

# ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

## ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ & ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



Διπλωματική εργασία

### Ανάπτυξη μεθοδολογίας για την αξιολόγηση των εναλλακτικών μεθόδων διάθεσης απορριμμάτων

Φοιτητής: Αναγνωστόπουλος Παναγιώτης

Επιβλέποντες: Βλιάμος Σπ., Καθηγητής  
Αραβώσης Κ., Εντετ. Διδασκαλίας Π.Δ. 407/80

Βόλος, Σεπτέμβριος 1999





**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ**  
**ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.:	655/1
Ημερ. Εισ.:	03-11-1999
Δωρεά:	Συγγραφέας
Ταξιθετικός Κωδικός:	ΠΤ – ΜΧΠΠΑ
	1999
	ΑΝΑ

## Σύντομη Περίληψη

Η επιλογή της βέλτιστης λύσης για τη διάθεση των απορριμμάτων αποτελεί ένα πρόβλημα, του οποίου οι συνιστώσες εκτείνονται σε πεδία όπως η οικονομία, το περιβάλλον, η κοινωνία και η τεχνολογία. Η σύγκριση των εναλλακτικών μεθόδων διάθεσης, προκύπτει ύστερα από την αξιολόγηση τους ως προς αυτά τα πεδία, μέσω της επιλογής αντιπροσωπευτικών παραγόντων αξιολόγησης, με βάση ένα πολυκριτηριακό μοντέλο, το οποίο δρα ως αρωγός της διαδικασίας λήψης απόφασης για ένα τέτοιο ζήτημα. Σε αυτή τη διαδικασία λαμβάνουν μέρος φορείς, οι οποίοι σχετίζονται με το ζήτημα και εκπροσωπούν το κράτος, τους πολίτες κ.λπ., εκφράζοντας τις προτεραιότητες και τους στόχους τους. Για κάθε περιοχή, τα αποτελέσματα είναι συνδυασμός των δεδομένων που αφορούν τους παράγοντες αξιολόγησης και της επιρροής των εμπλεκόμενων φορέων προς τα κέντρα λήψης αποφάσεων.

## Ευχαριστίες

Έχοντας τελειώσει μια προσπάθεια, ανεξαρτήτως του αποτελέσματός της, θεωρώ υποχρέωσή μου, να αναφέρω επιγραμματικά ορισμένους ανθρώπους για τη βοήθεια και υποστήριξη που μου παρείχαν, όποτε τους τη ζήτησα.

Θα ήθελα αρχικά να αναφέρω τους επιβλέποντες καθηγητές μου, τον κ. Σπύρο Βλιάμο στην πίεση του οποίου, οφείλω το γεγονός της αποδοχής αυτού του θέματος, όταν δεν ήμουν σίγουρος για το αν θέλω να ασχοληθώ με τα απορρίμματα και τον κ. Κωνσταντίνο Αραβώση, ο οποίος μου αφιέρωσε χρόνο για, πολλές στον αριθμό, εξονυχιστικές διορθώσεις,. Ευχαριστίες οφείλω επίσης σε δύο ανθρώπους των οποίων η προθυμία να με βοηθήσουν ήταν χαρακτηριστική και αναφέρομαι στον κ. Αθανάσιο Κούγκολο, και τον κ. Ανδρέα Κουσκούρη, υπάλληλο του Υπουργείου Εσωτερικών Δημόσιας Διοίκησης και Αποκέντρωσης, άριστο γνώστη των θεμάτων που σχετίζονται με τη διαχείριση των απορριμμάτων, τόσο στην Ελλάδα, όσο και στην Ευρωπαϊκή Ένωση, ο οποίος με βοήθησε κάνοντας παρατηρήσεις επί της ουσίας. Ευχαριστώ, επίσης, τον κ. Κωνσταντίνο Διαμαντόπουλο, ο οποίος μου παρέσχε μεγάλο μέρος της βιβλιογραφίας που χρησιμοποίησα. Ευχαριστώ, βέβαια, τους φίλους μου, τους οποίους τους «ενοχλούσαν» τα σχηματάκια και οι πίνακες αυτής της εργασίας, και ιδιαίτερα τον Στέργιο Πραλακίδη, ο οποίος επιμελήθηκε το εξώφυλλο.

Τέλος, στην οικογένεια μου και ειδικότερα στους γονείς μου, οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ, γιατί τα βράδια που μου έλεγαν, να μην κάθομαι άλλο μπροστά στον υπολογιστή, το μόνο που κατάφερναν ήταν να μου δίνουν κουράγιο για να συνεχίσω την προσπάθειά μου.



# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εισαγωγή .....	1
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup> : Γενικά .....</b>	<b>4</b>
1.1 Προσδιορισμός της έννοιας «απορρίμματα» .....	4
1.2 Προέλευση απορριμμάτων .....	5
1.3 Σύσταση των αστικών στερεών αποβλήτων .....	6
1.4 Ιδιότητες των απορριμμάτων .....	8
1.5 Η ανάγκη ολοκληρωμένης διαχείρισης των απορριμμάτων .....	9
1.6 Οι κατευθύνσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη διαχείριση των απορριμμάτων .....	10
1.7 Ο σχεδιασμός στην Ελλάδα για τη διαχείριση των απορριμμάτων .....	11
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup> : Προσδιορισμός και Περιγραφή των Βασικότερων Εναλλακτικών Μεθόδων Διάθεσης Απορριμμάτων .....</b>	<b>13</b>
2.1 Εισαγωγή .....	13
2.2.1 Μέθοδοι Υγειονομικής Ταφής .....	15
2.2.2 Μέθοδοι πλήρωσης χώρων υγειονομικής ταφής .....	16
2.2.3 Γενικές αρχές σχεδιασμού και λειτουργίας της υγειονομικής ταφής .....	17
2.3 Μηχανική διαλογή .....	19
2.4 Βιοσταθεροποίηση .....	21
2.5 Καύση .....	22
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup> : Οι Κυριότερες Μέθοδοι Αξιολόγησης Προγραμμάτων και τα Βασικά Υπολογιστικά Εργαλεία Υποστήριξής τους .....</b>	<b>24</b>
3.1. Εισαγωγή .....	24
3.2. Μεθοδολογίες αξιολόγησης επενδυτικών σχεδίων .....	25
3.2.1. Γραμμικός προγραμματισμός (linear programming) .....	26
3.2.2. Η ανάλυση κόστους - οφέλους (cost - benefit analysis) .....	27
3.2.3. Ανάλυση κόστους - αποτελεσματικότητας (cost - effectiveness analysis) .....	28
3.2.4. Η ανάλυση του προγραμματικού ισοζυγίου (planning balance sheet) .....	28
3.2.5. Μητρώο επίτευξης στόχων (goals achievement matrix) .....	29
3.2.6. Πολυκριτήρια Ανάλυση (Multiple Criteria Analysis) .....	30
3.3. Τα βασικά εργαλεία στην επιστήμη των αποφάσεων .....	38
3.3.1. Τα συστήματα υποστήριξης αποφάσεων και η ανάγκη δημιουργίας τους .....	38

3.3.2. Έμπειρα συστήματα.....	42
3.4. Εφαρμογή πολυκριτήριων μεθόδων σε συνδυασμό με εργαλεία πληροφορικής στη διαχείριση του περιβάλλοντος και ειδικότερα στη διάθεση των απορριμμάτων.....	45
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4° : Προσδιορισμός των Παραγόντων που Αξιολογούνται σε Κάθε Μέθοδο Διάθεσης Απορριμμάτων.....</b>	<b>48</b>
4.1. Εισαγωγή .....	48
4.2. Κατασκευή δέντρου παραγόντων αξιολόγησης.....	49
4.2.1. Κριτήρια κατασκευής ενός δέντρου παραγόντων αξιολόγησης.....	49
4.2.2. Μορφή ενός δέντρου παραγόντων.....	50
4.3. Εφαρμογή δέντρου παραγόντων αξιολόγησης στη σύγκριση των εναλλακτικών μεθόδων διάθεσης απορριμμάτων .....	51
4.3.1. Οι βιβλιογραφικές προσεγγίσεις στον καθορισμό των παραγόντων αξιολόγησης των εναλλακτικών μεθόδων διάθεσης απορριμμάτων .....	51
4.3.2. Πρόταση για τους παράγοντες που θα αποτελούν το δέντρο αξιολόγησης των μεθόδων διάθεσης στην παρούσα μελέτη.....	55
4.3.3. Μέθοδος βαθμολόγησης των παραγόντων .....	63
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5° : Παρουσίαση Ενός Νέου Πολυπαραγοντικού Μοντέλου για την Αξιολόγηση των Εναλλακτικών Μεθόδων Διάθεσης Απορριμμάτων.....</b>	<b>73</b>
5.1. Εισαγωγή .....	73
5.2. Παρουσίαση του μοντέλου .....	74
5.2.1. Προσδιορισμός βαρών στους επιλεγέντες παράγοντες αξιολόγησης.....	75
5.2.2. Η μέθοδος της έμμεσης ανάθεσης βαρών στους παράγοντες αξιολόγησης.....	76
5.2.3. Η εφαρμογή της μεθόδου έμμεσης ανάθεσης βαρών στους παράγοντες αξιολόγησης των εναλλακτικών μεθόδων διάθεσης απορριμμάτων .....	78
5.2.4. Επεξεργασία του πίνακα αξιολόγησης και άθροιση των επιδόσεων .....	80
5.2.5. Ανάλυση ευαισθησίας.....	86
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6° : Εφαρμογή του Προτεινόμενου Πολυπαραγοντικού Μοντέλου για την Αξιολόγηση των Εναλλακτικών Μεθόδων Διάθεσης Απορριμμάτων σε Πραγματικό Παράδειγμα.....</b>	<b>88</b>
6.1. Εισαγωγή .....	88
6.2. Η περιοχή εφαρμογής του μοντέλου και οι λόγοι επιλογής της .....	88
6.3. Η εφαρμογή της διαδικασίας πολυπαραγοντικής αξιολόγησης.....	89
6.3.1. Καθορισμός του προβλήματος .....	90

6.3.2. Καθορισμός των εμπλεκόμενων φορέων στη διαδικασία της απόφασης...	90
6.3.3. Επιλογή των εναλλακτικών σεναρίων .....	91
6.3.4. Επιλογή των παραγόντων αξιολόγησης.....	92
6.3.5. Προσδιορισμός βαρών των παραγόντων αξιολόγησης.....	101
6.3.6. Επεξεργασία του πίνακα αξιολόγησης και άθροιση των επιδόσεων .....	102
6.3.7. Εξήγηση των αποτελεσμάτων.....	104
6.3.8. Ανάλυση ευαισθησίας.....	105
6.3.9. Συστάσεις, συμπεράσματα.....	107
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7<sup>ο</sup> : Συμπεράσματα .....</b>	<b>108</b>
7.1. Εισαγωγή .....	108
7.2. Αξιολόγηση του προτεινόμενου μοντέλου .....	108
Βιβλιογραφία .....	111
Παράρτημα .....	116

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

<b>Πίνακας 1-1:</b> Σύνθεση των οικιακών απορριμμάτων σε ελληνικές πόλεις .....	7
<b>Πίνακας 1-2:</b> Τυπική κατανομή των συστατικών των Α.Σ.Α. για χαμηλού, μεσαίου και υψηλού εισοδήματος χώρες εξαιρουμένων των ανακυκλώσιμων υλικών .....	7
<b>Πίνακας 1-3:</b> Τυπικές πυκνότητες απορριμμάτων.....	9
<b>Πίνακας 2-1:</b> Μορφές διαχείρισης απορριμμάτων στην Ελλάδα (1992).....	14
<b>Πίνακας 2-2:</b> Ποσοστά εφαρμογής των μεθόδων διάθεσης σε διάφορες χώρες (1990).....	14
<b>Πίνακας 3-1:</b> Τυπολογία των υποβοηθούμενων από πολλαπλά κριτήρια μοντέλων δημιουργίας αποφάσεων .....	31
<b>Πίνακας 4-1:</b> Ιεράρχηση στόχων για την καλύτερη διάθεση των απορριμμάτων.....	52
σύμφωνα με τον Σκορδίλη(1989) .....	52
<b>Πίνακας 4-2:</b> Προκαταρκτική ταξινόμηση των παραγόντων αξιολόγησης σύμφωνα με τους Hokkanen και Salminen.....	53
<b>Πίνακας 4-3:</b> Κατάταξη κριτηρίων σύμφωνα με τη Διακουλάκη .....	54
<b>Πίνακας 4-4:</b> Κατάταξη των κριτηρίων αξιολόγησης των μεθόδων διάθεσης σύμφωνα με τον Karagiannidis.....	54
<b>Πίνακας 5-1:</b> Μέθοδος έμμεσης ανάθεσης βαρών στους παράγοντες αξιολόγησης.....	78
<b>Πίνακας 5-2:</b> Σχηματική απεικόνιση του δέντρου αξιολόγησης των Ε.Μ.Δ.Α. με τα κατά επίπεδο βάρη των παραγόντων .....	81
<b>Πίνακας 5-3:</b> Ομάδες διαμόρφωσης στόχων και συντελεστής επιρροής στο σχεδιασμό της διάθεσης απορριμμάτων στην Αθήνα.....	83
<b>Πίνακας 5-4:</b> Παράδειγμα αδυναμίας λήψης απόφασης αποκλειστικά και μόνο μέσω της διαδικασίας πολυπαραγοντικής αξιολόγησης.....	84
<b>Πίνακας 6-1:</b> Σύνολο των εναλλακτικών προτάσεων για τη διάθεση των απορριμμάτων στην περιοχή Ουλού .....	92
<b>Πίνακας 6-2:</b> Καθαρό κόστος ανά τόνο απορριμμάτων ανά σενάριο (max).....	95
<b>Πίνακας 6-3:</b> Αριθμός εργαζομένων ανά σενάριο (max) .....	96
<b>Πίνακας 6-4:</b> Μέτρο της κοινωνικής αποδοχής ανά σενάριο (max) .....	96
<b>Πίνακας 6-5:</b> Μέτρο της ευελιξίας στην αλλαγή ποσότητας ανά σενάριο (max) .....	97
<b>Πίνακας 6-7:</b> Μέτρο του κινδύνου ατυχήματος ανά σενάριο (max) .....	98
<b>Πίνακας 6-6:</b> Μέτρο της ευελιξίας στην αλλαγή σύστασης ανά σενάριο (max).....	98

<b>Πίνακας 6-8:</b> Μέτρο της εξασφάλισης παρακολούθησης ανά σενάριο (max) .....	98
<b>Πίνακας 6-9:</b> Μέτρο της τεχνολογικής εμπειρίας ανά σενάριο (max) .....	98
<b>Πίνακας 6-10:</b> Μέτρο της εκπομπής τοπικών ρύπων ανά σενάριο (max) .....	99
<b>Πίνακας 6-13:</b> Μέτρο της ρύπανσης των υπογ. υδάτων ανά σενάριο (max) .....	99
<b>Πίνακας 6-12:</b> Μέτρο της ρύπανσης των επιφ. υδάτων ανά σενάριο (max) .....	100
<b>Πίνακας 6-11:</b> Μέτρο της εκπομπής παγκόσμιων ρύπων ανά σενάριο(max) .....	100
<b>Πίνακας 6-14:</b> Μέτρο της ανάκτησης υλικών-ενέργειας ανά σενάριο (max) .....	100
<b>Πίνακας 6-15:</b> Ποσοστό συμβολής των εμπλεκόμενων φορέων στη διαδικασία λήψης αποφάσεων για τη διάθεση των απορριμμάτων.....	101
<b>Πίνακας 6-16:</b> Συνολική βαθμολογία και τυπική απόκλιση ανά σενάριο .....	103
<b>Πίνακας 6-17:</b> Σύγκριση της κατάταξης των εναλλακτικών σεναρίων, μεταξύ του προτεινόμενου μοντέλου και του αντίστοιχου των Hokkanen και Salminen.....	104
επεξεργασία .....	105
<b>Πίνακας 6-18:</b> Κατάταξη των εναλλακτικών σεναρίων μετά τις αναλύσεις ευαισθησίας .....	107



## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

<b>Σχήμα 2-1:</b> Παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγή αερίων στους χώρους διάθεσης απορριμμάτων .....	18
<b>Σχήμα 2-2:</b> Παράσταση των στραγγισμάτων μιας ελεγχόμενης εναπόθεσης .....	18
<b>Σχήμα 2-3:</b> Τυπικό διάγραμμα ροής μονάδας μηχανικής διαλογής.....	20
<b>Σχήμα 3-1:</b> Δομή ενός Συστήματος Υποστήριξης Αποφάσεων. ....	39
<b>Σχήμα 3-2:</b> Δομή έμπειρου συστήματος.....	43
<b>Σχήμα 4-1:</b> Σχηματική απεικόνιση των δομικών στοιχείων ενός δέντρου παραγόντων	50
<b>Σχήμα 4-2:</b> Οι παράγοντες 1ου επιπέδου αξιολόγησης των εναλλακτικών μεθόδων διάθεσης απορριμμάτων .....	56
<b>Σχήμα 4-3:</b> Σχηματική απεικόνιση της διάχυσης της αέριας ρύπανσης κάθετα και παράλληλα στην επιφάνεια της γης .....	62
<b>Σχήμα 5-1:</b> Σχηματική απεικόνιση της διαδικασίας λήψης απόφασης σύμφωνα με το προτεινόμενο μοντέλο .....	82
<b>Σχήμα 5-1:</b> Σχηματική απεικόνιση του δέντρου αξιολόγησης των εναλλακτικών μεθόδων διάθεσης απορριμμάτων με τα κατά επίπεδο βάρη των παραγόντων.....	81

## ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ ΚΑΙ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

A.Σ.A.:	Αστικά Στερεά Απόβλητα
Γ.Π.:	Γραμμικός Προγραμματισμός
DSS:	Decision Support System
E.A.E.M.E:	European Assosiation for Environmental Management Education
E.J.O.R.:	European Journal of Operational Research
Ed:	Editor
E.E.:	Ευρωπαϊκή Ένωση
ELECTRE:	Elimination et Choix Traduisant la Realite
ΕΛ.ΚΕ.ΠΑ.:	Ελληνικό Κέντρο Παραγωγικότητας
E.M.Δ.A.:	Εναλλακτικές Μέθοδοι Διάθεσης Απορριμμάτων
E.O.K:	Ευρωπαϊκοί Οικονομική Κοινότητα
ES:	Expert System
E.Σ.:	Έμπειρο Σύστημα
E.Σ.Δ.Κ.Ν.A.:	Ενιαίος Σύνδεσμος Δήμων και Κοινοτήτων Νομού Αττικής
et al:	et alii/alia (λατινική έκφραση για το «και άλλον/άλλα»)
E.T.B.A:	Ελληνική Τράπεζα Βιομηχανικής Αναπτύξεως
H/Y:	Ηλεκτρονικός Υπολογιστής
I.S.W.M.:	Integrated Solid Waste Management
κ.λπ.:	και λοιπά
κ.ο.κ:	και ούτω καθ' εξής
K.Y.A.:	Κοινή Υπουργική Απόφαση
ΚΠΑ:	Καθαρή Παρούσα Αξία
MCDA:	Multiple Criteria Decision Aid
MCDM:	Multiple Criteria Decision Making
NIMBY:	Not In My Back Yard
O.O.Σ.A.:	Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης
O.T.A.:	Οργανισμός Τοπικής Αυτοδιοίκησης
PET:	PolyEthylene Terephthalate
PVC:	PolyVinyl Cloride
RDF:	Refuse Derived Fuel

Σ.Υ.Α.: Σύστημα Υποστήριξης Αποφάσεων

ΣΚΕ: Συνολικό Κόστος Επένδυσης

ΤΕΕ: Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας

Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.: Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων

Υ.Τ.: Υγειονομική Ταφή

Vol.: Volume

Χ.Υ.Τ.Α.: Χώρος Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων

## Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια η εξεύρεση αποτελεσματικής λύσης στη διαχείριση των αστικών στερεών αποβλήτων έχει αναχθεί σε μείζον πρόβλημα των σύγχρονων κοινωνιών. Είναι γεγονός, ότι οι μεταβολές, οι οποίες έγιναν σε αυτές, όπως η έντονη αστικοποίηση και οι αλλαγές στις καταναλωτικές συνήθειες, συνέβαλαν στη δημιουργία αυτού του προβλήματος.

Καταστάσεις αυτού του είδους, απαιτούν πολυδιάστατη προσέγγιση, τόσο μέσω της συμμετοχής όλων των αρμόδιων φορέων, όσο και μέσω της αναζήτησης των βέλτιστων συνδυασμών μεθόδων διαχείρισης των απορριμμάτων, ώστε το τελικό σύστημα να είναι :

- Περιβαλλοντικά αποτελεσματικό,
- Οικονομικά και τεχνικά εφικτό,
- Κοινωνικά αποδεκτό.

Στη προσπάθεια αυτή, για αποτελεσματική λύση, συντείνει η χρήση υπολογιστικών εργαλείων. Η εργασία αυτή, αποτελεί μια προσπάθεια πολυπαραγοντικής προσέγγισης του προβλήματος της διάθεσης των απορριμμάτων, η οποία υποβοηθάται από τη χρήση ενός πρότυπου υπολογιστικού συστήματος.

Πρέπει να τονίσουμε, ότι με την εργασία αυτή, προσεγγίζουμε τρόπους επίλυσης, μόνο για τη φάση της διάθεσης των απορριμμάτων, η οποία, σημειωτέον αποτελεί το

τελευταίο στάδιο της διαχείρισής τους. Συνεπώς, η φάση της συλλογής δε θα μας απασχολήσει στην παρούσα εργασία.

Η προσπάθεια μας, δεν έχει στόχο να προτείνουμε μια λύση εισερχόμενοι σε λεπτομέρειες, οι οποίες θα αφορούν στην υλοποίησή της, αφενός μεν γιατί στα πλαίσια μιας διπλωματικής εργασίας αυτό είναι αδύνατο αφετέρου δε, γιατί στόχο έχουμε κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις να προτείνουμε λύση σε επίπεδο πολιτικής, η οποία θα βασίζεται, όμως, σε στοιχεία και μεθόδους ικανές να την υποστηρίξουν.

Η διάρθρωση της εργασίας, επιγραμματικά, έχει ως εξής:

- Στο 1<sup>ο</sup> Κεφάλαιο αναφερόμαστε στα βασικά χαρακτηριστικά των απορριμμάτων και στις κατευθύνσεις που προτείνονται για τη διαχείρισή τους τόσο σε ευρωπαϊκό όσο και εθνικό επίπεδο.
- Στο 2<sup>ο</sup> Κεφάλαιο γίνεται περιγραφή των βασικότερων μεθόδων διάθεσης απορριμμάτων, τις οποίες αποτελούν η υγειονομική ταφή, η βιοσταθεροποίηση, η καύση και η μηχανική διαλογή.
- Στο 3<sup>ο</sup> Κεφάλαιο, γίνεται αναφορά σε διάφορες μεθόδους αξιολόγησης επενδυτικών σχεδίων, οι οποίες θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση των εναλλακτικών μεθόδων διάθεσης απορριμμάτων. Επίσης, γίνεται εκτενής αναφορά στα συστήματα υποστήριξης αποφάσεων και στο πως ο συνδυασμός τους με συγκεκριμένη μέθοδο αξιολόγησης μπορεί να χρησιμοποιηθεί στα περιβαλλοντικά ζητήματα
- Στο 4<sup>ο</sup> Κεφάλαιο, προτείνονται οι παράγοντες αξιολόγησης, τους οποίους θεωρούμε βασικούς για τη σύγκριση των εναλλακτικών μεθόδων διάθεσης απορριμμάτων και τον τρόπο βαθμολόγησής τους. Πρωτίτερα, πραγματοποιούμε μια γενική επισκόπηση της ελληνικής και ξένης βιβλιογραφίας, η οποία αναφέρεται σε ανάλογες μελέτες, με στόχο να εντοπίσουμε τις βασικές συνιστώσες τους, ώστε να είναι δυνατή η σύγκριση με τις δικές μας προτάσεις.
- Στο 5<sup>ο</sup> Κεφάλαιο, προτείνεται και παρουσιάζεται ένα, νέο πολυκριτηριακό μοντέλο αξιολόγησης των εναλλακτικών μεθόδων διάθεσης των απορριμμάτων. Περιγράφονται τα στάδια της εξέλιξής του, τα οποία αφορούν στην χρησιμοποίηση των δεδομένων, σχετικά με τις μεθόδους διάθεσης και ο τρόπος με τον οποίο οι εμπλεκόμενοι φορείς λαμβάνουν μέρος στη διαδικασία λήψης της απόφασης.



