετικές βιομηχανίες ως πρώτη ύλη, το δε compost μπορεί να διατεθεί ως εδαφοβελτιωτικό. Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια, με βάση τη ισχύουσα νομοθεσία, μπορεί να πωληθεί στη ΔΕΗ.

Τέλος, με βάση τα σημερινά δεδομένα στον τομέα της κατασκευής έργων, ένα ποσοστό του κόστους καλύπτεται συχνά από πόρους της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Για το λόγο αυτό εξετάζονται ως χωριστό υποκριτήριο και οι δυνατότητες (κοινοτικής κυρίως) χρηματοδότησης.

Συγκεντρωτικά τα υποκριτήρια-στόχοι του πρώτου κριτηρίου είναι:

1. Χαμηλότερο κόστος επένδυσης
2. Χαμηλότερο λειτουργικό κόστος
3. Υψηλότερα έσοδα
4. Αξιοποίηση χρηματοδότησης

Το κριτήριο ‘περιβάλλον’ αντιμετωπίζεται με τρόπο ώστε να είναι μέσα στο πνεύμα των σύγχρονων προσεγγίσεων της διαχείρισης, που αντιλαμβάνονται το οικοσύστημα σαν μια ολότητα. Έτσι, για την προστασία μιας συγκεκριμένης παραμέτρου ερευνάται ο τρόπος μελέτης της ως ενός αναπόσπαστου τμήματος του περιβάλλοντος και όχι μεμονωμένα. Και στην περίπτωση αυτή τίθεται μια σειρά από υποκριτήρια - στόχοι, που προσεγγίζουν το ζήτημα ολιστικά [21].

Η ρύπανση των υπόγειων νερών αποτελεί βασική συνιστώσα περιβαλλοντικών επιπτώσεων στα έργα επεξεργασίας στερεών αποβλήτων. Η πλημμελής επεξεργασία των υγρών κυρίως αποβλήτων ή οι κατασκευαστικές ατέλειες συντελούν στη διαφυγή και διασπορά ρυπαντών προς τον υδροφόρο ορίζοντα. Η άντληση νερού με γεωτρήσεις μπορεί με τη σειρά της να συμβάλλει στη μεταφορά επιβλαβών ουσιών σε καλλιέργειες ή ακόμα και στην τροφική αλυσίδα.

Η ρύπανση επιφανειακών υδάτων, αν και δεν αποτελεί ιδιαίτερα σημαντική επίπτωση των έργων διαχείρισης στερεών αποβλήτων, είναι από τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά προβλήματα και επομένως θα πρέπει να εξεταστεί χωριστά.

Οι αέριες εκπομπές και κατά συνέπεια η αέρια ρύπανση απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή στην προσέγγιση, καθώς εμφανίζει μεγάλες διακυμάνσεις ανάλογα όχι μόνο με τη μέθοδο επεξεργασίας που ακολουθείται αλλά και με την εκάστοτε εφαρμοζόμενη τεχνική. Έτσι, είναι προφανές ότι π.χ. η θερμική επεξεργασία οδηγεί στην παραγωγή διοξινών και φουρανών, αν όμως χρησιμοποιηθούν κατάλληλες διατάξεις ενεργού άνθρακα με προσρόφηση επιτυγχάνεται απόδοση 99,98%. Οι αέριες εκπομπές εξετάζονται σε δύο επίπεδα, την έκλυση ουσιών όπως π.χ. NO_x, τοξικές ενώσεις κ.τ.λ. και την έκλυση αερίων του θερμοκηπίου, ενώ συμπεριλαμβάνουν και τις οσμές.

Η ηχητική ρύπανση αποτελεί επίσης αυτόνομο υπό μελέτη τμήμα. Προέρχεται κυρίως από τις δραστηριότητες στους χώρους επεξεργασίας και διάθεσης, όπως τη λειτουργία του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού και την κίνηση των οχημάτων. Οι επιπτώσεις της κατανέμονται σε διάφορα επίπεδα, από τους περίοικους μέχρι και τους εργαζόμενους. Συχνά η ηχορύπανση λαμβάνει ευρύτερες διαστάσεις, καθώς τα απορριμματοφόρα κινούμενα προς τη μονάδα, προκαλούν όχληση στις γύρω περιοχές. Παρά το ότι η αμιγώς περιβαλλοντική βαρύτητα της παραμέτρου αυτής δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλη, η ηχορύπανση κατέχει σημαντική θέση μεταξύ των κριτηρίων αξιολόγησης κυρίως κατά τη χωροθέτηση έργων διαχείρισης στερεών αποβλήτων.

Τέλος, οι αισθητικές συνέπειες από την κατασκευή και λειτουργία μιας εγκατάστασης και οι αλλαγές στο φυσικό τοπίο αποτελούν σημαντικό παράγοντα, ο οποίος βρίσκεται σε άμεση εξάρτηση τόσο με τη χωροθέτηση μιας εγκατάστασης όσο και με την τεχνολογία που έχει επιλεγεί να εφαρμοστεί. Αν και σχετικά υποβαθμισμένο ως κριτήριο λόγω του γεγονότος ότι δεν μπορεί να ποσοτικοποιηθεί, η παράμετρος της αισθητικής έχει ιδιαίτερη αξία καθώς συνδέεται άμεσα με την πρώτη εντύπωση που σχηματίζει ο πολίτης από μια εγκατάσταση.

Συγκεντρωτικά, τα υποκριτήρια-στόχοι του δεύτερου κριτηρίου είναι:

1. Μικρότερη ρύπανση υπογείων υδάτων
2. Μικρότερη ρύπανση επιφανειακών υδάτων
3. Μικρότερη ρύπανση αέρα
4. Μικρότερη ηχορύπανση
5. Μικρότερη αισθητική όχληση

Αναφορικά με την αξιοποίηση πόρων, πρόκειται για έναν από τους πρωταρχικούς στόχους κάθε σύγχρονου συστήματος διαχείρισης και έχει δυο συνιστώσες. Η πρώτη είναι η ανάκτηση υλικών που επιτυγχάνεται είτε μέσω της ανακύκλωσης είτε μέσω της κομποστοποίησης. Η δυνατότητα για επαναχρησιμοποίηση υλικών ή για χρήση τους ως πρώτης ύλης για την παραγωγή δευτερογενών είναι πλέον θεσπισμένη προτεραιότητα. Δεδομένης και της συνεχούς βελτίωσης των τεχνολογικών παραμέτρων, που έχουν αυξήσει σημαντικά τους δείκτες ανάκτησης στις αντίστοιχες μονάδες και ταυτόχρονα λόγω της αργής αλλά σταθερά κλιμακούμενης συμμετοχής των πολιτών σε προγράμματα διαλογής, η ανάκτηση υλικών αποτελεί ρεαλιστικό και εφικτό στόχο.

Η παραγωγή ενέργειας από τα απορρίμματα είναι η δεύτερη συνιστώσα της εξοικονόμησης πόρων. Κύρια πηγή ενέργειας είναι η καύση των απορριμμάτων, η οποία μετατρέπει το ενεργειακό περιεχόμενό του σε θερμότητα με την παραγωγή θερμών αερίων. Τα θερμά αέρια ψύχονται σε εναλλάκτες θερμότητας (150-200°C) όπου η περιεκτικότητά τους σε θερμότητα μεταφέρεται σε νερό και στη συνέχεια σε ατμό. Ο ατμός παράγει μηχανική ενέργεια σε έναν ατμοστρόβιλο την οποία και μετατρέπει σε ηλεκτρική [13]. Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να προέλθει και από τους ΧΥΤΑ, εφ' όσον το παραγόμενο από τον κύριο όγκο απορριμμάτων βιοαέριο συλλεχθεί με κατάλληλο σύστημα και αξιοποιηθεί. Η καύση του σε κινητήρες αερίου έχει εφαρμοστεί σε αρκετές εγκαταστάσεις. Το σύστημα αποτελείται από αεροκινητήρα, γεννήτρια, εναλλάκτη θερμότητας, ψύκτη και συλλέκτη απαερίων και μπορεί να προσδώσει ενέργεια που αντιστοιχεί στο 30% της συνολικής διαθέσιμης ενέργειας [12].

Συγκεντρωτικά, τα υποκριτήρια-στόχοι του τρίτου κριτηρίου είναι:

1. Ανάκτηση υλικών
2. Ανάκτηση ενέργειας

Ιδιαίτερης σημασίας παράμετρος για την εύρυθμη λειτουργία ενός συστήματος διαχείρισης αστικών στερεών απορριμμάτων είναι και η υιοθέτηση και προαγωγή ορισμένων κατευθυντήριων πολιτικών. Καθώς πρόκειται για ένα έργο περιβάλλοντος, η μονάδα θα πρέπει πρωτίστως να βρίσκεται σε πλήρη εναρμόνιση με το υφιστάμενο θεσμικό πλαίσιο στον τομέα του περιβάλλοντος.

Οι βασικές αρχές που διέπουν την κοινοτική και κατ' επέκταση την εθνική νομοθεσία πρέπει να βρίσκουν εφαρμογή σε όλες τις πτυχές του έργου, από το σκεπτικό και τους απώτερους στόχους που ελήφθησαν υπ' όψη για την κατασκευή του ως τις τοπικές ανάγκες που καλείται να εξυπηρετήσει και από τη χωροθέτηση του ως και τις επιμέρους λειτουργικές παραμέτρους, τις εκπομπές αερίων και την αξιοποίηση πρώτων υλών.

Σε δεύτερο επίπεδο, όπως κάθε έργο που στοχεύει στην ικανοποίηση κοινωνικών αναγκών, θα πρέπει να τίθενται ευρύτεροι αναπτυξιακοί στόχοι, όπως η δημιουργία νέων θέσεων εργασίας. Οι σύγχρονες μονάδες επεξεργασίας αστικών στερεών αποβλήτων δεν είναι απλοί χώροι εναπόθεσης όπως γινόταν παλιότερα με τους ανεξέλεγκτους χώρους διάθεσης. Έχουν συχνά βιομηχανική δομή ως προς τις λειτουργίες και την κατανομή των αρμοδιοτήτων. Ενδεικτικά, αναφέρεται το παράδειγμα του εργοστασίου μηχανικής διαλογής, όπου μεταξύ άλλων απαιτούνται χειροδιαλογείς, συντηρητές, χειριστές κόσκινων και περνοφόρων οχημάτων, φύλακες, διοικητικό προσωπικό κ.ά.

Συγκεντρωτικά, τα υποκριτήρια-στόχοι του τέταρτου κριτηρίου είναι:

1. Εναρμόνιση με το υφιστάμενο θεσμικό πλαίσιο
2. Δυνατότητες αύξησης της απασχόλησης

Ο τελευταίος βασικός άξονας που τέθηκε υπό μελέτη αφορά επιμέρους τεχνικά και τεχνολογικά θέματα, τα οποία όμως επηρεάζουν άμεσα και άλλες παραμέτρους.

Δεδομένων των τοπικών αλλά και των ευρύτερων συνθηκών που θα μπορούσαν να επηρεάσουν τη λειτουργία της μονάδας, θα πρέπει να εξεταστεί η λειτουργικότητά της, που αφορά τόσο στην ευκολία εφαρμογής όσο και στην αποδοτικότητά της. Τα κυριότερα στοιχεία που λαμβάνονται υπ' όψη είναι:

1. Η δυνατότητα σταθερής και ομαλής λειτουργίας
2. Οι απαιτήσεις συντήρησης

3. Η ευκολία συντήρησης
4. Η απλότητα λειτουργίας
5. Η προηγούμενη εμπειρία

Βασικός όρος για την υιοθέτηση μιας τεχνολογίας είναι και η απόδοσή της σε βάθος χρόνου. Ειδικά τα αστικά στερεά απορρίμματα παρουσιάζουν μεγάλη μεταβλητότητα, τόσο ως προς τις παραγόμενες ποσότητες όσο και ως προς την ποιοτική τους σύνθεση. Για παράδειγμα, μέσα στη δεκαετία του 1990 στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας το ποσοστό του οργανικού κλάσματος μειώθηκε δραστικά (περίπου κατά 8%) λόγω της κατακόρυφης αύξησης της χρήσης συσκευασμένων προϊόντων [28]. Τέτοιες αλλαγές αναμένεται να επηρεάσουν άμεσα τη μονάδα, η οποία πρέπει να είναι τεχνολογικά προετοιμασμένη. Επιπλέον, οι συνεχώς αυξανόμενες απαιτήσεις της κοινοτικής νομοθεσίας για αύξηση των ποσοστών ανάκτησης των υλικών και για βελτίωση των προδιαγραφών των εγκαταστάσεων πρέπει να ενσωματώνονται ομαλά στη λειτουργία του συστήματος.

Ειδικά για τον ελληνικό χώρο, όπου η υλοποίηση έργων προστασίας περιβάλλοντος έχει καθυστερήσει σημαντικά, παράμετροι όπως η ταχύτητα κατασκευής και απόδοσης του έργου προς χρήση πρέπει να τίθενται υπό εξέταση. Η αναστολή λειτουργίας ανεξέλεγκτων χώρων διάθεσης, η ανακούφιση ήδη κορεσμένων ΧΥΤΑ και η επιτακτική προσαρμογή των ελληνικών δεδομένων στα κοινοτικά πρότυπα που ορίζει η νομοθεσία επιβάλλουν όχι μόνο λειτουργικές αλλά και ταχείες λύσεις.

Με ανάλογο σκεπτικό, συστήματα με μεγάλη διάρκεια ζωής, που θα εξασφαλίζουν ικανοποιητική απόσβεση της αρχικής δαπάνης και θα εξυπηρετούν για κατά το δυνατό μεγάλα διαστήματα τις ανάγκες ορθολογικής διαχείρισης των απορριμμάτων είναι σαφώς προτιμότερα.

Συγκεντρωτικά, τα υποκριτήρια-στόχοι του πέμπτου κριτηρίου είναι:

1. Λειτουργικότητα
2. Προσαρμοστικότητα
3. Μεγαλύτερη ταχύτητα κατασκευής
4. Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής

Η επιλογή των κριτηρίων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον εκάστοτε μελετητή και επομένως μπορεί να παρουσιάσει σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ σχετικών μελετών.

Η ομαδοποίηση των κριτηρίων μπορεί να έχει διαφορετική δομή, αλλά και τα υποκριτήρια να εμπλουτιστούν με περισσότερες παραμέτρους που συμβάλλουν στην

διεύρυνση της ανάλυσης και την εξέταση περισσότερων πτυχών του προβλήματος. Ενδεικτικά αναφέρονται [16], [18], [21], [28]:

Περιβαλλοντικά κριτήρια:

- Απόσταση από ευαίσθητα οικοσυστήματα
- Σπουδαιότητα της υπάρχουσας στην περιοχή χλωρίδας και πανίδας

Οικονομικά κριτήρια:

- Διαθεσιμότητα οδικών δικτύων
- Ανάπτυξη άλλων οικονομικών δραστηριοτήτων
- Διαχείριση χρηματοδότησης
- Κόστος γης

Λειτουργικά και γενικής φύσης κριτήρια:

- Κλιματολογικές συνθήκες
- Εδαφομορφολογία του χώρου
- Ευχέρεια απόκτησης του χώρου σε σχέση με τον ιδιαίτερο χαρακτήρα της περιοχής και το ιδιοκτησιακό καθεστώς

Χωροταξικά κριτήρια:

- Ευχέρεια παράκαμψης οικισμών και άλλων ανθρωπογενών δραστηριοτήτων για την πρόσβαση στη μονάδα
- Απόσταση της μονάδας από το κέντρο βάρους της εξυπηρετούμενης περιοχής

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, κάποια από τα κριτήρια αυτά δεν εξετάστηκαν, καθώς θεωρήθηκε ότι δεν σχετίζονται με τους βασικούς στόχους και τις προτεραιότητες που έχουν τεθεί, π.χ. σπουδαιότητα της υπάρχουσας χλωρίδας και πανίδας. Υπάρχουν ωστόσο και άλλα κριτήρια, τα οποία έχουν ήδη ενσωματωθεί (π.χ. τα χωροταξικά κριτήρια).

7.3 Βαθμονόμηση κριτηρίων και υποκριτηρίων

7.3.1 Βαθμονόμηση κριτηρίων

Για να πραγματοποιηθεί μία ενδεδειγμένη και αξιόπιστη συγκριτική αξιολόγηση θα πρέπει τα κριτήρια-άξονες και τα υποκριτήρια-στόχοι να σταθμιστούν με ειδικό συντελεστή βάρους. Η διαδικασία αυτή, της βαθμονόμησης, ανταποκρίνεται στις συνθήκες, τις προτεραιότητες και τους στόχους της περιβαλλοντικής προστασίας και της ανάπτυξης. Το σύστημα βαθμονόμησης ορίστηκε με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι

κατάλληλο για εφαρμογή στη δεδομένη περιοχή και ταυτόχρονα ανεξάρτητο, ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτούσιο για την αξιολόγηση αντίστοιχων προβλημάτων σε οποιαδήποτε άλλη περιοχή.

Η συγκεκριμένη μελέτη δεν στοχεύει στην εξαγωγή ενός συμπαγούς και απόλυτου αποτελέσματος αναφορικά με τον προσδιορισμό του βέλτιστου σεναρίου, αλλά κατά κύριο λόγο στην ανάπτυξη μίας αξιόπιστης μεθοδολογίας για την αντιμετώπιση όλων των συναφών προβλημάτων. Για το λόγο αυτό, το θέμα εξετάζεται από διαφορετικές οπτικές γωνίες, ανάλογα με το ποιες προτεραιότητες τίθενται κάθε φορά. Έτσι, είναι δυνατό να θεωρείται πως το σημαντικότερο ρόλο για τη λήψη της απόφασης ασκεί η παράμετρος του κόστους, αν ενδεχομένως ο φορέας υλοποίησης του έργου έχει μειωμένη οικονομική ευχέρεια ή αν το έργο πραγματοποιείται σε περιοχή μηδαμινής περιβαλλοντικής αξίας. Αντίστροφα, ενδέχεται να θεωρείται ως καθοριστικός παράγοντας ο τομέας του περιβάλλοντος. Σε χώρες με ανεπτυγμένες υποδομές και σαφή νομοθεσία, οι οποίες μάλιστα διακρίνονται από σημαντικές περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις (π.χ. λόγω της έντονης βιομηχανοποίησης) η αποφυγή της ρύπανσης του περιβάλλοντος αποτελεί νευραλγική πτυχή των εφαρμοζόμενων πολιτικών. Αντίστοιχα, παράμετροι, όπως η αξιοποίηση πόρων, η τεχνογνωσία και η τήρηση συγκεκριμένης πορείας στη χάραξη εργασιακής και νομοθετικής πολιτικής είναι δυνατό να θεωρούνται άλλοτε μικρότερης και άλλοτε μεγαλύτερης σημασίας.

Με βάση το παραπάνω σκεπτικό επιλέχθηκε να πραγματοποιηθεί τρεις φορές η ανάλυση της βαρύτητας των βασικών κριτηρίων.

Σε πρώτη φάση τα κριτήρια είναι ετεροβαρή. Δίνεται έμφαση στο κριτήριο ‘οικονομικό κόστος’ που λαμβάνει συντελεστή βαρύτητας 0,4 και ακολουθεί το κριτήριο ‘περιβάλλον’ με συντελεστή βαρύτητας 0,2. Τα κριτήρια ‘αξιοποίηση πόρων’ και ‘εφαρμογή πολιτικών’ λαμβάνουν από 0,15 και το κριτήριο ‘τεχνολογία’ 0,1. Όπως είναι εμφανές από τη βαθμονόμηση, οι δύο κύριες παράμετροι συγκεντρώνουν ποσοστό 60% και οι άλλες τρεις ουσιαστικά μοιράζονται το υπόλοιπο 40%, για να αναδειχθεί η σημασία τους, αλλά να μην έχουν αρκετό βάρος ώστε μεμονωμένα να ασκήσουν καθοριστικό ρόλο. Αν, με μία πιο μακροσκοπική προσέγγιση, θεωρηθεί ότι τα κριτήρια μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε δύο ομάδες, ‘περιβάλλον’ και ‘αξιοποίηση πόρων’ από τη μία πλευρά και ‘οικονομικό κόστος’, ‘εφαρμογή πολιτικών’ και ‘τεχνολογία’ από την άλλη, τότε και πάλι με την προτεινόμενη βαθμονόμηση η δεύτερη ομάδα υπερέρχει συγκεντρώνοντας ποσοστό 65% έναντι 35% της πρώτης. Ο συγκεκριμένος καταμερισμός βαρών θα μπορούσε να εφαρμοστεί στην περίπτωση που βασική προτεραιότητα για την κατασκευή του έργου είναι η μείωση του κόστους ή/και στην περίπτωση που δεν μπορούν να διασφαλιστούν επαρκή κονδύλια για την αποδοτική λειτουργία του. Συνολικά:

Οικονομικό κόστος	0,40
Περιβάλλον	0,20
Αξιοποίηση πόρων	0,15
Εφαρμογή πολιτικών	0,15
Τεχνολογία	0,1

ΠΙΝΑΚΑΣ 7-1: 1^η βαθμονόμηση των κριτηρίων

Η δεύτερη βαθμονόμηση που εφαρμόζεται είναι η ακριβώς αντίστροφη. Τα κριτήρια είναι και στην περίπτωση αυτή ετεροβαρή, αλλά υπερισχύει το ‘περιβάλλον’ με 0,4 επί του ‘οικονομικού κόστους’ με 0,2. Τα βάρη στα υπόλοιπα κριτήρια κατανέμονται όπως και παραπάνω με 0,15 στην ‘αξιοποίηση πόρων’ και την ‘εφαρμογή πολιτικών’ και 0,1 στην ‘τεχνολογία’. Ομοίως, αν θεωρηθεί ομαδοποίηση κριτηρίων ο διαχωρισμός είναι ευδιάκριτος με 65% σε ‘περιβάλλον’ και ‘αξιοποίηση πόρων’ και 35% σε ‘οικονομικό κόστος’, ‘εφαρμογή πολιτικών’ και ‘τεχνολογία’. Η βαθμονόμηση αυτή θα μπορούσε να εφαρμοστεί αν η προστασία του περιβάλλοντος βρισκόταν στην κορυφή της ιεραρχίας των στόχων, δεδομένης και της εξασφάλισης των απαραίτητων οικονομικών πόρων. Συνολικά:

Οικονομικό κόστος	0,20
Περιβάλλον	0,40
Αξιοποίηση πόρων	0,15
Εφαρμογή πολιτικών	0,15
Τεχνολογία	0,1

ΠΙΝΑΚΑΣ 7-2: 2^η βαθμονόμηση των κριτηρίων

Τέλος, πραγματοποιείται βαθμονόμηση με όλα τα κριτήρια ισοβαρή. Αν και ένα τέτοιο ενδεχόμενο δεν είναι ιδιαίτερα ρεαλιστικό, καθώς πάντα κάποιοι στόχοι έχουν μεγαλύτερη προτεραιότητα να υλοποιηθούν, πρόκειται για μία ενδιαφέρουσα υπόθεση μελέτης. Και τα πέντε κριτήρια έχουν συντελεστή βαρύτητας 0,2.

Οικονομικό κόστος	0,20
Περιβάλλον	0,20
Αξιοποίηση πόρων	0,20
Εφαρμογή πολιτικών	0,20
Τεχνολογία	0,20

ΠΙΝΑΚΑΣ 7-3: 3^η βαθμονόμηση των κριτηρίων

7.3.2 Βαθμονόμηση υποκριτηρίων

Οικονομικό κόστος

Με βάση την αναλυτική περιγραφή των κριτηρίων αλλά και των υποκριτηρίων που προηγήθηκε, όπου αποσαφηνίστηκαν οι επιμέρους στόχοι και ορίστηκαν οι γενικές και οι μερικές έννοιες, ακολουθεί βαθμονόμηση των υποκριτηρίων.

Καθένας από τους πέντε άξονες της μελέτης συνίσταται σε υποκριτήρια-στόχους, τα οποία διακρίνονται από διαφορετικές βαρύτητες, ανάλογα με την εκτιμώμενη σπουδαιότητά τους.

Αρχικά, σε ότι αφορά το οικονομικό κόστος, οι κύριες παράμετροι που το καθορίζουν είναι η αρχική δαπάνη (κόστος επένδυσης) και το λειτουργικό κόστος, καθώς από το ύψος τους εξαρτάται σε ένα βαθμό το αν τελικά θα κατασκευαστεί ή όχι το έργο. Δόθηκαν ίσα βάρη στις δυο αυτές μεταβλητές, 0.25 στην καθεμία, μια και, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, εξίσου σημαντική με την ολοκληρωμένη κατασκευή του έργου είναι και η εύρυθμη λειτουργία του. Μεγαλύτερο συντελεστή βαρύτητας έλαβε το υποκριτήριο 'αξιοποίηση χρηματοδότησης', καθώς τα τελευταία χρόνια όλα τα σημαντικά έργα σε εθνικό επίπεδο κατασκευάζονται με χρήση κοινοτικών πόρων, χωρίς τους οποίους η υλοποίηση τους θα ήταν αβέβαιη. Κατά κανόνα εφαρμόζεται η μέθοδος της συγχρηματοδότησης, σύμφωνα με την οποία το 75% του κόστους καλύπτεται από την Ευρωπαϊκή Ένωση και το 25% από τον εθνικό προϋπολογισμό. Παρά το γεγονός ότι η χρηματοδότηση αυτή δεν καλύπτει γενικά τις λειτουργικές δαπάνες των έργων, πρόκειται για καθοριστικό κίνητρο για την κατασκευή του.

Οι σύγχρονες προδιαγραφές ενός ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης αστικών στερεών αποβλήτων επιβάλλουν την ανάκτηση υλικών.

Το χαρτί, πλαστικό, γυαλί, τα μέταλλα και το αλουμίνιο που μπορούν να διαχωριστούν, αλλά και το εδαφοβελτιωτικό που μπορεί να παραχθεί από κομποστοποίηση είναι δυνατό να διατεθούν στην αγορά, με στόχο την αποκόμιση κέρδους, έστω και περιορισμένων. Παράλληλα, μία βασική πηγή εσόδων από μία μονάδα καύσης είναι η παραγωγή και πώληση ηλεκτρικής ενέργειας. Το υποκριτήριο 'μεγαλύτερα έσοδα' λαμβάνει συντελεστή βαρύτητας 0.2.

Συνολικά, η βαθμονόμηση του κριτηρίου 'οικονομικό κόστος' έχει ως εξής:

Οικονομικό κόστος	Χαμηλότερο κόστος επένδυσης	0,25
	Χαμηλότερο λειτουργικό κόστος	0,25
	Υψηλότερα έσοδα	0,2
	Αξιοποίηση χρηματοδότησης	0,3
	ΣΥΝΟΛΟ	1

ΠΙΝΑΚΑΣ 7-4: Βαθμονόμηση του κριτηρίου 'οικονομικό κόστος'

Περιβάλλον

Αναφορικά με κριτήριο ‘περιβάλλον’, η βαθμονόμηση των υποκριτηρίων έγινε λαμβάνοντας υπ’ όψη τις ιδιαιτερότητες που παρουσιάζουν τα έργα διαχείρισης αστικών στερεών απορριμμάτων. Η μέχρι σήμερα εμπειρία έχει δείξει ότι, ειδικά στην Ελλάδα, η ρύπανση των υπόγειων υδάτων και του εδάφους αποτέλεσε την εντονότερη περιβαλλοντική επίπτωση των έργων διαχείρισης στερεών αποβλήτων, αφ’ ενός λόγω των ελλিপών υποδομών (απουσία στεγανοποίησης στους ανεξέλεγκτους χώρους διάθεσης) και αφ’ ετέρου λόγω της ίδιας της φύσης των έργων. Για το λόγο αυτό, στο συγκεκριμένο υποκριτήριο δίνεται μεγαλύτερο ειδικό βάρος, ίσο με 0,4. Οι παράμετροι που σχετίζονται με τη ρύπανση επιφανειακών νερών και αέρα θεωρήθηκε ότι χαρακτηρίζονται από αρκετά μεγάλη αλληλεπίδραση και βαθμονομήθηκαν ισοβαρώς, λαμβάνοντας συντελεστή 0,2 έκαστη. Τέλος, η ηχορύπανση και οι αισθητικές οχλήσεις, αν και αποτελούν σημαντικούς παράγοντες, συμβάλλουν έμμεσα και συνήθως με αναστρέψιμο τρόπο στην περιβαλλοντική υποβάθμιση. Έτσι, έλαβαν 0,1 η καθεμία.

Συνολικά η βαθμονόμηση του κριτηρίου ‘περιβάλλον’ έχει ως εξής:

Περιβάλλον	Μικρότερη ρύπανση υπογείων υδάτων	0,4
	Μικρότερη ρύπανση επιφανειακών υδάτων	0,2
	Μικρότερη ρύπανση αέρα	0,2
	Μικρότερη ηχορύπανση	0,1
	Μικρότερη αισθητική όχληση	0,1
	ΣΥΝΟΛΟ	1

ΠΙΝΑΚΑΣ 7-5: Βαθμονόμηση του κριτηρίου ‘περιβάλλον’

Αξιοποίηση πόρων

Η παράμετρος ‘αξιοποίηση πόρων’, όπως αναφέρθηκε, έχει δυο πτυχές, την ανάκτηση υλικών και την ανάκτηση ενέργειας. Οι δυο μεταβλητές θα μπορούσαν να αξιολογηθούν ετεροβαρώς με γνώμονα το οικονομικό κέρδος που μπορούν να αποφέρουν ή τις προτεραιότητες που θέτει η νομοθεσία. Ωστόσο, στη δεδομένη περίπτωση γνώμονας είναι η εξοικονόμηση, ανάκτηση και χρήση πόρων και για το λόγο αυτό βαθμονομούνται ισομερώς.

Αξιοποίηση πόρων	Ανάκτηση υλικών	0,5
	Ανάκτηση ενέργειας	0,5
	ΣΥΝΟΛΟ	1

ΠΙΝΑΚΑΣ 7-6: Βαθμονόμηση του κριτηρίου ‘αξιοποίηση πόρων’

Εφαρμογή των πολιτικών

Η εφαρμογή των πολιτικών είναι επίσης ειδικής σημασίας στην περίπτωση των έργων διαχείρισης στερεών αποβλήτων. Σε γενικές γραμμές, η τήρηση της ισχύουσας νομοθεσίας από τη μία πλευρά και η αύξηση θέσεων εργασίας από την άλλη, αποτελούν βασικούς στόχους κάθε δραστηριότητας που αναπτύσσεται από το κράτος και από την ιδιωτική πρωτοβουλία. Όμως, ο τομέας των έργων προστασίας περιβάλλοντος, ιδιαίτερα στην Ελλάδα, έχει αποδειχθεί ιδιαίτερα ευαίσθητος σε θέματα που άπτονται της εναρμόνισης στο θεσμικό πλαίσιο. Η συνεχιζόμενη παραβίαση των κοινοτικών οδηγιών για τους απαραίτητους όρους διαχείρισης και επεξεργασίας και η καθυστέρηση ενσωμάτωσής τους στο εθνικό δίκαιο επιβάλλει την απόδοση υψηλού συντελεστή βαρύτητας στο αντίστοιχο υποκριτήριο. Επιλέχθηκε μια διακριτή βαθμονόμηση των δυο υποκριτηρίων, με 0,65 στην ‘εναρμόνιση με το υφιστάμενο πλαίσιο’ και 0,35 στις ‘δυνατότητες αύξησης της απασχόλησης’.

Εφαρμογή πολιτικών	Εναρμόνιση με το υφιστάμενο θεσμικό πλαίσιο	0,65
	Δυνατότητες αύξησης της απασχόλησης	0,35
	ΣΥΝΟΛΟ	1

ΠΙΝΑΚΑΣ 7-7: Βαθμονόμηση του κριτηρίου ‘εφαρμογή πολιτικών’

Τεχνολογία

Τέλος, αναφορικά με το κριτήριο ‘τεχνολογία’ οι επιμέρους παράμετροι βαθμονομήθηκαν δίνοντας έμφαση στην ‘προσαρμοστικότητα στις αλλαγές’ και στη ‘λειτουργικότητα’, που αθροιστικά συγκεντρώνουν το 75%. Προτεραιότητα θεωρείται η αποδοτική λειτουργία της μονάδας υπό μεταβαλλόμενες συνθήκες, με αποτέλεσμα το πρώτο κριτήριο να λαμβάνει 0,4 και ακολουθεί η ‘λειτουργικότητα’ με 0,35. Η ‘διάρκεια ζωής’ του έργου που σχετίζεται άμεσα με τον μακροπρόθεσμο σχεδιασμό διαχείρισης των απορριμμάτων.

Τεχνολογία	Λειτουργικότητα	0,35
	Προσαρμοστικότητα	0,4
	Ταχύτητα κατασκευής	0,1
	Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής	0,15
	ΣΥΝΟΛΟ	1

ΠΙΝΑΚΑΣ 7-8: Βαθμονόμηση του κριτηρίου ‘τεχνολογία’

7.4 Βαθμολόγηση υποκριτηρίων

7.4.1 Χαμηλότερο κόστος επένδυσης

Οι διακυμάνσεις που παρουσιάζουν τα κόστη επένδυσης των τριών εναλλακτικών σεναρίων είναι αρκετά μεγάλες. Το πρώτο σενάριο, που βασίζεται στη διαλογή στην

πηγή και την υγειονομική ταφή εμφανίζει την χαμηλότερη αρχική δαπάνη, 2.562.074 €/έτος, η οποία κατανέμεται μεταξύ του ΧΥΤΑ (που απαιτεί και το μεγαλύτερο κόστος) και του κέντρου διαλογής. Ακριβότερη είναι η επένδυση για τη δεύτερη εναλλακτική λύση, κατά 49% σε σχέση με την πρώτη. Σε αυτή την περίπτωση η δαπάνη σχεδόν ισοκατανέμεται μεταξύ της μονάδας μηχανικής διαλογής, της μονάδας κομποστοποίησης και του ΧΥΤΑ. Παρά την παρατηρούμενη διαφορά τιμών, τα δυο πρώτα σενάρια εμφανίζουν σχετικά παραπλήσια κόστη επένδυσης. Αντίθετα, κατά τη μελέτη του τρίτου σεναρίου, το προκύπτον κόστος επένδυσης είναι πολλαπλάσιο, και συγκεκριμένα 614% υψηλότερο από το πρώτο σενάριο και 300% υψηλότερο από το δεύτερο. Η μεγάλη αυτή διαφορά είναι σε γενικές γραμμές αναμενόμενη, αφ' ενός γιατί η μέθοδος της θερμικής επεξεργασίας είναι αφ' εαυτής ιδιαίτερα δαπανηρή και αφ' ετέρου γιατί δεν έχει εφαρμοστεί μέχρι τώρα στην Ελλάδα, γεγονός που συνεπάγεται εισαγωγές σύνθετου εξοπλισμού, κατάρτιση προσωπικού κ.ά. Από τα 18.298.423 € που απαιτούνται σε ετήσια βάση για την εφαρμογή του σεναρίου το 93% αφορά τη μονάδα καύσης (16.970.760€/έτος) και το υπόλοιπο 7% το ΚΔΑΥ και του ΧΥΤΑ (1.327.663€/έτος).

Σε ανάλογα συμπεράσματα καταλήγει και η μελέτη των απόλυτων τιμών (και όχι των ανηγμένων ανά έτος).

Σενάριο 1: 25.936.400 € Σενάριο 2: 34.278.950 € Σενάριο 3: 106.262.900 €

Το κόστος του τρίτου σεναρίου είναι πάνω από 4 φορές υψηλότερο του πρώτου και πάνω από 3 φορές υψηλότερο του δεύτερου. Το κόστος του δεύτερου σεναρίου είναι σχεδόν 1.5 φορά υψηλότερο του πρώτου.

Με βάση τα παραπάνω, η βαθμολόγηση των τριών σεναρίων για το υποκριτήριο 'χαμηλότερο κόστος επένδυσης' είναι:

Χαμηλότερο κόστος επένδυσης	
Σενάριο 1	8
Σενάριο 2	7
Σενάριο 3	2

7.4.2 Χαμηλότερο λειτουργικό κόστος

Το κόστος σε ετήσια βάση που απαιτείται για τη σωστή και αποδοτική λειτουργία των προτεινόμενων συστημάτων εμφανίζει επίσης αρκετές διαφορές μεταξύ των εξεταζόμενων σεναρίων. Και σ' αυτή την περίπτωση τα λειτουργικά κόστη των δυο

πρώτων σεναρίων βρίσκονται στην ίδια τάξη μεγέθους. Το κέντρο διαλογής και ο ΧΥΤΑ ξοδεύουν για συντήρηση του εξοπλισμού τους, για κατανάλωση ενέργειας και για αμοιβές προσωπικού 1.261.420 € ετησίως. Αντίστοιχα, η εγκατάσταση μηχανικού διαχωρισμού και κομποστοποίησης και ο ΧΥΤΑ ξοδεύουν 2.759.101 €, δηλαδή 119% περισσότερα. Το κύριο ποσοστό δαπανών (42%) καλύπτει τις ανάγκες του εργοστασίου μηχανικού διαχωρισμού. Ωστόσο, οι λειτουργικές ανάγκες και κατ' επέκταση τα οικονομικά μεγέθη πολλαπλασιάζονται στην περίπτωση του τρίτου σεναρίου, το οποίο απαιτεί 11.529.584 € ετησίως, δηλαδή 811% περισσότερα από την πρώτη εναλλακτική λύση και 318% περισσότερα από τη δεύτερη. Το 93% του ποσού προορίζεται για την κάλυψη των λειτουργικών αναγκών της μονάδας καύσης. Ενδεικτικά αναφέρεται, ότι το ποσό που απαιτείται μόνο για την συντήρηση του τεχνικού και μηχανολογικού εξοπλισμού υπερβαίνει το λειτουργικό κόστος ολόκληρου του δεύτερου σεναρίου. Υψηλά είναι τα κόστη και για τη μισθοδοσία, αλλά και για την επεξεργασία των υπολειμμάτων της καύσης. Όπως η ιλύς και η σκόνη των φίλτρων.

Συγκεντρωτικά, τα λειτουργικά κόστη των τριών σεναρίων είναι τα εξής:

Σενάριο 1: 1.261.420 € Σενάριο 2: 2.759.101 € Σενάριο 3: 11.529.584€

Με βάση τα παραπάνω, η βαθμολόγηση των τριών σεναρίων για το υποκριτήριο 'χαμηλότερο λειτουργικό κόστος' είναι:

Χαμηλότερο λειτουργικό κόστος	
Σενάριο 1	8
Σενάριο 2	7
Σενάριο 3	1

7.4.3 Αξιοποίηση χρηματοδότησης

Η αξιοποίηση της χρηματοδότησης είναι σε γενικές γραμμές μια απλή διαδικασία για τα έργα προστασίας περιβάλλοντος. Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει επενδύσει σημαντικά σ' αυτό τον τομέα. Προτάσεις που καλύπτουν αξιόπιστα και σε βάθος χρόνου τις κατευθυντήριες γραμμές της νομοθεσίας γίνονται κατά κανόνα δεκτές και ενισχύονται οικονομικά σε υψηλό ποσοστό. Οι βασικές αρχές-στόχοι που τίθενται, με σειρά προτεραιότητας, είναι: μείωση στην πηγή, ελαχιστοποίηση, επαναχρησιμοποίηση, ανακύκλωση, ενεργειακή ανάκτηση και τέλος διάθεση. Το 2^ο Ταμείο Συνοχής, που βρίσκεται αυτή τη στιγμή σε εξέλιξη (ως το 2006) διαθέτει συνολικά στην Ελλάδα 3.000.000.000 €, εκ των οποίων 1.450.000.000 διατίθενται σε

έργα μεταφορών (οδικά δίκτυα, γέφυρες κ.τ.λ) και 1.550.000.000 σε έργα περιβάλλοντος, που περιλαμβάνουν δίκτυα υδρεύσεων και αποχετεύσεων, μονάδες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, εγκαταστάσεις επεξεργασίας στερεών αποβλήτων κ.ά. Η χρηματοδότηση κατανέμεται μεταξύ της ευρύτερης περιοχής της πρωτεύουσας και της περιφέρειας σχεδόν ισόποσα με 850.000.000 και 700.000.000 αντίστοιχα. Ωστόσο, οι ιδιαιτερότητες της Ελλάδας στον τομέα της διαχείρισης των αστικών στερεών απορριμμάτων, που αφορούν κυρίως τη μεγάλη καθυστέρηση χάραξης εθνικού σχεδιασμού και κατ' επέκταση εφαρμογής συγκεκριμένων συστημάτων περιπλέκουν τις δυνατότητες χρηματοδότησης. Μέχρι σήμερα γενικός στόχος είναι η κάλυψη των στοιχειωδών προδιαγραφών διαχείρισης για την παύση λειτουργίας και την αποκατάσταση των ανεξέλεγκτων χωματερών και την αποφυγή επιβολής προστίμων από τα κοινοτικά δικαστήρια. Για το λόγο αυτό προκρίνεται η χρήση σχετικά απλών και δοκιμασμένων μεθόδων, όπως η υγειονομική ταφή και βοηθητικών έργων, όπως οι σταθμοί μεταμόρφωσης. Δεδομένης της υστέρησης της χώρας σε θέματα στερεών αποβλήτων, τα έργα που τελικά προωθούνται προς χρηματοδότηση είναι μόλις το 1/7 των συνολικά κατατιθέμενων προτάσεων, με βάση στοιχεία της Διαχειριστικής Αρχής της Περιφέρειας Κρήτης. Επομένως, η ανάγκη για καλύτερη διασπορά της ήδη ελλειπούς σε σχέση με τις ανάγκες χρηματοδότησης είναι μια ακόμα ώθηση για την υιοθέτηση πιο προσιτών οικονομικά τεχνολογιών, όπως οι ΧΥΤΑ.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, το απλούστερο σε δομή, τεχνογνωσία και προδιαγραφές σενάριο είναι το πρώτο. Το κέντρο βάρους είναι η υγειονομική ταφή, καθώς σε ΧΥΤΑ καταλήγει ποσοστό μεγαλύτερο του 80% των παραγόμενων απορριμμάτων. Επιπλέον, η συγκεκριμένη εναλλακτική λύση βρίσκεται σε μεγάλη αντιστοιχία με τις βασικές επιταγές της κοινοτικής πολιτικής, καθώς προωθεί τη μείωση στην πηγή και τη συμμετοχή των πολιτών (μέσω του προγράμματος διαλογής στην πηγή), αλλά και την επαναχρησιμοποίηση και την ανακύκλωση (μέσω του διαχωρισμού των υλικών στο ΚΔΑΥ και της απόδοσής τους στην αγορά).

Με το ίδιο σκεπτικό, το δεύτερο σενάριο συνδυάζει την ανάκτηση υλικών, ανακυκλώσιμου κλάσματος και compost με την υγειονομική ταφή, που και σ' αυτή την περίπτωση κατέχει σημαντική θέση, μια και σε ΧΥΤΑ καταλήγει περισσότερο από το 40% των παραγόμενων απορριμμάτων. Πρόκειται για αρκετά δαπανηρή λύση, καθώς απαιτεί τη λειτουργία ενός σύνθετου εργοστασίου με πολλές επιμέρους μονάδες και πολυάριθμο προσωπικό.

Τέλος, η πλέον πολύπλοκη και πολυέξοδη λύση είναι εκείνη που βασίζεται στη θερμική επεξεργασία. Η κατασκευή και λειτουργία μιας τόσο τεχνολογικά και λειτουργικά απαιτητικής μονάδας σε μια περιοχή, θα απέκλειε άλλες περιοχές από την κάλυψη στοιχειωδών αναγκών. Πρόκειται για την εναλλακτική λύση που θα

μειώσει αισθητά τις δυνατότητες ικανοποιητικής διασποράς των (ούτως ή άλλως) περιορισμένων οικονομικά πόρων, και συνεπώς η κατάθεση σχετικής πρότασης στους αρμόδιους για την έγκριση χρηματοδοτήσεων φορείς θα μπορούσε να θεωρηθεί μη ρεαλιστική.