- Στο 6<sup>ο</sup> Κεφάλαιο, εφαρμόζουμε το προτεινόμενο πολυκριτηριακό μοντέλο σε μια περιοχή της Φιλανδίας, στην οποία είχε γίνει ανάλογη εφαρμογή στο παρελθόν, γνωρίζοντας, ότι η συγκεκριμένη επιλογή για την εφαρμογή του μοντέλου υπόκειται σε αρκετούς περιορισμούς. Οι λύσεις συγκρίνονται με αυτές, τις οποίες είχαν προτείνει οι προηγούμενοι μελετητές, ενώ τέλος πραγματοποιείται και ανάλυση ευαισθησίας των προτεινόμενων λύσεων.
- Τέλος, στο 7<sup>ο</sup> Κεφάλαιο, παρουσιάζονται τα συμπεράσματα, τα οποία προέκυψαν, μέσω της διαδικασίας εκπόνησης αυτής της εργασίας και φυσικά με βάση την τελική δομή της και τα αποτελέσματά της.

## Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup> Γενικά στοιχεία

### **1.1 Προσδιορισμός της έννοιας “απορρίμματα”**

Η έννοια “απορρίμματα” αναφέρεται στα υπολείμματα μιας διαδικασίας παραγωγής, μεταποίησης ή χρήσης, καθώς και κάθε ουσία, υλικό προϊόν ή πιο γενικά αγαθό, το οποίο έχει εγκαταλειφθεί ή το οποίο προορίζεται να εγκαταλειφθεί από τον κάτοχο του (Γ.Μπαλαφούτας, 1990)

Με βάση αυτό τον ορισμό, το φάσμα των αποβλήτων είναι πολύ ευρύ. Στη συγκεκριμένη εργασία, ωστόσο θα περιοριστούμε στη αξιολόγηση των τρόπων διάθεσης των αστικών στερεών αποβλήτων (ΑΣΑ). Κατά συνέπεια, στη συνέχεια αναφερόμενοι στα απορρίμματα εννοούμε τα ΑΣΑ.

Με τον όρο Αστικά Στερεά Απόβλητα ορίζουμε τα απορρίμματα, τα οποία προέρχονται από τη διατροφή μας και τις άλλες οικιακές δραστηριότητες, καθώς και ένα μέρος των βιομηχανικών και εμπορικών, κυρίως αποβλήτων. Τα ΑΣΑ δεν περιλαμβάνουν ένα μεγάλο τμήμα των βιομηχανικών και οικοδομικών αποβλήτων, τα νοσοκομειακά απορρίμματα και διάφορες ειδικές κατηγορίες αποβλήτων, όπως τα τοξικά, επικίνδυνα, και ραδιενεργά (Θ.Λέκκας, κ.ά., 1991)

## 1.2 Προέλευση απορριμμάτων

Τα απορρίμματα, ανάλογα με την προέλευσή τους μπορούν να διακρίνονται σε κατηγορίες. Αν και οι κατηγορίες αυτές δεν είναι πλήρως αποσαφηνισμένες, είναι δυνατόν να υπάρξει ένας αριθμός τους, σχεδόν κοινά αποδεκτός, ο οποίος σχετίζεται συνήθως με χρήσεις γης ή τη ζωνοποίηση μιας περιοχής (G.Tcobanoglous, et al, 1993).

Η γνώση της προέλευσης των στερεών αποβλήτων παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην διαδικασία σχεδιασμού ενός ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισής τους.

Οι βασικές κατηγορίες προέλευσης των απορριμμάτων προέκυψαν, ύστερα, από σύνθεση των βιβλιογραφικών πηγών (G.Tcobanoglous, et al, 1993, Θ.Λέκκας, κ.ά., 1991) με στόχο να αποτελούν ένα ενδεικτικό οδηγό και είναι οι εξής :

- ✓ *Οικιακά*: τα οικιακά απορρίμματα αποτελούνται από οργανικά και ανόργανα στερεά απόβλητα, τα οποία προέρχονται από οικιστικές περιοχές. Το οργανικό κλάσμα των οικιακών απορριμμάτων αποτελείται από υλικά, όπως υπολείμματα φαγητών, χαρτιά, πλαστικά, υφάσματα, δέρματα, ελαστικά, ξύλα κλπ. Το ανόργανο κλάσμα αποτελείται από υλικά, όπως γυαλί, κονσερβοκούτια, σιδηρούχα μέταλλα, πήλινα σκεύη, αλουμίνιο κλπ.
- ✓ *Εμπορικά*: είναι τα απορρίμματα, τα οποία προέρχονται από καταστήματα, εστιατόρια, γραφεία, ξενοδοχεία. Αποτελούνται σε ένα μεγάλο ποσοστό από τα ίδια περίπου υλικά με τα οικιακά με διαφορετική όμως αναλογία μεταξύ τους.
- ✓ *Απόβλητα αστικής προέλευσης*: προέρχονται από τις διάφορες δημοτικές λειτουργίες όπως καθαρισμός δρόμων, δενδροφυτεύσεις κατασκευές κλπ.
- ✓ *Βιομηχανικά*: είναι αυτά, τα οποία προκύπτουν ως άχρηστα υλικά της παραγωγικής διαδικασίας στην ελαφρά και βαριά βιομηχανία, στις κατασκευές και κατεδαφίσεις, στα διυλιστήρια, χημικές εγκαταστάσεις, σταθμούς ενέργειας κλπ. Αποτελούνται εκτός από τα συνηθισμένα απορρίμματα και από ειδικά απορρίμματα, όπως λάσπες λυμάτων, πυρηνικά κλπ.
- ✓ *Αγροτικά*: προέρχονται από διάφορες αγροτικές εργασίες, όπως καλλιέργειες φυτών, συγκομιδή σοδειάς καθώς και από εργασίες, οι οποίες σχετίζονται με την εκτροφή, σφαγή ζώων κλπ.

- ✓ *Ειδικά:* στην κατηγορία αυτή ανήκουν, διάφορα άλλα είδη απορριμμάτων, όπως αυτά των νοσοκομείων, των γκαράζ, των ενδοαστικών εργαστηρίων. Σε αυτά μπορούν να ενταχθούν και τα επικίνδυνα απόβλητα, όπως είναι τα χημικά, βιολογικά, εύφλεκτα ή και ραδιενεργά.

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως στη συγκεκριμένη εργασία θα ασχοληθούμε με τα ΑΣΑ. Κατά συνέπεια, δε μας αφορούν αυτά της τελευταίας κατηγορίας “ειδικά” καθώς και από τις προηγούμενες όσα είναι επικίνδυνα ή χρήζουν ειδικών διεργασιών διάθεσης. Ωστόσο, σε εισαγωγικό επίπεδο θεωρούμε, ότι είναι χρήσιμο να αναφερθούν προκειμένου να υπάρχει μια σφαιρική εικόνα γύρω από τα στερεά απόβλητα.

### 1.3 Σύσταση των αστικών στερεών αποβλήτων

Οι πληροφορίες, που αφορούν στη σύσταση και σύνθεση των ΑΣΑ είναι πολύ σημαντικές, για την επιλογή του κατάλληλου τρόπου διάθεσής τους.

Μια τυπική ταξινόμηση των ΑΣΑ, με βάση τη σύστασή τους, παρουσιάζεται παρακάτω (Φ.Λώλος, 1992):

- ✓ *Ζυμώσιμα:* υπολείμματα τροφών, νωπά χόρτα
- ✓ *Χαρτιά:* εφημερίδες, βιβλία, κουτιά συσκευασίας, χαρτόνια
- ✓ *Πλαστικά:* PVC όπως φιάλες νερού, PET όπως φιάλες αναψυκτικών, πολυαιθυλένιο σε μορφή φύλλου, διάφορα πλαστικά κλπ.
- ✓ *Μέταλλα:* σιδηρούχα, μη σιδηρούχα όπως αλουμίνιο
- ✓ *Υφάσματα*
- ✓ *Αδρανή υλικά:* πέτρες, χώμα, πορσελάνη, κ.α.
- ✓ *Γυαλί:* λευκό και σκούρο γυαλί
- ✓ *Ξύλα και χόρτα ξηρά*
- ✓ *Δέρμα - λάστιχο*
- ✓ *Λοιπά υλικά*

Η ποσοστιαία σύνθεση, καθώς και ο όγκος των ΑΣΑ είναι συνάρτηση της περιοχής, της χώρας, και της εποχής του έτους και επιπλέον παρουσιάζει διαχρονική μεταβολή. Πιο συγκεκριμένα, εξαρτάται από (Γ.Μπαλαφούτας, 1990):

- ✓ από το είδος του οικισμού (αστικός ή εξωαστικός)
- ✓ από το επίπεδο ζωής (η παραγωγή αυξάνεται όταν αυξάνεται το επίπεδο)
- ✓ από την παροχή ή μη στους κατοίκους ενός οικισμού της ευκολίας της συλλογικά οργανωμένης αποκόμισης (από μια δημοτική ή ιδιωτική εταιρεία)
- ✓ από τις παρεχόμενες ανέσεις για την προσυλλογή (μέσα ή έξω από το διαμέρισμα) την ύπαρξη αυλής, τη διάθεση κάδων, την ύπαρξη κεντρικού αγωγού απορριμμάτων στην πολυκατοικία κλπ
- ✓ από την προαγωγή η μη της περιβαλλοντικής ευαισθησίας του μέσου αυτού ανθρώπου
- ✓ από την προώθηση των προγραμμάτων ανακύκλωσης

Στους πίνακες 1-1 και 1-2, οι οποίοι ακολουθούν, παρουσιάζεται η διακύμανση της σύνθεσης των απορριμμάτων μεταξύ περιοχών της Ελλάδας και μεταξύ χωρών διαφορετικού οικονομικού επιπέδου.

**Πίνακας 1-1: Σύνθεση των οικιακών απορριμμάτων σε ελληνικές πόλεις**

Παράμετρος\ πόλη	Αθήνα	Θεσσαλονίκη	Ρόδος	Χανιά	Κως	Καλαμάτα
Ζυμώσιμα	56	52	41	55	37	47
Χαρτί	20	18	15	19	25	25
Υ-Ξ-Λ	4	8	4	4	5	6
Μέταλλα	3	5	10	4	5	3,5
Πλαστικό	7	7	12	8	11	7,5
Γυαλί	2,5	4	16	4	12	3
Αδρανή	7,5	6	2	6	5	8

Πηγή: (Α.Σκορδύλης, 1993)



**Πίνακας 1-2: Τυπική κατανομή των συστατικών των Α.Σ.Α. για χαμηλού, μεσαίου και υψηλού εισοδήματος χώρες εξαιρουμένων των ανακυκλώσιμων υλικών**

Συστατικό	Χώρες χαμηλού εισοδήματος	Χώρες μεσαίου εισοδήματος	Χώρες υψηλού εισοδήματος
<b>Οργανικά</b>			
Αποφύγια	40-85	20-65	6-30
Χαρτιά	1-10	8-30	20-45
Χαρτόνια			5-15
Πλαστικά	1-5	2-6	2-8
Υφάσματα	1-5	2-10	2-6
Λάστυχα	1-5	1-4	0-2
Δέρματα			0-2
Yard wastes	1-5	1-10	10-20
Ξύλα			1-4
<b>Ανόργανα</b>			
Γυαλί	1-10	1-10	4-12
Κανσέρβικοι	1-5	1-5	2-8
Αλουμίνιο			0-1
Άλλα μέταλλα			1-4
Ακαθαρσίες κ.λπ.	1-40	1-30	0-10

Πηγή: G.Tcobanoglous, et al, 1993

## 1.4 Ιδιότητες των απορριμμάτων

Οι αναλύσεις των απορριμμάτων εκτός από τους παραπάνω τρόπους πρέπει να γίνονται και με βάση τις φυσικές και χημικές τους ιδιότητες. Σε αυτές ανήκουν, ο προσδιορισμός της υγρασίας, της πυκνότητας, του ξηρού στερεού, των πτητικών, της τέφρας, του άνθρακα οργανικού και ανόργανου, του ολικού αζώτου, του ολικού άνθρακα, του υδρογόνου και της θερμογόνου δύναμης. Επίσης, προσδιορίζεται η αναλογία C/N, ο φώσφορος, το θείο, το χλώριο, το φθόριο, το κάλιο, το νάτριο, το χρώμιο, το νικέλιο, ο χαλκός, το κάδμιο, ο ψευδάργυρος, ο μόλυβδος, το ολικό υπόλειμμα καύσης και τα ολικά καύσιμα.

Η γνώση της πυκνότητας των απορριμμάτων είναι απαραίτητη, για να μπορεί να προσδιοριστεί η συνολική μάζα τους και ο όγκος του νερού, ο οποίος πρέπει να αντιμετωπιστεί κατά τη διαχείρισή τους. Το υγρό υλικό των απορριμμάτων μπορεί να υπολογιστεί, μέσω της περιεχόμενης υγρασίας των απορριμμάτων, η οποία εκφράζεται

Πίνακας 1-3: Τυπικές πυκνότητες απορριμμάτων

Συστατικά	Πυκνότητα (kg/m <sup>3</sup> )	Συστατικά	Πυκνότητα (kg/m <sup>3</sup> )
Υπολείμματα τροφών	290	Απορρίμματα κηπών	105
Χαρτιά	85	Στάχτη, σκόνη, τσιβίλα	480
Χαρτόνια	50	Δέρματα	160
Ιθυστικά	65	Υφάσματα	240
Γυαλιά	195	Αδρανή άνω των	250
Μεταλλά	210	Αδρανή κάτω των 20mm	480
Κονσερβές	90		

Πηγή: Γ.Μπαλαφούτας, (1990)

συνήθως ως το βάρος της υγρασίας, το οποίο περιέχεται στη μονάδα βάρους του υγρού ή ξηρού υλικού. Στον πίνακα 1-3 φαίνονται οι τιμές της πυκνότητας διαφόρων ειδών απορριμμάτων.

## 1.5 Η ανάγκη ολοκληρωμένης διαχείρισης των απορριμμάτων

Τα θέματα της διαχείρισης των απορριμμάτων στην Ελλάδα έχουν φθάσει σε ένα κρίσιμο σημείο. Αυτό οφείλεται σε μια σειρά από παράγοντες, οι οποίοι επιβάλλουν όχι μόνο τη χάραξη, αλλά κυρίως την άμεση υλοποίηση ενός στρατηγικού σχεδιασμού, ο οποίος θα αφορά στη διαχείριση των απορριμμάτων στην Ελλάδα.

Τα σημαντικότερα σημεία, τα οποία επιβάλλουν άμεση δράση, είναι τα εξής(Κ.Αραβώσης, 1998, Κ.Αραβώσης, 1999):

- Υπάρχει παγκόσμια ευαισθητοποίηση σε θέματα περιβάλλοντος
- Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει υιοθετήσει μια ενιαία νομοθεσία, με την οποία θα πρέπει άμεσα να συμμορφωθεί η Ελλάδα
- Τα χρηματοδοτικά μέσα της Κοινότητας διευκολύνουν, αλλά και επιβάλλουν μια τέτοια πορεία

- Τα ιδιαίτερα αυξημένα περιβαλλοντικά προβλήματα λόγω της μη σωστής μέχρι σήμερα διαχείρισης (τοξικά, επικίνδυνα απόβλητα, ανεξέλεγκτη απόρριψη, μη ελεγχόμενες συσκευασίες)
- Η αύξηση κατά 20% του όγκου των απορριμμάτων τα τελευταία επτά χρόνια

## **1.6 Οι κατευθύνσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη διαχείριση των απορριμμάτων**

Η Ευρωπαϊκή Ένωση μέσω της «Κοινοτικής Στρατηγικής για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων» (SEC 89/934/Τελικό) έχει θέσει κάποιους στόχους οι οποίοι προβλέπουν με ιεραρχική σειρά τα παρακάτω:

A.1. : Πρόληψη: δηλαδή ο περιορισμός σχηματισμού των απορριμμάτων που επιτυγχάνεται (α) μέσα από την εφαρμογή καθαρότερων τεχνολογιών παραγωγής και (β) με παρέμβαση στα παραγόμενα προϊόντα, έτσι ώστε κατά την κατανάλωσή τους να παράγονται λιγότερα και φιλικότερα προς το περιβάλλον απορρίμματα.

A.2. : Επαναξιοποίηση ή Ανακύκλωση: δηλαδή η επανένταξη του απορρίμματος στον οικονομικό κύκλο, που μπορεί να προωθηθεί με: (α) την έρευνα και ανάπτυξη κατάλληλων τεχνολογιών, (β) τη βελτιστοποίηση των συστημάτων διαλογής στην πηγή και διαχωρισμού, (γ) τη μείωση των εξόδων επαναξιοποίησης και (δ) τη δημιουργία αξιόπιστων αγορών των ανακυκλούμενων προϊόντων

A.3. : βελτιστοποίηση της τελικής διάθεσης των μη ανακυκλούμενων υλικών, που οδεύουν προς τις χωματερές με προηγούμενη επεξεργασία, ώστε να μειωθεί ο όγκος και η επικινδυνότητά τους (π.χ. αδρανοποίηση, σταθεροποίηση, ζύμωση κλπ) και με θέσπιση αυστηρών προδιαγραφών για τις χωματερές και ειδικότερα όσον αφορά την επιλογή της θέσης, την υποδομή του χώρου, τη λειτουργία, τον έλεγχο των απορριπτόμενων υλικών και την τελική επανένταξη του χώρου.

A.4. : ασφαλής μεταφορά, κύρια για τα επικίνδυνα απόβλητα

A.5. : θεραπεία, δηλαδή αποκατάσταση των βλαβών στο περιβάλλον (έδαφος και υπόγεια νερά), που οφείλονται στην κακή διαχείριση των στερεών αποβλήτων.

Η κοινοτική οδηγία 91/156/ΕΟΚ με τίτλο “Για την τροποποίηση της οδηγίας 75/442/ΕΟΚ περί των στερεών αποβλήτων” δυο περίπου, χρόνια μετά ορίζει στο άρθρο 3, ως στόχους των κρατών μελών, ιεραρχικά τους παρακάτω:

A. Κατά πρώτον, την πρόληψη ή την μείωση της παραγωγής και της βλαπτικότητας των αποβλήτων, ιδίως με:

- ⇒ την ανάπτυξη καθαρών τεχνολογιών
- ⇒ την τεχνική τελειοποίηση και τη διάθεση στην αγορά προϊόντων κατάλληλα, προς τούτο σχεδιασμένων.
- ⇒ την ανάπτυξη κατάλληλων τεχνικών για την τελική διάθεση των επικίνδυνων ουσιών, που περιέχονται στα απόβλητα, τα οποία προορίζονται για αξιοποίηση.

B. Στη συνέχεια:

- ⇒ την αξιοποίηση των αποβλήτων με ανακύκλωση, επαναχρησιμοποίηση ή ανάκτηση, ή οποιαδήποτε άλλη ενέργεια, η οποία έχει στόχο την παραγωγή δευτερογενών πρώτων υλών ή
- ⇒ τη χρησιμοποίηση των αποβλήτων ως πηγή ενέργειας

Αντίστοιχες κατευθύνσεις διατυπώνονται και στην απόφαση του 1992 της Επιτροπής (Comission) για την Αειφόρο Ανάπτυξη.

## 1.7 Ο σχεδιασμός στην Ελλάδα για τη διαχείριση των απορριμμάτων

Σύμφωνα με το ισχύον θεσμικό πλαίσιο, στην Ελλάδα (ιδιαίτερα με βάση την ΚΥΑ 69728/824/96 “Μέτρα και όροι για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων”) οι βασικοί στόχοι της πολιτικής διαχείρισης των στερεών αποβλήτων στη χώρα μας είναι:

- ✓ Η πρόληψη ή και η μείωση της παραγωγής και της βλαπτικότητας των αποβλήτων ιδίως με:
  - Την ανάπτυξη καθαρών και πιο οικονομικών τεχνολογιών με τις οποίες μπορεί να γίνει ηπιότερη εκμετάλλευση των φυσικών πόρων

- Την τεχνική τελειοποίηση και τη διάθεση στην αγορά προϊόντων, τα οποία είναι σχεδιασμένα, έτσι ώστε να μη συμβάλλουν καθόλου ή να συμβάλλουν όσο το δυνατόν λιγότερο (λόγω της παραγωγής, της χρήσης ή της τελικής τους διάθεσης) στην αύξηση της ποσότητας ή της βλαπτικότητας των αποβλήτων και των κινδύνων της ρύπανσης
- Την ανάπτυξη κατάλληλων τεχνικών για την τελική διάθεση των επικίνδυνων ουσιών, οι οποίες περιέχονται στα απόβλητα, που προορίζονται για αξιοποίηση.

και στη συνέχεια:

- ✓ Η αξιοποίηση των αποβλήτων με ανακύκλωση, επαναχρησιμοποίηση, ανάκτηση ή οποιαδήποτε άλλη διαδικασία, η οποία έχει στόχο την παραγωγή δευτερογενών πρώτων υλών
- ✓ Η χρησιμοποίηση των αποβλήτων ως πηγής ενέργειας

Με την ΚΥΑ αυτή ενσωματώθηκε στην εθνική μας νομοθεσία η κοινοτική οδηγία 91/156, με την οποία τροποποιείται η οδηγία πλαίσιο για τη διαχείριση των αποβλήτων 75/442. Οι βασικές αρχές αυτού του θεσμικού πλαισίου είναι οι εξής:

- ✓ Ενθάρρυνση της μείωσης της παραγωγής αποβλήτων, καθώς επίσης και της βλαπτικότητάς τους
- ✓ Ανάκτηση των αποβλήτων και αξιοποίησή τους, μέσω ανακύκλωσης, επαναχρησιμοποίησης, καθώς επίσης και ως πηγής ενέργειας
- ✓ Ασφαλής, από περιβαλλοντική και υγειονομικής άποψης, διάθεση των αποβλήτων



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2°

### Προσδιορισμός και Περιγραφή των Βασικότερων Εναλλακτικών Μεθόδων Διάθεσης Απορριμμάτων

#### **2.1 Εισαγωγή**

Κάθε ρύθμιση για τη διάθεση των απορριμμάτων πρέπει να έχει ως στόχο την προστασία της υγείας του ανθρώπου και τη διασφάλιση του περιβάλλοντος από επιβλαβείς συνέπειες.

Τα απορρίμματα δε μπορούν να εξαφανισθούν, αλλά μετατρέπονται με φυσικούς τρόπους ή με τη χρήση τεχνικών μεθόδων σε άλλη στερεά, υγρή ή αέρια μορφή. Αυτή η τελική τους μορφή, πρέπει να προξενεί τη λιγότερη δυνατή ρύπανση.

Υπάρχει ένας αριθμός μεθόδων διάθεσης των απορριμμάτων, όπως η υγειονομική ταφή, η θερμική επεξεργασία μέσω καύσης ή πυρόλυσης, η μηχανική διαλογή με βιοσταθεροποίηση, η ανακύκλωση, καθώς επίσης και παραλλαγές αυτών των μεθόδων.

Σε παγκόσμιο επίπεδο το ποσοστό χρήσης των διαφόρων μεθόδων διάθεσης ποικίλλει ανάλογα με τη χώρα. Η χρήση της μιας ή της άλλης μεθόδου διάθεσης ή συνδυασμού τους εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, οι οποίοι άπτονται του οικονομικού επιπέδου, της περιβαλλοντικής ευαισθησίας κ.λπ. Στους πίνακες 2-1, 2-2 παρουσιάζονται τα

ποσοστά εφαρμογής κάθε μεθόδου διάθεσης απορριμμάτων σε διάφορες χώρες της Ε.Ε., του κόσμου και στην Ελλάδα.

**Πίνακας 2-1: Μορφές διαχείρισης απορριμμάτων στην Ελλάδα (1992)**

Μέθοδος	Ποσότητα Α.Σ.Α. (τόνου/έτος)	Ποσοστό %
Μηχανική ανάκτηση	4.000	0,13
Ανακύκλωση	178.700	5,96
Καύση	730	0,02
Ταφή	2.817.000	93,90

Πηγή: Κ.Αραβώσης(1998)

**Πίνακας 2-2: Ποσοστά εφαρμογής των μεθόδων διάθεσης σε διάφορες χώρες (1990)**

Χώρα	Χ.Υ.Τ.Α.	Βιοσταθεροποίηση	Καύση
Γερμανία	70	3	27
Βέλγιο	65	11	24
Γαλλία	54	11	35
Ιρλανδία	100	-	-
Ιταλία	53	10	32
Βρετανία	91	1	8
Ε.Ο.Κ.	68,3	5,3	25,1
Η.Π.Α.	80	10	10
Ιαπωνία	32,3	3,2	64,5

Πηγή: Κ.Αραβώσης (1999)

## 2.2 Υγειονομική ταφή απορριμμάτων

Ιστορικά, η υγειονομική ταφή των απορριμμάτων, αποτελεί την πλέον γνωστή και εφαρμοσμένη μέθοδο διάθεσης στερεών αποβλήτων παγκόσμια. Ακόμα και με την εφαρμογή νέων μεθόδων, η διάθεση των στερεών αποβλήτων (οικιακών) σε χώρους υγειονομικής ταφής, παραμένει σημαντική παράμετρος μιας ολοκληρωμένης διαχείρισης στερεών αποβλήτων (G.Tsobanoglous, et al, 1993). Αυτό συμβαίνει, διότι οι άλλες μέθοδοι - καύση, πυρόλυση, κομποστοποίηση κλπ - αφήνουν κατάλοιπα τα οποία

δεν είναι δυνατόν να αναχθούν σε απλούστερα υλικά και άρα αναγκαστικά πρέπει να εναποτεθούν. Συνεπώς, η ελεγχόμενη εναπόθεση δεν είναι εναλλακτική λύση άλλων μεθόδων διάθεσης απορριμμάτων αλλά κύριο και αναπόφευκτο τμήμα της λύσης του γενικότερου προβλήματος (Α.Σκορδίλης, 1993).

Υγειονομική ταφή (Υ.Τ), είναι η διαδικασία, κατά την οποία τα στερεά απορρίμματα εναποτίθενται σε φυσικούς χώρους έχοντας υποστεί διάστρωση, συμπίεση και κάλυψη με κατάλληλο υλικό (κυρίως χώμα) (Α.Σκορδίλης, 1993).

Χώροι Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (Χ.Υ.Τ.Α.), είναι οι χώροι, οι οποίοι μετά την κατασκευή των κατάλληλων έργων υποδομής οργανώνονται σωστά, ώστε να δέχονται απορρίμματα προς Υ.Τ.

Με τον τρόπο, με τον οποίο, σήμερα, τουλάχιστον πρέπει να πραγματοποιείται η υγειονομική ταφή στοχεύεται, η ελαχιστοποίηση του κινδύνου για τη δημόσια υγεία και των άλλων επιβλαβών επιρροών στο περιβάλλον.

Στη μέθοδο της Υ.Τ. τα απορρίμματα μεταφέρονται στον κατάλληλα διαμορφωμένο χώρο και συμπιέζονται, ενώ διαστρώνονται με συμβατικά ερπυστριοφόρα χωματουργικά μηχανήματα (προωθητές ή φορτωτές) κατά το δυνατόν ομοιόμορφα, σε στρώσεις προκαθορισμένου πάχους, οι οποίες χωρίζονται μεταξύ τους από στρώσεις αδρανούς υλικού (χώμα), έτσι ώστε πρακτικά να εκλείπει κάθε υγειονομική ή αισθητική αρνητική επίπτωση στο περιβάλλον.

### 2.2.1 Μέθοδοι Υγειονομικής Ταφής

Μέχρι σήμερα είναι γνωστές τέσσερις τεχνικές ελεγχόμενης διάθεσης (Α.Σκορδίλης, 1993):

1. *Συμβατική Υγειονομική Ταφή*: Η μέθοδος αυτή συνίσταται στη διάστρωση των απορριμμάτων σε διαδοχικές στρώσεις 1,5-2m, στη μερική συμπίεσή τους, η οποία πραγματοποιείται κατά τη διάστρωση και στην καθημερινή τους επικάλυψη με αδρανή υλικά (συνήθως χώμα) πάχους 10-30cm. Στη μέθοδο αυτή επιδιώκεται η αερόβια χώνευση των απορριμμάτων γι' αυτό δεν πρέπει οι διαδοχικές στρώσεις να

- είναι παχύτερες των 2m. Η μέση πυκνότητα των απορριμμάτων είναι 600-800 kg/m<sup>3</sup>.
2. *Συμπιεσμένη κατόρυξη*: Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται σήμερα στους μέτριους και μεγάλους σταθμούς Υ.Τ. (>80tn/ημ). Συνίσταται στη διάστρωση των απορριμμάτων σε λεπτές στρώσεις (30-50cm) και τη συμπίεσή τους σε πυκνότητες 800-1000 kg/m<sup>3</sup>. Η τεχνική της συμπιεσμένης Υ.Τ. ευνοεί την αναερόβια χώνευση των απορριμμάτων. Η εν λόγω μέθοδος πλεονεκτεί της προηγούμενης, στα εξής: α) απαιτούνται λιγότερα χώματα επικάλυψης β) τα απορριμματοφόρα κυκλοφορούν πάνω στα απορρίμματα γ) επιτυγχάνεται μεγαλύτερη εκμετάλλευση του χώρου δ) οι καθιζήσεις είναι λιγότερες και ε) η κατάσταση του σκουπιδότοπου είναι σαφώς πιο βελτιωμένη.
  3. *Υ.Τ. μετά από λεπτοτεμαχισμό*: Η μέθοδος αυτή συνίσταται στον τεμαχισμό των απορριμμάτων και μετά στη διάστρωσή τους. με τον λεπτοτεμαχισμό εξαφανίζονται τα κενά και ομογενοποιείται η μάζα των απορριμμάτων. Ο λεπτοτεμαχισμός διπλασιάζει την πυκνότητα των απορριμμάτων. Τα βασικά πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου έναντι των δύο προηγούμενων είναι: α) ταχεία χώνευση των απορριμμάτων β) εξέλιξη σε βραδεία κομποστοποίηση γ) μείωση των στραγγισμάτων και δ) δυσκολία ανάπτυξης βλαβερών ζώων.
  4. *Υ.Τ. σε μπάλες*: Με τη μέθοδο αυτή τα απορρίμματα συμπιέζονται σε μπάλες υψηλής πυκνότητας (π.χ. 1000 kg/m<sup>3</sup>). Έχει το πλεονέκτημα, ότι οι μπάλες μεταφέρονται και τοποθετούνται πολύ εύκολα, χωρίς προβλήματα καθίζησης, ενώ τα υλικά επικάλυψης είναι ελάχιστα. Ωστόσο, πρόκειται για πολύ ακριβή μέθοδο.

### 2.2.2 Μέθοδοι πλήρωσης χώρων υγειονομικής ταφής

Υπάρχουν τρεις βασικές μέθοδοι πλήρωσης χώρων απόθεσης των στερεών αποβλήτων (G.Tcobanoglous, 1993, Θ.Λέκκας, 1991).

1. *Η μέθοδος των κυψελών ή των τάφρων (excavated cell/trench method)*: Η συγκεκριμένη μέθοδος Υ.Τ. προσφέρεται για περιοχές όπου υπάρχει επάρκεια διαθέσιμου υλικού για επικάλυψη και ο υδροφόρος ορίζοντας δεν είναι κοντά στην επιφάνεια. Οι κυψέλες είναι τετραγωνισμένες με μήκος 300 μέτρα ανά πλευρά περίπου και κλίση πλευρών από 1,5:1 ως 2:1. Οι τάφροι ποικίλουν από 70-300 μέτρα μήκος, 1-3 μέτρα βάθος και 5-20 μέτρα πλάτος.

2. *Η επιφανειακή μέθοδος (area method)*: Εφαρμόζεται όπου δε μπορεί να πραγματοποιηθεί η προηγούμενη γιατί δεν το επιτρέπει η υψηλή στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα. Η προετοιμασία του χώρου προϋποθέτει οριοθέτηση του χώρου απόθεσης και σύστημα ελέγχου των στραγγισμάτων
3. *Η μέθοδος των φυσικών ή τεχνητών κοιλοτήτων*: Σύμφωνα με αυτή τη μέθοδο χρησιμοποιούνται ως Χ.Υ.Τ.Α. περιοχές, όπως λατομεία, ρεματιές κλπ. Οι τεχνικές εναπόθεσης σε τέτοιες περιοχές ποικίλλουν, ανάλογα με τα γεωγραφικά τους χαρακτηριστικά. Συνήθως το γέμισμα τέτοιων περιοχών ξεκινάει από το τέλος προς το υψηλότερο σημείο για να προλαμβάνονται προβλήματα από συσσώρευση νερού.

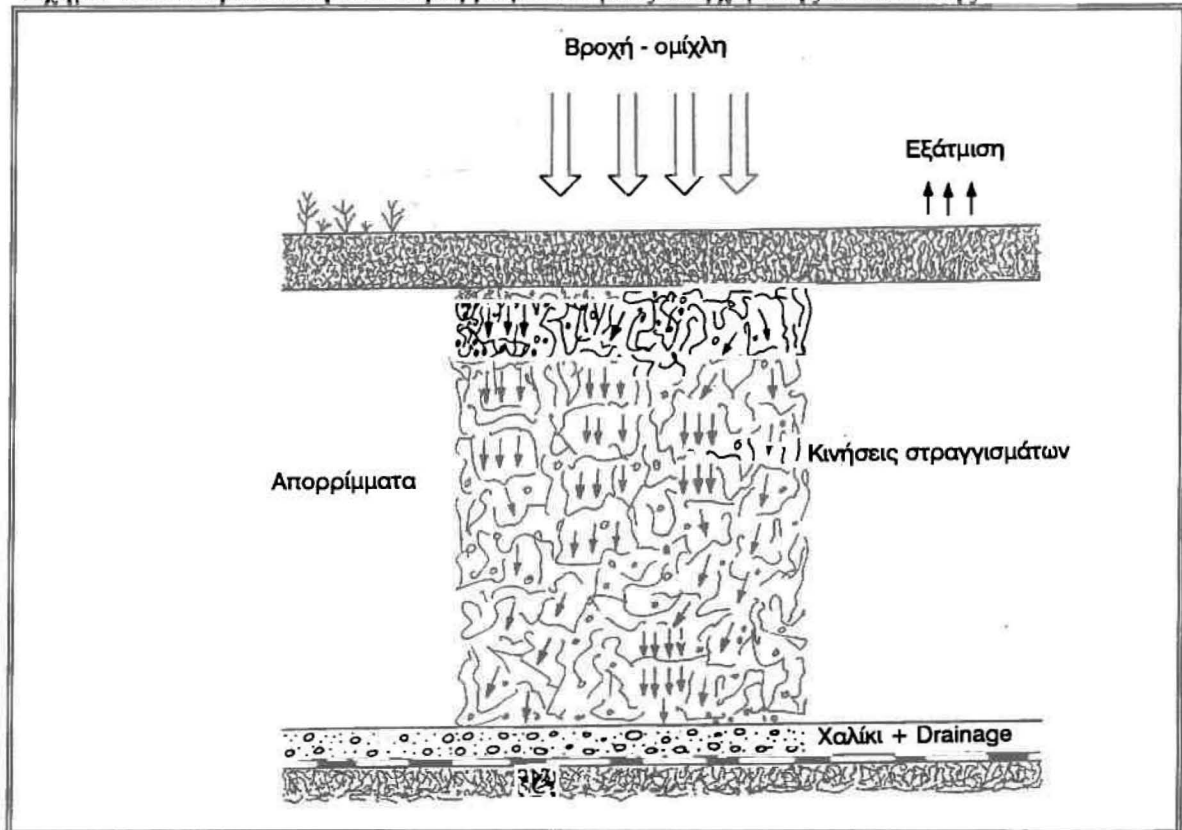
### 2.2.3 Γενικές αρχές σχεδιασμού και λειτουργίας της υγειονομικής ταφής

Τα κύρια στοιχεία, τα οποία πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό, προγραμματισμό, και λειτουργία των Χ.Υ.Τ.Α. είναι τα εξής (G.Tcobanoglous, 1993):

- ✓ *Οριοθέτηση και σχεδιασμός των Χ.Υ.Τ.Α.*
- ✓ *Διαχείριση των λειτουργιών στον Χ.Υ.Τ.Α.*
- ✓ *Έλεγχος των αντιδράσεων που λαμβάνουν χώρα στον Χ.Υ.Τ.Α.*: τα στερεά απορρίμματα που τοποθετούνται στους Χ.Υ.Τ.Α. υφίστανται ένα αριθμό ταυτόχρονων και σημαντικών βιολογικών χημικών και φυσικών αλλαγών
- ✓ *Διαχείριση των αερίων*: το αέριο που εξάγεται σε ένα Χ.Υ.Τ.Α. είναι μίξη μεθανίου ( $\text{CH}_4$ ) και διοξειδίου του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ) που είναι τα κύρια συστατικά της αναερόβιας αποσύνθεσης κατά τη βιοδιάσπαση του οργανικού κλάσματος των απορριμμάτων. Οι ποσότητες των παραγόμενων αερίων εξαρτώνται μόνο από τις μικροβιολογικές διεργασίες και περιορίζονται από τη σύνθεση των απορριμμάτων και μια σειρά άλλων παραγόντων (Α.Σκορδύλης, 1993).

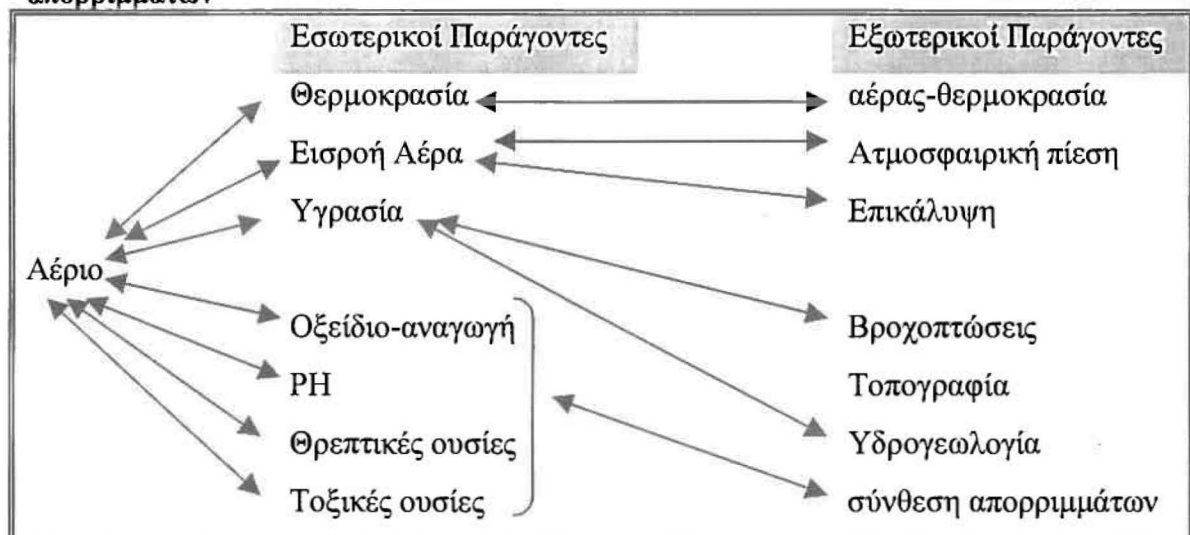
*Διαχείριση των στραγγισμάτων*: τα στραγγίσματα αφορούν όλες τις ευδιάλυτες ουσίες που σχηματίζονται κατά τη γήρανση του εναποτειθέμενου υλικού και τα διαλυτά προϊόντα της γήρανσης και της αποσάθρωσης. Η παραγωγή των στραγγισμάτων επηρεάζεται κυρίως από τις κλιματολογικές συνθήκες, τη μορφολογία της περιοχής και τον τρόπο λειτουργίας του Χ.Υ.Τ.Α. Η συμπεριφορά των στραγγισμάτων απεικονίζεται στο σχήμα 2-2.

Σχήμα 2-2: Παράσταση των στραγγισμάτων μιας ελεγχόμενης εναπόθεσης



Πηγή: Α.Σκορδίλης (1993)

Σχήμα 2-1: Παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγή αερίων στους χώρους διάθεσης απορριμμάτων



Πηγή: Α.Σκορδίλης (1993)

- ✓ *Περιβαλλοντικό έλεγχο:* αυτός εμπεριέχει τις δραστηριότητες που σχετίζονται με τη συλλογή και ανάλυση δείγματος νερού και αέρα, τα οποία χρησιμεύουν για να ελέγχεται η κίνηση των αερίων και των στραγγισμάτων στον Χ.Υ.Τ.Α.



- ✓ *Κλείσιμο του Χ.Υ.Τ.Α. και επανένταξη του χώρου:* ο σχεδιασμός της αποκατάστασης και επανένταξης, πρέπει να στηρίζεται στα χαρακτηριστικά του τοπίου και της περιοχής, την πρόβλεψη για αναψυχή, την προστασία των βιοτόπων, του μικροκλίματος, της γεωργίας, των δασών και πάντοτε με τον προβλεπόμενο για τα παραπάνω υφιστάμενο σχεδιασμό ανάπτυξης

## 2.3 Μηχανική διαλογή

Η μηχανική διαλογή είναι η μέθοδος, κατά την οποία, τα στερεά απορρίμματα διαχωρίζονται σε συγκεκριμένες κατηγορίες μέσα από μια σειρά μηχανικών και φυσικών μεθόδων(ΕΛΚΕΠΑ). Υπάρχουν δυο βασικά συστήματα διαχωρισμού, ο υγρός και ο ξηρός που αποτελεί και την πλειοψηφία των εγκατεστημένων μονάδων μηχανικής διαλογής Α.Σ.Α.

Οι βασικοί παράγοντες στη μηχανική διαλογή είναι(Α.Σκορδίλης, 1990):

1. *Ο βαθμός ανάκτησης*, δηλαδή η ποσότητα και
2. *Η ποιότητα*

Με τις διαδικασίες της μηχανικής διαλογής επιτυγχάνονται τα ακόλουθα(Φ.Λώλος, 1992, Α.Σκορδίλης, 1990):

- ✓ Ο διαχωρισμός των χρήσιμων υλικών, όπως χαρτί, χαρτόνι, μέταλλα, πλαστικό, γυαλί κλπ με σκοπό την ανακύκλωσή τους
- ✓ Η παραγωγή πρώτης ύλης για παραγωγή εδαφοβελτιωτικού
- ✓ Η παραγωγή καύσιμης ύλης με τη μορφή RDF (Refuse Derived Fuel).
- ✓ Η βελτίωση των συνθηκών αποτέφρωσης
- ✓ Η μείωση του όγκου των αποβλήτων
- ✓ Ο διαχωρισμός σύμφωνα με το μέγεθος
- ✓ Αύξηση ή ελάττωση της επιφάνειας

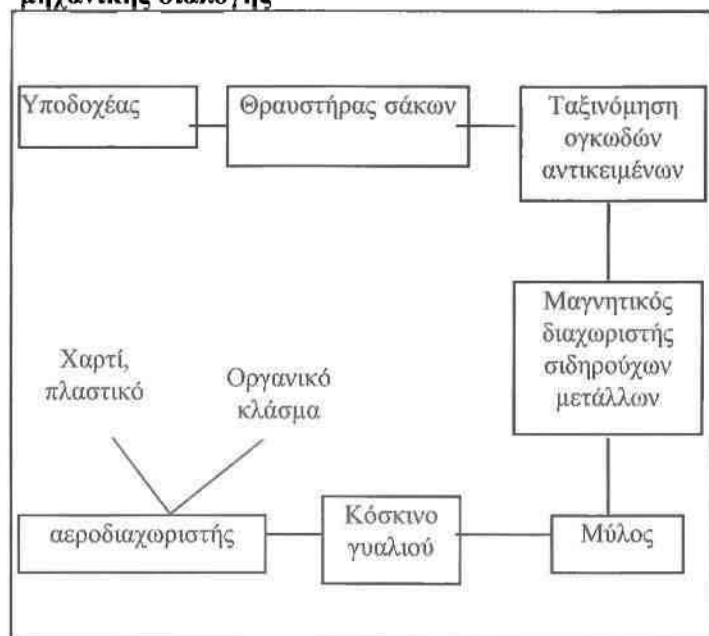
Τα στάδια της μηχανικής διαλογής είναι τα εξής (Α.Σκορδίλης, 1992):

1. *Τεμάχισμός:* είναι η διαδικασία βάση της οποίας τα Α.Σ.Α. ελαχιστοποιούν τη μάζα τους με την επίδραση ειδικών μηχανών. Πρόκειται για θραυστήρες και μύλους οι



- οποίοι με γρήγορες ή αργές κινήσεις ανάλογα με το υλικό και τη μάζα του, το τεμαχίζουν.
2. *Ταξινόμηση*: με τη διαδικασία αυτή επιτυγχάνεται ο διαχωρισμός των αντικειμένων με βάση τη μάζα τους ή το βάρος τους. Αυτό γίνεται με τη διοχέτευση των απορριμμάτων πάνω σε μια διάτρητη επιφάνεια, όπου με βάση το μέγεθος των οπών περνάνε και τα αναλόγου μεγέθους απορρίμματα ή με αεροδιαχωρισμό, όπου τα υλικά ξεχωρίζονται ανάλογα με το βάρος τους.
  3. *Διαχωρισμός*: επιτυγχάνεται εξαιτίας των διαφορετικών ιδιοτήτων των υλικών και έχει ως αποτέλεσμα τη διάσπαση ενός υλικού σε συστατικά διαφορετικού είδους. Οι ιδιότητες αυτές, μπορεί να είναι φυσικές ή χημικές ή συνδυασμός και των δυο
  4. *Συμπύεση*: τη συγκεκριμένη διαδικασία την επιδιώκουμε, όταν θέλουμε να αυξήσουμε την πυκνότητα του υλικού ή για να είναι πιο εύκολος ο χειρισμός αυτών των υλικών.

**Σχήμα 2-3: Τυπικό διάγραμμα ροής μονάδας μηχανικής διαλογής**



Πηγή: Θ.Λέκκας κ.ά. (1991)

Γενικά, φαίνεται ότι η μηχανική διαλογή είναι κατάλληλη για απορρίμματα σιδήρου (scrap) και για την παραγωγή του RDF. Η μηχανική διαλογή των χαρτιών και του γυαλιού

παρουσιάζει ειδικά προβλήματα, λόγω της εν γένει χαμηλής ποιότητας αυτών των προϊόντων. Ειδικά, όσον αφορά τα κομμάτια γυαλιού υπάρχει το πρόβλημα της ανάμιξης των χρωμάτων, κάτι το οποίο όταν συμβαίνει, μειώνει την ποιότητα των προϊόντων. Τέτοια προβλήματα, δεν υπάρχουν στο RDF το οποίο είναι, ουσιαστικά, μικτό προϊόν.

## 2.4 Βιοσταθεροποίηση<sup>1</sup>

Η βιοσταθεροποίηση είναι μια μέθοδος διάθεσης των στερεών αποβλήτων, η οποία περιλαμβάνει ένα σύνολο μηχανικών και βιολογικών διεργασιών, οι οποίες έχουν ως αποτέλεσμα την παραγωγή εδαφοβελτιωτικού (compost). Το βασικό πλεονέκτημα της συγκεκριμένης μεθόδου συνίσταται στο γεγονός, ότι ανακτάται το οργανικό μέρος των απορριμμάτων και μετατρέπεται σε χρήσιμο εδαφοβελτιωτικό.