Με βάση τα παραπάνω, η βαθμολόγηση των τριών σεναρίων για το υποκριτήριο ‘αξιοποίηση χρηματοδότησης’ είναι:

Αξιοποίηση χρηματοδότησης	
Σενάριο 1	7
Σενάριο 2	5
Σενάριο 3	3

7.4.4 Υψηλότερα έσοδα

Θα πρέπει να διευκρινιστεί ότι ο υπολογισμός των εσόδων των τριών εναλλακτικών λύσεων που πραγματοποιήθηκε στο κεφάλαιο της οικονομικής αποτίμησης αφορά στο μέγιστο των οικονομικών απολαβών του κάθε σεναρίου. Δηλαδή, θεωρήθηκε ότι ολόκληρη η ποσότητα διαχωριζόμενων υλικών και της ενέργειας διατίθενται προς πώληση. Όπως είναι αναμενόμενο και όπως η πράξη έχει αποδείξει ένα τέτοιο ενδεχόμενο δεν είναι ρεαλιστικό. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα του εδαφοβελτιωτικού, του οποίου η ζήτηση στην αγορά είναι μειωμένη, με αποτέλεσμα στις μονάδες βιολογικής επεξεργασίας να συσσωρεύονται μεγάλες ποσότητες αδιάθετου compost. Η βέλτιστη οικονομική εκμετάλλευση μιας καλά οργανωμένης μονάδας διαχείρισης και επεξεργασίας απορριμμάτων επιβάλλει τη σύναψη προσυμφώνων με αγοραστές ήδη από τη φάση της κατασκευής του έργου. Στα προσύμφωνα καθορίζονται με σαφήνεια οι ποσότητες που θα πωληθούν καθώς και οι αντίστοιχες τιμές, ώστε να αποφευχθεί η οικονομική αβεβαιότητα και να καταρτισθεί ένα συμπαγές οικονομικό πρόγραμμα.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση δεν ενδιαφέρουν τα έσοδα ως απόλυτες τιμές, αλλά ως μια παράμετρος σύγκρισης των σεναρίων μεταξύ τους με κοινό σημείο αναφοράς.

Το πρώτο σενάριο βασίζεται αποκλειστικά στη διάθεση των ανακυκλώσιμων υλικών που ανακτώνται από το ΚΔΑΥ. Τα δυο πιο προσοδοφόρα υλικά είναι το χαρτί και τα μέταλλα-αλουμίνιο, τα οποία μάλιστα ζητούνται εντονότερα από την αγορά. Αναλυτικά, τα έσοδα ανά υλικό φαίνονται στον παρακάτω πίνακα

Υλικό	€/τόνο	τόνοι/ έτος	€/έτος
Χαρτί	70	24.000	1.680.000
Πλαστικό	35	6.800	238.000
Γυαλί	9	2.400	21.600
Μέταλλα - αλουμίνιο	58 μετ.-950 αλ.	2.100 μετ.-1.500 αλ.	1.547.000
Σύνολο			3.490.000

ΠΙΝΑΚΑΣ 7-9: Έσοδα από την ανάκτηση υλικών στο σενάριο 1

Στο δεύτερο σενάριο, τα έσοδα από το διαχωρισμό των ανακυκλώσιμων υλικών είναι σαφώς μεγαλύτερα. Αν και το εισερχόμενο ρεύμα απορριμμάτων δεν διατηρεί την καθαριότητά του λόγω της ανάμειξης των υλικών, οι ανακτώμενες ποσότητες και κατ' επέκταση τα αντίστοιχα έσοδα είναι πολύ μεγαλύτερα συγκριτικά με το πρώτο σενάριο μια και δεν υπεισέρχεται ο παράγοντας της (γενικά μικρής) συμμετοχής των πολιτών. Αποκλειστικά από την πώληση των ανακυκλώσιμων υλικών τα έσοδα σ' αυτή την περίπτωση είναι σχεδόν 70% περισσότερα σε σχέση με το σενάριο 1.

Υλικό	€/τόνο	τόνοι/ έτος	€/έτος
Χαρτί	70	27.600	1.932.000
Πλαστικό	35	26.600	931.000
Γυαλί	9	8.000	72.000
Μέταλλα - αλουμίνιο	58 μετ.-950 αλ.	3.944 μετ.-2.856 αλ.	2.942.000
Σύνολο			5.877.000

ΠΙΝΑΚΑΣ 7-10: Έσοδα από την ανάκτηση υλικών στο σενάριο 2

Επιπλέον, η πώληση compost μπορεί να αποφέρει ως και 420.000€ ετησίως. Συνολικά, τα έσοδα στο σενάριο 2 είναι 80% περισσότερα απ' ότι στο σενάριο 1.

Τέλος, στο σενάριο 3 εκτός από ανάκτηση υλικών (ίδια ακριβώς με το σενάριο 1) υπάρχει και ανάκτηση ενέργειας. Αν και παρόμοια μονάδα δεν έχει μέχρι στιγμής λειτουργήσει στην Ελλάδα και δεν είναι γνωστές οι τιμές αγοράς ενέργειας προερχόμενης από καύση απορριμμάτων, χρησιμοποιήθηκαν προσεγγιστικές τιμές με βάση στοιχεία της ΔΕΗ και αντίστοιχα δεδομένα από άλλες ευρωπαϊκές χώρες.

Για τα ανακτώμενα υλικά:

Υλικό	€/τόνο	τόνοι/ έτος	€/έτος
Χαρτί	70	24.000	1.680.000
Πλαστικό	35	6.800	238.000
Γυαλί	9	2.400	21.600
Μέταλλα - αλουμίνιο	58 μετ.-950 αλ.	2.100 μετ.-1.500 αλ.	1.547.000
Σύνολο			3.490.000

ΠΙΝΑΚΑΣ 7-11: Έσοδα από την ανάκτηση υλικών στο σενάριο 3

Για την παραγόμενη ενέργεια:

Διάθεση ενέργειας	MWh/τόνο	τόνοι/έτος	€/MJ	€/έτος
	1,972	163.200	30	9.654.912

ΠΙΝΑΚΑΣ 7-12: Έσοδα από την ανάκτηση ενέργειας στο σενάριο 3

Το συνολικό ετήσιο ποσό που μπορεί να αποφέρει η εφαρμογή της εναλλακτικής λύσης 3 είναι 13.144.912, 580% υψηλότερο από τα έσοδα του σεναρίου 1 και 109% υψηλότερο από τα έσοδα του σεναρίου 2.

Συγκεντρωτικά, τα έσοδα των τριών σεναρίων είναι:

Σενάριο 1: 3.490.000 € Σενάριο 2: 6.297.000 € Σενάριο 3: 13.144.912 €

Με βάση τα παραπάνω, η βαθμολόγηση των τριών σεναρίων για το υποκριτήριο 'υψηλότερα έσοδα' είναι:

Υψηλότερα έσοδα	
Σενάριο 1	3
Σενάριο 2	5
Σενάριο 3	8

7.4.5 Μικρότερη ρύπανση των υπόγειων υδάτων

Η ρύπανση των υπόγειων υδάτων είναι από τις πιο σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον ενός έργου επεξεργασίας στερεών απορριμμάτων. Η διαφυγή στραγγισμάτων στον υδροφόρο ορίζοντα αποτελεί σοβαρό κίνδυνο για την δημόσια υγεία. Βασική πηγή παραγωγής στραγγισμάτων είναι ο ΧΥΤΑ. Η απορροή όμβριων υδάτων εντός της λεκάνης απόθεσης και πιθανές αστοχίες στη στεγανοποίηση μπορούν να προκαλέσουν ρύπανση παραπλήσιων υδροφορέων που ενδεχομένως χρησιμοποιούνται για αρδευτικούς ή άλλους σκοπούς.

Οι εγκαταστάσεις διαχωρισμού παράγουν υγρά απόβλητα που όμως δεν μπορούν να διαφύγουν υπόγεια εφ' όσον υπάρχει ένα σύστημα συλλογής και επεξεργασίας, ενώ η μονάδα καύσης παράγει υπολείμματα με υψηλό ρυπαντικό φορτίο, τα οποία όμως υπόκεινται επεξεργασία και καταλήγουν στο ΧΥΤΑ.

Επομένως, στο πρώτο σενάριο που ο ΧΥΤΑ δέχεται το 82% των απορριμμάτων, οι πιθανότητες ρύπανσης των υπογείων υδάτων είναι αρκετά αυξημένες σε σχέση με τις δυο άλλες εναλλακτικές.

Ωστόσο, η συγκεκριμένη περιοχή διακρίνεται από μη υδροπερατό γεωλογικό υπόβαθρο, που δομείται από εναλλαγές κροκαλοπαγών, ψαμμιτών, ιλυολίθων, μαργών, αργίλων και λιγνιτών. Έτσι, τα εδάφη χαρακτηρίζονται από αρκετά μεγάλη ευστάθεια, ικανοποιητική φέρουσα ικανότητα και μικρή έως ελάχιστη διαπερατότητα. Η εξεταζόμενη θέση διατρέχεται από ένα ρήγμα με διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ, το οποίο όμως θεωρείται μάλλον ανενεργό. Επιπλέον, στην περιοχή της άμεσης επιρροής του έργου δεν υπάρχουν γεωτρήσεις. Ο πλησιέστερος χρησιμοποιούμενος υδροφορέας βρίσκεται σε απόσταση άνω των τριών χιλιομέτρων.

Συνεπώς, μπορεί να θεωρηθεί ότι γενικά τα υπόγεια ύδατα είναι σχετικά προστατευμένα αλλά οι πιθανότητες ρύπανσης είναι μεγαλύτερες με την εφαρμογή του πρώτου σεναρίου σε αντίθεση με τα άλλα δυο.

Με βάση τα παραπάνω, η βαθμολόγηση των τριών σεναρίων για το υποκριτήριο 'μικρότερη ρύπανση των υπογείων υδάτων' είναι:

Μικρότερη ρύπανση των υπογείων υδάτων	
Σενάριο 1	6
Σενάριο 2	8
Σενάριο 3	8

7.4.6 Μικρότερη ρύπανση επιφανειακών υδάτων

Η ρύπανση των επιφανειακών υδάτων μπορεί να προκληθεί από τη διαφυγή των υγρών ή άλλων αποβλήτων μιας μονάδας.

Τέτοια απόβλητα παράγονται και συγκεντρώνονται στις μονάδες διαχωρισμού υλικών και θερμικής επεξεργασίας κυρίως στα εξής τμήματα:

1. στο χώρο παραλαβής των απορριμμάτων
2. στους θαλάμους επεξεργασίας του οργανικού υλικού

3. στα βιοφίλτρα και γενικά στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας των απαερίων
4. στις δεξαμενές αποθήκευσης υγρών αποβλήτων
5. στους χώρους συγκέντρωσης και επεξεργασίας των υπολειμμάτων της καύσης
6. στις γραμμές παραγωγής και αποθήκευσης του compost
7. στις σωληνώσεις

Τα κυριότερα υγρά απόβλητα του ΧΥΤΑ που εφ' όσον διαφύγουν δύνανται να ρυπάνουν επιφανειακά ύδατα είναι και στην περίπτωση αυτή τα στραγγίσματα. Ελλιπή μέτρα αντιπλημμυρικής προστασίας και συλλογής επιτρέπουν στα όμβρια να εισέρχονται ανεξέλεγκτα στο χώρο εντείνοντας το πρόβλημα.

Η εξεταζόμενη περιοχή βρίσκεται στο σημείο που συναντώνται οι λεκάνες απορροής των ποταμών Γεροποτάμου, Αναποδάρη και Ξεροποτάμου, ενώ οι βροχοπτώσεις δεν υπερβαίνουν τα 800 ως 1000 mm ετησίως.

Παράλληλα δεν υπάρχουν επιφανειακά νερά σε αρκετά μεγάλη ακτίνα. Η περιοχή είναι ορεινή, απέχει πολλά χιλιόμετρα από τη θάλασσα και από άλλους επιφανειακούς αποδέκτες. Ο όγκος απορροής στον υπό μελέτη χώρο είναι 257.944m³/μήνα για τον πιο βροχερό μήνα του έτους (Δεκέμβρη). Σε περίπτωση διαφυγής επιφανειακού νερού αυτό θα ακολουθήσει το υπάρχον υδρογραφικό δίκτυο.

Συνεπώς οι πιθανές επιπτώσεις στα επιφανειακά νερά είναι μικρές, αλλά και σ' αυτή την περίπτωση το πρώτο σενάριο θεωρείται πως ενέχει μεγαλύτερους κινδύνους λόγω της ύπαρξης ενός μεγάλου ΧΥΤΑ.

Με βάση τα παραπάνω, η βαθμολόγηση των τριών σεναρίων για το υποκριτήριο 'Μικρότερη ρύπανση επιφανειακών υδάτων' είναι:

Μικρότερη ρύπανση επιφανειακών υδάτων	
Σενάριο 1	7
Σενάριο 2	9
Σενάριο 3	9

7.4.7 Μικρότερη ρύπανση αέρα

Η αέρια ρύπανση από τα έργα επεξεργασίας στερεών απορριμμάτων αποτελεί ίσως την πλέον αμφιλεγόμενη παράμετρο. Πριν από μερικά χρόνια θεωρούνταν σχεδόν ως αυτονόητο ότι η θερμική επεξεργασία εγκυμονεί τους σοβαρότερους κινδύνους ρύπανσης του αέρα.

Σωματίδια, υδροχλωρικό οξύ, κάδμιο, υδράργυρος, οξειδία του αζώτου και του θείου, διοξίνες και φουράνια είναι οι κυριότεροι ρύποι, ορισμένοι εκ των οποίων έχουν τοξική δράση. Η έκλυση ουσιών στην ατμόσφαιρα μπορεί να προκαλέσει σοβαρή απειλή για τη δημόσια υγεία και ταυτόχρονα να συμβάλλει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Ωστόσο, οι μέθοδοι για μείωση των εκπομπών δίνουν πλέον εξαιρετικά αποτελέσματα. Η μεταβολή της αναλογίας πρωτογενούς προς δευτερογενή αέρα, οι θερμοκρασιακές προσαρμογές ανάλογα με τη σύνθεση των απορριμμάτων, ο διαχωρισμός της διαδικασίας σε ξήρανση-διάσπαση οργανικών και καύση κ.ά. μπορούν να συμβάλλουν προς αυτή την κατεύθυνση. Παράλληλα, η χρήση ειδικών διατάξεων, όπως οι κυκλώνες, τα σακκόφιλτρα και τα ηλεκτρόφιλτρα μπορούν να μειώσουν δραστικά τα σωματίδια ενώ η εφαρμογή απορρόφησης και προσρόφησης επιτυγχάνουν καθαρισμό των αερίων.

Αντίστοιχα, η βασική πηγή ρύπανσης σε ένα ΧΥΤΑ είναι το βιοαέριο και δευτερευόντως η σκόνη και τα σωματίδια, ενώ σε ειδικές περιπτώσεις και ο καπνός. Τα κύρια συστατικά του βιοαερίου, CH_4 και CO_2 , είναι θερμοκηπικά αέρια που μπορούν να δράσουν σε βάθος χρόνου, καθώς η έκλυση βιοαερίου από έναν ΧΥΤΑ διαρκεί αρκετές δεκαετίες. Για την αδρανοποίηση του, το βιοαέριο συλλέγεται και στη συνέχεια οδηγείται προς καύση σε πυρσό. Ωστόσο, είναι αδύνατο να ανακτηθεί σε ποσοστό 100% και πάντα παρατηρούνται διαρροές από το επιφανειακό στρώμα του ΧΥΤΑ προς την ατμόσφαιρα.

Μελέτη του 2003 [30] που συγκρίνει τις περιβαλλοντικές επιδόσεις καύσης και υγειονομικής ταφής δίνει σημαντικό πλεονέκτημα στην πρώτη αναφορικά με τις αέριες εκπομπές. Οι εκπομπές CO_2 , οργανικών ουσιών και SO_2 από μονάδα καύσης είναι λιγότερο επιβλαβείς για την ατμόσφαιρα σε σχέση με τις αντίστοιχες εκπομπές από ΧΥΤΑ, ο οποίος εμφανίζει καλύτερη επίδοση μόνο στην εκπομπή σκόνης.

	ΧΥΤΑ	Καύση
CO_2 equivalent(kg/kg αποβλήτων)	0,49	0,046
Αέριες εκπομπές οργανικών(g/kg αποβλήτων)	2,96	-2,24
Αέριες εκπομπές σκόνης(g/kg αποβλήτων)	-0,04	0,39
SO_2 equivalent(kg/kg αποβλήτων)	-0,04	-4,6

ΠΙΝΑΚΑΣ 7-13: Περιβαλλοντικές επιδόσεις υγειονομικής ταφής και καύσης αναφορικά με την αέρια ρύπανση

Επομένως, θεωρώντας δεδομένη την εύρυθμη λειτουργία των σεναρίων 1 και 3 με σωστή διαχείριση του βιοαερίου και των απαερίων καύσης η περιβαλλοντική επιβάρυνση της ατμόσφαιρας από το σενάριο 1 είναι τελικά μεγαλύτερη.

Είναι προφανές ότι σημαντικές συνέπειες από αέριες εκπομπές των μονάδων διαχωρισμού υλικών και κομποστοποίησης δεν υπάρχουν και το δεύτερο σενάριο

συμβάλλει στην αέρια ρύπανση μόνο μέσω του ΧΥΤΑ, ο οποίος όμως είναι πολύ μικρότερης κλίμακας σε σύγκρισή με το ΧΥΤΑ του πρώτου σεναρίου.

Ωστόσο, το θέμα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης οφείλει να μελετηθεί σε βάθος για την εξαγωγή ασφαλέστερων συμπερασμάτων, μια και δεν είναι απόλυτα σαφείς οι επιπτώσεις κάθε τεχνολογίας.

Με βάση τα παραπάνω, η βαθμολόγηση των τριών σεναρίων για το υποκριτήριο ‘μικρότερη ρύπανση αέρα’ είναι:

Μικρότερη ρύπανση αέρα	
Σενάριο 1	5
Σενάριο 2	8
Σενάριο 3	6

7.4.8 Μικρότερη ηχορύπανση

Η βασικότερη πηγή ηχορύπανσης κατά τη λειτουργία της μονάδας είναι η κίνηση των απορριμματοφόρων και άλλων βαρέων οχημάτων με υψηλές στάθμες θορύβου, από και προς την εγκατάσταση, μια και χρησιμοποιώντας το υπάρχον οδικό δίκτυο, διέρχονται από κατοικημένες περιοχές. Ωστόσο, το πρόβλημα αυτό είναι ανεξάρτητο του σεναρίου που τελικά θα επιλεγεί, καθώς θα υφίσταται ούτως ή άλλως. Στις μονάδες διαχωρισμού του πρώτου και του δεύτερου σεναρίου, θόρυβος παράγεται από την κίνηση των φορτωτών, την περιστροφή των κοσκίνων, τους εξαεριστήρες των θαλάμων και γενικά το μηχανολογικό εξοπλισμό. Το ίδιο συμβαίνει και στη μονάδα καύσης. Εντούτοις, αυτές οι εγκαταστάσεις έχουν βιομηχανικό χαρακτήρα και ως τέτοιες πληρούν συγκεκριμένες προδιαγραφές μόνωσης για την προστασία, τόσο των περιοίκων όσο και των εργαζομένων.

Αντίθετα, στο ΧΥΤΑ που από τη φύση του είναι υπαίθριος μπορεί να παραχθεί μεγαλύτερος θόρυβος. Αν και δε λαμβάνουν χώρα παραγωγικές διαδικασίες, τα μηχανήματα που ασχολούνται με την ταφή των απορριμμάτων κινούμενα στο μέτωπο εργασίας μπορούν να προκαλέσουν ηχητικές οχλήσεις σε απόσταση έως και ενός χιλιομέτρου. Η υπό μελέτη περιοχή είναι αρκετά απομονωμένη, καθώς απέχει από το χωριό της Αγίας Βαρβάρας 5 Km, ενώ ο πλησιέστερος οικισμός του Λαρανίου, που απέχει 1 Km από το χώρο αναμένεται να επιβαρυνθεί οριακά από την ηχορύπανση.

Συνεπώς, η ηχητική όχληση αποφεύγεται ικανοποιητικά και στις τρεις εναλλακτικές λύσεις, αν και θα είναι οριακά εντονότερη εφ’ όσον εφαρμοστεί το πρώτο σενάριο, λόγω του κεντρικού ρόλου του ΧΥΤΑ.

Με βάση τα παραπάνω, η βαθμολόγηση των τριών σεναρίων για το υποκριτήριο ‘μικρότερη ηχορύπανση’ είναι:

Μικρότερη ηχορύπανση	
Σενάριο 1	6
Σενάριο 2	8
Σενάριο 3	8

7.4.9 Μικρότερη αισθητική όχληση

Δεδομένου του ότι η περιοχή που μελετάται δεν διακρίνεται από ιδιαίτερη πολιτιστική, ιστορική ή τουριστική αξία, πιθανές αισθητικές αλλοιώσεις μπορούν να εντοπιστούν μόνο στο επίπεδο οπτικής όχλησης. Οι επιπτώσεις αυτού του τύπου είναι αναπόφευκτες, αλλά στόχος πρέπει να είναι πάντα η ελαχιστοποίησή τους.

Το πρόβλημα είναι εντονότερο εφ’ όσον εφαρμοστεί το πρώτο σενάριο. Καθώς προβλέπεται η δημιουργία ενός μεγάλου ΧΥΤΑ (δυναμικότητας 163.200 t/έτος) θα προκληθούν μόνιμες αλλαγές στο μορφολογικό ανάγλυφο της περιοχής και κυρίως στο χώρο, όπου θα διαμορφωθεί η λεκάνη απόθεσης. Οι προβλεπόμενοι στα άλλα δυο σενάρια ΧΥΤΑ είναι αρκετά μικρότερης κλίμακας, ενώ ταυτόχρονα οι εγκαταστάσεις μηχανικού διαχωρισμού και κομποστοποίησης, η μονάδα θερμικής επεξεργασίας και το κέντρο διαλογής οπτικά μοιάζουν με κοινές βιομηχανικές μονάδες, που δεν προκαλούν ιδιαίτερες αισθητικές επιπτώσεις, ιδιαίτερα αν ληφθεί υπ’ όψη το γεγονός ότι δεν υπάρχει άμεση οπτική επαφή της περιοχής από τους παραπλήσιους οικισμούς.

Σημαντική παράμετρος για την αισθητική αποκατάσταση της περιοχής θα αποτελέσει και ο τρόπος διαμόρφωσης του χώρου μετά την παύση λειτουργίας.

Με βάση τα παραπάνω, η βαθμολόγηση των τριών σεναρίων για το υποκριτήριο ‘μικρότερη αισθητική όχληση’ είναι:

Μικρότερη αισθητική όχληση	
Σενάριο 1	6
Σενάριο 2	8
Σενάριο 3	8

7.4.10 Ανάκτηση υλικών

Η ανάκτηση υλικών αποτελεί βασικό στόχο των προγραμμάτων διαχείρισης στερεών αποβλήτων, που συμβαδίζουν με τις σύγχρονες επιστημονικές εξελίξεις και υιοθετούν τις πολιτικές που επιβάλλει η νομοθεσία. Στα υπό μελέτη σενάρια η ανάκτηση υλικών ασκεί καθοριστικό ρόλο, όντας παρούσα και στις τρεις προτεινόμενες εναλλακτικές λύσεις, καθώς θεωρείται νευραλγικής σημασίας παράμετρος. Αν και εξετάζονται διαφορετικές μεθοδολογίες, τόσο ως προς την τεχνολογική προσέγγιση όσο και ως προς τις οικονομικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις, ο στόχος της ανάκτησης υλικών παραμένει σταθερός.