Εδαφοβελτιωτικό είναι το σταθεροποιημένο και απαλλαγμένο από παθογόνους οργανισμούς προϊόν της λιπασματοποίησης. Το εδαφοβελτιωτικό έχει υποστεί μια αρχική ταχεία αποσύνθεση και βρίσκεται στο στάδιο της χουμοποίησης (HUMUS)(Θ.Λέκκας, κά.,1991)

Το βελτιωτικό εδάφους αν τελικά είναι καλής ποιότητας μπορεί να αυξήσει την παραγωγή γιατί έχει τις εξής ιδιότητες(Α.Σκορδίλης, 1995):

- ✓ Εμπλουτίζει το έδαφος με θρεπτικές ουσίες
- ✓ Αυξάνει το πορώδες του εδάφους
- ✓ Δημιουργεί ευνοϊκές συνθήκες αερισμού στο έδαφος και κατακρατεί την υγρασία

Χρησιμοποιείται σε διάφορες καλλιέργειες, στην αμπελουργία, δενδροκομία, ανθοκομία και γενικά στους χώρους πρασίνου.

Στην πολύπλοκη αυτή διαδικασία λαμβάνουν μέρος διάφοροι μικροοργανισμοί. (βακτήρια, μύκητες, πρωτόζωα). Η δραστηριότητα των μικροοργανισμών εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως:

- ✓ *Αναλογία C/N*: Η ιδανική αναλογία είναι 35:1, διαφορετικά επιδρά αρνητικά στην ταχύτητα αποδόμησης των οργανικών ουσιών με αποτέλεσμα να χάνεται αρκετός άνθρακας και κατ' ακολουθία HUMUS.
- ✓ *Υγρασία των απορριμμάτων*: Η τροφή των μικροοργανισμών είναι πάντα σε υγρή μορφή. Η ιδανική υγρασία είναι μεταξύ 40-60%.

<sup>1</sup> Στο εξής η αναφορά των όρων «βιοσταθεροποίηση» και «λιπασματοποίηση» θα θεωρείται ισοδύναμη

- ✓ *Παροχή οξυγόνου:* Η βιοσταθεροποίηση γίνεται κάτω από αερόβιες συνθήκες. Αυτές επιτυγχάνονται με γύρισμα των απορριμμάτων, με συνεχές ανακάτεμα και με εισαγωγή αέρα μέσω διάτρητων σωλήνων.
- ✓ *pH:* Αυτό πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 5 και 7
- ✓ *Θερμοκρασία:* Σε θερμοκρασίες πάνω από 55-60 βαθμούς Κελσίου σκοτώνονται τα μικρόβια κάτι το οποίο πρέπει να αποφεύγεται.

Υπάρχουν οι παρακάτω φάσεις στη ζύμωση των απορριμμάτων(Γ.Μπαλαφούτας, 1990):

1. *Λανθάνουσα φάση:* στη φάση αυτή αναπτύσσονται οι αποικίες των μικροβίων.
2. *Φάση της αύξησης:* Η θερμοκρασία αυξάνεται στους 40-45°C. Αναπτύσσονται τα μεσόφιλα μικρόβια που πεθαίνουν σε αυτές τις θερμοκρασίες.
3. *Φάση θερμόφιλος:* Αναπτύσσονται τα θερμόφιλα μικρόβια. Στους 60-70°C πεθαίνουν και αυτά.
4. *Φάση ωρίμανσης:* με τη φάση αυτή τελειώνει η διαδικασία. Τα δύο μικροβιακά κύματα κατανάλωσαν το οξυγόνο και έκαναν το μέσο αναερόβιο. Στη φάση αυτή πρέπει να αποκαθίσταται η αερόβιος λειτουργία με γύρισμα του σωρού.

## 2.5 Καύση

Καύση είναι η πλήρης οξείδωση του προϊόντος σε διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Σκοπός της καύσης, είναι η ελάττωση του όγκου των απορριμμάτων, με ταυτόχρονη μετατροπή τους σε υλικά μη επιβλαβή για την υγεία και η κατά το δυνατόν εκμετάλλευση της ευρισκόμενης στα απορρίμματα ενέργειας, για διάφορους σκοπούς π.χ. θέρμανση, παραγωγή ατμού, παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Κατά την καύση λαμβάνουν χώρα, οι εξής φυσικές και χημικές διεργασίες (Χ.Τσομπανίδης, 1992) :

1. *Ξήρανση:* επιτυγχάνεται μέσω της ακτινοβολίας περίπου στους 100°C
2. *Θερμική διάσπαση των οργανικών ενώσεων:* επιτυγχάνεται στους 250-900°C, κατά την οποία απομακρύνονται τα πτητικά υλικά

3. *Απαερίωση*: περιλαμβάνει τη μετατροπή των ανθρακούχων υλικών από υψηλές θερμοκρασίες (800-1150°C) σε αέριο καύσιμο υλικό
4. *Κύρια καύση*: τα αέρια που προήλθαν από τα προηγούμενα στάδια της καύσης

Εξαιρετική σημασία για την πετυχημένη εφαρμογή της καύσης έχει η πλήρης γνώση της σύστασης των Α.Σ.Α. και κυρίως της θερμογόνου δύναμής τους, η οποία συνήθως έχει τιμή περίπου 2500kcal/kg. Η βασική πηγή της θερμογόνου δύναμης των Α.Σ.Α. είναι η κυτταρίνη, η οποία περιέχεται στο χαρτί και στο χαρτόνι.

Προϋποθέσεις για την πλήρη καύση είναι:

- ✓ Αρκετό καύσιμο υλικό και οξειδωτικό μέσο στην εστία καύσης
- ✓ Εφικτή θερμοκρασία ανάφλεξης
- ✓ Συνεχής απομάκρυνση των αερίων, τα οποία παράγονται κατά την καύση
- ✓ Σωστή αναλογία μίγματος καύσιμης ύλης - οξυγόνου
- ✓ Συνεχής απομάκρυνση των υπολειμμάτων της καύσης
- ✓ Κατάλληλη θερμοκρασία
- ✓ Τυρβώδης ροή των αερίων
- ✓ Επαρκής χρόνος παραμονής στην περιοχή καύσης
- ✓ Τύρβωση και ανακίνηση των απορριμμάτων

Όσον αφορά τα προϊόντα της διαδικασίας της καύσης, είναι τα ακόλουθα:

- ✓ *Απαέρια (με υδρατμούς)*: που μετά τον καθορισμό τους είναι κατάλληλα για διάθεση στην ατμόσφαιρα
- ✓ *Ανόργανη τέφρα*: Από αυτή με περαιτέρω επεξεργασία μπορεί να γίνει ανάκτηση υλικών και η υπόλοιπη οδηγείται προς υγειονομική ταφή
- ✓ *Υδατικό απόβλητο*: αποτέλεσμα των διαδικασιών σβέσης της τέφρας και ψύξης των αερίων
- ✓ *Θερμότητα*: που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ατμού ή ηλεκτρικής ενέργειας.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>

### Οι Κυριότερες Μέθοδοι Αξιολόγησης Προγραμμάτων και τα Βασικά Υπολογιστικά Εργαλεία Υποστήριξής τους

#### **3.1. Εισαγωγή**

Όπως στα προηγούμενα κεφάλαια αναφέρθηκε, σήμερα ο αριθμός των διαθέσιμων εναλλακτικών μεθόδων διάθεσης απορριμμάτων έχει αυξηθεί σημαντικά. Κάθε φορέας, αρμόδιος για το πρόβλημα των απορριμμάτων, ο οποίος προγραμματίζει μια νέα στρατηγική επεξεργασίας και διάθεσης, πρέπει να περιλαμβάνει κατά τη διαδικασία επιλογής όλες τις εφικτά τεχνικές λύσεις.

Η επιλογή μιας συγκεκριμένης μεθόδου διάθεσης ή συνδυασμού τους εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, οι οποίοι αφορούν, κυρίως, στην περιοχή στην οποία θα εγκατασταθούν οι μονάδες διάθεσης. Κατά συνέπεια, η τελική απόφαση προκύπτει, ύστερα, από συνεξέταση αυτών των παραγόντων, οι οποίοι αρκετές φορές είναι αντικρουόμενοι.

Είναι πλέον αντιληπτό, ότι στα διάφορα επίπεδα αποφάσεων είναι απαραίτητο να γίνονται όλες οι επιμέρους διαδικασίες ενός συνολικού προγράμματος διαχείρισης των απορριμμάτων. Όμως, στη δράση τους αυτή, οι αρμόδιοι φορείς μπορούν να βοηθηθούν σημαντικά από τη χρήση σύγχρονων προγραμματιστικών εργαλείων και μεθόδων

αξιολόγησης, η συνοπτική περιγραφή των οποίων, παρατίθεται στη συνέχεια του κεφαλαίου.

### 3.2. Μεθοδολογίες αξιολόγησης επενδυτικών σχεδίων

Σύμφωνα με το κλασσικό υπόδειγμα, η αξιολόγηση οποιουδήποτε προγράμματος δράσεων προϋποθέτει την ύπαρξη ενός φορέα, ο οποίος έχει την εξουσία να παίρνει αποφάσεις και να τις εφαρμόζει, τη γνώση του διανύσματος των εφικτών επιλογών και την αποδοχή τουλάχιστον ενός σαφούς ορισμένου κριτηρίου, βάσει του οποίου μπορούν να ιεραρχηθούν οι εφικτές λύσεις και να επιλεγεί η καλύτερη. Ο πυρήνας του υποδείγματος αυτού είναι η αντικειμενική συνάρτηση (objective function) ή συνάρτηση χρησιμότητας (utility function), μέσω της μπορεί να αποδοθεί μια διαβάθμιση σε κάθε εναλλακτική λύση και φυσικά το ορισμένο σύνολο των εναλλακτικών λύσεων, δηλαδή, των επενδυτικών σχεδίων ή προγραμμάτων. Εφόσον αυτά υπάρχουν, μπορεί να επιλεγεί μέσω ενός αλγόριθμου κατά αντικειμενικό τρόπο η άριστη λύση. Ακόμα και στην περίπτωση που τα κριτήρια αξιολόγησης είναι περισσότερα του ενός, τελικά συντίθενται σε ένα, με την αναγωγή τους σε κάποια κοινή μονάδα μέτρησης, που συνήθως είναι η χρηματική αξία. Τέτοιοι αλγόριθμοι αριστοποίησης, είναι για παράδειγμα η ανάλυση κόστους - οφέλους ο γραμμικός προγραμματισμός κ.λπ.

Ωστόσο, στην εξέλιξη διαπιστώθηκε ότι οι παραδοσιακές μέθοδοι ενέπιπταν σε πολλούς περιορισμούς, και για το λόγο αυτό διατυπώθηκαν μια σειρά εναλλακτικές προσεγγίσεις, στις οποίες περιλαμβάνονται κυρίως(Σ.Βλιάμος, κ.α., 1997):

1. Η ανάλυση κόστους -αποτελεσματικότητας (cost - effectiveness analysis)
2. Η ανάλυση του προγραμματικού ισοζυγίου (planning balance sheet)
3. Η ανάλυση του μητρώου επίτευξης στόχων (goals achievement matrix)

Η ύπαρξη, όμως, προβλημάτων και σε αυτές τις μεθόδους οδήγησε, τελικά, στην ανάπτυξη πολυκριτήριων μεθόδων αξιολόγησης (multiple criteria analysis) το βασικό χαρακτηριστικό των οποίων, είναι η δυνατότητα ενσωμάτωσης πολλαπλών παραμέτρων αξιολόγησης, δίχως να επιβάλλεται η αναγωγή τους σε ένα ενιαίο μέγεθος, όπως αυτή

που πραγματοποιείται στο πλαίσιο των συμβατικών μεθόδων, μέσω της χρηματικής αποτίμησης όλων των μεταβλητών.

### 3.2.1. Γραμμικός προγραμματισμός (linear programming)

Ο γραμμικός προγραμματισμός επιλύει υπό ορισμένες προϋποθέσεις το πρόβλημα κατανομής πεπερασμένων πόρων ή μέσων ή γενικότερα χρήσιμων αγαθών σε διάφορες εναλλακτικές και ανταγωνιστικές μεταξύ τους δραστηριότητες κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο, δηλαδή κάνει την επιλογή της στάθμης κάθε δραστηριότητας κατά τρόπο ώστε να πετυχαίνεται η βελτιστοποίηση του αποτελέσματος (Α.Ξηρόκωστας, 1987). Το επίθετο «γραμμικός» χρησιμοποιείται, διότι όλες οι μαθηματικές σχέσεις του προβλήματος είναι γραμμικές.

Ο Γ.Π. προσδιορίζεται από τα παρακάτω χαρακτηριστικά (Α.Καραγιαννίδης, 1994):

1. Σε σχέση με το πρόβλημα του οποίου ζητείται η επίλυση, καθορίζεται ένα σύνολο  $A$ , το οποίο περιέχει όλες τις εφικτές εναλλακτικές λύσεις  $\alpha$ :  $A = \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m\}$
2. Ένα κριτήριο  $k$ , βάσει του οποίου θα ληφθεί η απόφαση
3. Μια γραμμική συνάρτηση  $Z$ , την οποία θέλουμε να μεγιστοποιήσουμε ή να ελαχιστοποιήσουμε και η οποία ονομάζεται αντικειμενική συνάρτηση: αναζητείται, δηλαδή μια από τις εναλλακτικές λύσεις  $\alpha_n$ , τέτοια ώστε αντίστοιχα  $Z(\alpha_n) > Z(\alpha)$  ή  $Z(\alpha_n) < Z(\alpha)$ ,  $\forall \alpha \in A$ .

Η επιλογή του  $\alpha_n$ , επομένως, αντιπροσωπεύει την βέλτιστη απόφαση, λόγω του ότι είναι καλύτερη από όλες τις άλλες εναλλακτικές.

Για την εφαρμογή του Γ.Π. τίθενται ορισμένες προϋποθέσεις (Α.Ξηρόκωστας, 1987):

- ✓ Βασική προϋπόθεση του Γ.Π. είναι, ότι η αντικειμενική συνάρτηση και όλοι οι περιορισμοί του προβλήματος, πρέπει να είναι γραμμικές συναρτήσεις. Στην πράξη, όμως, τα προβλήματα είναι μη γραμμικά.
- ✓ Πρέπει μεταξύ των δραστηριοτήτων, οι οποίες αποτελούν μια εναλλακτική λύση να μην υπάρχει αλληλεπίδραση. Για το λόγο αυτό, απαιτείται οι δραστηριότητες να είναι «προσθετικές «όσον αφορά το μέτρο της αποτελεσματικότητας»



- ✓ Όλοι οι συντελεστές της συνάρτησης  $Z$ , πρέπει να θεωρούνται ως γνωστές σταθερές. Στην πράξη, όμως, δεν είναι ούτε γνωστοί ούτε σταθεροί.

### 3.2.2. Η ανάλυση κόστους - οφέλους (cost - benefit analysis)

Η συγκεκριμένη μέθοδος αποτελεί μια συνεκτική μέθοδο οργάνωσης και παρουσίασης εκφρασμένων σε χρηματικούς όρους πληροφοριών σχετικών με το κοινωνικό κόστος και το κοινωνικό όφελος, το οποίο συνεπάγεται μια συγκεκριμένη ενέργεια. Το βασικό κριτήριο της τυπικής ανάλυσης κόστους οφέλους είναι :

$$\text{Max} \left( \sum_{G=1}^N CV_G - \sum_{L=1}^k CV_L \right)$$

όπου με  $CV$  συμβολίζονται οι μεταβολές στο επίπεδο ευημερίας όσων κερδίζουν ( $G$ ) και όσων χάνουν ( $L$ ) ως αποτέλεσμα της υλοποίησης της επένδυσης.

Το σημαντικότερο εμπόδιο, το οποίο περιορίζει την εφαρμογή της μεθόδου αυτής, στην αξιολόγηση παρεμβάσεων με περιβαλλοντικούς στόχους, αλλά και την προσθήκη των περιβαλλοντικών ωφελειών και ζημιών στις αναλύσεις κόστους - οφέλους, οι οποίες αφορούν οποιοδήποτε άλλο έργο, αφορά ακριβώς τον υπολογισμό χρηματικών ποσών, που να αντιπροσωπεύουν το περιβαλλοντικό κέρδος και κόστος.

Αν και πρόκειται για ευρύτατα διαδεδομένη μέθοδο, εντοπίζεται μια σειρά μειονεκτημάτων τα οποία συνοπτικά είναι (P.Nijkamp, 1975):

- ✓ Η προσπάθεια χρηματικής αποτίμησης δημοσίων αγαθών, όπως η προστασία του περιβάλλοντος δε μπορεί, παρά να είναι ανακριβής και μεροληπτική.
- ✓ Η καταγραφή, επίσης, των πολλαπλασιαστικών αποτελεσμάτων είναι δύσκολη.
- ✓ Η διάρκεια ζωής του σχεδίου, όπως και το προεξοφλητικό επιτόκιο αποτελούν μεταβλητές οι τιμές των οποίων καθορίζουν σε σημαντικό βαθμό την αποδοτικότητα της επένδυσης
- ✓ Ακόμα και αν η συνολική ευημερία αυξάνεται, η κοινωνική του χρησιμότητα εξαρτάται από τον τρόπο με τον οποίο κατανέμονται οι ωφέλειες στο κοινωνικό σύνολο

- ✓ Η ύπαρξη συνέργιας μεταξύ των αποτελεσμάτων κάθε επενδυτικού σχεδίου δυσκολεύει την αποτίμηση των επιμέρους επιπτώσεων.
- ✓ Το επίπεδο ευημερίας δεν καθορίζεται αποκλειστικά από τους οικονομικούς παράγοντες, οι οποίοι συνήθως λαμβάνονται υπόψη, κατά την εφαρμογή της μεθόδου.

### 3.2.3. Ανάλυση κόστους - αποτελεσματικότητας (cost - effectiveness analysis)

Με τη μέθοδο αυτή επιλέγεται εκείνο το επενδυτικό πρόγραμμα, το οποίο χαρακτηρίζεται από την καλύτερη σχέση δαπάνης - αποτελέσματος. Για το σκοπό αυτό, το κόστος είναι απαραίτητο να αποτιμηθεί σε χρηματικούς όρους, αφού αναχθεί σε τρέχουσες τιμές, ενώ τα επιδιωκόμενα οφέλη απλώς ορίζονται ως στόχοι, δίχως να υπολογιστεί η χρηματική τους αξία.

Οι πληροφορίες, οι οποίες είναι απαραίτητες για την εφαρμογή της μεθόδου μπορούν να συνοψιστούν ως εξής (P.Fano, 1973):

1. Ένα σύνολο στόχων προς επίτευξη, οι οποίοι σε θεωρητικό τουλάχιστον επίπεδο θα πρέπει να είναι εφικτοί.
2. Ένα σύνολο περιορισμών οικονομικού ή τεχνολογικού χαρακτήρα.
3. Ένα σύνολο εναλλακτικών επενδυτικών προγραμμάτων με σαφώς ορισμένο κόστος μέσω των οποίων θα μπορούσαν να επιτευχθούν οι στόχοι αυτοί. Τα προς αξιολόγηση προγράμματα επιλέγονται, με βάση τους στόχους και τους περιορισμούς, οι οποίοι έχουν οριστεί για τη συγκεκριμένη περίπτωση.

Ουσιαστικά, η μέθοδος αυτή προϋποθέτει μεθοδολογικά την ύπαρξη μιας ανάλυσης κόστους οφέλους με θετική για τη σκοπιμότητα του επενδυτικού σχεδίου έκβαση, η οποία, όμως με την τεχνική έννοια δεν πραγματοποιείται.

### 3.2.4. Η ανάλυση του προγραμματικού ισοζυγίου (planning balance sheet)

Προτάθηκε από τον Lichfield (1964), ως μια τροποποίηση της μεθόδου ανάλυσης κόστους - οφέλους και η οποία θα ήταν κατάλληλη για την αξιολόγηση ολοκληρωμένων προγραμμάτων αστικής ανάπλασης ή περιφερειακής ανάπτυξης.

Οι βασικές αρχές της μεθόδου είναι οι εξής (Lichfield, 1964)::

1. Τα προς αξιολόγηση αντικείμενα είναι προγράμματα, τα οποία συγκροτούνται από ένα αριθμό συνδεδεμένων χρονικά και γεωγραφικά έργων.
2. Ορίζονται οι κοινωνικές ομάδες, οι οποίες σχετίζονται με αυτά
3. Για κάθε ομάδα προσδιορίζονται τα συνεπαγόμενα από τα εναλλακτικά προγράμματα που αξιολογούνται κόστη και οφέλη
4. Κατασκευάζεται το μητρώο κοινωνικής λογιστικής, που ονομάζεται προγραμματικό ισοζύγιο, στο οποίο παρουσιάζονται συνολικά τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα κάθε αξιολογούμενου προγράμματος για το κοινωνικό σύνολο

Η πορεία υλοποίησης των προγραμμάτων συναρτάται με την πραγματοποίηση συναλλακτικών πράξεων μεταξύ ομάδων και καταναλωτών, που έχουν το χαρακτήρα πραγματοποίησης κόστους ή οφέλους.

Η κριτική σε αυτή τη μέθοδο αναφέρεται κυρίως στα εξής σημεία:

- ✓ Στον τρόπο επιλογής, ορισμού, και οριοθέτησης των ομοιογενών κοινωνικά ομάδων
- ✓ Στον τρόπο διάκρισης των συναλλαγών που δεν είναι απόλυτα σαφής
- ✓ Στο στατικό χαρακτήρα της ανάλυσης

### 3.2.5. Μητρώο επίτευξης στόχων (goals achievement matrix)

Αφορά την αξιολόγηση εναλλακτικών προγραμμάτων που υλοποιούνται σε ένα ορισμένο κλάδο ή τομέα δραστηριότητας. Η μέθοδος θα μπορούσε να συνοψιστεί ως εξής (M.Hill, 1968, P.Ahren, 1976):

1. Ορίζεται το σύνολο των στόχων
2. Σε κάθε στόχο αποδίδεται ένας συντελεστής βάρους ανάλογα με τη σημασία του
3. Ορίζονται οι ομάδες που δέχονται τις επιδράσεις των προγραμμάτων
4. Σε κάθε ομάδα αποδίδεται ένας συντελεστής βάρους
5. Εκτιμώνται οι θετικές και αρνητικές επιδράσεις που συνεπάγεται για κάθε ομάδα η επιδίωξη κάθε στόχου
6. Για κάθε στόχο επιχειρείται η συγκεντρωτική αξιολόγηση του συνεπαγόμενου κόστους και οφέλους.

7. Προσεγγίζεται η σχέση στόχων/επιτεύξεων με την απλή παράθεση του μητρώου ή τον υπολογισμό ενός συνολικού δείκτη.

Το βασικότερο μειονέκτημα της μεθόδου, όπως και κάθε άλλης διαδικασίας που προϋποθέτει την υιοθέτηση αξιολογικών κρίσεων, αφορά το σύστημα συντελεστών βάρους, η επιλογή των οποίων καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την έκβασή τους

### 3.2.6. Πολυκριτήρια Ανάλυση<sup>1</sup> (Multiple Criteria Analysis)

Ο γενικός χαρακτηρισμός Πολυκριτήρια Ανάλυση (Multiple Criteria Analysis) ή ανάλυση πολλαπλών στόχων (multiple objective analysis) αναφέρεται σε ένα μεγάλο αριθμό μεθόδων αξιολόγησης με βασικό διακριτικό ότι δεν περιλαμβάνουν μια ενιαία και μαθηματικά διατυπωμένη συνάρτηση, η οποία να περιλαμβάνει όλα τα κριτήρια αξιολόγησης.

Οι Jannsen, Nijkamp και Voogd (1984), αφού επισημαίνουν την ύπαρξη πληθώρας διαφορετικών μεθόδων πολυκριτήριας ανάλυσης, αποδίδουν την όλο και συχνότερη υιοθέτηση τους για την αξιολόγηση των προγραμμάτων που συνεπάγονται δαπάνη δημοσίων πόρων στους εξής λόγους:

- ✓ Η δυσκολία στον υπολογισμό χρηματικών αξιών για τα περισσότερα δημόσια αγαθά και συνεπώς ελλιπής αξιολόγηση στα πλαίσια της παραδοσιακής ανάλυσης κόστους - οφέλους.
- ✓ Οι συγκρουόμενοι στόχοι, οι οποίοι χαρακτηρίζουν τη σύγχρονη ανάπτυξη και οφείλονται στη διευρυνόμενη συμμετοχή ή παρέμβαση στα όργανα λήψης αποφάσεων διαφόρων συγκροτημένων ή άτυπων φορέων και κινήσεων με αντικρουόμενα συμφέροντα. Ο συμμετοχικός σχεδιασμός αποκλείει την ύπαρξη μιας και μοναδικής ορθής επιλογής ή λύσης και καθιστά το πολιτικό στοιχείο και τη διαδικασία διαβουλεύσεων βασικές παραμέτρους της απόφασης.

---

<sup>1</sup> Οι όροι «πολυκριτήρια ανάλυση» και «πολυπαραγοντική ανάλυση», στη συνέχεια της εργασίας θα θεωρούνται ισοδύναμοι. Κατ' επέκταση οι όροι «κριτήρια αξιολόγησης» και παράγοντες αξιολόγησης» θα θεωρούνται ισοδύναμοι.

- ✓ Η επιθυμία των ερευνητών να ξεφύγουν από το στενό πλαίσιο της μοναδικής καθορισμένης επιλογής και η επιστημονική ανάγκη για ανάλυση και αξιολόγηση ενός συνόλου λύσεων.

### 3.2.6.1. Διαδικασία λήψης απόφασης με πολλαπλά κριτήρια (*Multiple Criteria Decision Making – MCDM*)

Η διαδικασία λήψης απόφασης με βάση πολλαπλά κριτήρια αναφέρεται στη δημιουργία αποφάσεων παρουσία πολλών συνήθως αντικρουόμενων παραγόντων. Στη MCDM εμπλέκεται ένας ή περισσότεροι υπεύθυνοι για τη δημιουργία της απόφασης (Decision Maker(s)), ένα σύνολο εμπλεκόμενων φορέων, ένα σύνολο παραγόντων, οι οποίοι εξετάζονται, και ένα σύνολο εναλλακτικών σεναρίων εκ των οποίων ένα πρέπει να επιλεγεί (S.Zionts, 1989).

Η τυπολογία των MCDM διαφέρει ανά συγγραφέα, ωστόσο η πιο αντιπροσωπευτική είναι αυτή του Zionts (1989), η οποία έχει δυο κύριες διαστάσεις:

1. φύση των αποτελεσμάτων: στοχαστικά απέναντι στα προσδιοριστικά
2. φύση της παραγωγικής διαδικασίας: αν τα όρια που τίθενται σε σχέση με τις εναλλακτικές προτάσεις είναι σαφή ή απεριόριστα.

Οι παραπάνω διαστάσεις εκφράζονται μέσω του πίνακα 4-1. Η αριστερή στήλη περιέχει τα μοντέλα με ασαφείς προσδιορισμούς. Όταν οι περιορισμοί είναι μη μαθηματικοί (σαφείς ή ασαφείς), οι εναλλακτικές λύσεις πρέπει να είναι σαφείς. Τότε μια εκ των εναλλακτικών επιλέγεται. Τα προβλήματα ανάλυσης αποφάσεων περιλαμβάνονται στην αριστερή στήλη. Όταν οι περιορισμοί είναι σαφείς και μαθηματικοί, τότε οι εναλλακτικές λύσεις είναι ασαφείς και πιθανόν άπειρες στο πλήθος αν το διάστημα στο οποίο εκτείνονται είναι συνεχές. Τα προβλήματα στα οποία είναι σαφείς οι περιορισμοί θεωρούνται ως μαθηματικού προγραμματισμού που περιέχουν πολλαπλά κριτήρια. Στην παρούσα εργασία θα ασχοληθούμε μόνο με τα προβλήματα στα οποία έχουμε ασαφείς περιορισμούς και προσδιοριστικά αποτελέσματα. Στην ουσία όμως το πνεύμα των MCDM δεν είναι να καθορίσει ακριβώς την καλύτερη λύση, όσο και αν αυτό είναι ευκαίριο, αλλά να βοηθήσει τον υπεύθυνο για τη λήψη της απόφασης να φτάσει σε αυτή.

**Πίνακας 4-1: Τυπολογία των υποβοηθούμενων από πολλαπλά κριτήρια μοντέλων δημιουργίας αποφάσεων**

Περιορισμοί Αποτελέσματα	Ασαφείς περιορισμοί (Σαφείς λύσεις)	Σαφείς περιορισμοί (ασαφείς λύσεις)
Προσδιοριστικά αποτελέσματα	Επιλογή μεταξύ προσδιοριστικών διακριτών εναλλακτικών ή προσδιοριστικής ανάλυσης αποφάσεων	Προσδιοριστικός μαθηματικός προγραμματισμός
Στοχαστικά αποτελέσματα	Στοχαστική ανάλυση αποφάσεων	Στοχαστικός μαθηματικός προγραμματισμός

Πηγή: S.Zionts (1989)

Για το λόγο αυτό θα αναφερθούμε παρακάτω στα MCDM προβλήματα και στην εξέλιξή τους, αυτό που ο Roy (1994) ονομάζει «Δημιουργία Αποφάσεων υποβοηθούμενων από πολλαπλά κριτήρια (Multiple Criteria Decision Aid – MCDA)

Το πλαίσιο εργασίας ενός MCDM χαρακτηρίζεται από (T.Kokla, 1996):

1. Σε σχέση με το πρόβλημα του οποίου ζητείται η επίλυση καθορίζεται ένα σύνολο  $A$  το οποίο περιέχει όλες τις εφικτές εναλλακτικές λύσεις  $\alpha$  :  $A=\{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m\}$
2. ένα καλά καθορισμένο σύνολο από χαρακτηριστικά ή κριτήρια  $K=\{k_1, k_2, \dots, k_p\}$  στα οποία ο υπεύθυνος για τη λήψη της απόφασης αναφέρεται για να αποφασίσει αν:
  - προτιμά την εναλλακτική λύση  $\alpha_l$  από την  $\alpha_x$ :  $\alpha_l$  Preferable  $\alpha_x$
  - προτιμά την εναλλακτική λύση  $\alpha_l$  από την  $\alpha_x$ :  $\alpha_l$  Preferable  $\alpha_x$
  - είναι αδιάφορος μεταξύ των δυο:  $\alpha_l$  Indifference  $\alpha_x$
3. ένα καλά καθορισμένο μαθηματικό πρόβλημα: βάση αυτού και μέσω της  $Y$  αναζητείται ένα  $\alpha_x$  τέτοιο ώστε  $Y(\alpha_x) > Y(\alpha)$ ,  $\forall \alpha \in A$ .

Σύμφωνα με τον Mesimeris (1997), από την πρακτική των MCDM προκύπτει ότι:

- ✓ Τα όρια μεταξύ του τι είναι εφικτό και τι όχι είναι συχνά ασαφή και συχνά αλλάζουν ανάλογα με το τι η έρευνα αποδεικνύει
- ✓ Σε πολλά πραγματικά προβλήματα, ο υπεύθυνος για τη λήψη της απόφασης, ως άτομο πραγματικά ικανό να λάβει αποφάσεις, δεν υπάρχει. Συνήθως, αρκετοί είναι αυτοί που εμπλέκονται στη διαδικασία της απόφασης, με αποτέλεσμα να υπάρχει σύγχυση μεταξύ αυτού που λαμβάνει την απόφαση και αυτού που εννοούμε υπεύθυνος για τη λήψη της απόφασης.



- ✓ Ακόμα και όταν ο υπεύθυνος για τη λήψη της απόφασης είναι υπαρκτό πρόσωπο, σπάνια είναι επαρκώς διαμορφωμένες οι προτιμήσεις του ενώ πάντα εγκυμονούν οι κίνδυνοι αντικρούσεων και διαμαχών.
- ✓ Η απόδοση των δεδομένων είναι αρκετές φορές ανακριβής και καθορισμένη με αυθαίρετο τρόπο
- ✓ Γενικά είναι αδύνατο να υποστηρίξουμε ότι μια απόφαση είναι σωστή ή λάθος βασιζόμενοι μόνο στο μαθηματικό μοντέλο

Τελικά, η συνολική εκτίμηση για τα MCDM έχει δείξει ότι περιορίζεται η αντικειμενικότητα. Για το λόγο αυτό έγινε κατανοητή η ανάγκη μεταπήδησης στο MCDA.

Σύμφωνα με τον Roy (1994) «MCDA είναι η διαδικασία ενός ατόμου που, στη βάση ενός μοντέλου αυστηρά σαφούς, άλλα όχι απαραίτητα τελείως τυποποιημένου, προσπαθεί να χρησιμοποιήσει τα στοιχεία που του δίνονται ώστε να απαντήσει στα ερωτήματα που του τίθενται. Αυτά τα στοιχεία ρίχνουν φως σε μια απόφαση και καθορίζουν ή υπαγορεύουν μια θέση η οποία αυξάνει τη συνάφεια μεταξύ του αποτελέσματος της όλης διαδικασίας και του συστήματος αποτίμησης όπου ο μεσολαβητής - υπεύθυνος για τη λήψη της απόφασης ανήκει. Για αυτό είναι φανερό, ότι οι μέθοδοι MCDA αποτελούν μια διαδικασία, όχι γραμμική, αλλά επαναληπτική και οι απαντήσεις μπορούν να αντληθούν αφού τεθούν ερωτήματα σε θέματα που θεωρούνται ευδιάκριτα στην αρχή της διαδικασίας.»

Στην πολυκριτήρια ανάλυση επισημαίνει ο Roy[44] «ο κύριος στόχος δεν είναι να ανακαλύψουμε μια λύση, αλλά να δημιουργήσουμε ή να κατασκευάσουμε κάτι το οποίο θεωρείται ικανό να βοηθήσει κάποιον ενδιαφερόμενο να λάβει μέρος στη διαδικασία της απόφασης άλλοτε για να διαμορφώσει και άλλοτε για να μεταβάλλει τις προτιμήσεις του ή να αποφασίσει σε συμφωνία με τους τελικούς του στόχους».

Το γενικό πλαίσιο ενός MCDA αντιπροσωπεύει τα παρακάτω χαρακτηριστικά ενώ παράλληλα φαίνονται και οι διαφορές από το MCDM (A.Karagiannidis, 1994):

1. Το σύνολο  $A$ , το οποίο περιγράψαμε στην προηγούμενη ενότητα δεν περιέχει απαραίτητα κάποιες σταθερές εναλλακτικές  $a$ .



2. Το σύνολο Κ των κριτηρίων αποτελείται από το τι ενδιαφέρει τους εμπλεκόμενους. Επιπλέον, μπορούν να τεθούν ορισμένα όρια, ώστε να ληφθούν υπόψη, τυχόν ανακρίβειες ή ανεπάρκειες.
3. Το πρόβλημα μπορεί να είναι απροσδιόριστο. Αυτό συνεπάγεται ότι σε σχέση με το σύνολο κριτηρίων Κ και κάποιων επιπρόσθετων πληροφοριών, είτε ένα μαθηματικό μοντέλο υπολογίζεται επιτρέποντας συγκρίσεις μεγάλου εύρους, είτε μια διαδικασία που βοηθάει στην ανασυγκρότηση του προβλήματος και στην εξέλιξη της διαδικασίας.

Στο πεδίο της περιβαλλοντικής διαχείρισης η προσέγγιση μέσω MCDA μειώνει την πολυπλοκότητα, και βοηθάει τους εμπλεκόμενους να κατανοήσουν το πρόβλημα και να προβούν σε διάλογο μεταξύ τους.

Η εύρεση λύσης σε ένα πολυκριτηριακό πρόβλημα στο οποίο αναμειγνύονται διάφοροι φορείς απέχει πολύ από το να είναι εύκολη. Σε τέτοιου είδους προβλήματα, η ύπαρξη πολλών και αντικρουόμενων κριτηρίων αποκλείει την ύπαρξη της μιας και μοναδικής λύσης. Κάθε εναλλακτική λύση έχει τα μειονεκτήματά και τα πλεονεκτήματά της, ενώ η τιμή της ποικίλει ανάλογα με τη σχετική βαρύτητα που δίνεται στα κριτήρια. Η ιδεατή λύση είναι συχνά μη εφικτή και κατά συνέπεια απαιτείται η εξεύρεση συμβιβαστικών λύσεων. Οι πολυκριτήριες μέθοδοι στοχεύουν στο να βοηθήσουν τους υπευθύνους για τη λήψη της απόφασης να κάνουν τους καλύτερους συμβιβασμούς.

#### 3.2.6.2. *Η διαδικασία που ακολουθείται σε μια πολυκριτήρια μέθοδο*

Τα κύρια βήματα που ακολουθούνται σε μια πολυκριτήρια μέθοδο είναι τα εξής ((P.Goodwin, 1998, T.Mesimeris, 1997):

⇒ *Βήμα Α': Καθορισμός του προβλήματος*

Στην αρχή της διαδικασίας είναι απαραίτητο να καθορίσουμε το πρόβλημα, τις παραμέτρους του και τα πιθανά εμπόδια που θα συναντήσουμε. Αυτό θα διευκολύνει τη δουλειά των επόμενων σταδίων. Για παράδειγμα πρέπει να προσδιοριστούν τα όρια της έρευνας, η κλίμακα του προβλήματος, καθώς και ο χρόνος μέσα στον οποίο αναφερόμαστε.

⇒ *Βήμα Β': Καθορισμός των εμπλεκόμενων φορέων*

Εμπλεκόμενοι φορείς στην παρούσα εργασία θεωρούνται εκείνα τα άτομα ή οι ομάδες ατόμων που λαμβάνουν μέρος στη διαδικασία λήψης απόφασης σχετικά με την επιλογή μεθόδου διάθεσης απορριμμάτων. Ανάλογα με την περίπτωση, αυτή η απόφαση μπορεί να αναφέρεται π.χ. σε:

- ✓ Επιλογή μεταξύ του να εφαρμοστεί μια μέθοδος ή όχι
- ✓ Επιλογή μεταξύ διαφορετικών μεθόδων διάθεσης
- ✓ Χωροθέτηση εγκαταστάσεων νέων μονάδων διάθεσης απορριμμάτων

Εξάλλου, ανάλογα με την περίπτωση, οι εμπλεκόμενοι φορείς στα διάφορα στάδια λήψης της απόφασης μπορεί να είναι:

- ✓ Πολιτικοί
- ✓ Ομάδες πολιτών
- ✓ Περιβαλλοντολογικές και οικολογικές οργανώσεις
- ✓ Ειδικοί επιστήμονες
- ✓ Συνδικαλιστικές οργανώσεις εργαζομένων στη διαδικασία διαχείρισης των απορριμμάτων
- ✓ Ιδιωτικοί οργανισμοί, εταιρείες διαχείρισης απορριμμάτων κλπ

Όλοι αυτοί οι φορείς αναπτύσσουν τους προβληματισμούς τους κατά τη διάρκεια της διαδικασίας λήψης απόφασης, από τους οποίους ο αναλυτής προσπαθεί να προσεγγίσει συμβιβαστικές και αποδεκτές επιστημονικά λύσεις, μέσω των διαφόρων εναλλακτικών που του παρέχονται χρησιμοποιώντας ένα κατάλληλο μηχανισμό-μοντέλο.

⇒ *Βήμα Γ': Επιλογή των εναλλακτικών σεναρίων*

Πρόκειται για τις προκαταρκτικές προτάσεις, που γίνονται για την επίλυση του προβλήματος και οι οποίες εξετάζονται στη βάση πολυκριτήριας ανάλυσης. Όλα τα σενάρια πρέπει να είναι αμοιβαία αποκλειόμενα. Κάθε σενάριο, δύναται να είναι σύνθεση από επιμέρους δράσεις, οι οποίες μεμονωμένα μπορεί να αποτελούν μέρος ενός ή περισσότερων σεναρίων. Ουσιαστικά, μπορεί να προταθούν πολλά εναλλακτικά σενάρια. Κρίνεται σκόπιμο, όμως εξ' αρχής να απορρίπτονται αυτά που θεωρούνται ουτοπικά, ως προς την υλοποίησή τους.

⇒ *Βήμα Δ': Επιλογή των παραγόντων αξιολόγησης*

Οι παράγοντες αξιολόγησης είναι η βάση για την εκτίμηση των εναλλακτικών σεναρίων. Μέσω μιας συνάρτησης κάθε εναλλακτικό σενάριο βαθμολογείται ως προς κάθε παράγοντα. Σχετικά με την επιλογή τους, πρέπει να τηρούνται τα εξής:

- ✓ Κάθε παράγοντας αξιολόγησης, πρέπει να αναφέρεται σε όλα τα σενάρια
- ✓ Το σύνολο τους, πρέπει να εγκρίνεται από όλους τους εμπλεκόμενους φορείς, ώστε ή υλοποίηση της μελέτης να γίνεται σε έγκυρη βάση

Οι παράγοντες αξιολόγησης, αρχικά, μετρώνται με δύο τρόπους:

1. *Σε κανονική κλίμακα*: η κλίμακα αυτή προκύπτει, βασιζόμενη στις τέσσερις βασικές αριθμητικές πράξεις  $+$ ,  $-$ ,  $\times$ ,  $\div$ .
2. *Σε σχετική κλίμακα*: η κλίμακα αυτή προκύπτει βασιζόμενη σε σχέσεις του τύπου  $<$ ,  $>$ ,  $=$  και μπορεί π.χ. να εκτείνεται από 1-10 (από το καλύτερο στο χειρότερο ή αντίστροφα)

Η μέτρηση αυτή των παραγόντων αξιολόγησης αναφέρεται ως αρχική, γιατί όταν αργότερα τα εναλλακτικά σενάρια τίθενται υπό σύγκριση, η βαθμολογία των πρώτων, πρέπει να αναχθεί σε κοινή κλίμακα.

⇒ *Βήμα Ε': Προσδιορισμός βαρών στους επιλεγέντες παράγοντες αξιολόγησης*

Για κάθε παράγοντα αξιολόγησης προσδιορίζεται η βαρύτητά του, σύμφωνα με τη σπουδαιότητα, την οποία του αποδίδει ο κάθε εμπλεκόμενος φορέας. Υπάρχουν ορισμένοι τρόποι για να προσδιοριστεί το βάρος κάθε παράγοντα:

- ✓ Με το να θεωρούνται όλοι ισοβαρείς
- ✓ Με άμεση ανάθεση βαρών, στην οποία ο υπεύθυνος για τη λήψη της απόφασης εκφράζει τις προτιμήσεις του
- ✓ Με έμμεση ανάθεση βαρών στην οποία οι εμπλεκόμενοι φορείς ιεραρχούν τους παράγοντες αξιολόγησης και κατόπιν τα βάρη υπολογίζονται από τον αναλυτή
- ✓ Με σύγκριση φανταστικών δράσεων: τοποθετούμε τους παράγοντες αξιολόγησης από τον λιγότερο προς τον περισσότερο σημαντικό, κατόπιν ζητούμε από τον υπεύθυνο για τη λήψη της απόφασης να υποδείξει την προτίμησή του μεταξύ δυο φανταστικών αλλά ρεαλιστικών σεναρίων. Από τις απαντήσεις η μέθοδος επιτρέπει

να συμπεράνουμε τις ανισότητες για κάθε βάρος με γραμμική συσχέτιση με το βάρος του λιγότερο σπουδαίου παράγοντα.

- ✓ Ο υπεύθυνος για τη λήψη της απόφασης αναθέτει το νούμερο 1 στο λιγότερο σημαντικό παράγοντα και κατόπιν δίνει νούμερα στους άλλους παράγοντες ανάλογα με το πόσες φορές τον θεωρεί πιο σημαντικό

⇒ *Βήμα ΣΤ': Επεξεργασία του πίνακα αξιολόγησης*

Σε αυτή τη φάση κάθε δράση αποτιμάται σύμφωνα με τους παράγοντες, οι οποίοι επελέγησαν. Ο πίνακας είναι τυποποιημένος, με κάθε σειρά να αντιστοιχεί σε κάθε δράση και κάθε στήλη στους παράγοντες. Κάθε κυψέλη  $\alpha\beta$  του πίνακα αντιστοιχεί στην τιμή της δράσης  $\alpha$  σύμφωνα με το παράγοντα  $\beta$

⇒ *Βήμα Ζ': Άθροιση των επιδόσεων*

Όταν ο πίνακας αξιολόγησης θα είναι συμπληρωμένος πρέπει να πραγματοποιηθεί η άθροιση των επιδόσεων. Διάφορες μέθοδοι έχουν αναπτυχθεί για το σκοπό αυτό που χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

1. *Σύμφωνα με τη συνολική αποτίμηση:* οι διάφοροι παράγοντες αξιολόγησης συντίθενται σε μια συνολική συνάρτηση και μετράται η συνολική προτίμηση για κάθε σενάριο.
2. *Σύμφωνα με τη σπουδαιότητα:* συνίσταται στη δημιουργία μια σχέσης διττής, μεταξύ των διαφόρων δράσεων, σύμφωνα με την οποία μια δράση  $\alpha$  προτιμάται της  $\beta$  αν σύμφωνα με τον υπεύθυνο για τη λήψη της απόφασης η  $\alpha$  είναι τουλάχιστον τόσο σπουδαία όσο η  $\beta$
3. *Σύμφωνα με την αλληλεπίδραση:* διενεργούνται επαναληπτικές αθροίσεις μεταξύ ομάδων δράσεων και εξάγονται κρίσεις σύμφωνα με τις αλληλεξαρτήσεις μεταξύ τους.

⇒ *Βήμα Η': Εξήγηση των αποτελεσμάτων*

Μετά το πέρας του προηγούμενου σταδίου έχει εξαχθεί μια ιεράρχηση των εναλλακτικών σεναρίων. Στόχος της παρούσας φάσης είναι να εξηγήσει τα αποτελέσματα φωτίζοντας κάποια σημαντικά σημεία, όπως γιατί το ένα σενάριο εξελίχθηκε καλύτερα από ένα άλλο, ποιοι παράγοντες έπαιξαν σημαντικό ρόλο.

Κατόπιν, απαιτείται ανάλυση ευαισθησίας με στόχο να ελέγξουμε την επίδραση των διαφόρων παραμέτρων στα τελικά αποτελέσματα.

⇒ *Βήμα Θ': Ανάλυση ευαισθησίας*

Όλοι οι υπολογισμοί εμπεριέχουν κάποιο βαθμό αβεβαιότητας ή λάθους. Για το λόγο αυτό η ανάλυση ευαισθησίας διερευνά το βαθμό αντίδρασης (=ευαισθησίας) ενός αποτελέσματος σε εναλλακτικές μεταβολές ορισμένων μεγεθών.

⇒ *Βήμα Ι': Συστάσεις, συμπεράσματα*

Τέλος παρουσιάζονται τα συμπεράσματα στη βάση των αποτελεσμάτων που έχουν εξαχθεί. Τα συμπεράσματα αυτά πρέπει να θεωρούνται ως υποδείξεις προς τους υπεύθυνους για τη λήψη της οριστικής απόφασης.

### 3.3. Τα βασικά εργαλεία στην επιστήμη των αποφάσεων

Η επιστήμη των αποφάσεων περικλείει εργαλεία και συστήματα που βοηθούν στην επίλυση προβλημάτων και στη λήψη αποφάσεων. Αξιοποιεί αναλυτικά μοντέλα και τεχνικές που αναπτύχθηκαν στην Διοικητική Επιστήμη και Επιχειρησιακή Έρευνα και ενσωματώνει αυτές σε συστήματα υποβοήθησης λήψης απόφασης χρησιμοποιώντας τεχνολογίες υποστηριζόμενες από πληροφοριακά συστήματα. Αυτή η συνάντηση, ανάμεσα σε αναλυτικές τεχνικές και τεχνολογίες πληροφοριών, είχε ως αποτέλεσμα δυναμικά εργαλεία στήριξης αποφάσεων όπως τα Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων (Σ.Υ.Α.) και τα Έμπειρα Συστήματα (Ε.Σ.) (RSanthhanam et al, 1998).