Από τα διαγράμματα ροής για κάθε σενάριο που παρουσιάστηκαν αναλυτικά σε προηγούμενο κεφάλαιο, μπορούν να εξαχθούν σαφή ποσοτικοποιημένα συμπεράσματα. Η ειδοποιός διαφορά είναι ουσιαστικά η εκάστοτε μέθοδος διαχωρισμού που επιλέγεται.

Στα σενάρια 1 και 3 θεωρήθηκε ότι εφαρμόζεται διαλογή στην πηγή, με αποτέλεσμα το ποσοστό των ανακυκλώσιμων υλικών επί του συνόλου των απορριμμάτων να είναι το ίδιο και για τις δυο περιπτώσεις. Η σχετικά μειωμένη συμμετοχή των πολιτών στο πρόγραμμα έχει δυο πτυχές:

1. την απόρριψη στον κάδο των οργανικών και των υπολειμμάτων (πράσινος κάδος) σημαντικής ποσότητας ανακυκλώσιμων υλικών. Συγκεκριμένα, το 25% κατά βάρος του πράσινου κάδου είναι αναλώσιμα υλικά, τα οποία καταλήγουν αναπόφευκτα στο ΧΥΤΑ.
2. την απόρριψη στον κάδο ανακυκλώσιμων (μπλε κάδος) σημαντικής ποσότητας οργανικών υλικών και υπολειμμάτων, ίσης με το 9% της συνολικής ποσότητας των απορριμμάτων.

Αποτέλεσμα των παραπάνω είναι το γεγονός ότι τελικά στο Κέντρο Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών, το προς ανάκτηση κλάσμα είναι το 21% της συνολικής ποσότητας των απορριμμάτων. Δεδομένης της ανάλυσης της ποσοτικής σύνθεσης με βάση την οποία τα ανακυκλώσιμα υλικά αποτελούν το 50,1% του συνόλου, είναι εμφανής η απώλεια σημαντικής ποσότητας (περίπου 30%). Τέλος, λαμβάνοντας υπ' όψη και τους συντελεστές ανάκτησης του ΚΔΑΥ, το κλάσμα που τελικά μπορεί να οδηγηθεί στην αγορά ανακυκλώσιμων υλικών είναι 18,4% ή εκφρασμένο ποσοτικά 36.800 τόνοι ετησίως.

Στο σενάριο 2 προτείνεται η εφαρμογή μηχανικού διαχωρισμού. Παρά το γεγονός ότι πρόκειται για μία αρκετά σύνθετη μέθοδο με αρκετά μεγάλο κόστος επένδυσης και υψηλές λειτουργικές απαιτήσεις, δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα αναφορικά με την ανάκτηση υλικών. Ο κυριότερος ίσως λόγος γι' αυτό είναι η μη εμπλοκή της

παραμέτρου της συμμετοχής των πολιτών, καθώς δεν πραγματοποιείται διαλογή στην πηγή. Η ελλιπής σχετικά εξοικείωση της ελληνικής κοινωνίας με συστήματα που βασίζονται στην ίδια συμμετοχή ισοσκελίζει το κύριο μειονέκτημα της μηχανικής διαλογής, δηλαδή τη 'μόλυνση' των υλικών λόγω συγκεντρωτικής απόρριψης και συλλογής τους. Έτσι, τελικά ένα σημαντικό ποσοστό ανακυκλώσιμου κλάσματος, 34,5% επί της συνολικής ποσότητας απορριμμάτων, μπορεί να ανακτηθεί. Δεδομένου του γεγονότος ότι τα ανακυκλώσιμα υλικά αποτελούν το 50,1% της κύριας μάζας, είναι προφανές ότι η ανάκτηση είναι αρκετά επιτυχής. Η συμβολή της μηχανικής διαλογής προς αυτή την κατεύθυνση εμπεριέχει μια ακόμα πτυχή · την παραγωγή compost. Από την επεξεργασία των οργανικών και υπολειμμάτων, προκύπτει μια αρκετά μεγάλη ποσότητα compost, που κυμαίνεται στο 14% περίπου της συνολικής μάζας απορριμμάτων.

Συγκεντρωτικά, δυνατότητες ανάκτησης υλικών των 3 εναλλακτικών σεναρίων παρουσιάζονται στους ακόλουθους πίνακες:

Σενάριο 1 και 3	ποσότητα στην κύρια μάζα των απορριμμάτων ($\cdot 10^3 t$)	ανακτώμενη ποσότητα ($\cdot 10^3 t$)	συνολικό ποσοστό ανάκτησης
Χαρτί	43	24	56%
Πλαστικό	38	6,8	18%
Γυαλί	10	2,4	24%
Μέταλλα-αλουμίνιο	10	3,6	36%
Οργανικά και υπολείμματα	99,8	0	0%

ΠΙΝΑΚΑΣ 7-14: Οι δυνατότητες ανάκτησης υλικών στα σενάρια 1 και 3

Σενάριο 2	ποσότητα στην κύρια μάζα των απορριμμάτων ($\cdot 10^3 t$)	ανακτώμενη ποσότητα ($\cdot 10^3 t$)	συνολικό ποσοστό ανάκτησης
Χαρτί	43	27,6	65%
Πλαστικό	38	26,6	70%
Γυαλί	10	8	80%
Μέταλλα-αλουμίνιο	10	6,8	68%
Οργανικά και υπολείμματα	99,8	28	28%

ΠΙΝΑΚΑΣ 7-15: Οι δυνατότητες ανάκτησης υλικών στο σενάριο 2

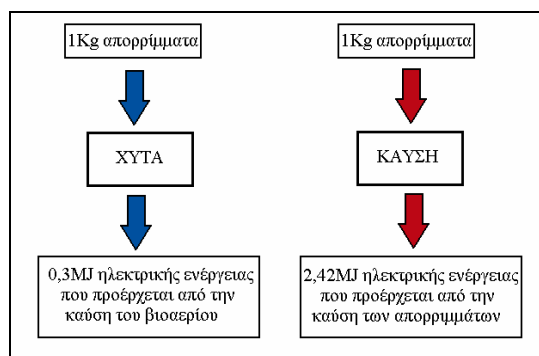
Με βάση τα παραπάνω, η βαθμολόγηση των τριών σεναρίων για το υποκριτήριο 'ανάκτηση υλικών' είναι:

Ανάκτηση υλικών	
Σενάριο 1	4
Σενάριο 2	9
Σενάριο 3	4

7.4.11 Ανάκτηση ενέργειας

Σημαντικά στοιχεία αναφορικά με το ισοζύγιο ενέργειας των διαφόρων εναλλακτικών τεχνολογιών μπορούν να δώσουν μελέτες που έχουν εκπονηθεί χρησιμοποιώντας εργαλεία, όπως η ανάλυση του κύκλου ζωής (life cycle assessment). Πρόκειται για μία διεθνώς καθιερωμένη μέθοδο που υπολογίζει για διαφορετικές εισροές, τις αντίστοιχες εκροές (είτε με τη μορφή ενέργειας, είτε με τη μορφή εκπομπών) που σχετίζονται με τον κύκλο ζωής ενός προϊόντος ή μίας υπηρεσίας. Θεωρείται μέχρι στιγμής ίσως το πιο αξιόπιστο εργαλείο για την διερεύνηση θεμάτων περιβαλλοντικής διαχείρισης, και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αντικειμενική ποσοτικοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Σημαντικές είναι οι εφαρμογές της μεθόδου και στην περίπτωση αξιολόγησης εναλλακτικών σεναρίων.

Αντίστοιχη μελέτη που πραγματοποιήθηκε για την περιοχή Campania στη Νότια Ιταλία [30] συγκρίνοντας το ενεργειακό ισοζύγιο υγειονομικής ταφής και καύσης, κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η εξοικονόμηση ενέργειας μέσω θερμικής επεξεργασίας είναι 50% υψηλότερη σε ισχύ με την υγειονομική ταφή. Όπως φαίνεται και στο ακόλουθο σχήμα, από 1kg απορριμμάτων που εισέρχονται σε έναν ΧΥΤΑ παράγεται βιοαέριο, το οποίο μετά από καύση αποδίδει 0,3MJ ηλεκτρικής ενέργειας. Αντίστοιχα, από 1kg απορριμμάτων που οδηγούνται σε εργοστάσιο μαζικής καύσης παράγεται τελικά ενέργεια 2,42MJ.



ΣΧΗΜΑ 7-1: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από υγειονομική ταφή και από καύση απορριμμάτων [30]

Οι παραπάνω ποσότητες είναι δυνατό να εκφραστούν και με τη μορφή πρωτογενών ενεργειακών πόρων, δηλαδή ως άνθρακας, πετρέλαιο, αέριο, υδροηλεκτρική, πυρηνική ή γεωθερμική ενέργεια. Και στην περίπτωση αυτή, η επίδοση της καύσης είναι σημαντικά μεγαλύτερη, δεδομένου ότι η συνολική παραγόμενη ενέργεια είναι 6,4MJ ανά κιλό απορριμμάτων έναντι 0,7MJ για τον XYTA.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να σημειωθεί ότι η μαζική καύση που έχει θεωρηθεί ότι εφαρμόζεται στο σενάριο 3 εμφανίζει καλύτερα ενεργειακά αποτελέσματα σε σχέση με την καύση RDF, από την οποία παράγεται 1,67MJ ηλεκτρικής ενέργειας ανά κιλό απορριμμάτων. Ωστόσο, η καύση RDF συμβάλλει σε σημαντική εξοικονόμηση νερού, της τάξης του 300% μεγαλύτερη σε σχέση με την υγειονομική ταφή. Επομένως, συνολικά η θερμική επεξεργασία ως μέθοδος συμβάλλει κατά πολλαπλάσιο βαθμό στην αξιοποίηση πόρων συγκριτικά με την υγειονομική ταφή. Στο σενάριο 1, μπορεί να θεωρηθεί ότι υπάρχει έμμεση εξοικονόμηση ενέργειας, μέσω της ανάκτησης υλικών, όπως εξετάστηκε στο προηγούμενο υποκριτήριο.

Τέλος, είναι προφανές ότι στο σενάριο 2 δεν υπάρχει άμεση ανάκτηση ενέργειας, καθώς η όλη διαδικασία βασίζεται στον ενδεδειγμένο διαχωρισμό των υλικών με απώτερο στόχο την επαναχρησιμοποίησή τους (είτε μέσω ανακύκλωσης είτε μέσω παραγωγής εδαφοβελτιωτικού) και όχι στην επεξεργασία τους.

Με βάση τα παραπάνω, η βαθμολόγηση των τριών σεναρίων για το υποκριτήριο 'ανάκτηση ενέργειας' είναι:

Ανάκτηση ενέργειας	
Σενάριο 1	2
Σενάριο 2	1
Σενάριο 3	9

7.4.12 Εναρμόνιση με το υφιστάμενο θεσμικό πλαίσιο

Το υποκριτήριο εξετάζεται με γνώμονα τις γενικές κατευθύνσεις που υιοθετεί η νομοθεσία σχετικά με τη διαχείριση των αστικών στερεών απορριμμάτων. Το τρίτο σενάριο βρίσκεται σε πολύ μεγάλο βαθμό σε συμφωνία με το πλέγμα των προτεραιοτήτων που έχουν τεθεί, καθώς με την εφαρμογή προγράμματος διαλογής στην πηγή συνδυάζει τη μείωση των απορριμμάτων στην πηγή με τον περιορισμό των ποσοτήτων που τελικά θα διατεθούν προς υγειονομική ταφή. Ταυτόχρονα πραγματοποιείται ανάκτηση σημαντικής ποσότητας υλικών μέσω του ΚΔΑΥ, αλλά και ανάκτηση ενέργειας από την καύση των απορριμμάτων. Αντίθετα με βάση το

πρώτο σενάριο, αν και περιλαμβάνεται πρόγραμμα διαλογής στην πηγή και διαχωρισμός των υλικών, ποσοστό άνω του 80% της συνολικής μάζας των απορριμμάτων καταλήγει στο ΧΥΤΑ. Το γεγονός αυτό προσδίδει ένα σημαντικό μειονέκτημα καθώς η διάθεση προς ταφή είναι η τελευταία κατά σειρά προτίμησης λύση που προτείνει η νομοθεσία. Τέλος, το σενάριο 2 παρουσιάζει μία αρκετά ικανοποιητική επίδοση στον τομέα της εναρμόνισης με το θεσμικό πλαίσιο, λόγω του ενδεδειγμένου διαχωρισμού υλικών.

Με βάση τα παραπάνω, η βαθμολόγηση των τριών σεναρίων για το υποκριτήριο 'εναρμόνιση με το υφιστάμενο θεσμικό πλαίσιο' είναι:

Εναρμόνιση με το υφιστάμενο θεσμικό πλαίσιο	
Σενάριο 1	6
Σενάριο 2	7
Σενάριο 3	9

7.4.13 Δυνατότητες αύξησης της απασχόλησης

Τα τρία εναλλακτικά σενάρια που εξετάστηκαν απαιτούν κατά κανόνα εξειδικευμένο προσωπικό σε πολλούς διαφορετικούς τομείς. Γενικά, ανάλογα με την πολυπλοκότητα της κάθε μονάδας οι ανάγκες για προσωπικό αυξάνονται. Έτσι, για την υγειονομική ταφή των απορριμμάτων απαιτείται σχετικά μικρός αριθμός εργαζομένων σε σχέση με σύνθετες τεχνολογικά και λειτουργικά εγκαταστάσεις, όπως η θερμική επεξεργασία. Επίσης, άλλες μέθοδοι διαχωρισμού υλικών όπως αυτές που λαμβάνουν χώρα στο ΚΔΑΥ χρειάζονται πολύ λιγότερο προσωπικό συγκριτικά με τις πολύπλοκες διαδικασίες της μηχανικής διαλογής. Ο υπολογισμός του αριθμού των εργαζομένων που προϋποθέτει το κάθε σενάριο, έγινε προσεγγιστικά με βάση το λειτουργικό κόστος που καλύπτει τις αμοιβές προσωπικού και λαμβάνοντας ως μέσο μηνιαίο μισθό 1000 €. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι διακυμάνσεις στους μισθούς είναι αρκετά σημαντικές, καθώς αφορούν πληθώρα αρμοδιοτήτων, από τη διοίκηση της μονάδας μέχρι τους εργοδηγούς και τους φύλακες. Ακόμα και αν το ποσό των 1000€ δεν είναι αντιπροσωπευτικό, η αναλογία απαιτούμενου προσωπικού μεταξύ των σεναρίων δεν μεταβάλλεται.

Σενάριο 1		Σενάριο 2		Σενάριο 3	
ΚΔΑΥ	21	Μονάδα μηχανικού διαχωρισμού	84	ΚΔΑΥ	21
ΧΥΤΑ	33	Μονάδα κομποστοποίησης	49	Μονάδα θερμικής επεξεργασίας	80
		ΧΥΤΑ	17	ΧΥΤΑ	11
Σύνολο	54		150		112

ΠΙΝΑΚΑΣ 7-16: Οι απαιτήσεις σε εργατικό προσωπικό των τριών σεναρίων

Με βάση τους υπολογισμούς, το σενάριο 2 προσφέρει τις μεγαλύτερες δυνατότητες απασχόλησης, απαιτώντας 180% περισσότερους εργαζομένους σε σχέση με το σενάριο 1 και 34% περισσότερους σε σχέση με το σενάριο 3. Το αντίστοιχο ποσοστό υπεροχής του σεναρίου 3 έναντι του σεναρίου 1 είναι 107%.

Ειδικά τα σενάρια 2 και 3 μπορούν να έχουν αρκετά ικανοποιητική συμβολή στο θέμα της απασχόλησης, καθώς σε μια περιοχή όπως ο Δήμος Αγίας Βαρβάρας με ενεργό πληθυσμό περίπου 2.500, 150 (ή 112) νέες θέσεις εργασίας δίνουν σημαντική αναπτυξιακή προοπτική.

Με βάση τα παραπάνω, η βαθμολόγηση των τριών σεναρίων για το υποκριτήριο ‘δυνατότητες αύξησης της απασχόλησης’ είναι:

Δυνατότητες αύξησης της απασχόλησης	
Σενάριο 1	3
Σενάριο 2	8
Σενάριο 3	7

7.4.14 Λειτουργικότητα

Αναφορικά με τη λειτουργικότητα υπάρχει μία σαφής διαφοροποίηση λόγω των διαφορετικών τεχνικών προδιαγραφών των τριών εξεταζόμενων σεναρίων σε συνδυασμό με τις ιδιαιτερότητες της ελληνικής πραγματικότητας. Το πρώτο σενάριο διακρίνεται από τεχνικά απλές και ήδη δοκιμασμένες τεχνολογίες με κυριότερη την υγειονομική ταφή (στην οποία καταλήγει το 82% περίπου των συνολικών απορριμμάτων). Δεν απαιτείται ιδιαίτερη εξειδίκευση του προσωπικού, η οργάνωση και λειτουργία του συστήματος δεν εμπεριέχει πολλές και σύνθετες παραμέτρους. Τέλος, υπάρχει αρκετά μεγάλη προηγούμενη εμπειρία, καθώς η δημιουργία νέων ΧΥΤΑ εντάσσεται στα πλαίσια του εθνικού σχεδιασμού των τελευταίων ετών, ενώ παράλληλα έχουν ήδη λειτουργήσει προγράμματα διαλογής στην πηγή και ΚΔΑΥ. Χαρακτηριστικά είναι τα παραδείγματα των Δήμων Αμαρουσίου, Βριλησίων,

Μελισσίων, Πεύκης, Φιλοθέης, Χαλανδρίου και Κηφισιάς στην Αττική αλλά και Πάτρας και Ζακύνθου στην περιφέρεια.

Το δεύτερο εναλλακτικό σενάριο είναι περισσότερο σύνθετο, καθώς περιλαμβάνει μια μονάδα βιομηχανικής κλίμακας, τόσο ως προς τη δομή ως και ως προς τις απαιτήσεις. Η εγκατάσταση μηχανικού διαχωρισμού που θα εξυπηρετεί την Αττική (η μόνη στην Ελλάδα) μετά από το χρονοβόρο στάδιο της κατασκευής τίθεται αυτή την περίοδο σε λειτουργία με αποτέλεσμα να μην είναι γνωστά τα αποτελέσματα της απόδοσής της. Το προσωπικό της μονάδας διακρίνεται από αρκετά μεγάλη εξειδίκευση, κυρίως λόγω του πλήθους των τμημάτων στα οποία απασχολείται. Σημαντικός παράγοντας δυσκολίας είναι και η συντήρηση της μονάδας.

Πυρήνας του τρίτου σεναρίου είναι η θερμική επεξεργασία, μία εντελώς άγνωστη για τα ελληνικά δεδομένα στη διαχείριση στερεών αποβλήτων τεχνολογία. Ως μέθοδος είναι αρκετά λειτουργική, καθώς μπορεί να επεξεργαστεί μεγάλη ποικιλία αποβλήτων, τα οποία μάλιστα δε χρειάζονται ιδιαίτερη επεξεργασία. Ωστόσο, η εφαρμογή της με τεχνικά άρτιο και αποδοτικό τρόπο είναι πολύπλοκη διαδικασία, που απαιτεί ενδελεχή σχεδιασμό και ειδικευμένο προσωπικό. Δεδομένου ότι το 82% των απορριμμάτων οδηγείται στην εγκατάσταση καύσης, τυχόν δυσλειτουργίες, βλάβες, απρόβλεπτα συμβάντα ή ακόμα και σχεδιαστικά σφάλματα μπορούν να θέσουν ολόκληρο το σύστημα διαχείρισης σε κίνδυνο.

Με βάση τα παραπάνω, η βαθμολόγηση των τριών σεναρίων για το υποκριτήριο 'λειτουργικότητα' είναι:

Λειτουργικότητα	
Σενάριο 1	9
Σενάριο 2	5
Σενάριο 3	2

7.4.15 Προσαρμοστικότητα

Η προσαρμοστικότητα στις αλλαγές είναι σημαντικό κριτήριο για δυο λόγους, από τη μια γιατί αφορά τη διαχρονικότητα της μονάδας ως τεχνικό σύνολο και από τη άλλη γιατί επηρεάζει έμμεσες αλλά σημαντικές παραμέτρους, όπως οι δυνατότητες οικονομικής εκμετάλλευσης. Η πιο καθοριστική ίσως αλλαγή που μπορεί να παρατηρηθεί, είναι η αλλαγή στη σύνθεση και την ποιότητα των απορριμμάτων που έχει αλυσιδωτές συνέπειες σε μια σειρά από τομείς.

Στο πρώτο σενάριο, τα περιθώρια προσαρμογής είναι αρκετά ευρεία. Αλλαγές στην ποιοτική σύνθεση, στην συνολικά παραγόμενη ποσότητα απορριμμάτων, στη συμμετοχή των πολιτών και στη νομοθεσία δεν θα επηρεάσουν τις βασικές εισροές

και εκροές. Ο ΧΥΤΑ δεν έχει, όπως είναι προφανές περιορισμούς ως προς τη σύνθεση των αστικών απορριμμάτων που δέχεται, ενώ το ΚΔΑΥ μια και είναι απλή μονάδα, μπορεί να προσαρμοστεί με σχετική σε οποιαδήποτε αλλαγή. Αν επιπλέον, σημειωθεί ραγδαία αύξηση των ποσοτήτων των απορριμμάτων (λόγω της έντονης εποχικότητας ή λόγω της παρέλευσης αρκετών χρόνων από την έναρξη λειτουργίας) η μονάδα μπορεί να επεκταθεί. Η δημιουργία νέων κυψελών για ταφή σε μια περιοχή με μεγάλες διαθέσιμες εκτάσεις γης, όπως η εξεταζόμενη, είναι εφικτή.

Στην περίπτωση του μηχανικού διαχωρισμού και της κομποστοποίησης, ο όλος προκαταρκτικός σχεδιασμός, ο καθορισμός των γραμμών ροής, η κατανομή των αρμοδιοτήτων του προσωπικού και η επιλογή του είδους και της δυναμικότητας του εξοπλισμού είναι συνάρτηση μεταξύ άλλων και της σύνθεσης των απορριμμάτων. Επιπλέον, η τάση που παρατηρείται στις ευρωπαϊκές χώρες για συνεχή μείωση του οργανικού κλάσματος και αύξηση των υλικών συσκευασίας μεταβάλλει το ρυθμό παραγωγής compost. Καθώς η βασική φιλοσοφία του σεναρίου είναι ο διαχωρισμός υλικών, τυχόν αλλαγές στη σύνθεση έχουν άμεσο αντίκτυπο στο ανακτώμενο κλάσμα.