Τα Σ.Υ.Α. και τα Ε.Σ. βασίζονται σε Η/Υ και έχουν ως προορισμό την παροχή υποστήριξης για την επίλυση σύνθετων προβλημάτων, για τα οποία δεν υπάρχει αλγόριθμος επίλυσης. Ο στόχος χρησιμοποίησης ενός Σ.Υ.Α. είναι η υποστήριξη και όχι η αντικατάσταση της κριτικής και της κρίσης, με τέτοιο τρόπο, ώστε οι δυνατότητες του ανθρώπου και της μηχανής να αξιοποιηθούν στο έπακρο.

**3.3.1. Τα συστήματα υποστήριξης αποφάσεων και η ανάγκη δημιουργίας τους**

Ως Σύστημα Υποστήριξης Αποφάσεων ορίζεται ένα υπολογιστικό σύστημα, ευέλικτο και εύχρηστο, το οποίο χρησιμοποιεί ορισμένους κανόνες, μοντέλα, βάσεις δεδομένων και κατάλληλα τυποποιημένες και αντιπροσωπευτικές, ερωτήσεις του υπεύθυνου για τη δημιουργία απόφασης ώστε να αποτιμήσει κάποιες ενέργειες για να επιλύσει προβλήματα. Βοηθά στο να γίνουν οι αποφάσεις για πολύπλοκα προβλήματα, πιο αποτελεσματικές. Εννοείται, ότι ένα Σ.Υ.Α. βασίζεται πάνω σε ένα υπολογιστικό σύστημα σε συνεργασία με το χρήστη, κατά προτίμηση με κατάλληλες γραφικές απεικονίσεις (T.Mesimeris, 1997).

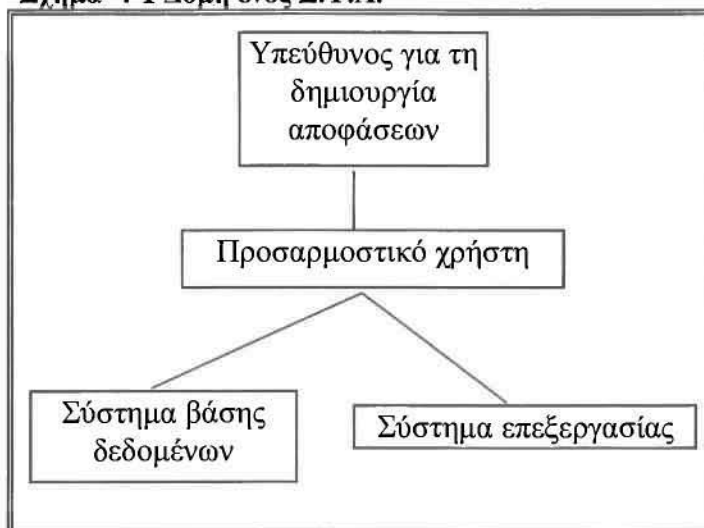
Πιο συγκεκριμένα, ένα Σ.Υ.Α. (S.B.Eom, et al, 1998):

- ✓ Συμβάλλει στη λήψη απόφασης κατά βάση, παρά αντικαθιστά τον υπεύθυνο για την απόφαση
- ✓ Αξιοποιεί δεδομένα και μοντέλα
- ✓ Επιλύει προβλήματα με ποικίλη διάρθρωση – ελλιπώς ή λανθασμένως δομημένα,
- ✓ Εστιάζει στην λειτουργικότητα παρά στην αποδοτικότητα της διαδικασίας λήψης απόφασης

Ο βασικός κορμός ενός Σ.Υ.Α. περιλαμβάνει τρία συστήματα, τα οποία αλληλεπιδρούν (σχήμα 4-1): το προσαρμοστικό του χρήστη, το σύστημα δεδομένων και το σύστημα επεξεργασίας (μοντέλο).

Η περιβαλλοντική διαχείριση συνιστά, στην ουσία, μια διαδικασία την οποία αποτελούν διάφορες παράμετροι, όπως τεχνικές, οικονομικές, κοινωνικές, πολιτικές κτλ. Για το λόγο αυτό, κατά τη διαδικασία του περιβαλλοντικού σχεδιασμού είναι πολύ δύσκολο να

**Σχήμα 4-1 Δομή ενός Σ.Υ.Α.**



Πηγή: T.Mesimeris (1997)



προσδιοριστούν ακριβείς και σαφείς λύσεις. Αυτό σημαίνει, ότι μια πολυσχεσιακή διαδικασία σχεδιασμού θα χαρακτηρίζεται πάντα από την ανάγκη αποδοχής συμβιβαστικών λύσεων, κάτι το οποίο απαιτεί επαρκή μεθοδολογία.

Στο παρελθόν η δημιουργία και υποστήριξη των αποφάσεων χαρακτηριζόταν από μια πολύ απλουστευτική λογική: ο υπεύθυνος για την απόφαση (decision maker) επέλεγε μια λύση για ένα δεδομένο πρόβλημα στη βάση ενός απλού κριτηρίου (συνήθως τεχνικού ή οικονομικού). Τότε, είχαν αναπτυχθεί μεθοδολογικά εργαλεία όπως ο γραμμικός προγραμματισμός τον οποίον περιγράψαμε περιληπτικά. Η βασική αρχή αυτών των μεθόδων ήταν ότι υπάρχει μια μοναδική βέλτιστη λύση για κάθε πρόβλημα η οποία πρέπει να βρεθεί. Τέτοιες μέθοδοι είχαν εφαρμοστεί κατά κόρον σε σχέση με το περιβάλλον και τη διαχείριση των απορριμμάτων.

Σήμερα ωστόσο, οι αποφάσεις βασίζονται σε πολύ πιο σύνθετη λογική, καθώς ένας μεγάλος αριθμός διαφορετικών παραγόντων εμπλέκεται στην όλη διαδικασία. Πολύ περισσότερο τις δύο τελευταίες δεκαετίες, έχει γίνει κατανοητό ότι η ευημερία είναι μια πολυδιάστατη μεταβλητή η οποία περιλαμβάνει το εισόδημα, την ανάπτυξη, την ποιότητα του περιβάλλοντος, τις κοινωνικές παροχές κ.λπ. Αυτό σημαίνει ότι η συστηματική αποτίμηση για δημόσια προγράμματα και σχέδια πρέπει να βασίζεται στη διάκριση και μέτρηση ενός ευρέως φάσματος κριτηρίων. Αυτά τα κριτήρια φυσικά μπορεί να είναι οικονομικής, κοινωνικής, τεχνικής περιβαλλοντικής φύσεως κ.λπ.

Σε σχέση με τη δημιουργία υπηρεσιών για τη διάθεση των απορριμμάτων απαντώνται ποικίλες δυσκολίες. Εξαιτίας αυτού, υπάρχει σημαντική ανάγκη ανάπτυξης διαχειριστικών τεχνικών, οι οποίες θα υποστηρίζονται επιστημονικά και θα βοηθούν, ώστε να τεκμηριώνονται οι αποφάσεις για τις πολιτικές περιβάλλοντος. Δεδομένου του γεγονότος, ότι μια απόφαση δε μπορεί να βασιστεί μόνο σε μια παράμετρο, η πολυκριτήρια ανάλυση είναι αυτή, η οποία μετά από θεωρητικές προσεγγίσεις και πρακτικές εφαρμογές έχει κυρίως αναπτυχθεί.

Η γνώση που απαιτείται σε ό,τι αφορά στις παραμέτρους, που εμπλέκονται στην επιλογή ενός χώρου ο οποίος πρόκειται να δεχτεί υπηρεσίες διάθεσης απορριμμάτων μπορεί να γίνει επεξεργάσιμη μέσω υπολογιστικών συστημάτων. Ένα Σ.Υ.Α. για



τέτοιου είδους περιπτώσεις δεν ισχυρίζεται ότι λύνει το πρόβλημα, αλλά προσπαθεί να χρησιμοποιήσει όλες τις υπάρχουσες γνώσεις και τα δεδομένα, ώστε να υποστηρίξει την τελική απόφαση. Το πεδίο των αποφάσεων μέσω πολυκριτήριας ανάλυσης έχει αναπτυχθεί ραγδαία τα τελευταία χρόνια. Σήμερα η συνεργασία πολυκριτήριων μεθόδων και συστημάτων τεχνητής νοημοσύνης (συμβάλει στην βελτίωση των αποτελεσμάτων και των τελικών επιλογών.

Είναι επιπλέον γεγονός, ότι σήμερα τα προβλήματα περιβαλλοντικής διαχείρισης δημιουργούν πολλές δυσκολίες στους υπεύθυνους για τη δημιουργία αποφάσεων και στους σχεδιαστές, λόγω του ότι εκτός των άλλων έχουν να αντιμετωπίσουν ενημερωμένο κοινό. Τέτοια προβλήματα απαιτούν επιστημονική συμβολή, καθαρούς στόχους, εναλλακτικές προτάσεις και σωστή επιλογή παραγόντων αξιολόγησης.

Η ανάπτυξη Σ.Υ.Α. σε σχέση με τη διάθεση των απορριμμάτων ξεκίνησε ακολουθώντας τη λογική, ότι για τη σωστή διαχείριση σημαντικών και πολύπλοκων προβλημάτων είναι χρήσιμο να αναπτύσσεται αναλυτική μεθοδολογία με τη συμβολή όλων των επιστημών που απαιτούνται.

Υπάρχουν ορισμένα χαρακτηριστικά, τα οποία θέτουν μια μεθοδική ανάλυση αναπόφευκτη σε τέτοιου είδους προβλήματα, ώστε να προτείνεται επαρκώς τεκμηριωμένη λύση:

- ✓ Η σημαντικότητα των οικονομικών συμφερόντων
- ✓ Η πολύπλοκη δομή των περιβαλλοντικών προβλημάτων.
- ✓ Η έλλειψη επιστημόνων, ικανών να αντιμετωπίσουν στο σύνολό τους τέτοια προβλήματα
- ✓ Η ανάγκη για επαρκή τεκμηρίωση των αποφάσεων.

Τα παραπάνω χαρακτηριστικά, ωστόσο, αυξάνουν την αμφιβολία για τη δυνατότητα να βρεθεί λύση αποκλειστικά μέσω τυπικών μαθηματικών διαδικασιών. Στην ουσία, τα Σ.Υ.Α. δεν στοχεύουν στο να αντικαταστήσουν τον υπεύθυνο για τη δημιουργία απόφασης στη λύση των προβλημάτων: είναι δομημένα, έτσι, ώστε να χρησιμοποιούν στο μέγιστο την πληροφορία και να βοηθούν το χρήστη να πάρει υπεύθυνες και καθαρές αποφάσεις, όσο αυτό είναι δυνατό.

Ιδεατά οι πληροφορίες, πρέπει να είναι ακριβείς, αναμφισβήτητες, και εξαντλητικές. Στην πραγματικότητα όμως, είναι αρκετά συχνό να χρησιμοποιούνται πληροφορίες που δε διακρίνονται από αυτά τα χαρακτηριστικά με αποτέλεσμα να αντιμετωπίζεται το πρόβλημα των στοχαστικών και/ή ασαφών δεδομένων. Για το λόγο αυτό, πρέπει να επιτυγχάνεται ισορροπία μεταξύ των διαφορετικών επιπέδων πληροφορίας και των προβλημάτων, που τυχόν αυτές παρουσιάζουν.

Συμπερασματικά, υπάρχουν δύο βασικοί λόγοι για τους οποίους είναι απαραίτητη η χρησιμοποίηση Σ.Υ.Α. σε περιβαλλοντικά θέματα (T.Mesimeris, 1997): ο πρώτος, αφορά στην βελτιστοποίηση της ποιότητας της απόφασης. Αυτό επιτυγχάνεται με πολλούς τρόπους. Καταρχήν, η αναλυτική δόμηση ενός προβλήματος οδηγεί σε ενδιαφέρουσες συγκρίσεις και προσδιορίζει λύσεις. Επίσης το πλαίσιο λειτουργίας του Σ.Υ.Α. ενσωματώνει ειδικές πληροφορίες σχετικά με ποικίλους τομείς επιστημονικούς που σχετίζονται με το πρόβλημα.

Ο δεύτερος λόγος, είναι, ότι η όποια απόφαση λαμβάνεται, είναι τεχνικά υποστηρίξιμη ειδικά σε σχέση με το κοινό, που έχει σχέση με το πρόβλημα. Τα Σ.Υ.Α. στην πραγματικότητα όχι μόνο δείχνουν τι πληροφορίες χρησιμοποιούν και από που προέρχονται, αλλά και πως χρησιμοποιήθηκαν και τι αυτό σημαίνει, με αποτέλεσμα οι αποφάσεις να είναι οι καλύτερες που θα μπορούσαν να ληφθούν.

### **3.3.2. Έμπειρα συστήματα**

Το έμπειρο σύστημα είναι ένα «νοήμον πρόγραμμα», το οποίο χρησιμοποιεί γνώσεις και επαγωγή για να επιλυθούν προβλήματα, που απαιτούν σημαντική ανθρώπινη εμπειρία για την αντιμετώπισή τους. Το Expert System Group of the British Computer Society δίνει ένα γενικά αποδεκτό ορισμό, σύμφωνα με τον οποίο «τα Ε.Σ. είναι η προτυποποίηση μέσω υπολογιστών της νοημοσύνης σε ένα συγκεκριμένο πεδίο έτσι ώστε το σύστημα να προσφέρει έξυπνες συμβουλές ή αποφάσεις. Το Ε.Σ. δρα ως βοηθητικό ή υποστηρικτικό κομμάτι μιας απόφασης συμβουλευοντας ενίοτε τον υπεύθυνο για την απόφαση όταν αυτός δεν είναι ειδικός. Επίσης το Ε.Σ. μπορεί να

συμπεριφερθεί αυτόνομα χωρίς την ανθρώπινη βοήθεια ή επικοινωνία» (P.Goodwin, G.Wright, 1998).

Ένα Ε.Σ. περιλαμβάνει τουλάχιστον δύο συνιστώσες (Γ.Μικρούδης, 1992): μια βάση γνώσεων και ένα επαγωγικό μηχανισμό (σχήμα 4-2). Ο συνδυασμός της βάσης γνώσεων και του επαγωγικού μηχανισμού παράγει ένα έμπειρο σύστημα.

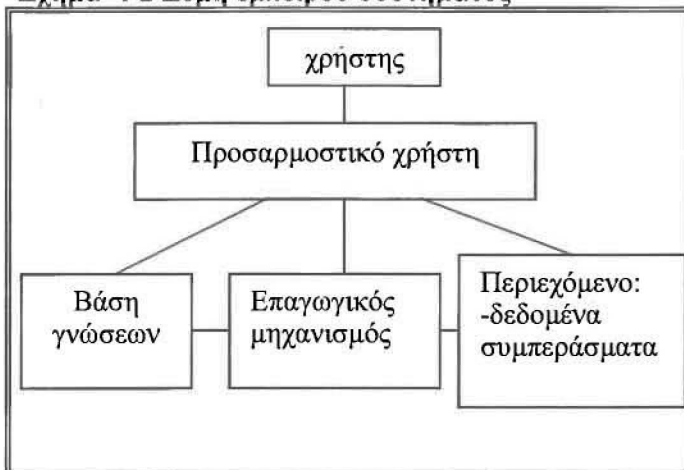
Η βάση γνώσεων περιέχει ένα σύνολο από στοιχεία και ευρετικούς κανόνες, οι οποίοι πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για την επίλυση του προβλήματος. Η γνώση που παρέχεται από τον ή τους εμπειρογνώμονες, περιλαμβάνει γεγονότα και κανόνες.

Τα γεγονότα αναπαριστούν τι είναι γνωστό (περιγραφική γνώση) και δημιουργούν μια πραγματική βάση δεδομένων. Οι κανόνες περιγράφουν τι πρέπει να γίνει με τα γεγονότα (διαδικαστική γνώση), καθώς επίσης κρίσεις και πιθανούς συλλογισμούς. Τα γνωστά στοιχεία καθώς και τα εξαγόμενα στοιχεία κατά τη διάρκεια μιας συνόδου(διάλογος χρήστη-υπολογιστή) κρατούνται συνήθως σε προσωρινή αποθήκη δεδομένων, καλούμενη περιεχόμενο. Τέτοια στοιχεία μπορεί να προέρχονται ή και να καταλήγουν σε εξωτερικές βάσεις δεδομένων, προγράμματα ανάλυσης/σχεδιασμού ή και συσκευές συλλογής δεδομένων.

Στην περίπτωση της διαχείρισης απορριμμάτων, το Ε.Σ. ως κύρια λειτουργία έχει τη σύνθεση παρατηρήσεων, οι οποίες δίνονται από το χρήστη σε ακριβή περιγραφή των μεθόδων διάθεσης σε σχέση με την περιοχή που προτείνεται να εφαρμοστούν. Οι σχέσεις μεταξύ των παρατηρήσεων και των χαρακτηριστικών της περιοχής, και μεταξύ των χαρακτηριστικών αυτών και γενικών εννοιών ή παραμέτρων της αξιολόγησης εκφράζεται με τη βοήθεια σχέσεων στη βάση γνώσεων του συστήματος. Οι σχέσεις αυτές συνιστούν ένα σχεσιακό δίκτυο στο οποίο οι κόμβοι αποτελούν χαρακτηριστικά της περιοχής ή παραμέτρους της αξιολόγησης οι δε σύνδεσμοι των κόμβων παριστάνουν τις μεταξύ τους σχέσεις.

Παράλληλα, οι διάφορες υποθέσεις εκφράζονται με τη βοήθεια παραγωγικών κανόνων και δοκιμάζουν το κατά πόσο οι παρατηρήσεις και οι υπάρχουσες συνθήκες οδηγούν σε ορισμένα συμπεράσματα για τα πιθανά προβλήματα από την κάθε μέθοδο. Οι κανόνες αυτοί είναι της μορφής: «ΑΝ συνθήκες ΤΟΤΕ συμπεράσματα» και συνδυάζονται με το σχεσιακό δίκτυο, σύμφωνα με τον επαγωγικό μηχανισμό.

Σχήμα 4-2 Δομή εμπειρου συστήματος



Πηγή: Γ.Μικρούδης, 1992

Ο επαγωγικός μηχανισμός εξετάζει τα περιεχόμενα της βάσης γνώσεων και χρησιμοποιώντας στρατηγικές ελέγχου συνδυάζει τους κανόνες της βάσης γνώσεων με το περιεχόμενο για να προκύψει η λύση του προβλήματος. Περιλαμβάνει δηλαδή τις τεχνικές που χρησιμοποιούνται για να παραχθούν νέες πληροφορίες από ήδη γνωστές και εφαρμόζεται σύμφωνα με μια στρατηγική ελέγχου, δηλαδή επιλογής των κανόνων, οι οποίοι πρέπει να εφαρμοστούν και δοκιμασίας διαφορετικών εναλλακτικών λύσεων.

Το προσαρμοστικό χρήστη - συστήματος παρέχει δυνατότητες στο χρήστη να εξετάσει τα περιεχόμενα της βάσης γνώσεων και να ρωτά «γιατί» και «πώς» για τα αποτελέσματα. Επί πλέον, επιτρέπει στο χρήστη να δώσει πληροφορίες, όποτε το επιθυμεί, να αλλάξει προηγούμενες απαντήσεις, να απενεργοποιήσει τμήματα του επαγωγικού δικτύου και τέλος να περιλάβει τις δικές του παραμέτρους στην αξιολόγηση. Υπάρχει, δηλαδή, ευλυγισία παραδοχών και συλλογισμών, με κάποιο όριο βέβαια, τέτοιο, ώστε να μην παραβλέπεται η σταθερότητα και συμβατότητα των αποτελεσμάτων.

### **3.4. Εφαρμογή πολυκριτήριων μεθόδων σε συνδυασμό με εργαλεία πληροφορικής στη διαχείριση του περιβάλλοντος και ειδικότερα στη διάθεση των απορριμμάτων**

Αρκετές πολυκριτήριες μέθοδοι έχουν χρησιμοποιηθεί για την επίλυση περιβαλλοντικών προβλημάτων, ως σήμερα. Οι Merkhofer και Keeney(1987) ασχολήθηκαν με τον προσδιορισμό θέσεων για τη διάθεση πυρηνικών αποβλήτων μέσω ταξινομικής ανάλυσης. Οι Leschine, Wallenious και Verdini(1992) ασχολήθηκαν με την εξεύρεση θέσεων διάθεσης σε ωκεανούς χρησιμοποιώντας τη μέθοδο Pareto Race.

Οι Briggs, Kunsch και Mareschal(1990) χρησιμοποίησαν τις μεθόδους PROMETHEE και GAIA σχετικά με τη διαχείριση πυρηνικών αποβλήτων. Η διαδικασία είναι πολυκριτήρια και για τη λήψη της απόφασης, η οποία αποτιμά σε οικονομικούς όρους το αποτέλεσμα εμπλέκονται διαφορετικές πιθανές χρονικές περίοδοι εφαρμογής των σεναρίων, καθώς και διαφορετικές θέσεις διάθεσης των πυρηνικών αποβλήτων.

Οι Dyer, Edmonds, Butler και Jib (1998) προτείνουν ένα πολυκριτηριακό μοντέλο για την υποστήριξη επιλογής της κατάλληλης τεχνολογίας για τη διάθεση όπλων, τα οποία περιέχουν πλουτόνιο. Μέσω της ανάλυσης αποτιμώνται 13 εναλλακτικά σενάρια, πραγματοποιείται και ανάλυση ευαισθησίας ανάλογα με τα βάρη που δίνονται και τις υποθέσεις, και ποσοτικοποιούνται τα ενδεχόμενα πλεονεκτήματα από την ταυτόχρονη ανάπτυξη διαφόρων τεχνολογιών.

Οι Stam, Kuula και Cesar(1992) εφάρμοσαν τη μέθοδο του Wierzbicki, σχετικά με την αέρια μόλυνση στην Ευρώπη. Είναι ένα μεικτό δυναμικό μοντέλο, το οποίο ενσωματώνει ένα μεγάλο αριθμό τεχνολογιών και ασχολείται με περιορισμούς και εμπόδια οικονομικά και την αέρια μόλυνση προτείνεται από τον Chang και άλλους.

Με τα στερεά απορρίμματα έχουν ασχοληθεί οι Caruso, Colorni και Paruccini(1993) οι οποίοι ανέπτυξαν ένα μοντέλο χωροθέτησης για το σχεδιασμό αστικού συστήματος διαχείρισης απορριμμάτων και ορισμένες ευρετικές τεχνικές για να επιλύσουν το πρόβλημα. Τα αποτελέσματα της διαδικασίας ήταν ο αριθμός και η θέση των

εγκαταστάσεων διάθεσης προσδιορίζοντας την τεχνολογία που υιοθετήθηκε, τον όγκο των απορριμμάτων που επεξεργάζεται και τη βάση υπηρεσιών κάθε εγκατάστασης.

Ο Hokkanen και άλλοι(1995) και Hokkanen και Salminen(1994), εφάρμοσαν τις μεθόδους ELECTRE II και III αντίστοιχα. Η μέθοδος ELECTRE III αποδείχθηκε χρήσιμη ειδικά σε περιβαλλοντικά προβλήματα, στα οποία υπάρχουν αρκετοί φορείς ή πρόσωπα που ενέχονται στη διαδικασία απόφασης, και σε αυτά που υπάρχει αβεβαιότητα ως προς την ποιότητα των στοιχείων. Η σειρά των μεθόδων ELECTRE βασίστηκε σε ένα λογισμικό πακέτο που δημιουργήθηκε από τον Bernard Roy και τους συνεργάτες του. Έχει πολλά πλεονεκτήματα εισάγοντας την αρχή της συμφωνίας (που υπολογίζει την επιθυμία των περισσοτέρων) και την αρχή της ασυμφωνίας ( που καταγράφει την αντίθετη άποψη της μειοψηφίας). Για το λόγο αυτό, υπάρχει μια αξιοσημείωτη ομοιότητα με τις συγκρούσεις που παρατηρούνται για τα περιβαλλοντικά προβλήματα σε τοπικό επίπεδο, όπου υπάρχουν κάποιοι, που αντιδρούν βίαια, σε αποφάσεις της πλειοψηφίας.

Ο Benson (1998) αναπτύσσει το πλαίσιο ενός Σ.Υ.Α., που βοηθάει στον αποτελεσματικό σχεδιασμό και διαχείριση των οικιακών ανακυκλώσιμων απορριμμάτων. Ο αποτελεσματικός σχεδιασμός απαιτεί διορατικότητα για την αντίδραση και ανταπόκριση των καταναλωτών στις διάφορες προσπάθειες για τη διαχείριση των ανακυκλώσιμων απορριμμάτων, καθώς και στις όποιες διοικητικές μεταρρυθμίσεις, προκειμένου αυτές να υποστηριχθούν.

Στην ελληνική βιβλιογραφία, επίσης, υπάρχουν μελέτες σχετικά με τη διαχείριση των απορριμμάτων. Ο Σκορδίλης (1989) αξιολογεί τις μεθόδους διάθεσης απορριμμάτων με την ευρυστική μέθοδο της ανάλυσης αξίας, οφέλους και χρήσης. Βάσει των προτεραιοτήτων και επιθυμιών των ομάδων διαμόρφωσης στόχων σχηματίστηκε το σύστημα στόχων, εξετάστηκε η πληρότητα τους και επακολούθησε η κατάταξή τους σε ομάδες ανάλογα με τις λειτουργικές τους σχέσεις.

Η Διακουλάκη(1993) και άλλοι παρουσιάζουν μια συνεργασία Ε.Σ./MCDA θεωρώντας ότι: (α) ο καθορισμός του προβλήματος εμπεριέχει πολλές παραμέτρους με πολύπλευρες χωροχρονικές διαστάσεις, (β) η γνώση που απαιτείται για την ανάλυση



χρήζει διεπιστημονικής προσέγγισης, που δε μπορεί να καλυφθεί από ένα μόνο επιστήμονα και (γ) η γνώση αυτή δεν είναι πάντα σαφώς καθορισμένη, αλλά μπορεί να βασίζεται σε εμπειρικούς κανόνες, οι οποίοι ίσως να μην είναι ούτε ολοκληρωμένοι ούτε μοναδικοί. Το Σ.Υ.Α. αυτό επιτρέπει την απόκτηση, τυποποίηση, αποθήκευση και χρήση της γνώσης που απαιτείται για την ανάδειξη των εφικτά τεχνητών μεθόδων σε κάθε συγκεκριμένη εφαρμογή.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>

### Προσδιορισμός των Παραγόντων που Αξιολογούνται σε Κάθε Μέθοδο Διάθεσης Απορριμμάτων

#### **4.1. Εισαγωγή**

Στο παρόν κεφάλαιο, θα παρουσιάσουμε στοιχεία για τις μεθόδους διάθεσης, τα οποία θα μας βοηθήσουν να τις συγκρίνουμε μέσω πολυπαραγοντικής ανάλυσης υπό διαφορετικές συνθήκες κάθε φορά. Λέγοντας διαφορετικές συνθήκες εννοούμε τους εναλλακτικούς στόχους και προτεραιότητες, τους οποίους θέτει ο αναλυτής και οι εμπλεκόμενοι φορείς στη διαδικασία της απόφασης, σχετικά με τη διάθεση των απορριμμάτων και εκφράζονται μέσω ορισμένων παραγόντων αξιολόγησης. Ο καθορισμός των παραγόντων αυτών, με τρόπο, ώστε να είναι κατανοητός και αποδεκτός από όλους τους εμπλεκόμενους φορείς αποτελεί το κεντρικό και δυσκολότερο πρόβλημα. Στα περιβαλλοντικά προβλήματα, γενικά, είναι πιθανό, οι φορείς που εμπλέκονται στη διαδικασία λήψης απόφασης να μην αντιλαμβάνονται πλήρως τις αιτιώδεις σχέσεις μεταξύ μεθόδων διάθεσης απορριμμάτων και των παραγόντων αξιολόγησής τους με αποτέλεσμα να υπάρχουν αντιρρήσεις και αντιδράσεις ως προς την έκβαση των αποτελεσμάτων της αξιολόγησης τους.

Δυστυχώς, η μεθοδολογία του καθορισμού των παραγόντων που αφορούν στην κάθε μέθοδο διάθεσης δεν έχει επαρκώς καθοριστεί, ώστε να διευκολύνεται η άμεση εξαγωγή αποτελεσμάτων. Ωστόσο, υπάρχουν αρκετές προσεγγίσεις και τεχνικές στη βιβλιογραφία σχετικά με την επιλογή των κατάλληλων παραγόντων.

Προκειμένου, να γίνει κατανοητός ο καθορισμός των παραγόντων, οι οποίοι θα αξιολογηθούν για τη σύγκριση των εναλλακτικών μεθόδων διάθεσης απορριμμάτων, θα κατασκευάσουμε ένα δέντρο παραγόντων, το οποίο θα μας βοηθήσει αργότερα στη λήψη απόφασης.

## **4.2. Κατασκευή δέντρου παραγόντων αξιολόγησης**

Τα δέντρα παραγόντων διευκολύνουν σημαντικά τη λήψη απόφασης, όταν τα προβλήματα στα οποία αναζητούμε λύση είναι πολυεπίπεδα. Βοηθούν τον υπεύθυνο για την απόφαση, να αναπτύξει μια καθαρή εικόνα της δομής του προβλήματος και κατ' επέκταση, να καθορίσει τα πιθανά σενάρια επίλυσής του. Επίσης, τα δέντρα αποφάσεων βοηθούν τον αναλυτή να κρίνει τη φύση των πληροφοριών σε σχέση με το πρόβλημα.

Η διαδικασία κατασκευής ενός δέντρου είναι, κατά βάση επαναληπτική, διότι συνήθως η αρχική κατασκευή αναθεωρείται, καθώς η αντίληψη του υπεύθυνου για το πρόβλημα, συνεχώς βελτιώνεται. Λόγω του ότι, στόχος του δέντρου είναι να διευκολύνει στην κατανόηση το πρόβλημα, τα δέντρα δεν πρέπει να είναι πολύπλοκα και μεγάλα. Τα δέντρα αποφάσεων είναι απλοποιήσεις της πραγματικότητας. Η απλοποίηση αυτή είναι η βάση, ώστε ένα πρόβλημα να γίνει κατανοητό, αποφεύγοντας ασάφειες, οι οποίες μπορεί να προκύψουν από υπερβολική λεπτομέρεια.

### **4.2.1. Κριτήρια κατασκευής ενός δέντρου παραγόντων αξιολόγησης**

Σύμφωνα με τους Keeney και Raiffa (1976), η κατασκευή ενός δέντρου πρέπει να πληροί τα παρακάτω πέντε κριτήρια:

1. *Πληρότητα*: πρέπει να εκπροσωπούνται όλα τα χαρακτηριστικά που συνθέτουν το πρόβλημα
2. *Λειτουργικότητα*: το κριτήριο αυτό ικανοποιείται όταν όλα τα χαμηλότερου επιπέδου χαρακτηριστικά του δέντρου είναι αρκετά ειδικά για τον υπεύθυνο για τη λήψη της απόφασης, ώστε να είναι ικανός να τα αποτιμήσει και να τα συγκρίνει ως προς κάθε μια από τις διαφορετικές εναλλακτικές προτάσεις.

3. *Ανεξαρτησία*: με αυτό το κριτήριο απαιτείται η απόδοση μιας δράσης σύμφωνα με ένα παράγοντα αξιολόγησης, να είναι ανεξάρτητη από την απόδοση σε κάποιον άλλο παράγοντα.
4. *Απουσία πλεονασμών*: δεν πρέπει να υπάρχουν δυο αξιολογητέα στοιχεία τα οποία να αντιπροσωπεύουν το ίδιο πράγμα, γιατί οδηγούμαστε σε διπλούς υπολογισμούς.
5. *Ελάχιστο μέγεθος*: αν το δέντρο είναι μεγάλο η ανάλυση δυσχεραίνεται. Ωστόσο, το μέγεθός του, πρέπει να είναι τουλάχιστον τέτοιο, ώστε τα χαρακτηριστικά του να μην υποδιαιρούνται πλέον του επιπέδου, βάσει του είναι δυνατό να αποτιμηθούν.

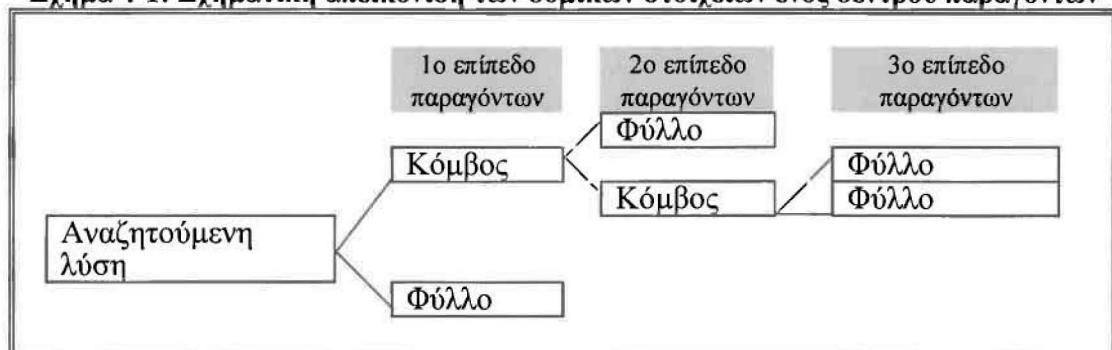
Είναι, όμως, αποδεδειγμένο στην πράξη, ότι ορισμένες φορές είναι αναγκαίο να γίνουν ορισμένοι συμβιβασμοί μεταξύ των παραπάνω κριτηρίων. Για παράδειγμα, για να γίνει ένα δέντρο λειτουργικό είναι δυνατό, να αυξήσουμε το μέγεθός του.

#### 4.2.2. Μορφή ενός δέντρου παραγόντων

Τα βασικά στοιχεία ενός δέντρου είναι:

1. *Οι κόμβοι*: αναπαριστούν τους παράγοντες που συμβάλλουν στη λήψη της απόφασης για κάθε πρόβλημα και κάθε κλάδος, ο οποίος ξεκινά από αυτόν τον κόμβο καταλήγει, είτε σε ένα κόμβο(παράγοντα) επόμενου επιπέδου, είτε σε φύλλα.
2. Τα φύλλα: είναι οι άκρες του δέντρου, δηλαδή παράγοντες τελευταίου επιπέδου οι οποίοι δεν υποδιαιρούνται επιπλέον, και αυτούς καλείται ο υπεύθυνος λήψης απόφασης να υπολογίσει ώστε συνθέτοντάς τους να προχωρήσει στον υπολογισμό του προηγούμενου κόμβου, μέχρι τον κεντρικό κόμβο.

**Σχήμα 4-1: Σχηματική απεικόνιση των δομικών στοιχείων ενός δέντρου παραγόντων**



Πηγή: ίδια επεξεργασία

Το 1ο επίπεδο παραγόντων είναι αυτό το οποίο αναφέρεται στους τελικούς κόμβους, αυτούς, δηλαδή, τους οποίους όταν συνθέσουμε οδηγούμαστε στη λήψη της απόφασης.

Το 2ο επίπεδο παραγόντων αποτελείται από αυτούς, οι οποίοι συνθέτουν το 1ο επίπεδο κ.ο.κ. Στο σχήμα 4-1 παρουσιάζεται η δομή ενός δέντρου παραγόντων.

### **4.3. Εφαρμογή δέντρου παραγόντων αξιολόγησης στη σύγκριση των εναλλακτικών μεθόδων διάθεσης απορριμμάτων**

Το πρόβλημα του καθορισμού των παραγόντων, οι οποίοι θα μας επιτρέψουν να προβούμε σε σύγκριση μεταξύ των μεθόδων διάθεσης είναι αντιπροσωπευτικό αυτών που απαιτούν κατασκευή δέντρου παραγόντων. Πράγματι, πρόκειται για ένα πολυεπίπεδο πρόβλημα, το οποίο ανάγεται στον προσδιορισμό των πολιτικών, οικολογικών, κοινωνικών, τεχνολογικών και άλλων παραγόντων.

Κάθε μέθοδος διάθεσης ή αξιοποίησης των απορριμμάτων παρουσιάζει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα κατά την εφαρμογή της, τα οποία έχουν σχέση με τους παράγοντες αξιολόγησης τους οποίους αναφέραμε παραπάνω.

Αξίζει να σημειωθεί (Δ.Διακουλάκη, 1993), ότι η αύξηση της κλίμακας των μονάδων επεξεργασίας των απορριμμάτων οδηγεί σε σαφώς μεγαλύτερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον σε μεγάλες γεωγραφικές περιοχές σε σχέση με τις μικρές μονάδες. Επιπλέον, η καταλληλότητα κάθε μεθόδου εξαρτάται από τις τοπικές ιδιαιτερότητες κάθε περιοχής, οι οποίες θέτουν ένα σύνολο φυσικών και τεχνικών περιορισμών.

Για να γίνουν κατανοητά τα παραπάνω, θα παραθέσουμε μια συνοπτική εξέταση αυτών των παραγόντων, μέσα από τη βιβλιογραφία και κατόπιν θα προβούμε στην παρουσίαση των δικών μας προτάσεων.

#### **4.3.1.Οι βιβλιογραφικές προσεγγίσεις στον καθορισμό των παραγόντων αξιολόγησης των εναλλακτικών μεθόδων διάθεσης απορριμμάτων**

Η διαδικασία επιλογής παραγόντων γίνεται μέσω διαφόρων τεχνικών. Ο Roy (1985) μελέτησε τις διάφορες απόψεις σχετικά με τον καθορισμό παραγόντων, με στόχο να αναδείξει ύστερα από εκτενή ανάλυση, την κατάταξή τους από μικρή προς αυξημένη

σημαντικότητα. Οι Keeney και Raiffa (1976), Keeney (1988) και Saaty (1980) συνηγόρησαν προς ένα ιεραρχικό τρόπο δόμησης κριτηρίων αντίστροφης κατάταξης από τον Roy μέσα από την αποσύνθεση των διαφόρων απόψεων στα υποστοιχεία που τις αποτελούν, μέχρι να επιτευχθεί η κατάλληλη προσέγγιση. Πρέπει να τονιστεί ότι οι δύο προσεγγίσεις που αναφέραμε, του Roy και των Keeney και Raiffa δεν είναι αμοιβαία αποκλειόμενες.

Ο Σκορδύλης (1989) προτείνει μια ελεγχόμενη προσέγγιση, η οποία φαίνεται στον πίνακα 4-1. Καταρτίστηκε ένας κατάλογος ο οποίος περιλαμβάνει όλο το φάσμα των στόχων. Μετά την εξέταση της πληρότητας τους επακολούθησε η κατάταξη των στόχων σε ομάδες, ανάλογα με τις λειτουργικές τους σχέσεις. Η σχεδιασθείσα δομή των στόχων βρίσκεται σε τρία επίπεδα και αποτελείται από τέσσερις κύριους στόχους και είκοσι δευτερεύοντες. Ο γενικός στόχος είναι, η «καλύτερη διάθεση των απορριμμάτων».

**Πίνακας 4-1: Ιεράρχηση στόχων για την καλύτερη διάθεση των απορριμμάτων σύμφωνα με τον Σκορδύλη(1989)**

Καλύτερη διάθεση των απορριμμάτων			
1. Καλύτερη χρήση της πολιτικής περιβάλλοντος	2. Μικρότερη οικολογική επιβάρυνση	3. Καλύτερευση της οικονομικότητας	4. Καλύτερη εφαρμογή της τεχνολογίας
1.1 Εκπλήρωση πολιτικής περιβάλλοντος	2.1 ηχορύπανση	3.1 αξία γης	4.1 λειτουργικότητα
1.2 Εφαρμογή και χρήση περιβαλλοντικής νομοθεσίας	2.2 ατμοσφαιρική ρύπανση	3.2 κόστη λειτουργίας – επένδυσης	4.2 ευαισθησία στην αλλαγή σύστασης
1.3 Απασχόληση	2.3 ρύπανση εδάφους	3.3 ανταποδοτικά τέλη	4.3 προσαρμογή σε απαιτήσεις
	2.4 ρύπανση νερών	3.4 αύξηση αγοράς	4.4 διάρκεια ζωής
	2.5 αισθητική	3.5 οικονομική ανάπτυξη άλλων τομέων	4.5 γρήγορη κατασκευή
		3.6 εκμετάλλευση της χρηματοδότησης	4.6 αξιοπιστία

Πηγή: Α.Σκορδύλης (1989)

Οι Hokkanen και Salminen (1994) προτείνουν ένα παρόμοιο σύνολο κριτηρίων που παρουσιάζεται στον πίνακα 4-2. Από όλα αυτά, που παρουσιάζονται στον πίνακα κατέληξαν στα εξής, οκτώ κριτήρια: (1)καθαρό κόστος ανά τόνο, (2)τεχνική αξιοπιστία, (3)παγκόσμιες επιπτώσεις, (4)επιπτώσεις στην υγεία τοπικά και περιφερειακά,



(5)εκπομπές οξέων, (6)μόλυνση επιφανειακών υδάτων, (7)αριθμός εργαζομένων, (8)ποσότητα ανακτώμενων απορριμμάτων.

**Πίνακας 4-2: Προκαταρκτική ταξινόμηση των παραγόντων αξιολόγησης σύμφωνα με τους Hokkanen και Salminen**

Οικονομικά (F,L,W,D)	Περιβαλλοντικά (F,L,W,D)
Κόστος επένδυσης(F,L,D)	Παγκόσμια(F,L,D)
Κόστος λειτουργίας(F,L,D)	Φαινόμενο θερμοκηπίου(F,L)
Έξοδα(L,D)	Περιφερειακά(F,L)
Καθαρό κόστος/τόνο(F,L,D)	Απελευθέρωση όξινων μιγμάτων(F,L)
Καθαρό κόστος/νοικοκυριό(L,W,D)	Μόλυνση επιφανειακών υδάτων(F,L,D)
Χρηματοδοτικοί διακανονισμοί(L)	Μόλυνση νερών και αέρα με επιπτώσεις στην υγεία(F,L,W,D)
Τεχνικά(F,L,W,D)	Τοπικά(F,L)
Επιτευξιμότητα(L)	Περιβαλλοντική υγιεινή (D)
Εμπειρία στη λειτουργία(L,D)	Μόλυνση επιφανειακών υδάτων(F,L,D)
Προσαρμοστικότητα στις τοπικές συνθήκες(L,D)	Μόλυνση νερών και αέρα με επιπτώσεις στην υγεία(F,L,D)
Αξιοπιστία(L)	Ανακτώμενοι ποροι(F,L,W,D)
Συνέχεια(L)	Ανάκτηση προϊόντων(F,L,W,D)
Αδιάκοπη λειτουργία(L)	Ενεργειακές ανάγκες(L)
Δυνατότητα μελλοντικής ανάπτυξης(L)	Εύρεση αγοράς(L)
Πολιτικά	Χρήση γης μετά(L,D)
Κοινωνική αποδοχή	Απασχόληση(L,D)
	Αριθμός εργαζομένων(L,D)

F: Παράγοντες που εξάγονται από τις λειτουργικές σχέσεις των μεθόδων

L: Παράγοντες που εξάγονται από τη βιβλιογραφία

W: Παράγοντες που αναφέρονται από το Waste Act στη Φιλανδία

D: Παράγοντες που προτείνονται από τους υπεύθυνους λήψης απόφασης

Πηγή: J.Hokkanen & P.Salminen (1997)

Ο Caruso και άλλοι(1993) προτείνουν μόνο τρία αντικείμενα, π.χ. οικονομικό κόστος, περιβαλλοντική επίδραση, εξάντληση πόρων. Το οικονομικό κόστος υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη το επενδυτικό κόστος, το κόστος διαχείρισης και τα κόστη μεταφοράς. Η εξάντληση πόρων μετράται με την ποσότητα των απορριμμάτων, η οποία τελικά διατίθεται για υγειονομική ταφή, με στόχο αυτή να ελαχιστοποιείται. Οι περιβαλλοντικές επιδράσεις ποσοτικοποιούνται σε ένα δείκτη, ο οποίος εξαρτάται κυρίως από τη χωροθέτηση των υπηρεσιών διάθεσης μέσω των γεωγραφικών και οικιστικών χαρακτηριστικών της περιοχής, ενώ υπολογίζεται η τεχνολογία, η και η

ικανότητα αυτών των υπηρεσιών. Αυτή η προσέγγιση, μπορεί να ερμηνευθεί ως πολύ απλουστευτική από τη στιγμή που οι περιβαλλοντικές επιδράσεις συμποούνται σε ένα δείκτη δίχως να λαμβάνεται υπόψη ο πολυκριτηριακός τους χαρακτήρας. Πάντως, στην νομοθεσία της Ε.Ε. παρατηρείται μία τάση να προαχθεί μια τέτοια απλούστευση στα πλαίσια μιας ολιστικής προσέγγισης των επιδράσεων στο περιβάλλον.

Η Διακουλάκη(1993) προτείνει τρεις οικονομικούς δείκτες (πίνακας 4-3) οι οποίοι εξαρτώνται από τη δυναμικότητα της μονάδας της κάθε εναλλακτικής μεθόδου, τρεις δείκτες που περιγράφουν το βαθμό εξοικονόμησης φυσικών πόρων, μέσω της χρήσης ή ανάκτησής τους και δυο ποιοτικούς δείκτες που μετρούν τις άμεσες και έμμεσες περιβαλλοντικές επιδράσεις.

**Πίνακας 4-3: Κατάταξη κριτηρίων σύμφωνα με τη Διακουλάκη**

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ	ΤΕΧΝΙΚΑ	ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ
1. οπτική ρύπανση	1. ανάκτηση γης	3 οικονομικοί δείκτες
2. τοξικότητα προϊόντων- παραπροϊόντων		
3. χρήση ανάκτηση υλικών- ενέργειας		

Πηγή: Δ. Διακουλάκη (1993)

Σε μελέτη του Ε.Α.Ε.Μ.Ε. (Karagiannidis, 1994) παρατηρείται μια σύνθεση των κριτηρίων και παραγόντων που επέλεξαν οι προηγούμενοι. Υπάρχουν τέσσερις μεγάλες κατηγορίες: οικονομικοί, κοινωνικοί, περιβαλλοντικοί και τεχνικοί παράγοντες που υποδιαιρούνται σε υποπαράγοντες που φαίνονται στον πίνακα 4-4, που ακολουθεί.

**Πίνακας 4-4: Κατάταξη των κριτηρίων αξιολόγησης των μεθόδων διάθεσης σύμφωνα με τον Karagiannidis**

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ	ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ	ΤΕΧΝΙΚΑ	ΚΟΙΝΩΝΙΚΑ
1. αέρια ρύπανση	1. κόστος επένδυσης	1. λειτουργικότητα	1. απασχόληση
2. ποιότητα απορριμμάτων	2. κόστος λειτουργίας και συντήρησης	2. κατάλοιπα	2. κοινωνική αποδοχή
3. οπτική ρύπανση	3. ετήσιο κόστος/νοικοκυριό	3. πιθανότητα ατυχήματος	
4. ανάκτηση υλικών – ενέργειας			
5. προστασία οικοσυστήματος			

Πηγή: Α. Karagiannidis (1994)

#### 4.3.2. Πρόταση για τους παράγοντες που θα αποτελούν το δέντρο αξιολόγησης των μεθόδων διάθεσης στην παρούσα μελέτη

Κάθε μέθοδος διάθεσης έχει τα δυνατά και αδύνατα σημεία της. Για παράδειγμα, η υγειονομική ταφή είναι η πλέον οικονομική μέθοδος, αλλά δεν επιτρέπει την αξιοποίηση των χρήσιμων και ανακυκλώσιμων συστατικών των απορριμμάτων, ενώ σε πολλές περιπτώσεις οι απαιτήσεις για μεγάλες εκτάσεις δε μπορούν να ικανοποιηθούν. Τα συστήματα καύσης πάλι, θεωρούνται ότι προκαλούν σημαντική αέρια ρύπανση και χαρακτηρίζονται από υψηλά κόστη επένδυσης, όμως υπό ορισμένες συνθήκες εφαρμογής της μπορεί να είναι αποδοτική από οικονομική άποψη δεδομένου ότι χρειάζεται μικρή έκταση ενώ μπορεί να ανακτηθεί ενέργεια. Οι μονάδες λιπασματοποίησης χαρακτηρίζονται από μέτρια κόστη επένδυσης και λειτουργίας, αλλά οι τοξικές ουσίες που μπορεί να βρεθούν στο βελτιωτικό εδάφους καθιστούν προβληματική τη χρήση του. Τέλος, το υψηλό κόστος επένδυσης και λειτουργίας και οι αέριες εκπομπές κατά την καύση του RDF συνθέτουν τα κύρια μειονεκτήματα του μηχανικού διαχωρισμού.