Τέλος, η θερμική επεξεργασία επηρεάζεται αρκετά από αλλαγές που θα παρατηρηθούν σε βάθος χρόνου. Γενικά, είναι δυνατό με κατάλληλες ρυθμίσεις στη διαδικασία της καύσης να αντιμετωπισθούν αλλαγές στην περιεχόμενη στα απορρίμματα υγρασία, στις πτητικές ύλες, στη θερμογόνο τιμή κ.α. Ωστόσο, εποχιακές ή άλλες διακυμάνσεις δύνανται να μεταβάλλουν τα ποσά της ανακτώμενης ενέργειας, με άμεσο αντίκτυπο στα έσοδα της μονάδας.

Με βάση τα παραπάνω, η βαθμολόγηση των τριών σεναρίων για το υποκριτήριο ‘προσαρμοστικότητα στις αλλαγές’ είναι:

Προσαρμοστικότητα	
Σενάριο 1	8
Σενάριο 2	7
Σενάριο 3	5

7.4.16 Μεγαλύτερη ταχύτητα κατασκευής

Η ταχύτητα κατασκευής είναι ένα κριτήριο που στην περίπτωση των έργων επεξεργασίας αστικών στερεών απορριμμάτων πρέπει να εξετάζεται μεμονωμένα. Αν και πρόκειται για δευτερεύουσας σημασίας στόχο, ειδικά για την Ελλάδα, όπου ο σχεδιασμός στη διαχείριση των απορριμμάτων έχει καθυστερήσει σημαντικά, η

ταχεία ολοκλήρωση σχετικών μονάδων μπορεί να συμβάλει στην αποφυγή περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την ανεξέλεγκτη διάθεση και οικονομικών κυρώσεων από τα κοινοτικά δικαστήρια. Ειδικά για την υπό μελέτη περίπτωση οι διαφοροποιήσεις στην ταχύτητα ολοκλήρωσης της κατασκευής και έναρξης λειτουργίας των τριών εναλλακτικών σεναρίων είναι περιορισμένες.

Η δομή και των τριών σεναρίων διέπεται από την ίδια φιλοσοφία ‘διαχωρισμός υλικών- ανάκτηση πόρων-ελαχιστοποίηση απορριμμάτων’. Το κριτήριο ‘μεγαλύτερη ταχύτητα κατασκευής’ θα ήταν πιο χρήσιμο ως εργαλείο μελέτης στην περίπτωση εξέτασης σαφώς διακριτών σεναρίων, καθένα από τα οποία θα σχεδιαζόταν αποκλειστικά με βάση μία τεχνολογία.

Ενδεχομένως, η έλλειψη προηγούμενης εμπειρίας σχετικά με τη θερμική επεξεργασία, η ανάγκη εισαγωγής του βασικού εξοπλισμού από το εξωτερικό και η μεθοδική προετοιμασία για την εφαρμογή απαιτεί περισσότερο χρόνο σε σχέση με τα άλλα δύο σενάρια, που είναι σχετικά απλούστερα και των οποίων ο απαραίτητος εξοπλισμός κατασκευάζεται σε σημαντικό ποσοστό στην Ελλάδα.

Με βάση τα παραπάνω, η βαθμολόγηση των τριών σεναρίων για το υποκριτήριο ‘μεγαλύτερη ταχύτητα κατασκευής’ είναι:

Μεγαλύτερη ταχύτητα κατασκευής	
Σενάριο 1	7
Σενάριο 2	7
Σενάριο 3	5

7.4.1.7 Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής

Στη συγκεκριμένη περίπτωση υπήρξε ανάγκη για μια ενιαία και εξ’ αρχής μελέτη των τριών σεναρίων. Η κατάρτισή τους πραγματοποιήθηκε με κοινές αρχές και ενιαία σημεία αναφοράς. Δεν πρόκειται για ετερόκλητα σενάρια, καθένα από τα οποία προτείνεται αυτόνομα και έχοντας λάβει υπ’ όψη διαφορετικές παραμέτρους. Για το λόγο αυτό έγινε από την αρχή η παραδοχή της ίδιας διάρκειας ζωής. Δεδομένου ενός γενικού μεσομακροπρόθεσμου σχεδιασμού και γνωρίζοντας τη μέση διάρκεια ζωής του εξοπλισμού (κτίρια, μηχανολογικές εγκαταστάσεις κ.ά.) θεωρήθηκε 15ετής λειτουργία. Η θεώρηση είναι ίσως συντηρητική, ωστόσο η εμπειρία από την ελληνική πραγματικότητα έχει αποδείξει μεγάλες αποκλίσεις μεταξύ σχεδιασμού και πρακτικής εφαρμογής.

Με βάση τα παραπάνω, η βαθμολόγηση των τριών σεναρίων για το υποκριτήριο 'μεγαλύτερη διάρκεια ζωής' είναι:

Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής	
Σενάριο 1	8
Σενάριο 2	8
Σενάριο 3	8

7.5 Εφαρμογή του προγράμματος για το υπό μελέτη πρόβλημα

7.5.1 1^η περίπτωση βαθμονόμησης

Εξετάζεται η πρώτη περίπτωση βαθμονόμησης των βασικών κριτηρίων του προγράμματος, σύμφωνα με την οποία υπερισχύει σε βαρύτητα η παράμετρος ‘οικονομικό κόστος’.

Οικονομικό κόστος	0,40
Περιβάλλον	0,20
Αξιοποίηση πόρων	0,15
Εφαρμογή πολιτικών	0,15
Τεχνολογία	0,1

Δεδομένης και της βαθμονόμησης των υποκριτηρίων – στόχων που παρουσιάστηκε παραπάνω, η συνολική κατανομή των ειδικών βαρών είναι η εξής:

Οικονομικό κόστος	Χαμηλότερο κόστος επένδυσης	0,1
	Χαμηλότερο λειτουργικό κόστος	0,1
	Αξιοποίηση χρηματοδότησης	0,12
	Υψηλότερα έσοδα	0,08
Περιβάλλον	Μικρότερη ρύπανση υπογείων υδάτων	0,08
	Μικρότερη ρύπανση επιφανειακών υδάτων	0,04
	Μικρότερη ρύπανση αέρα	0,04
	Μικρότερη ηχορύπανση	0,02
	Μικρότερη αισθητική όχληση	0,02
Αξιοποίηση πόρων	Ανάκτηση υλικών	0,075
	Ανάκτηση ενέργειας	0,075
Εφαρμογή πολιτικών	Εναρμόνιση με το υφιστάμενο θεσμικό πλαίσιο	0,0975
	Δυνατότητες αύξησης της απασχόλησης	0,0525
Τεχνολογία	Λειτουργικότητα	0,035
	Προσαρμοστικότητα	0,04
	Μεγαλύτερη ταχύτητα κατασκευής	0,01
	Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής	0,015
	Σύνολο	1

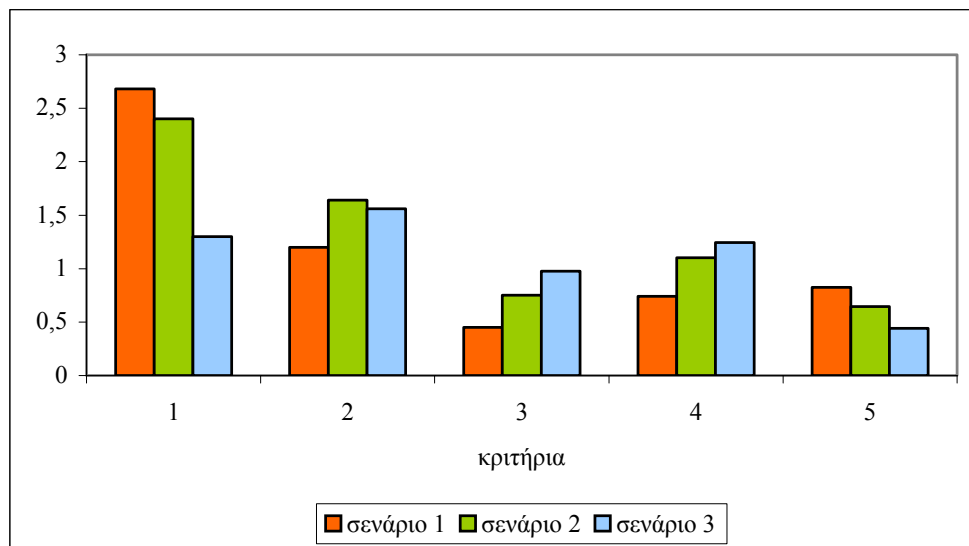
ΠΙΝΑΚΑΣ 7-17: Οι συντελεστές βαρύτητας των υποκριτηρίων στην 1^η βαθμονόμηση

Με βάση τις παραπάνω τιμές και γνωρίζοντας τις βαθμολογίες των επιμέρους υποκριτηρίων – στόχων είναι δυνατό να εφαρμοστεί το πρόγραμμα και να εξαχθεί (σε πρώτη φάση) η τελική βαθμολογία. Ωστόσο για να είναι πιο εποπτικά και εύληπτα τα αποτελέσματα, παρουσιάζονται αναλυτικά στον ακόλουθο πίνακα.

		ΕΙΔΙΚΑ ΒΑΡΗ	ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΕΣ		
			ΣΕΝΑΡΙΟ 1	ΣΕΝΑΡΙΟ 2	ΣΕΝΑΡΙΟ 3
Οικονομικό κόστος	Χαμηλότερο κόστος επένδυσης	0,1	8	7	2
	Χαμηλότερο λειτουργικό κόστος	0,1	8	7	1
	Αξιοποίηση χρηματοδότησης	0,12	7	5	3
	Υψηλότερα έσοδα	0,08	3	5	8
			2.68	2.4	1.3
Περιβάλλον	Μικρότερη ρύπανση υπογείων υδάτων	0,08	6	8	8
	Μικρότερη ρύπανση επιφανειακών υδάτων	0,04	7	9	9
	Μικρότερη ρύπανση αέρα	0,04	5	8	6
	Μικρότερη ηχορύπανση	0,02	6	8	8
	Μικρότερη αισθητική όχληση	0,02	6	8	8
			1.2	1.64	1.56
Αξιοποίηση πόρων	Ανάκτηση υλικών	0,075	4	9	4
	Ανάκτηση ενέργειας	0,075	2	1	9
			0.45	0.75	0.975
Εφαρμογή πολιτικών	Εναρμόνιση με το υφιστάμενο θεσμικό πλαίσιο	0,0975	6	7	9
	Δυνατότητες αύξησης της απασχόλησης	0,0525	3	8	7
			0.7425	1.1025	1.245
Τεχνολογία	Λειτουργικότητα	0,035	9	5	2
	Προσαρμοστικότητα	0,04	8	7	5
	Μεγαλύτερη ταχύτητα κατασκευής	0,01	7	7	5
	Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής	0,015	8	8	8
			0.825	0.645	0.44
		ΣΥΝΟΛΟ	5.9	6.5	5.5

ΠΙΝΑΚΑΣ 7-18: Τα αποτελέσματα της πολυκριτήριας ανάλυσης στην 1^η βαθμονόμηση

Στο επόμενο διάγραμμα πραγματοποιείται σχηματική αναπαράσταση των βαθμολογιών που συγκεντρώνει το κάθε σενάριο σε καθεμία από τις πέντε κατηγορίες κριτηρίων. Όσο υψηλότερη είναι η βαθμολογία, τόσο καλύτερη είναι η επίδοση του σεναρίου.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7-2: σχηματική αναπαράσταση των βαθμολογιών κάθε σεναρίου στις πέντε κατηγορίες κριτηρίων στην 1^η βαθμονόμηση

Πραγματοποιείται εφαρμογή του προγράμματος. Καλείται στο Matlab το αρχείο ster.m.

- Ζητείται η βαθμονόμηση των υποκριτηρίων - στόχων που έχουν τεθεί και δίνεται ο πίνακας με τα ειδικά βάρη όπως διαμορφώθηκε παραπάνω:

[0,1 0,1 0,12 0,08 0,08 0,04 0,04 0,02 0,02 0,075 0,075 0,0975 0,0525 0,035 0,04 0,01 0,015]

- Ζητείται η βαθμολογία του σεναρίου 1 και δίνεται ο πίνακας:

[8 8 7 3 6 7 5 6 6 4 2 6 3 9 8 7 8]

Με εφαρμογή της συνάρτησης του σταθμισμένου μέσου προκύπτει η τελικά βαθμολογία:

Η τελική βαθμολογία του σεναρίου 1 είναι 5,8975

Η ίδια διαδικασία ακολουθείται και για τα σενάρια 2 και 3:

Βαθμολογία κριτηρίων σεναρίου 2: [7 7 5 5 8 9 8 8 8 9 1 7 8 5 7 7 7 8]

Βαθμολογία κριτηρίων σεναρίου 3: [2 1 3 8 8 9 6 8 8 4 9 9 7 2 5 5 8]

Και αντίστοιχα προκύπτει από τους υπολογισμούς του μοντέλου:

Τελική βαθμολογία σεναρίου 2: 6,5375

Τελική βαθμολογία σεναρίου 3: 5,52

- Στη συνέχεια πραγματοποιείται η ανάλυση ευαισθησίας. Το πρόγραμμα ζητάει τον επιθυμητό αριθμό επαναλήψεων, τις οποίες και εκτελεί. Τελικά προκύπτει ως αποτέλεσμα η πιθανότητα εμφάνισης της καθεμίας από τις έξι δυνατές διατάξεις των σεναρίων μεταξύ τους, δηλαδή 123 – 132 – 213 – 231 – 312 – 321. Το αποτέλεσμα γίνεται αποδεκτό όταν ικανοποιηθεί ο στατιστικός έλεγχος, οπότε και δε χρειάζεται να εφαρμοστεί το πρόγραμμα ξανά.

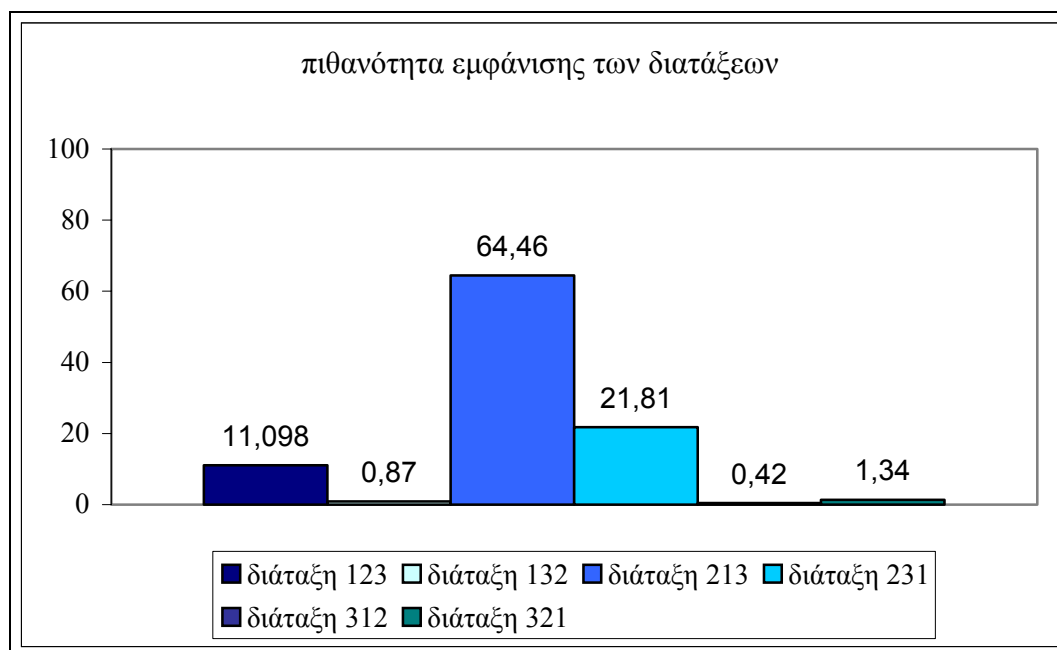
Στη δεδομένη περίπτωση έγιναν 1000, 10.000, 100.000, 500.000, 1.000.000, 2.000.000 εφαρμογές του προγράμματος για τις οποίες ο στατιστικός έλεγχος σε όλες ή σε κάποιες διατάξεις δεν ικανοποιήθηκε. Η εφαρμογή για 2.500.000 επαναλήψεις απέφερε το επιθυμητό αποτέλεσμα. Αναλυτικά τα αποτελέσματα του προγράμματος παρουσιάζονται στο Παράρτημα.

Η πιθανότητα εμφάνισης των έξι διατάξεων είναι οι εξής:

Διάταξη	Πιθανότητα εμφάνισης (%)
123	11,098
132	0,87
213	64,46
231	21,81
312	0,42
321	1,34

ΠΙΝΑΚΑΣ 7-19: Πιθανότητες εμφάνισης των δυνατών διατάξεων στην 1^η βαθμονόμηση

Ακολουθούν τα αποτελέσματα υπό μορφή διαγράμματος.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7-3: Πιθανότητα εμφάνισης των διατάξεων στην 1^η βαθμονόμηση

7.5.2 2^η περίπτωση βαθμονόμησης

Εξετάζεται η δεύτερη περίπτωση βαθμονόμησης των βασικών κριτηρίων του μοντέλου, σύμφωνα με την οποία υπερισχύει σε βαρύτητα η παράμετρος ‘οικονομικό κόστος’.

Οικονομικό κόστος	0,20
Περιβάλλον	0,40
Αξιοποίηση πόρων	0,15
Εφαρμογή πολιτικών	0,15
Τεχνολογία	0,1

Δεδομένης και της βαθμονόμησης των υποκριτηρίων – στόχων που παρουσιάστηκε παραπάνω, η συνολική κατανομή των ειδικών βαρών είναι η εξής:

Οικονομικό κόστος	Χαμηλότερο κόστος επένδυσης	0,05
	Χαμηλότερο λειτουργικό κόστος	0,05
	Αξιοποίηση χρηματοδότησης	0,06
	Υψηλότερα έσοδα	0,04
Περιβάλλον	Μικρότερη ρύπανση υπογείων υδάτων	0,16
	Μικρότερη ρύπανση επιφανειακών υδάτων	0,08
	Μικρότερη ρύπανση αέρα	0,08
	Μικρότερη ηχορύπανση	0,04
	Μικρότερη αισθητική όχληση	0,04
Αξιοποίηση πόρων	Ανάκτηση υλικών	0,075
	Ανάκτηση ενέργειας	0,075
Εφαρμογή πολιτικών	Εναρμόνιση με το υφιστάμενο θεσμικό πλαίσιο	0,0975
	Δυνατότητες αύξησης της απασχόλησης	0,0525
Τεχνολογία	Λειτουργικότητα	0,035
	Προσαρμοστικότητα	0,04
	Μεγαλύτερη ταχύτητα κατασκευής	0,01
	Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής	0,015
Σύνολο		1

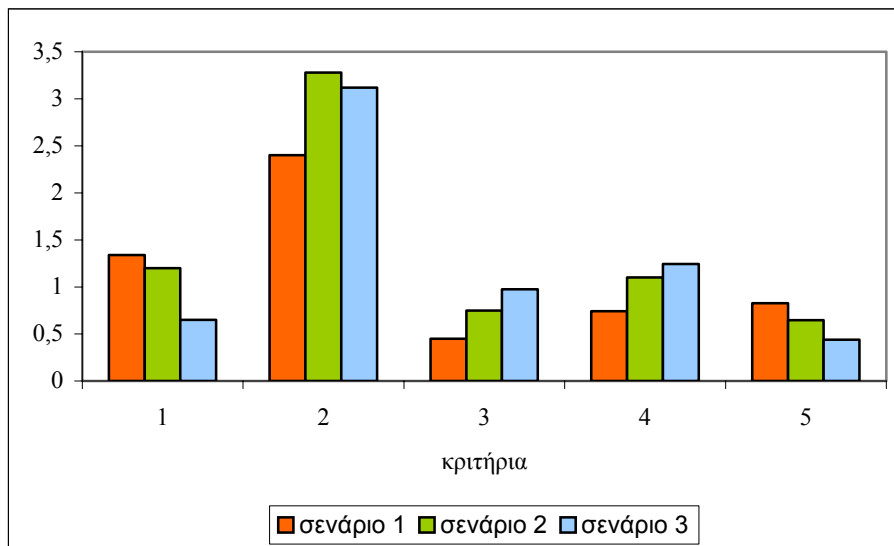
ΠΙΝΑΚΑΣ 7-20: Οι συντελεστές βαρύτητας των υποκριτηρίων στη 2^η βαθμονόμηση

Με βάση τις παραπάνω τιμές και γνωρίζοντας τις βαθμολογίες των επιμέρους υποκριτηρίων – στόχων εφαρμόζεται το μοντέλο και εξάγεται η τελική βαθμολογία. Τα αποτελέσματα αναλυτικότερα, φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

		ΕΙΔΙΚΑ ΒΑΡΗ	ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΕΣ		
			ΣΕΝΑΡΙΟ 1	ΣΕΝΑΡΙΟ 2	ΣΕΝΑΡΙΟ 3
Οικονομικό κόστος	Χαμηλότερο κόστος επένδυσης	0,05	8	7	2
	Χαμηλότερο λειτουργικό κόστος	0,05	8	7	1
	Αξιοποίηση χρηματοδότησης	0,06	7	5	3
	Υψηλότερα έσοδα	0,04	3	5	8
			1,34	1,2	0,65
Περιβάλλον	Μικρότερη ρύπανση υπογείων υδάτων	0,16	6	8	8
	Μικρότερη ρύπανση επιφανειακών υδάτων	0,08	7	9	9
	Μικρότερη ρύπανση αέρα	0,08	5	8	6
	Μικρότερη ηχορύπανση	0,04	6	8	8
	Μικρότερη αισθητική όχληση	0,04	6	8	8
			2,4	3,28	3,12
Αξιοποίηση πόρων	Ανάκτηση υλικών	0,075	4	9	4
	Ανάκτηση ενέργειας	0,075	2	1	9
			0,45	0,75	0,975
Εφαρμογή πολιτικών	Εναρμόνιση με το υφιστάμενο θεσμικό πλαίσιο	0,0975	6	7	9
	Δυνατότητες αύξησης της απασχόλησης	0,0525	3	8	7
			0,7425	1,1025	1,245
Τεχνολογία	Λειτουργικότητα	0,035	9	5	2
	Προσαρμοστικότητα	0,04	8	7	5
	Μεγαλύτερη ταχύτητα κατασκευής	0,01	7	7	5
	Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής	0,015	8	8	8
			0,825	0,645	0,44
		ΣΥΝΟΛΟ	5,8	7	6,4

ΠΙΝΑΚΑΣ 7-21: Τα αποτελέσματα της πολυκριτήριας ανάλυσης στη 2^η βαθμονόμηση

Στο επόμενο διάγραμμα πραγματοποιείται σχηματική αναπαράσταση των βαθμολογιών που συγκεντρώνει το κάθε σενάριο σε κάθε μία από τις πέντε κατηγορίες κριτηρίων. Όσο υψηλότερη είναι η βαθμολογία, τόσο καλύτερη είναι η επίδοση του σεναρίου.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7-4: Σχηματική αναπαράσταση των βαθμολογιών κάθε σεναρίου στις πέντε κατηγορίες κριτηρίων στη 2^η βαθμονόμηση

Πραγματοποιείται εφαρμογή του μοντέλου. Καλείται στο Matlab το αρχείο ster.m.

- Ζητείται η βαθμονόμηση των υποκριτηρίων - στόχων που έχουν τεθεί και δίνεται ο πίνακας με τα ειδικά βάρη όπως διαμορφώθηκε παραπάνω:

[0,05 0,05 0,06 0,04 0,16 0,08 0,08 0,04 0,04 0,075 0,075 0,0975 0,0525 0,035 0,04 0,01 0,015]

- Ζητείται η βαθμολογία του σεναρίου 1 και δίνεται ο πίνακας:

[8 8 7 3 6 7 5 6 6 4 2 6 3 9 8 7 8]

Με εφαρμογή της συνάρτησης του σταθμισμένου μέσου προκύπτει η τελική βαθμολογία:

Η τελική βαθμολογία του σεναρίου 1 είναι 5,7575

Η ίδια διαδικασία ακολουθείται και για τα σενάρια 2 και 3:

Βαθμολογία κριτηρίων σεναρίου 2: [7 7 5 5 8 9 8 8 8 9 1 7 8 5 7 7 7 8]

Βαθμολογία κριτηρίων σεναρίου 3: [2 1 3 8 8 9 6 8 8 4 9 9 7 2 5 5 8]

Και αντίστοιχα προκύπτει από τους υπολογισμούς του μοντέλου:

Τελική βαθμολογία σεναρίου 2: 6,9775

Τελική βαθμολογία σεναρίου 3: 6,43

- Πραγματοποιείται και πάλι ανάλυση ευαισθησίας. Το πρόγραμμα ζητάει τον επιθυμητό αριθμό επαναλήψεων, τις οποίες και εκτελεί και εξάγει την πιθανότητα εμφάνισης της καθεμίας από τις έξι δυνατές διατάξεις των σεναρίων μεταξύ τους, δηλαδή 123 – 132 – 213 – 231 – 312 – 321. Το αποτέλεσμα γίνεται αποδεκτό όταν ικανοποιηθεί ο στατιστικός έλεγχος, οπότε και δε χρειάζεται να εφαρμοστεί το πρόγραμμα ξανά.

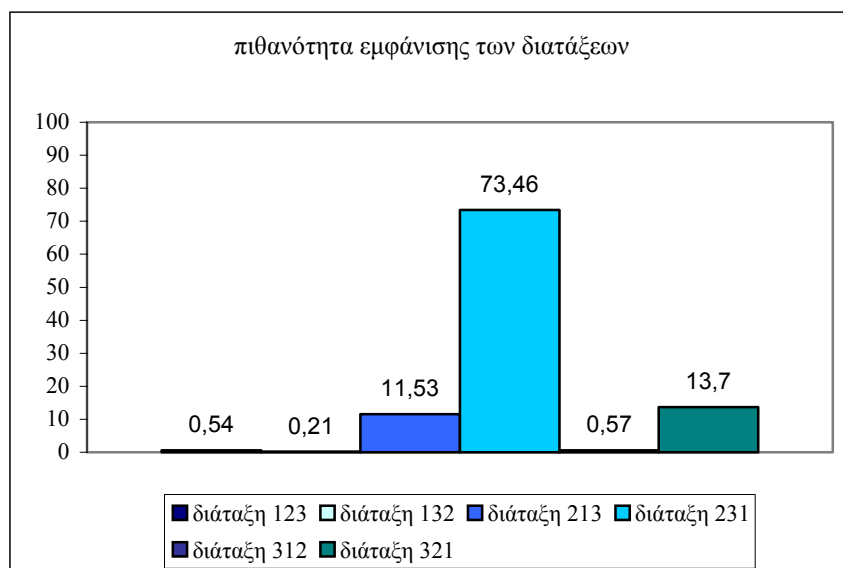
Στη δεδομένη περίπτωση έγιναν 1000, 10.000, 100.000, 500.000, 1.000.000 εφαρμογές του προγράμματος για τις οποίες ο στατιστικός έλεγχος σε όλες ή σε κάποιες διατάξεις δεν ικανοποιήθηκε. Η εφαρμογή για 2.000.000 επαναλήψεις απέφερε το επιθυμητό αποτέλεσμα. Αναλυτικά τα αποτελέσματα του προγράμματος παρουσιάζονται στο Παράρτημα.

Η πιθανότητα εμφάνισης των έξι διατάξεων είναι οι εξής:

Διάταξη	Πιθανότητα εμφάνισης (%)
123	0,54
132	0,21
213	11,53
231	73,46
312	0,57
321	13,7

ΠΙΝΑΚΑΣ 7-22: Πιθανότητες εμφάνισης των δυνατών διατάξεων στη 2^η βαθμονόμηση

Ακολουθούν τα αποτελέσματα υπό μορφή διαγράμματος.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7-5: Πιθανότητα εμφάνισης των διατάξεων στη 2^η βαθμονόμηση

7.5.3 3^η περίπτωση βαθμονόμησης

Εξετάζεται η τρίτη περίπτωση βαθμονόμησης των βασικών κριτηρίων του μοντέλου, σύμφωνα με την οποία δεν υπερισχύει καμία παράμετρος, αλλά είναι όλες ισοβαρείς.

Οικονομικό κόστος	0,2
Περιβάλλον	0,2
Αξιοποίηση πόρων	0,2
Εφαρμογή πολιτικών	0,2
Τεχνολογία	0,2

Δεδομένης και της βαθμονόμησης των υποκριτηρίων – στόχων που παρουσιάστηκε παραπάνω, η συνολική κατανομή των ειδικών βαρών είναι η εξής:

Οικονομικό κόστος	Χαμηλότερο κόστος επένδυσης	0,05
	Χαμηλότερο λειτουργικό κόστος	0,05
	Αξιοποίηση χρηματοδότησης	0,06
	Υψηλότερα έσοδα	0,04
Περιβάλλον	Μικρότερη ρύπανση υπογείων υδάτων	0,08
	Μικρότερη ρύπανση επιφανειακών υδάτων	0,04
	Μικρότερη ρύπανση αέρα	0,04
	Μικρότερη ηχορύπανση	0,02
	Μικρότερη αισθητική όχληση	0,02
Αξιοποίηση πόρων	Ανάκτηση υλικών	0,1
	Ανάκτηση ενέργειας	0,1
Εφαρμογή πολιτικών	Εναρμόνιση με το υφιστάμενο θεσμικό πλαίσιο	0,13
	Δυνατότητες αύξησης της απασχόλησης	0,07
Τεχνολογία	Λειτουργικότητα	0,07
	Προσαρμοστικότητα	0,08
	Μεγαλύτερη ταχύτητα κατασκευής	0,02
	Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής	0,03
Σύνολο		1

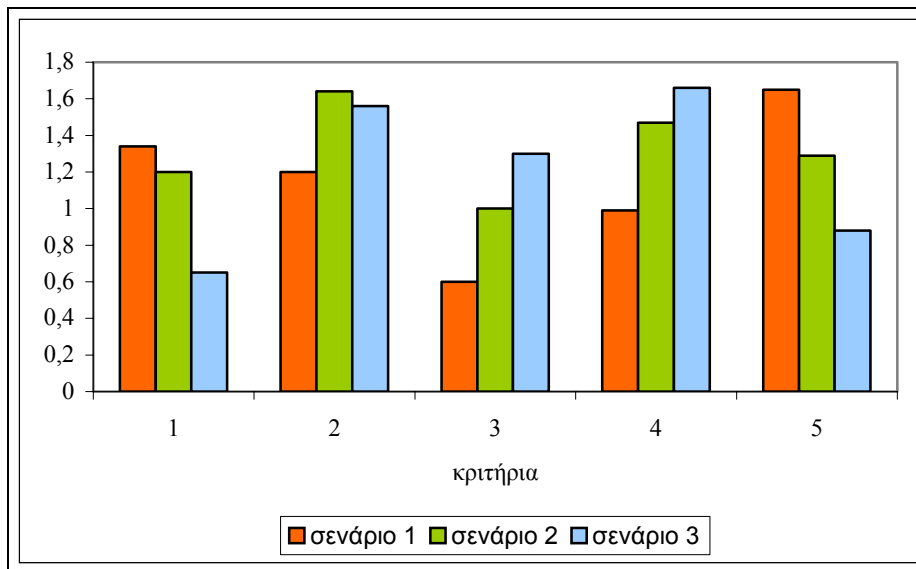
ΠΙΝΑΚΑΣ 7-23: Οι συντελεστές βαρύτητας των υποκριτηρίων στην 3^η βαθμονόμηση

Με βάση τις παραπάνω τιμές και γνωρίζοντας τις βαθμολογίες των επιμέρους υποκριτηρίων – στόχων εφαρμόζεται το μοντέλο και εξάγεται η τελική βαθμολογία. Τα αποτελέσματα αναλυτικότερα, φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

		ΕΙΔΙΚΑ ΒΑΡΗ	ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΕΣ		
			ΣΕΝΑΡΙΟ 1	ΣΕΝΑΡΙΟ 2	ΣΕΝΑΡΙΟ 3
Οικονομικό κόστος	Χαμηλότερο κόστος επένδυσης	0,05	8	7	2
	Χαμηλότερο λειτουργικό κόστος	0,05	8	7	1
	Αξιοποίηση χρηματοδότησης	0,06	7	5	3
	Υψηλότερα έσοδα	0,04	3	5	8
			1,34	1,2	0,65
Περιβάλλον	Μικρότερη ρύπανση υπογείων υδάτων	0,08	6	8	8
	Μικρότερη ρύπανση επιφανειακών υδάτων	0,04	7	9	9
	Μικρότερη ρύπανση αέρα	0,04	5	8	6
	Μικρότερη ηχορύπανση	0,02	6	8	8
	Μικρότερη αισθητική όχληση	0,02	6	8	8
			1,2	1,64	1,56
Αξιοποίηση πόρων	Ανάκτηση υλικών	0,1	4	9	4
	Ανάκτηση ενέργειας	0,1	2	1	9
			0,6	1	1,3
Εφαρμογή πολιτικών	Εναρμόνιση με το υφιστάμενο θεσμικό πλαίσιο	0,13	6	7	9
	Δυνατότητες αύξησης της απασχόλησης	0,07	3	8	7
			0,99	1,47	1,66
Τεχνολογία	Λειτουργικότητα	0,07	9	5	2
	Προσαρμοστικότητα	0,08	8	7	5
	Μεγαλύτερη ταχύτητα κατασκευής	0,02	7	7	5
	Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής	0,03	8	8	8
			1,65	1,29	0,88
		ΣΥΝΟΛΟ	5,8	6,6	6,1

ΠΙΝΑΚΑΣ 7-24: Τα αποτελέσματα της πολυκριτήριας ανάλυσης στην 3^η βαθμονόμηση

Στο επόμενο διάγραμμα πραγματοποιείται, όπως και για τις προηγούμενες περιπτώσεις βαθμονομήσεων, σχηματική αναπαράσταση των βαθμολογιών που συγκεντρώνει το κάθε σενάριο σε κάθε μία από τις πέντε κατηγορίες κριτηρίων. Όσο υψηλότερη είναι η βαθμολογία, τόσο καλύτερη είναι η επίδοση του σεναρίου.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7-6: Σχηματική αναπαράσταση των βαθμολογιών κάθε σεναρίου στις πέντε κατηγορίες κριτηρίων στην 3^η βαθμονόμηση

Πραγματοποιείται εφαρμογή του μοντέλου. Καλείται στο Matlab το αρχείο ster.m.

- Ζητείται η βαθμονόμηση των υποκριτηρίων - στόχων που έχουν τεθεί και δίνεται ο πίνακας με τα ειδικά βάρη όπως διαμορφώθηκε παραπάνω:

[0,05 0,05 0,06 0,04 0,16 0,08 0,08 0,04 0,04 0,075 0,075 0,0975 0,0525 0,035 0,04 0,01 0,015]

- Ζητείται η βαθμολογία του σεναρίου 1 και δίνεται ο πίνακας:

[8 8 7 3 6 7 5 6 6 4 2 6 3 9 8 7 8]

Με εφαρμογή της συνάρτησης του σταθμισμένου μέσου προκύπτει η τελικά βαθμολογία:

Η τελική βαθμολογία του σεναρίου 1 είναι 5.78

Η ίδια διαδικασία ακολουθείται και για τα σενάρια 2 και 3:

Βαθμολογία κριτηρίων σεναρίου 2: [7 7 5 5 8 9 8 8 8 9 1 7 8 5 7 7 7 8]

Βαθμολογία κριτηρίων σεναρίου 3: [2 1 3 8 8 9 6 8 8 4 9 9 7 2 5 5 8]

Και αντίστοιχα προκύπτει από τους υπολογισμούς του μοντέλου:

Τελική βαθμολογία σεναρίου 2: 6,6

Τελική βαθμολογία σεναρίου 3: 6,05

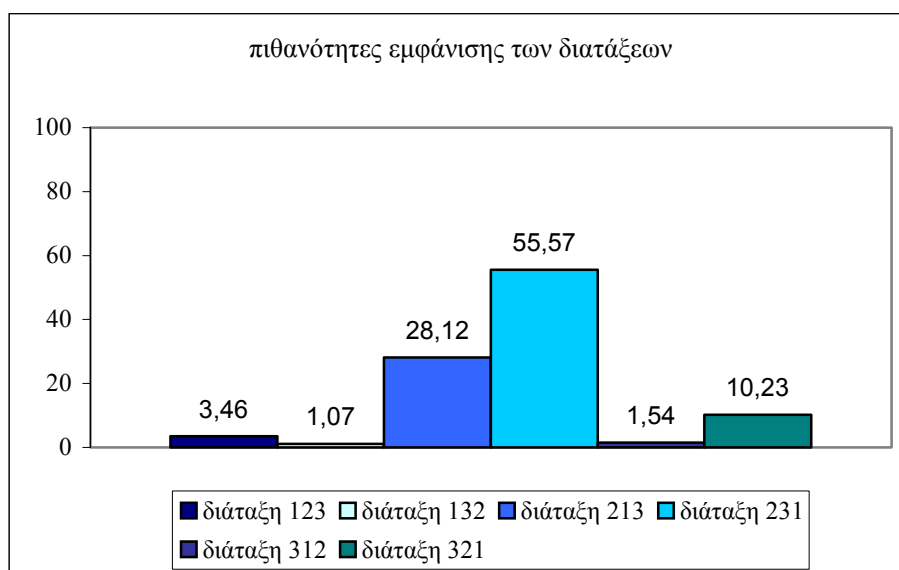
Στη συνέχεια πραγματοποιείται ανάλυση ευαισθησίας, ομοίως με προηγούμενως, υπολογίζονται οι πιθανότητες εμφάνισης των διατάξεων και στη συνέχεια στατιστικός έλεγχος, που στην περίπτωση αυτή ικανοποιείται στις 2.500.000 επαναλήψεις. Αναλυτικά τα αποτελέσματα του προγράμματος παρουσιάζονται στο Παράρτημα.

Η πιθανότητα εμφάνισης των έξι διατάξεων είναι οι εξής:

Διάταξη	Πιθανότητα εμφάνισης (%)
123	3,46
132	1,07
213	28,12
231	55,57
312	1,54
321	10,23

ΠΙΝΑΚΑΣ 7-19: Πιθανότητες εμφάνισης των δυνατών διατάξεων στη 2^η βαθμονόμηση

Ακολουθούν τα αποτελέσματα υπό μορφή διαγράμματος.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7-7: Πιθανότητα εμφάνισης των διατάξεων στην 3^η βαθμονόμηση

7.6 Συμπεράσματα

7.6.1 Συμπεράσματα για τα αποτελέσματα της πολυκριτήριας ανάλυσης

1^η βαθμονόμηση

Με βάση την πολυκριτήρια ανάλυση το σενάριο 2 (μηχανικός διαχωρισμός – κομποστοποίηση – ΧΥΤΑ) συγκεντρώνει την υψηλότερη βαθμολογία, 6,5, έναντι 5,9 του πρώτου σεναρίου και 5,5 του τρίτου. Οι διαφορές μεταξύ των βαθμολογιών δεν είναι πολύ σημαντικές, είναι ωστόσο διακριτές. Το βασικό πλεονέκτημα του δεύτερου σεναρίου, όπως φαίνεται από τις βαθμολογίες των πέντε βασικών κριτηρίων είναι ότι διατηρεί μία σταθερά ικανοποιητική επίδοση σε όλους του τομείς. Αντίθετα, τα άλλα δύο σενάρια εμφανίζουν μεγάλες διακυμάνσεις. Όπως εξάλλου έχει επιλεγεί το κριτήριο ‘οικονομικό κόστος’ ασκεί τον καθοριστικότερο ρόλο στη διαμόρφωση των βαθμολογιών των τριών σεναρίων. Οι οικονομικοί στόχοι πληρούνται κυρίως για το σενάριο 1, το οποίο εμφανίζει και την καλύτερη σχετική επίδοση. Από τους 5,9 βαθμούς που συγκεντρώνει συνολικά, οι 2,7 προέρχονται από τη θετική οικονομική αποτίμησή του. Αντίθετα, η συμβολή του ίδιου κριτηρίου στο σενάριο 3 είναι πολύ περιορισμένη, καθώς έχει επίδοση μόλις 1,3 λόγω του ιδιαίτερα υψηλού κόστους εφαρμογής και της μειωμένης πιθανότητας να λάβει χρηματοδότηση. Το σενάριο 2, αν και με μικρότερη επίδοση από το σενάριο 1, συγκεντρώνει ικανοποιητική βαθμολογία.

Αναφορικά με το κριτήριο ‘περιβάλλον’, οι επιδόσεις των τριών σεναρίων δεν εμφανίζουν ιδιαίτερες αποκλίσεις. Καλύτερη περιβαλλοντική επίδοση παρουσιάζει το σενάριο 2, καθώς δεν περιλαμβάνει κάποια ιδιαίτερα ρυπογόνο δραστηριότητα. Πυρήνας της μονάδας είναι το εργοστάσιο μηχανικής διαλογής και κομποστοποίησης, που αποτελεί κλειστή, ελεγχόμενη μονάδα. Επιπλέον, ο ΧΥΤΑ είναι πολύ μικρότερης κλίμακας συγκριτικά με το σενάριο 1, με αποτέλεσμα να έχει σχετικά περιορισμένες δυνατότητες για πρόκληση περιβαλλοντικής βλάβης. Αμέσως μετά το σενάριο 2, ακολουθεί το σενάριο 3, με εξίσου καλές βαθμολογίες στον τομέα του περιβάλλοντος, με μόνη εξαίρεση την αέρια ρύπανση. Συγκεντρώνει 1,56 απέχοντας μόλις 0,08 από τη επίδοση του δεύτερου σεναρίου. Τέλος, το σενάριο 1 εμφανίζει τα χειρότερα αποτελέσματα στο κριτήριο ‘περιβάλλον’, μια και σε όλα τα υποκριτήρια συγκεντρώνει τις χαμηλότερες βαθμολογίες.

Αναφορικά με την ‘αξιοποίηση πόρων’, το κριτήριο ασκεί σεβαστό αλλά όχι καταλυτικό ρόλο στη διαμόρφωση της τελικής επιλογής, καθώς σε κανένα από τα τρία σενάρια δε λαμβάνει βαθμολογία υψηλότερη της μονάδας. Η υπεροχή της τρίτης εναλλακτικής λύσης οφείλεται στη συνδυαστική ανάκτηση υλικών και ενέργειας.

Ανάλογα είναι τα αποτελέσματα και για το κριτήριο ‘εφαρμογή πολιτικών’. Το σενάριο 3 συγκεντρώνει την υψηλότερη βαθμολογία, η οποία όμως δε μπορεί να

επηρεάσει σημαντικά το αποτέλεσμα, λόγω του χαμηλού συντελεστή βαρύτητας (0,15). Αρκετά καλή είναι και η βαθμολογία του δεύτερου σεναρίου με διαφορά 0,14 από το τρίτο.

Τέλος, σχετικά με το κριτήριο ‘τεχνολογία’ η καλύτερη επίδοση εμφανίζεται στην πρώτη εναλλακτική λύση και είναι σχεδόν διπλάσια της αντίστοιχης βαθμολογίας του τρίτου σεναρίου.

2^η βαθμονόμηση

Η δεύτερη βαθμονόμηση δίνει και πάλι το προβάδισμα στο σενάριο 2, το οποίο μάλιστα στην περίπτωση αυτή συγκεντρώνει την υψηλότερη βαθμολογία σε σχέση με τις άλλες δύο βαθμονομήσεις: 7 έναντι 6,5 και 6,6. Ικανοποιητική είναι και η βαθμολογία του σεναρίου 3, επίσης η υψηλότερη μεταξύ των τριών βαθμονομήσεων: 6,4 έναντι 5,5 και 6,1. Τέλος το πρώτο σενάριο κυμαίνεται και υπό τις παρούσες συνθήκες στα ίδια σταθερά επίπεδα επίδοσης. Ενδεικτικό είναι το γεγονός ότι και τα δύο σενάρια συγκεντρώνουν το μισό περίπου της συνολικής τους βαθμολογίας (3,28 στα 7 και 3,12 στα 6,4) στο κριτήριο που αφορά την περιβαλλοντική επίδοση.

Ο ρόλος του ‘οικονομικού κόστους’ στην περίπτωση αυτή θεωρήθηκε μικρότερης σημασίας. Ωστόσο οι συσχετισμοί μεταξύ των σεναρίων δε μεταβάλλονται. Η οικονομική επίδοση του σεναρίου 3 είναι η χαμηλότερη. Και πάλι το πρώτο σενάριο θεωρείται το πλέον πρόσφορο οικονομικά, ακολουθούμενο με μικρή διαφορά από το δεύτερο. Η εναλλακτική λύση της θερμικής επεξεργασίας συγκεντρώνει ιδιαίτερα χαμηλή επίδοση.

Για τα κριτήρια ‘αξιοποίηση πόρων’, ‘εφαρμογή πολιτικών’ και ‘τεχνολογία’ χρησιμοποιήθηκαν οι ίδιοι συντελεστές βαρύτητας με την πρώτη βαθμονόμηση και επομένως οι επιμέρους επιδόσεις τους δεν παρουσιάζουν καμία μεταβολή.

3^η βαθμονόμηση

Προτιμότερη θεωρείται και πάλι η δεύτερη εναλλακτική λύση συγκεντρώνοντας βαθμολογία 6,6. Όπως και στη δεύτερη βαθμονόμηση ακολουθεί το σενάριο της θερμικής επεξεργασίας με διαφορά 0,5 (βαθμολογία 6,1) και τέλος το πρώτο σενάριο με 5,8. Στην τρίτη βαθμονόμηση, οι πέντε βασικοί άξονες της πολυκριτήριας ανάλυσης θεωρήθηκαν ισοβαρούς σημαντικότητας. Όπως φαίνεται και στο αντίστοιχο διάγραμμα, οι επιδόσεις των σεναρίων είναι πολύ πιο ισοσκελισμένες σε σχέση με τις δύο προηγούμενες βαθμονομήσεις.

Αξίζει να σημειωθούν τρεις παράμετροι που ασκούν αρκετά σημαντικό ρόλο. Οι τρεις υψηλότερες βαθμολογίες της βαθμονόμησης είναι:

1. Η περιβαλλοντική επίδοση της δεύτερης εναλλακτικής λύσης (1,64), καθώς όπως αναφέρθηκε ο μηχανικός διαχωρισμός και η κομποστοποίηση δεν παράγουν απόβλητα που να αποτελούν εν δυνάμει περιβαλλοντικό κίνδυνο
2. Η τεχνολογική επίδοση της πρώτης εναλλακτικής λύσης (1,65), που οφείλεται στην τεχνολογική απλότητα της μεθόδου της υγειονομικής ταφής, μια και διακρίνεται από μεγάλη προσαρμοστικότητα σε οποιεσδήποτε αλλαγές, μικρές απαιτήσεις συντήρησης και αρκετά μεγάλη προηγούμενη εμπειρία
3. Η επίδοση του τρίτου σεναρίου στον τομέα της εφαρμογής πολιτικών (1,66). Η τρίτη εναλλακτική λύση όχι μόνο συμβαδίζει με τις γενικές κατευθύνσεις της νομοθεσίας για μείωση της ποσότητας των απορριμμάτων που τελικά καταλήγει στο ΧΥΤΑ, ανάκτηση υλικών και ενέργειας, αλλά ταυτόχρονα προσφέρει και μία οικονομική ώθηση στην τοπική οικονομία με σημαντικό αριθμό νέων θέσεων εργασίας.

7.6.2 Συμπεράσματα για τα αποτελέσματα της προσομοίωσης

1^η βαθμονόμηση

Για πρώτη βαθμονόμηση απαιτήθηκαν 2.000.000 προσομοιώσεις έως ότου ικανοποιηθεί ο στατιστικός έλεγχος και για τις έξι διατάξεις των σεναρίων. Το αποτέλεσμα μετά την ανάλυση ευαισθησίας έδωσε σαφή υπεροχή στο δεύτερο σενάριο, που συγκεντρώνει την καλύτερη επίδοση στο 86% των πραγματοποιηθέντων επαναλήψεων. Το ποσοστό αυτό μπορεί να αναλυθεί ως εξής:

A. Το σενάριο 2 ακολουθούμενο από τα σενάρια 1 και 3 έχει πιθανότητα εμφάνισης 64%

B. Το σενάριο 2 ακολουθούμενο από τα σενάρια 3 και 1 έχει πιθανότητα εμφάνισης 22%

Η διάταξη 123, δηλαδή η περίπτωση προτίμησης του σεναρίου 1 ακολουθούμενου από το 2 και το 3 παρουσιάζει μία σεβαστή –αλλά σίγουρα όχι ικανή να τροποποιήσει το αποτέλεσμα- πιθανότητα, 11%. Τέλος δεδομένης της ιδιαίτερης βαρύτητας που έχει δοθεί στην παράμετρο του κόστους είναι προφανές ότι το ενδεχόμενο να προτιμάται το τρίτο σενάριο έχει πιθανότητα εμφάνισης μικρότερη από 2% (διατάξεις 312 και 321).

2^η βαθμονόμηση

Στη δεύτερη βαθμονόμηση βασική συνιστώσα για τη λήψη απόφασης είναι το 'περιβάλλον'. Στην περίπτωση αυτή, οι διαφορές των έξι διατάξεων είναι πιο διακριτές. Μετά την πραγματοποίηση 2.500.000 επαναλήψεων το σενάριο 2 συγκεντρώνει και πάλι την καλύτερη επίδοση στο 85% των προσομοιώσεων. Η ανάλυση του ποσοστού έχει ως εξής:

A. Το σενάριο 2 ακολουθούμενο από τα σενάρια 1 και 3 έχει πιθανότητα εμφάνισης 73%

B. Το σενάριο 2 ακολουθούμενο από τα σενάρια 3 και 1 έχει πιθανότητα εμφάνισης 12%

Είναι εμφανές ότι τη μικρότερη πιθανότητα συγκεντρώνουν οι διατάξεις που φέρουν στην πρώτη θέση το σενάριο 1, το οποίο κατατάχθηκε πρώτο σε ποσοστό μόλις 0,75% του συνόλου των επαναλήψεων, λόγω της χαμηλής περιβαλλοντικής του απόδοσης.

Τέλος, η πιθανότητα να προτιμηθεί το σενάριο 3 και στη συνέχεια το 2 και το 1 είναι σχεδόν 14%.

3^η βαθμονόμηση

Για την τρίτη βαθμονόμηση απαιτήθηκαν 2.500.000 επαναλήψεις για την ικανοποίηση του στατιστικού ελέγχου. Η διασπορά των πιθανοτήτων είναι καλύτερη, καθώς τα κριτήρια βαθμονομήθηκαν ισοβαρώς, αλλά και πάλι το σενάριο 2 υπερέχει με σημαντική διαφορά, καθώς εμφανίζεται πρώτο στο 84% των επαναλήψεων, ποσοστό που αναλύεται ως εξής:

A. Το σενάριο 2 ακολουθούμενο από τα σενάρια 1 και 3 έχει πιθανότητα εμφάνισης 28%

B. Το σενάριο 2 ακολουθούμενο από τα σενάρια 3 και 1 έχει πιθανότητα εμφάνισης 56%

Τη χαμηλότερη πιθανότητα εμφάνισης εμφανίζει το σενάριο 1, που και στις δύο δυνατές του διατάξεις (123, 132), κατατάσσεται πρώτο σε ποσοστό 4,5% των επαναλήψεων.

Αντίθετα, η επίδοση του σεναρίου 3 προκύπτει να είναι η καλύτερη σε ποσοστό περίπου 12%, με υπερισχύουσα διάταξη την 321 με 10,23% έναντι 1,54% της 312.

7.6.3 Γενικά συμπεράσματα, παρατηρήσεις και προτάσεις

Από τη μελέτη και την εφαρμογή της μεθοδολογίας μπορούν να εξαχθούν κάποιες γενικές διαπιστώσεις αναφορικά τόσο με την αξιοπιστία όσο και με τη χρηστικότητα της.

Σε ότι αφορά τη διαδικασία, ήταν φανερό ότι οι πιθανότητες εμφάνισης των έξι διατάξεων δεν παρουσίαζαν σχεδόν καμία διακύμανση από την πραγματοποίηση των πρώτων ακόμα εφαρμογών, που σημαίνει πως το αποτέλεσμα ήταν αρκετά ξεκάθαρο εξ αρχής, αλλά οι επαναλαμβανόμενες προσομοιώσεις απαιτούνταν από τον αρκετά αυστηρό στατιστικό έλεγχο.

Επιπλέον, δεδομένου του παράγοντα της υποκειμενικότητας που ενέχουν όλες οι πολυκριτηριακές μελέτες, η μεθοδολογία εμφανίζει ένα σημαντικό πλεονέκτημα. Είναι δομημένη με τέτοιο τρόπο που να ενσωματώνει τις ετερόκλητες και συχνά αντικρουόμενες υποκειμενικές κρίσεις, λόγω του ότι είναι εύχρηστη και ταχεία στην εκτέλεση. Οι δυνατότητες επέκτασής της είναι αρκετά μεγάλες, καθώς μπορεί να εφαρμοστεί:

1. για οποιοδήποτε πρόβλημα πολυκριτήριας ανάλυσης
2. για οποιοδήποτε αριθμό κριτηρίων
3. για οποιοδήποτε αριθμό σεναρίων (με μία μικρή αλλαγή στον κώδικα)

Αν συγκριθεί με τα μοντέλα πολυκριτήριας ανάλυσης που έχουν ευρέως εφαρμοστεί (π.χ. οικογένεια ELECTRE, UTA* κ.ά.) πλεονεκτεί στο γεγονός ότι η ακολουθούμενη διαδικασία, το θεωρητικό υπόβαθρο και οι όποιες παραδοχές είναι εμφανείς ανά πάσα στιγμή στο χρήστη.

Τέλος, ένα σημαντικό ζήτημα που ανέκυψε κατά τη μελέτη και αξιολόγηση των επιμέρους κριτηρίων αφορά την οικονομική και κυρίως την περιβαλλοντική αποτίμηση των διάφορων μεθόδων επεξεργασίας των αστικών στερεών απορριμμάτων. Σε διεθνές επίπεδο δεν έχει καταστεί ακόμα σαφής η ακριβής έκταση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των διαφορετικών τεχνολογιών. Για παράδειγμα, ενώ την προηγούμενη δεκαετία η θερμική επεξεργασία θεωρούνταν η πλέον επιζήμια μέθοδος, σήμερα επεκτείνεται διαρκώς η αντίληψη πως έχει καλύτερες επιδόσεις από την υγειονομική ταφή στον τομέα του περιβάλλοντος. Στη λύση των προβλημάτων αυτού του είδους μπορεί να συμβάλει η χρήση εργαλείων που αποτιμούν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις με πολυδιάστατο τρόπο (π.χ. οικονομικά, ενεργειακά κ.τ.λ.) όπως η ανάλυση του κύκλου ζωής.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

1^η βαθμονόμηση

```
>> ster
Δώστε τους συντελεστές βαρύτητας για κάθε κριτήριο [0.1 0.1 0.12 0.08 0.08 0.04 0.04
0.02 0.02 0.075 0.075 0.0975 0.0525 0.035 0.04 0.01 0.015]
Δώστε βαθμολογία για το σενάριο 1 [8 8 7 3 6 7 5 6 6 4 2 6 3 9 8 7 8]

Η τελική βαθμολογία του σεναρίου 1 είναι 5.8975

Δώστε βαθμολογία για το σενάριο 2 [7 7 5 5 8 9 8 8 8 9 1 7 8 5 7 7 8]

Η τελική βαθμολογία του σεναρίου 2 είναι 6.5375

Δώστε βαθμολογία για το σενάριο 3 [2 1 3 8 8 9 6 8 8 4 9 9 7 2 5 5 8]

Η τελική βαθμολογία του σεναρίου 3 είναι 5.52

Δώστε αριθμό επαναλήψεων 1000

Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 1 2 3 είναι 0.1
Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 1 3 2 είναι 0.011
Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 2 1 3 είναι 0.685
Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 2 3 1 είναι 0.186
Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 3 1 2 είναι 0.004
Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 3 2 1 είναι 0.014

Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 123 δεν ικανοποιείται
Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 132 δεν ικανοποιείται
Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 213 δεν ικανοποιείται
Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 231 δεν ικανοποιείται
Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 312 δεν ικανοποιείται
Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 321 δεν ικανοποιείται
-----
>> ster
Δώστε τους συντελεστές βαρύτητας για κάθε κριτήριο [0.1 0.1 0.12 0.08 0.08 0.04 0.04
0.02 0.02 0.075 0.075 0.0975 0.0525 0.035 0.04 0.01 0.015]
Δώστε βαθμολογία για το σενάριο 1 [8 8 7 3 6 7 5 6 6 4 2 6 3 9 8 7 8]

Η τελική βαθμολογία του σεναρίου 1 είναι 5.8975

Δώστε βαθμολογία για το σενάριο 2 [7 7 5 5 8 9 8 8 8 9 1 7 8 5 7 7 8]

Η τελική βαθμολογία του σεναρίου 2 είναι 6.5375

Δώστε βαθμολογία για το σενάριο 3 [2 1 3 8 8 9 6 8 8 4 9 9 7 2 5 5 8]

Η τελική βαθμολογία του σεναρίου 3 είναι 5.52

Δώστε αριθμό επαναλήψεων 10000

Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 1 2 3 είναι 0.1097
Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 1 3 2 είναι 0.008
```

```
Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 2 1 3 είναι 0.6451
Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 2 3 1 είναι 0.2181
Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 3 1 2 είναι 0.0047
Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 3 2 1 είναι 0.0144
Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 123 δεν ικανοποιείται
Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 132 δεν ικανοποιείται
Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 213 δεν ικανοποιείται
Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 231 δεν ικανοποιείται
Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 312 δεν ικανοποιείται
Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 321 δεν ικανοποιείται
-----
>> ster
Δώστε τους συντελεστές βαρύτητας για κάθε κριτήριο [0.1 0.1 0.12 0.08 0.08 0.04 0.04
0.02 0.02 0.075 0.075 0.0975 0.0525 0.035 0.04 0.01 0.015]
Δώστε βαθμολογία για το σενάριο 1 [8 8 7 3 6 7 5 6 6 4 2 6 3 9 8 7 8]

Η τελική βαθμολογία του σεναρίου 1 είναι 5.8975
Δώστε βαθμολογία για το σενάριο 2 [7 7 5 5 8 9 8 8 8 9 1 7 8 5 7 7 8]
Η τελική βαθμολογία του σεναρίου 2 είναι 6.5375
Δώστε βαθμολογία για το σενάριο 3 [2 1 3 8 8 9 6 8 8 4 9 9 7 2 5 5 8]
Η τελική βαθμολογία του σεναρίου 3 είναι 5.52
Δώστε αριθμό επαναλήψεων 100000

Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 1 2 3 είναι 0.11101
Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 1 3 2 είναι 0.00859
Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 2 1 3 είναι 0.64578
Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 2 3 1 είναι 0.21547
Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 3 1 2 είναι 0.00466
Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 3 2 1 είναι 0.01449
Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 123 δεν ικανοποιείται
Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 132 ικανοποιείται
Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 213 δεν ικανοποιείται
Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 231 δεν ικανοποιείται
Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 312 ικανοποιείται
Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 321 δεν ικανοποιείται
-----
>> ster
Δώστε τους συντελεστές βαρύτητας για κάθε κριτήριο [0.1 0.1 0.12 0.08 0.08 0.04 0.04
0.02 0.02 0.075 0.075 0.0975 0.0525 0.035 0.04 0.01 0.015]
Δώστε βαθμολογία για το σενάριο 1 [8 8 7 3 6 7 5 6 6 4 2 6 3 9 8 7 8]

Η τελική βαθμολογία του σεναρίου 1 είναι 5.8975
Δώστε βαθμολογία για το σενάριο 2 [7 7 5 5 8 9 8 8 8 9 1 7 8 5 7 7 8]
Η τελική βαθμολογία του σεναρίου 2 είναι 6.5375
Δώστε βαθμολογία για το σενάριο 3 [2 1 3 8 8 9 6 8 8 4 9 9 7 2 5 5 8]
Η τελική βαθμολογία του σεναρίου 3 είναι 5.52
```

Δώστε αριθμό επαναλήψεων 500000

Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 1 2 3 είναι 0.11008

Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 1 3 2 είναι 0.008938

Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 2 1 3 είναι 0.64509

Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 2 3 1 είναι 0.21822

Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 3 1 2 είναι 0.004166

Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 3 2 1 είναι 0.013514

Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 123 δεν ικανοποιείται

Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 132 ικανοποιείται

Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 213 δεν ικανοποιείται

Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 231 δεν ικανοποιείται

Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 312 ικανοποιείται

Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 321 ικανοποιείται

>> ster
Δώστε τους συντελεστές βαρύτητας για κάθε κριτήριο [0.1 0.1 0.12 0.08 0.08 0.04 0.04
0.02 0.02 0.075 0.075 0.0975 0.0525 0.035 0.04 0.01 0.015]
Δώστε βαθμολογία για το σενάριο 1 [8 8 7 3 6 7 5 6 6 4 2 6 3 9 8 7 8]

Η τελική βαθμολογία του σεναρίου 1 είναι 5.8975

Δώστε βαθμολογία για το σενάριο 2 [7 7 5 5 8 9 8 8 8 9 1 7 8 5 7 7 8]

Η τελική βαθμολογία του σεναρίου 2 είναι 6.5375

Δώστε βαθμολογία για το σενάριο 3 [2 1 3 8 8 9 6 8 8 4 9 9 7 2 5 5 8]

Η τελική βαθμολογία του σεναρίου 3 είναι 5.52

Δώστε αριθμό επαναλήψεων 1000000

Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 1 2 3 είναι 0.11118

Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 1 3 2 είναι 0.008786

Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 2 1 3 είναι 0.64382

Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 2 3 1 είναι 0.21854

Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 3 1 2 είναι 0.00422

Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 3 2 1 είναι 0.01346

Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 123 ικανοποιείται

Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 132 ικανοποιείται

Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 213 δεν ικανοποιείται

Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 231 δεν ικανοποιείται

Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 312 ικανοποιείται

Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 321 ικανοποιείται

>> ster
Δώστε τους συντελεστές βαρύτητας για κάθε κριτήριο [0.1 0.1 0.12 0.08 0.08 0.04 0.04
0.02 0.02 0.075 0.075 0.0975 0.0525 0.035 0.04 0.01 0.015]
Δώστε βαθμολογία για το σενάριο 1 [8 8 7 3 6 7 5 6 6 4 2 6 3 9 8 7 8]

Η τελική βαθμολογία του σεναρίου 1 είναι 5.8975

Δώστε βαθμολογία για το σενάριο 2 [7 7 5 5 8 9 8 8 8 9 1 7 8 5 7 7 8]

Η τελική βαθμολογία του σεναρίου 2 είναι 6.5375

Δώστε βαθμολογία για το σενάριο 3 [2 1 3 8 8 9 6 8 8 4 9 9 7 2 5 5 8]

Η τελική βαθμολογία του σεναρίου 3 είναι 5.52

Δώστε αριθμό επαναλήψεων

Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 1 2 3 είναι 0.11084

Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 1 3 2 είναι 0.008901

Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 2 1 3 είναι 0.64505

Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 2 3 1 είναι 0.21778

Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 3 1 2 είναι 0.00424

Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 3 2 1 είναι 0.013195

Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 123 ικανοποιείται

Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 132 ικανοποιείται

Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 213 δεν ικανοποιείται

Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 231 ικανοποιείται

Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 312 ικανοποιείται

Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 321 ικανοποιείται

>> ster

Δώστε τους συντελεστές βαρύτητας για κάθε κριτήριο [0.1 0.1 0.12 0.08 0.08 0.04 0.04 0.02 0.02 0.075 0.075 0.0975 0.0525 0.035 0.04 0.01 0.015]

Δώστε βαθμολογία για το σενάριο 1 [8 8 7 3 6 7 5 6 6 4 2 6 3 9 8 7 8]

Η τελική βαθμολογία του σεναρίου 1 είναι 5.8975

Δώστε βαθμολογία για το σενάριο 2 [7 7 5 5 8 9 8 8 8 9 1 7 8 5 7 7 8]

Η τελική βαθμολογία του σεναρίου 2 είναι 6.5375

Δώστε βαθμολογία για το σενάριο 3 [2 1 3 8 8 9 6 8 8 4 9 9 7 2 5 5 8]

Η τελική βαθμολογία του σεναρίου 3 είναι 5.52

Δώστε αριθμό επαναλήψεων

Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 1 2 3 είναι 0.11098

Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 1 3 2 είναι 0.0087636

Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 2 1 3 είναι 0.64458

Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 2 3 1 είναι 0.2181

Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 3 1 2 είναι 0.004208

Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 3 2 1 είναι 0.013367

Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 123 ικανοποιείται

Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 132 ικανοποιείται

Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 213 ικανοποιείται

Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 231 ικανοποιείται

Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 312 ικανοποιείται

Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 321 ικανοποιείται

>>

2^η βαθμονόμηση

```
>> ster
Δώστε τους συντελεστές βαρύτητας για κάθε κριτήριο [0.05 0.05 0.06 0.04 0.16 0.08 0.08
0.04 0.04 0.075 0.075 0.0975 0.0525 0.035 0.04 0.01 0.015]
Δώστε βαθμολογία για το σενάριο 1 [8 8 7 3 6 7 5 6 6 4 2 6 3 9 8 7 8]

Η τελική βαθμολογία του σεναρίου 1 είναι 5.7575

Δώστε βαθμολογία για το σενάριο 2 [7 7 5 5 8 9 8 8 8 9 1 7 8 5 7 7 8]

Η τελική βαθμολογία του σεναρίου 2 είναι 6.9775

Δώστε βαθμολογία για το σενάριο 3 [2 1 3 8 8 9 6 8 8 4 9 9 7 2 5 5 8]

Η τελική βαθμολογία του σεναρίου 3 είναι 6.43

Δώστε αριθμό επαναλήψεων 1000

Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 1 2 3 είναι 0.008
Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 1 3 2 είναι 0
Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 2 1 3 είναι 0.096
Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 2 3 1 είναι 0.755
Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 3 1 2 είναι 0.007
Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 3 2 1 είναι 0.134

Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 123 δεν ικανοποιείται
Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 132 ικανοποιείται
Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 213 δεν ικανοποιείται
Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 231 δεν ικανοποιείται
Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 312 δεν ικανοποιείται
Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 321 δεν ικανοποιείται
-----
>> ster
Δώστε τους συντελεστές βαρύτητας για κάθε κριτήριο [0.05 0.05 0.06 0.04 0.16 0.08 0.08
0.04 0.04 0.075 0.075 0.0975 0.0525 0.035 0.04 0.01 0.015]
Δώστε βαθμολογία για το σενάριο 1 [8 8 7 3 6 7 5 6 6 4 2 6 3 9 8 7 8]

Η τελική βαθμολογία του σεναρίου 1 είναι 5.7575

Δώστε βαθμολογία για το σενάριο 2 [7 7 5 5 8 9 8 8 8 9 1 7 8 5 7 7 8]

Η τελική βαθμολογία του σεναρίου 2 είναι 6.9775

Δώστε βαθμολογία για το σενάριο 3 [2 1 3 8 8 9 6 8 8 4 9 9 7 2 5 5 8]

Η τελική βαθμολογία του σεναρίου 3 είναι 6.43

Δώστε αριθμό επαναλήψεων 10000

Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 1 2 3 είναι 0.0052
Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 1 3 2 είναι 0.002
Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 2 1 3 είναι 0.1188
Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 2 3 1 είναι 0.7347
Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 3 1 2 είναι 0.0061
Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 3 2 1 είναι 0.1332
```

```
Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 123 δεν ικανοποιείται
Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 132 δεν ικανοποιείται
Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 213 δεν ικανοποιείται
Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 231 δεν ικανοποιείται
Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 312 δεν ικανοποιείται
Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 321 δεν ικανοποιείται
-----
>> ster
Δώστε τους συντελεστές βαρύτητας για κάθε κριτήριο [0.05 0.05 0.06 0.04 0.16 0.08 0.08
0.04 0.04 0.075 0.075 0.0975 0.0525 0.035 0.04 0.01 0.015]
Δώστε βαθμολογία για το σενάριο 1 [8 8 7 3 6 7 5 6 6 4 2 6 3 9 8 7 8]

Η τελική βαθμολογία του σεναρίου 1 είναι 5.7575

Δώστε βαθμολογία για το σενάριο 2 [7 7 5 5 8 9 8 8 8 9 1 7 8 5 7 7 8]

Η τελική βαθμολογία του σεναρίου 2 είναι 6.9775

Δώστε βαθμολογία για το σενάριο 3 [2 1 3 8 8 9 6 8 8 4 9 9 7 2 5 5 8]

Η τελική βαθμολογία του σεναρίου 3 είναι 6.43

Δώστε αριθμό επαναλήψεων 100000

Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 1 2 3 είναι 0.00497
Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 1 3 2 είναι 0.00209
Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 2 1 3 είναι 0.11707
Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 2 3 1 είναι 0.73334
Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 3 1 2 είναι 0.00502
Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 3 2 1 είναι 0.13751
Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 123 ικανοποιείται
Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 132 ικανοποιείται
Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 213 δεν ικανοποιείται
Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 231 δεν ικανοποιείται
Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 312 ικανοποιείται
Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 321 δεν ικανοποιείται
-----
>> ster
Δώστε τους συντελεστές βαρύτητας για κάθε κριτήριο [0.05 0.05 0.06 0.04 0.16 0.08 0.08
0.04 0.04 0.075 0.075 0.0975 0.0525 0.035 0.04 0.01 0.015]
Δώστε βαθμολογία για το σενάριο 1 [8 8 7 3 6 7 5 6 6 4 2 6 3 9 8 7 8]

Η τελική βαθμολογία του σεναρίου 1 είναι 5.7575

Δώστε βαθμολογία για το σενάριο 2 [7 7 5 5 8 9 8 8 8 9 1 7 8 5 7 7 8]

Η τελική βαθμολογία του σεναρίου 2 είναι 6.9775

Δώστε βαθμολογία για το σενάριο 3 [2 1 3 8 8 9 6 8 8 4 9 9 7 2 5 5 8]

Η τελική βαθμολογία του σεναρίου 3 είναι 6.43

Δώστε αριθμό επαναλήψεων 500000

Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 1 2 3 είναι 0.005434
Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 1 3 2 είναι 0.001986
Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 2 1 3 είναι 0.11512
```

```
H πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 2 3 1 είναι 0.73372
H πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 3 1 2 είναι 0.005842
H πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 3 2 1 είναι 0.1379
O στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 123 ικανοποιείται
O στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 132 ικανοποιείται
O στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 213 δεν ικανοποιείται
O στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 231 δεν ικανοποιείται
O στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 312 ικανοποιείται
O στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 321 δεν ικανοποιείται
-----
>> ster
Δώστε τους συντελεστές βαρύτητας για κάθε κριτήριο [0.05 0.05 0.06 0.04 0.16 0.08 0.08
0.04 0.04 0.075 0.075 0.0975 0.0525 0.035 0.04 0.01 0.015]
Δώστε βαθμολογία για το σενάριο 1 [8 8 7 3 6 7 5 6 6 4 2 6 3 9 8 7 8]

H τελική βαθμολογία του σεναρίου 1 είναι 5.7575

Δώστε βαθμολογία για το σενάριο 2 [7 7 5 5 8 9 8 8 8 9 1 7 8 5 7 7 8]

H τελική βαθμολογία του σεναρίου 2 είναι 6.9775

Δώστε βαθμολογία για το σενάριο 3 [2 1 3 8 8 9 6 8 8 4 9 9 7 2 5 5 8]

H τελική βαθμολογία του σεναρίου 3 είναι 6.43

Δώστε αριθμό επαναλήψεων 1000000

H πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 1 2 3 είναι 0.005431
H πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 1 3 2 είναι 0.002078
H πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 2 1 3 είναι 0.11528
H πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 2 3 1 είναι 0.7346
H πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 3 1 2 είναι 0.005698
H πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 3 2 1 είναι 0.13691
O στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 123 ικανοποιείται
O στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 132 ικανοποιείται
O στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 213 ικανοποιείται
O στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 231 δεν ικανοποιείται
O στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 312 ικανοποιείται
O στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 321 δεν ικανοποιείται
-----
>> ster
Δώστε τους συντελεστές βαρύτητας για κάθε κριτήριο [0.05 0.05 0.06 0.04 0.16 0.08 0.08
0.04 0.04 0.075 0.075 0.0975 0.0525 0.035 0.04 0.01 0.015]
Δώστε βαθμολογία για το σενάριο 1 [8 8 7 3 6 7 5 6 6 4 2 6 3 9 8 7 8]

H τελική βαθμολογία του σεναρίου 1 είναι 5.7575

Δώστε βαθμολογία για το σενάριο 2 [7 7 5 5 8 9 8 8 8 9 1 7 8 5 7 7 8]

H τελική βαθμολογία του σεναρίου 2 είναι 6.9775

Δώστε βαθμολογία για το σενάριο 3 [2 1 3 8 8 9 6 8 8 4 9 9 7 2 5 5 8]

H τελική βαθμολογία του σεναρίου 3 είναι 6.43

Δώστε αριθμό επαναλήψεων 2000000
```

Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 1 2 3 είναι 0.0054185
Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 1 3 2 είναι 0.002011
Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 2 1 3 είναι 0.11515
Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 2 3 1 είναι 0.73455
Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 3 1 2 είναι 0.0056925
Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 3 2 1 είναι 0.13718
Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 123 ικανοποιείται
Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 132 ικανοποιείται
Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 213 ικανοποιείται
Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 231 ικανοποιείται
Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 312 ικανοποιείται
Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 321 ικανοποιείται
>>

3^η βαθμονόμηση

```
>> ster
URG!
Δώστε τους συντελεστές βαρύτητας για κάθε κριτήριο [0.05 0.05 0.06 0.04 0.08 0.04 0.04
0.02 0.02 0.1 0.1 0.13 0.07 0.07 0.08 0.02 0.03]
Δώστε βαθμολογία για το σενάριο 1 [8 8 7 3 6 7 5 6 6 4 2 6 3 9 8 7 8]

Η τελική βαθμολογία του σεναρίου 1 είναι 5.78

Δώστε βαθμολογία για το σενάριο 2 [7 7 5 5 8 9 8 8 8 9 1 7 8 5 7 7 8]

Η τελική βαθμολογία του σεναρίου 2 είναι 6.6

Δώστε βαθμολογία για το σενάριο 3 [2 1 3 8 8 9 6 8 8 4 9 9 7 2 5 5 8]

Η τελική βαθμολογία του σεναρίου 3 είναι 6.05

Δώστε αριθμό επαναλήψεων 1000

Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 1 2 3 είναι 0.027
Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 1 3 2 είναι 0.021
Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 2 1 3 είναι 0.29
Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 2 3 1 είναι 0.549
Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 3 1 2 είναι 0.005
Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 3 2 1 είναι 0.108
Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 123 δεν ικανοποιείται
Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 132 δεν ικανοποιείται
Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 213 δεν ικανοποιείται
Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 231 δεν ικανοποιείται
Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 312 δεν ικανοποιείται
Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 321 δεν ικανοποιείται
-----
```

```
>> ster
Δώστε τους συντελεστές βαρύτητας για κάθε κριτήριο [0.05 0.05 0.06 0.04 0.08 0.04 0.04
0.02 0.02 0.1 0.1 0.13 0.07 0.08 0.02 0.03]
Δώστε βαθμολογία για το σενάριο 1 [8 8 7 3 6 7 5 6 6 4 2 6 3 9 8 7 8]

Η τελική βαθμολογία του σεναρίου 1 είναι 5.78

Δώστε βαθμολογία για το σενάριο 2 [7 7 5 5 8 9 8 8 8 9 1 7 8 5 7 7 8]

Η τελική βαθμολογία του σεναρίου 2 είναι 6.6

Δώστε βαθμολογία για το σενάριο 3 [2 1 3 8 8 9 6 8 8 4 9 9 7 2 5 5 8]

Η τελική βαθμολογία του σεναρίου 3 είναι 6.05

Δώστε αριθμό επαναλήψεων 10000

Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 1 2 3 είναι 0.033
Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 1 3 2 είναι 0.0093
Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 2 1 3 είναι 0.2839
Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 2 3 1 είναι 0.5591
Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 3 1 2 είναι 0.0162
Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 3 2 1 είναι 0.0985
Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 123 δεν ικανοποιείται
Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 132 δεν ικανοποιείται
Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 213 δεν ικανοποιείται
Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 231 δεν ικανοποιείται
Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 312 δεν ικανοποιείται
Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 321 δεν ικανοποιείται
-----
>> ster
Δώστε τους συντελεστές βαρύτητας για κάθε κριτήριο [0.05 0.05 0.06 0.04 0.08 0.04 0.04
0.02 0.02 0.1 0.1 0.13 0.07 0.07 0.08 0.02 0.03]
Δώστε βαθμολογία για το σενάριο 1 [8 8 7 3 6 7 5 6 6 4 2 6 3 9 8 7 8]

Η τελική βαθμολογία του σεναρίου 1 είναι 5.78

Δώστε βαθμολογία για το σενάριο 2 [7 7 5 5 8 9 8 8 8 9 1 7 8 5 7 7 8]

Η τελική βαθμολογία του σεναρίου 2 είναι 6.6

Δώστε βαθμολογία για το σενάριο 3 [2 1 3 8 8 9 6 8 8 4 9 9 7 2 5 5 8]

Η τελική βαθμολογία του σεναρίου 3 είναι 6.05

Δώστε αριθμό επαναλήψεων 100000

Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 1 2 3 είναι 0.03435
Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 1 3 2 είναι 0.011
Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 2 1 3 είναι 0.28192
Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 2 3 1 είναι 0.55458
Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 3 1 2 είναι 0.01482
Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 3 2 1 είναι 0.10333
Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 123 δεν ικανοποιείται
Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 132 δεν ικανοποιείται
Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 213 δεν ικανοποιείται
```

Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 231 δεν ικανοποιείται

Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 312 δεν ικανοποιείται

Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 321 δεν ικανοποιείται

>> ster

Δώστε τους συντελεστές βαρύτητας για κάθε κριτήριο [0.05 0.05 0.06 0.04 0.08 0.04 0.04 0.02 0.02 0.1 0.1 0.13 0.07 0.07 0.08 0.02 0.03]

Δώστε βαθμολογία για το σενάριο 1 [8 8 7 3 6 7 5 6 6 4 2 6 3 9 8 7 8]

Η τελική βαθμολογία του σεναρίου 1 είναι 5.78

Δώστε βαθμολογία για το σενάριο 2 [7 7 5 5 8 9 8 8 8 9 1 7 8 5 7 7 8]

Η τελική βαθμολογία του σεναρίου 2 είναι 6.6

Δώστε βαθμολογία για το σενάριο 3 [2 1 3 8 8 9 6 8 8 4 9 9 7 2 5 5 8]

Η τελική βαθμολογία του σεναρίου 3 είναι 6.05

Δώστε αριθμό επαναλήψεων 500000

Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 1 2 3 είναι 0.03475

Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 1 3 2 είναι 0.010864

Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 2 1 3 είναι 0.28161

Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 2 3 1 είναι 0.55539

Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 3 1 2 είναι 0.015302

Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 3 2 1 είναι 0.10208

Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 123 ικανοποιείται

Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 132 ικανοποιείται

Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 213 δεν ικανοποιείται

Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 231 δεν ικανοποιείται

Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 312 ικανοποιείται

Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 321 δεν ικανοποιείται

>> ster

Δώστε τους συντελεστές βαρύτητας για κάθε κριτήριο [0.05 0.05 0.06 0.04 0.08 0.04 0.04 0.02 0.02 0.1 0.1 0.13 0.07 0.07 0.08 0.02 0.03]

Δώστε βαθμολογία για το σενάριο 1 [8 8 7 3 6 7 5 6 6 4 2 6 3 9 8 7 8]

Η τελική βαθμολογία του σεναρίου 1 είναι 5.78

Δώστε βαθμολογία για το σενάριο 2 [7 7 5 5 8 9 8 8 8 9 1 7 8 5 7 7 8]

Η τελική βαθμολογία του σεναρίου 2 είναι 6.6

Δώστε βαθμολογία για το σενάριο 3 [2 1 3 8 8 9 6 8 8 4 9 9 7 2 5 5 8]

Η τελική βαθμολογία του σεναρίου 3 είναι 6.05

Δώστε αριθμό επαναλήψεων 1000000

Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 1 2 3 είναι 0.034993

Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 1 3 2 είναι 0.010563

Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 2 1 3 είναι 0.2812

Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 2 3 1 είναι 0.55566

Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 3 1 2 είναι 0.015374

Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 3 2 1 είναι 0.10221

```
O στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 123 ικανοποιείται
O στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 132 ικανοποιείται
O στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 213 δεν ικανοποιείται
O στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 231 δεν ικανοποιείται
O στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 312 ικανοποιείται
O στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 321 ικανοποιείται
-----
>> ster
Δώστε τους συντελεστές βαρύτητας για κάθε κριτήριο [0.05 0.05 0.06 0.04 0.08 0.04 0.04
0.02 0.02 0.1 0.1 0.13 0.07 0.07 0.08 0.02 0.03]
Δώστε βαθμολογία για το σενάριο 1 [8 8 7 3 6 7 5 6 6 4 2 6 3 9 8 7 8]

H τελική βαθμολογία του σεναρίου 1 είναι 5.78

Δώστε βαθμολογία για το σενάριο 2 [7 7 5 5 8 9 8 8 8 9 1 7 8 5 7 7 8]

H τελική βαθμολογία του σεναρίου 2 είναι 6.6

Δώστε βαθμολογία για το σενάριο 3 [2 1 3 8 8 9 6 8 8 4 9 9 7 2 5 5 8]

H τελική βαθμολογία του σεναρίου 3 είναι 6.05

Δώστε αριθμό επαναλήψεων 2000000

H πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 1 2 3 είναι 0.034657
H πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 1 3 2 είναι 0.010694
H πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 2 1 3 είναι 0.28114
H πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 2 3 1 είναι 0.55568
H πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 3 1 2 είναι 0.015347
H πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 3 2 1 είναι 0.10248

O στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 123 ικανοποιείται
O στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 132 ικανοποιείται
O στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 213 ικανοποιείται
O στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 231 δεν ικανοποιείται
O στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 312 ικανοποιείται
O στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 321 ικανοποιείται
-----
>> ster
Δώστε τους συντελεστές βαρύτητας για κάθε κριτήριο [0.05 0.05 0.06 0.04 0.08 0.04 0.04
0.02 0.02 0.1 0.1 0.13 0.07 0.07 0.08 0.02 0.03]
Δώστε βαθμολογία για το σενάριο 1 [8 8 7 3 6 7 5 6 6 4 2 6 3 9 8 7 8]

H τελική βαθμολογία του σεναρίου 1 είναι 5.78

Δώστε βαθμολογία για το σενάριο 2 [7 7 5 5 8 9 8 8 8 9 1 7 8 5 7 7 8]

H τελική βαθμολογία του σεναρίου 2 είναι 6.6

Δώστε βαθμολογία για το σενάριο 3 [2 1 3 8 8 9 6 8 8 4 9 9 7 2 5 5 8]

H τελική βαθμολογία του σεναρίου 3 είναι 6.05

Δώστε αριθμό επαναλήψεων 2500000

H πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 1 2 3 είναι 0.034643
H πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 1 3 2 είναι 0.010742
H πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 2 1 3 είναι 0.28124
```

Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 2 3 1 είναι 0.55567
Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 3 1 2 είναι 0.015403
Η πιθανότητα τα σενάρια να εμφανίζονται με τη σειρά προτίμησης 3 2 1 είναι 0.1023
Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 123 ικανοποιείται
Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 132 ικανοποιείται
Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 213 ικανοποιείται
Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 231 ικανοποιείται
Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 312 ικανοποιείται
Ο στατιστικός έλεγχος για τη διάταξη 321 ικανοποιείται

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Δημήτριος Χ. Παναγιωτακόπουλος, Βιώσιμη διαχείριση αστικών στερεών αποβλήτων, Εκδόσεις 'Ζυγός', 2002
2. Η. Μπεριάτος, Κ. Αραβώσης, Α. Καραγιαννίδης, Γ. Περκουλίδης, Ε. Κολτσίδα, Α. Κούγκολος, Θεσμικό πλαίσιο και πολιτική διαχείρισης στερεών αποβλήτων: Εξελίξεις και προοπτικές
3. Πρακτικά ημερίδας για τις νέες τεχνολογίες στη διαχείριση στερεών αποβλήτων, ΤΕΕ/ΤΑΚ, Οκτώβριος 2002
4. Βαβίζος Γ., Μερτζάνης Α., 'Περιβάλλον, μελέτες περιβαλλοντικών επιπτώσεων', Εκδόσεις Παπαζήση, 2002
5. ΥΠΕΧΩΔΕ, Σχεδιασμός – Προγραμματισμός έργων διαχείρισης απορριμμάτων σε επίπεδο χώρας, 1999
6. Peavy H.S., Donald R. Rowe, and George Tchobanoglous et al., Environmental Engineering, 1985
7. Ν. Μουσιόπουλος, Σημειώσεις στο μάθημα Διαχείριση Απορριμμάτων, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Α.Π.Θ.
8. Ε. Γιδαράκος, Τεχνολογίες επεξεργασίας τοξικών και επικίνδυνων αποβλήτων - Σημειώσεις, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πολυτεχνείο Κρήτης
9. Paul T. Williams, Waste Treatment and Disposal, WILEY, 1998
10. B. Bilitewski, G. Härdtle, K. Marek, A. Weissbach, H. Boeddicker, Waste Management, Springer, 1997
11. Tchobanoglous, Theisen, Vigil, Intergrated Solid Waste Management, Engineering Principles and Management Issues, McGraw – Hill, 1993
12. Αδαμάντιος Δ. Σκορδίλης, Ελεγχόμενη εναπόθεση στερεών μη επικίνδυνων αποβλήτων, Εκδόσεις 'Ιων', 2001
13. Αδαμάντιος Δ. Σκορδίλης, Η θερμική επεξεργασία απορριμμάτων και RDF, Εκδόσεις 'Κόσμος ΕΠΕ', 1997

14. Adrian Biran & Moshe Breiner, MATLAB 5 για μηχανικούς, Εκδόσεις Τζιόλα, 1999
15. Ευαγγελή Δ. Αναγνωστοπούλου, Διαχείριση συσκευασιών από τα αστικά στερεά απόβλητα του νομού Ξάνθης, Διπλωματική Εργασία, Δ.Π.Θ., 2002
16. Γ. Παρισάκης, Α. Σκορδίλης, Α. Ανδριανόπουλος, Θ. Λώλος, Χ. Τσομπανίδης, Ι. Ανδριανόπουλος, Γ. Λώλος, Επιλογή βέλτιστης μεθόδου διάθεσης και αξιοποίησης απορριμμάτων βορείου άξονα νομού Χανίων, Ε.Μ.Π. – Εργαστήριο ανόργανης – αναλυτικής χημείας, 1991
17. Κωνσταντίνα Θ. Τσιλέμου, Κοστολόγηση εγκαταστάσεων ανάκτησης υλικών και κομποστοποίησης στερεών αποβλήτων, Μεταπτυχιακή Διατριβή, Δ.Π.Θ., 2002
18. Στέλλα Α. Σαββοπούλου, Ανάπτυξη μεθοδολογίας για την ορθολογική διαχείριση των απορριμμάτων του Δήμου Νέας Ερυθραίας, Μεταπτυχιακή Εργασία, Ε.Μ.Π., 2000
19. Παναγιώτης Ντζαμίλης και Γεώργιος Χάβας, Ποιοτική και ποσοτική ανάλυση αστικών απορριμμάτων Περιφέρειας Κρήτης, Μεταπτυχιακή Διατριβή, Πολυτεχνείο Κρήτης, 2004
20. Ο.ΑΝ.Α.Κ, Ολοκληρωμένος σχεδιασμός διαχείρισης στερεών αποβλήτων στην Περιφέρεια Κρήτης, Συγκριτική έκθεση τεχνολογιών διαχείρισης στερεών αποβλήτων, 2001
21. Διαμαντόπουλος Ε., Φραντζής Ι., Παυλάκη Αικ., Φουρναράκη Χ., Λυμπεράκης Π., Σοφιάδου Α., Συγκριτική αξιολόγηση εναλλακτικών θέσεων για την εγκατάσταση μονάδας επεξεργασίας απορριμμάτων και χώρου υγειονομικής ταφής απορριμμάτων για την 5^η διαχειριστική ενότητα, ΤΕΕ/ΤΔΚ, 1999
22. Διαμαντόπουλος Ε., Μαρινάκης Μ., Φραντζής Ι., Σχέδιο διαχείρισης απορριμμάτων νομού Χανίων, ΤΕΕ/ΤΔΚ, 1998
23. Β. Κουϊκόγλου, Προσομοίωση - Σημειώσεις μαθήματος, Πολυτεχνείο Κρήτης
24. Δρ. Μ. Δούμπος, Πολυκριτήρια συστήματα αποφάσεων, Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης, Πολυτεχνείο Κρήτης, 2003

25. Μ. Β. Μπούτσικας, Σημειώσεις μαθήματος 'Μέθοδοι Προσομοίωσης και Στατιστικές Υπολογιστικές Τεχνικές', Τμήμα Στατιστικής & Ασφαλιστικής Επιστήμης. Πανεπιστήμιο Πειραιά, 2004
26. Μανώλης Μαυρομανωλάκης, Μοντελοποίηση – προσομοίωση διαδρομής μηχανικής αποκομιδής, Μεταπτυχιακή Διατριβή, Πολυτεχνείο Κρήτης, 2001
27. European Commission, Costs for municipal waste management in the European Union, Final report to Directorate General Environment, 2002
28. Α. Karagiannidis, Ν. Moussiopoulos, Application of ELECTRE III for the intergrated management of municipal solid wastes in the Greater Athens Area, European Journal of Operational research, 1997
29. S. Cheng, C.W. Chan, G.H. Huang, An intergrated multi-criteria decision analysis and inexact mixed linear programming approach for solid waste management, Engineering Applications of Artificial Intelligence
30. U. Arena, M.L. Mastellone, F. Perugini, The environmental performance of alternative solid waste management options: a life cycle assessment study, Chemical Engineering Journal, 2003

— · —