Όλη αυτή η κριτική, μπορεί να αναπτυχθεί, μέσω του δέντρου ποιοτικών και ποσοτικών παραγόντων, που θα αναπτύξουμε παρακάτω, οι οποίοι εκφράζουν τις διαφορετικές απόψεις της αξιολόγησης.

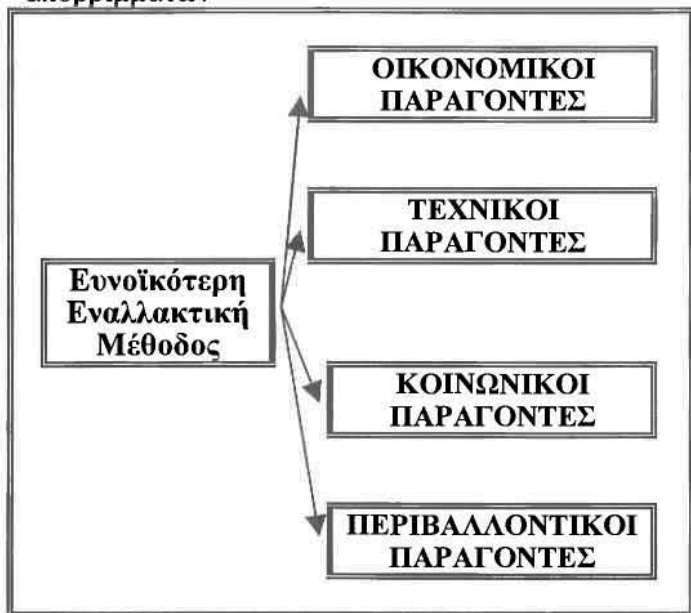
Ωστόσο, πρέπει να τονίσουμε, ότι ο καθορισμός των παραγόντων αυτών είναι πολύ δύσκολο να είναι γενικά αποδεκτός, ειδικά όταν εμπλέκονται σε αυτόν πολλοί φορείς με διαφορετική αντίληψη και σίγουρα διαφορετικά συμφέροντα. Το πρόβλημα γίνεται ακόμα πιο έντονο σε περιβαλλοντικά θέματα, όπου, τελικά, ο ρόλος του ειδικού είναι να βοηθήσει όλους τους εμπλεκόμενους φορείς να κατανοήσουν τις σχέσεις μεταξύ παραγόντων και μεθόδων, ώστε να φθάσουν τελικά στην επιλογή των πραγματικά σημαντικών παραγόντων.

Με βάση τη βιβλιογραφία, την οποία αναφέραμε παραπάνω, τους παράγοντες αξιολόγησης που έχουν επιλέξει οι διάφοροι συγγραφείς και τα πέντε κριτήρια των Keeney και Raiffa για την άρτια και αντικειμενική κατασκευή ενός δέντρου παραγόντων καταλήξαμε σε μια οικογένεια παραγόντων για την αξιολόγηση των

εναλλακτικών μεθόδων διάθεσης απορριμμάτων. Η ανάλυση για κάθε παράγοντα, καθώς και ο τρόπος με τον οποίο αυτός θα μετρηθεί, προτείνεται παρακάτω.

Όπως φαίνεται και στο σχήμα 4-2, η κάθε μέθοδος θα κριθεί με βάση τη συμπεριφορά της σε ό,τι αφορά τεχνικούς, οικονομικούς, κοινωνικούς και φυσικά περιβαλλοντικούς παράγοντες. Θεωρούμε, ότι η συγκεκριμένη αρχική κατηγοριοποίηση αν και συνεκτική ως προς τον αριθμό

**Σχήμα 4-2: Οι παράγοντες 1ου επιπέδου αξιολόγησης των εναλλακτικών μεθόδων διάθεσης απορριμμάτων**

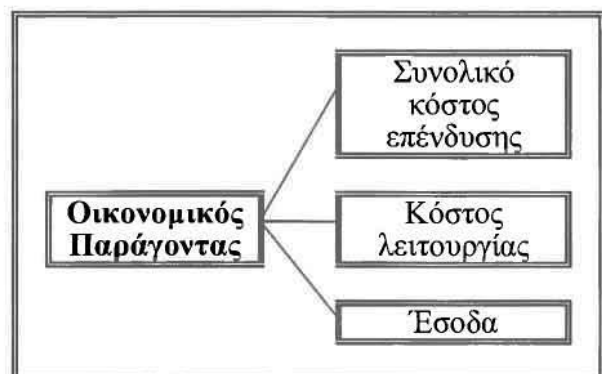


Πηγή: ίδια επεξεργασία

των παραγόντων, περιλαμβάνει όλους αυτούς τους παράγοντες μέσω των οποίων θα μπορούσαμε να έχουμε συνολική εικόνα για κάθε μέθοδο διάθεσης απορριμμάτων.

#### ➡<sup>1</sup> Οικονομικός παράγοντας

Ο οικονομικός παράγοντας ανέκαθεν αποτελούσε πολύ σημαντικό μέρος, αν όχι το σημαντικότερο μιας αξιολόγησης, ως εξασφάλιση της οικονομικής απόδοσης του σχεδίου επένδυσης, που προκύπτει από τη σύγκριση των πόρων που διατέθηκαν και των οικονομικών αποτελεσμάτων τους (Σ. Θεοφανίδης, 1985)

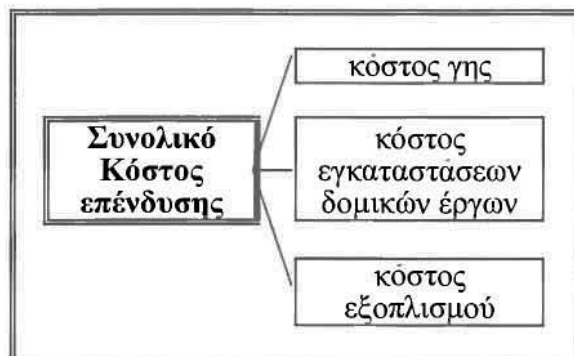


Για να έχουμε συνολική και αντικειμενική αξιολόγηση του οικονομικού παράγοντα, πρέπει να υπολογίσουμε τα εξής για κάθε μέθοδο διάθεσης απορριμμάτων:

<sup>1</sup> Οι κουκκίδες (⇒) αναφέρονται σε παράγοντες πρώτου επιπέδου, ενώ οι άλλες δύο, (⇌) και (→) σε παράγοντες δεύτερου και τρίτου επιπέδου αντίστοιχα.

### ➔ Συνολικό Κόστος Επένδυσης (ΣΚΕ)

Το ΣΚΕ είναι το άθροισμα όλων των επιμέρους «κεφαλαιακών» δαπανών που γίνονται για να δημιουργηθεί η μονάδα διάθεσης απορριμμάτων, ώστε να είναι έτοιμη να λειτουργήσει. Πιο συγκεκριμένα στο ΣΚΕ περιλαμβάνονται τα κονδύλια για πάγιες επενδύσεις (αγορά γης, εγκαταστάσεις) και για τον εξοπλισμό. Το κόστος επένδυσης αποτελεί ουσιαστικό παράγοντα για τη λήψη αποφάσεων, σχετικά με το διαχειριστικό σχέδιο απορριμμάτων. Ο παράγοντας αυτός αποκτά πρόσθετη σημασία, όταν μέρος του κόστους επένδυσης (ή και στο σύνολό του) πρόκειται να μεταφερθεί στους πολίτες με διαδικασίες αυτοχρηματοδότησης.



Μια σοβαρή παράμετρος που σχετίζεται με την αξιολόγηση της κάθε μεθόδου είναι το κατά πόσον αυτή μπορεί να ενταχθεί σε κάποιο από τα χρηματοδοτικά μέσα που παρέχονται από φορείς της Ε.Ε. ή του δημοσίου.

#### → Κόστος αγοράς γης

Ο παράγοντας αυτός έχει ιδιαίτερα μεγάλη σημασία σε περιπτώσεις, όπου υπάρχει έλλειψη γης ή ιδιαίτερα υψηλή αξία της. Οι εγκαταστάσεις διάθεσης των απορριμμάτων διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους ως προς αυτό το κριτήριο.

#### → Κόστος δομικών έργων και εγκαταστάσεων

Σε αυτό περιλαμβάνονται τα επιμέρους κόστη διαμόρφωσης χώρου, έργων προσπέλασης στην εγκατάσταση, δομικών έργων κύριας εγκατάστασης, έργων υποδομής, έργων εξωτερικών χώρων

#### → Κόστος εξοπλισμού

Σε αυτό υπολογίζεται όλος ο μηχανολογικός εξοπλισμός, ο οποίος απαιτείται για κάθε μέθοδο, κινητός ή ακίνητος.

### ➡ Κόστος λειτουργίας

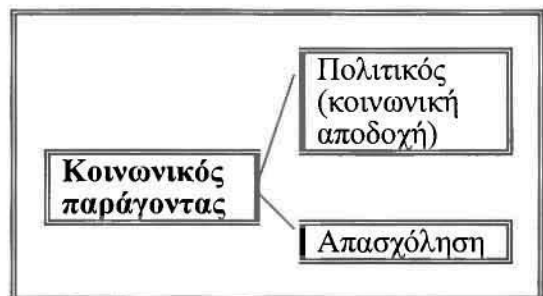
Ο παράγοντας αυτός περιέχει όλα τα κόστη που αναφέρονται στη λειτουργία κάθε μιας από τις μεθόδους διάθεσης απορριμμάτων. Πρόκειται, συνήθως, για το κόστος, το οποίο ενδιαφέρει άμεσα όλους τους εμπλεκόμενους φορείς: δημόσιους φορείς, επενδυτές και πολίτες. Το κόστος αυτό μεταφέρεται άμεσα στους εξυπηρετούμενους πληθυσμούς και περιλαμβάνει τη συντήρηση των εγκαταστάσεων, το κόστος προσωπικού, το κόστος της αντιρρύπανσης, το κόστος αποκαταστάσεων, το κόστος παρακολούθησης κ.λπ. σε τελική ανάλυση, το λειτουργικό κόστος, καθορίζει τη βιωσιμότητα της κάθε μεθόδου.

### ➡ Έσοδα

Αφορούν στα έσοδα από την πώληση των ανακτώμενων υλικών ή της ανακτώμενης ενέργειας.

### ➡ Κοινωνικός παράγοντας

Παρ' όλο το γεγονός, ότι οι τεχνολογίες διάθεσης είναι πλέον γνωστές και τεκμηριωμένες, υπάρχει μια παράμετρος, η οποία παρακωλύει την εφαρμογή τους. Είναι αυτή, της αντίδρασης τοπικών φορέων και κοινωνιών στις προσπάθειες χωροθέτησης των απαιτούμενων εγκαταστάσεων διάθεσης των απορριμμάτων. Εξαιτίας αυτού, στη διαδικασία επιλογής παραγόντων θεωρήσαμε ως πολύ σημαντικό παράγοντα, την κοινωνική αποδοχή για εγκαταστάσεις διάθεσης απορριμμάτων. Επίσης, όπως φαίνεται και στο σχήμα λαμβάνουμε υπόψη και τις δυνατότητες απασχόλησης, τις οποίες προσφέρει η κάθε μέθοδος διάθεσης απορριμμάτων.



### ➡ Κοινωνική αποδοχή

Ο συγκεκριμένος παράγοντας προκύπτει, λόγω της αντίθεσης, η οποία παρατηρείται στην προσπάθεια εγκατάστασης χώρων διάθεσης απορριμμάτων για κάθε μέθοδο. Η έλλειψη κοινωνικής αποδοχής αποτελεί συχνά, το μεγαλύτερο εμπόδιο στο τελευταίο στάδιο της διαχείρισης των απορριμμάτων. Το σύνδρομο της αντίθεσης, το οποίο



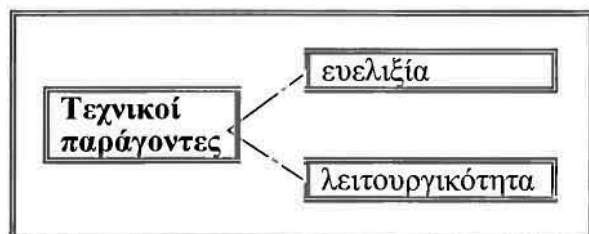
παρατηρείται διεθνώς, είναι γνωστό και ως «Σύνδρομο του NIMBY» από τα αρχικά της φράσης «Not In My Back Yard» (όχι στην αυλή μου). Αυτό το σύνδρομο παρατηρείται για όλες τις μεθόδους και ειδικά για την Υ.Τ. όταν πρόκειται να χωροθετηθούν, δίπλα σε χώρους, οι οποίοι θίγουν προσωπικά συμφέροντα.

### ➡️ Απασχόληση

Αναφέρεται στον αριθμό των απασχολουμένων σε κάθε μέθοδο διάθεσης απορριμμάτων.

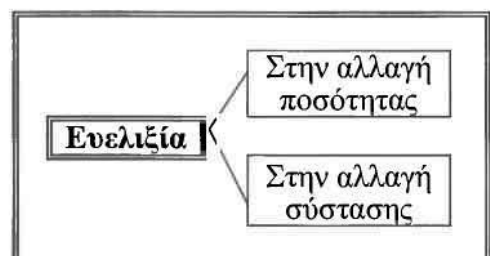
### ➡️ Τεχνικός παράγοντας

Ο τεχνικός παράγοντας αποτελεί ασφαλώς ένα πολύ σημαντικό κομμάτι στη διαδικασία αξιολόγησης κάθε μεθόδου διάθεσης απορριμμάτων. Αφορά, σε πολύ βασικούς τομείς της λειτουργίας της εγκατάστασης, οι οποίοι εξετάζονται μέσα από δυο υποπαράγοντες, όπως φαίνεται και στο σχήμα, οι οποίοι είναι η ευελιξία και η λειτουργικότητα.



### ➡️ Ευελιξία

Η ευελιξία αναφέρεται στη δυνατότητα ανταπόκρισης της κάθε μεθόδου σε πιθανή αλλαγή κάποιων εκ των χαρακτηριστικών των απορριμμάτων. Αυτά τα χαρακτηριστικά, είναι:



### → Ευελιξία στην αλλαγή ποσότητας

Δυνατότητα ανταπόκρισης σε αλλαγή της ποσότητας των απορριμμάτων. Είναι, πολύ σημαντική παράμετρος για χώρες, όπως η Ελλάδα, όπου λόγω του τουρισμού αυξάνεται σημαντικά ο πληθυσμός ορισμένες εποχές του χρόνου και κατ' επέκταση και η ποσότητα των απορριμμάτων

→ Ευελιξία στην αλλαγή σύστασης: Εύρος χρήσης της κάθε μεθόδου

Αναφέρεται στη δυνατότητα της κάθε μεθόδου να ανταποκριθεί σε πιθανή αλλαγή σύστασης των απορριμμάτων, να είναι δηλαδή σε θέση να δεχτεί προς διάθεση διάφορα είδη απορριμμάτων πλην των οικιακών όπως τοξικά, νοσοκομειακά κ.λπ.

»»» Λειτουργικότητα

Η λειτουργικότητα αναφέρεται σε χαρακτηριστικά της μεθόδου, τα οποία σχετίζονται με τη διαχείριση και λειτουργία της. Αυτά, είναι:

→ Εξασφάλιση παρακολούθησης και συντήρησης

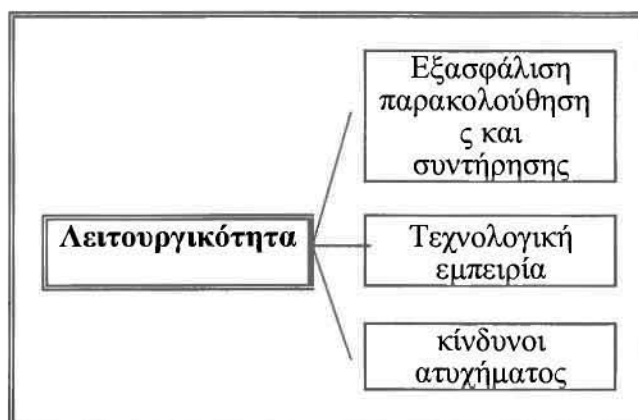
Αναφέρεται στην ευκολία με την οποία μπορούν να ελέγχονται οι διάφορες λειτουργικές παράμετροι της κάθε μεθόδου διάθεσης απορριμμάτων, όπως η συνεχής και σωστή εφαρμογή των κανόνων χειρισμού των μηχανημάτων, η τήρηση κανόνων υγιεινής κ.λπ.

→ Τεχνολογική εμπειρία

Αναφέρεται στο κατά πόσον η κάθε μέθοδος έχει εφαρμοστεί στο παρελθόν στη χώρα μας, συνεπώς, πόσο είναι γνωστή η χρήση της. Η εμπειρία, η οποία υπάρχει από την εφαρμογή ανάλογων τεχνολογιών και σεναρίων παίζει σοβαρό ρόλο στην αξιολόγηση των προτεινόμενων διαχειριστικών σχεδίων. Ειδικά, όταν πρόκειται για εισαγωγή νέων τεχνολογιών, η αξιολόγηση της υπάρχουσας εμπειρίας αποτελεί πρωταρχικό όρο για ενδεχόμενη υιοθέτησή τους.

→ Κίνδυνοι ατυχήματος

Αναφέρεται στην πιθανότητα προξένησης σοβαρού ατυχήματος, όπως φωτιάς ή εκρήξεων από ανεξέλεγκτα αέρια, γεγονός, το οποίο θα έχει δυσμενείς επιπτώσεις στη λειτουργία της εγκατάστασης, στην ανθρώπινη υγεία ή στο περιβάλλον.



### ➡ Περιβαλλοντικός παράγοντας

Η λήψη αποφάσεων με τη συμμετοχή περιβαλλοντικών παραγόντων είναι πλέον αναγνωρισμένη, ακόμα και για μικρής σημασίας επεμβάσεις οποιουδήποτε είδους στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον.

Ειδικά, για περιπτώσεις, όπως οι εγκαταστάσεις διάθεσης απορριμμάτων, όπου πολλοί κίνδυνοι εγκυμονούν η έννοια της περιβαλλοντικής προστασίας παίρνει πολύ σοβαρές διαστάσεις. Η κατανόηση της ανάγκης για αειφορική ανάπτυξη επιτάσσει την προστασία των φυσικών πόρων και αυτό θα προσπαθήσουμε να εισάγουμε ως

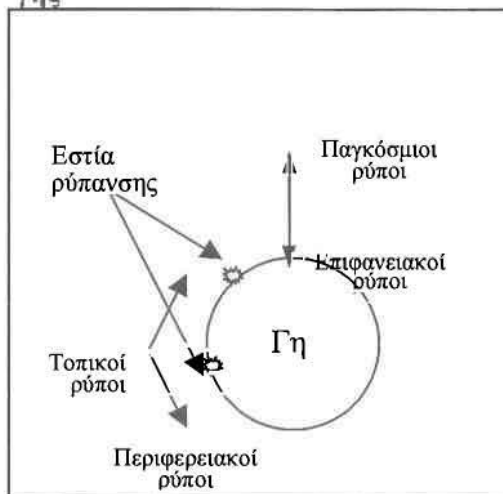


παράγοντα κρίσης της κάθε μεθόδου διάθεσης απορριμμάτων. Στο σχήμα παρουσιάζονται οι υποπαράγοντες σύμφωνα με τους οποίους θα κριθεί η συμπεριφορά κάθε μεθόδου σε σχέση με το περιβάλλον. Δεν εξετάζουμε την περίπτωση της μόλυνσης του εδάφους γιατί αποτελεί φυσικό επακόλουθο της περίπτωσης να έχουν μολυνθεί ο αέρας και τα ύδατα της περιοχής.

### ➡➡ Προστασία αέρα

Μπορούμε να ταξινομήσουμε τους ρύπους με βάση τη ζώνη επιρροής τους, τόσο στην οριζόντια όσο και στην κατακόρυφη διάσταση. Η οριζόντια διάσταση μετρά την περιοχή στην οποία εκτείνεται η βλάβη που προκαλούν οι ρύποι. Χωρίζονται σε τοπικούς και περιφερειακούς. Στην κατακόρυφη ζώνη επιρροής δείχνεται αν οι ρύποι προκαλούν βλάβες σε συγκεντρώσεις στα κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας και στο έδαφος ή στα υψηλότερα στρώματα της ατμόσφαιρας. Οι ρύποι για κάθε περίπτωση αντίστοιχα ονομάζονται επιφανειακοί ή παγκόσμιοι.

**Σχήμα 4-3: Σχηματική απεικόνιση της διάχυσης της αέριας ρύπανσης κάθετα και παράλληλα στην επιφάνεια της γης**



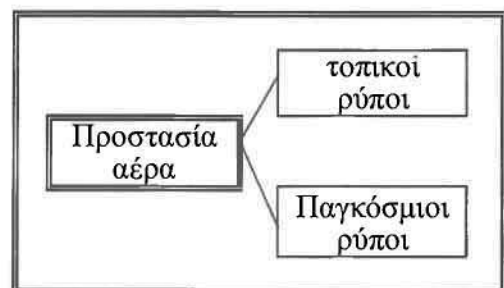
Πρέπει να τονιστεί ότι κατά μήκος κάθε ζώνης επιρροής οι κατηγορίες δεν αλληλοαποκλείονται, κατά συνέπεια για κάθε διάσταση θα εξετάσουμε από μια κατηγορία.

#### → Τοπικοί ρύποι

Είναι οι ρύποι που προκαλούν βλάβες οι οποίες γίνονται αισθητές σε περιορισμένη έκταση γύρω από την εστία της ρύπανσης. Οι βασικοί ρύποι αυτού του τύπου είναι οι  $SO_x$ ,  $NO_x$ ,  $O_3$ . Η έννοια «περιορισμένη έκταση» είναι σχετική καθώς τέτοιοι ρύποι μπορούν να διανύσουν ως και 1000 χλ.μ. πριν κατακαθίσουν στο έδαφος

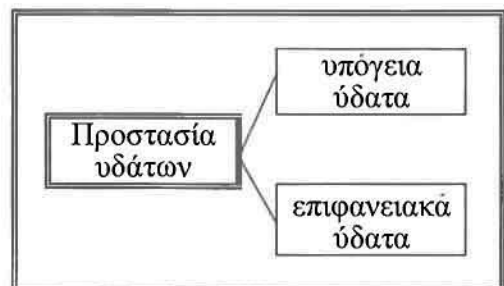
#### → Παγκόσμιοι ρύποι

Οι παγκόσμιοι ρύποι είναι αυτοί, οι οποίοι προκαλούν βλάβες που συνδέονται με τα υψηλά στρώματα της ατμόσφαιρας και προκαλούν φαινόμενα όπως αυτό του θερμοκηπίου. Αυτοί οι ρύποι είναι το  $CO_2$ ,  $CH_4$ ,  $N_2O$



#### → Προστασία υδάτων

Δύο είναι οι κύριες μορφές υδατικών πόρων, που υπόκεινται σε μόλυνση. Η πρώτη είναι τα επιφανειακά ύδατα, που αποτελούνται από ποταμούς λίμνες, θάλασσα και δεύτερη είναι τα υπόγεια ύδατα τα οποία αποτελούν μια τεράστια φυσική πηγή, η οποία έχει 88πλάσια αποθέματα νερού σε σχέση με την ετήσια ροή επιφανειακών υδάτων σύμφωνα με World Resources Institute (T.Tietenberg, 1998).



#### → Επιφανειακά ύδατα

Τα επιφανειακά ύδατα παρουσιάζουν συνήθως έλλειψη οξυγόνου όταν διασπούν οργανικά απόβλητα. Η έλλειψη οξυγόνου προκαλεί ασφυξία στα έμβιο όντα και δυσοσμία. Σε μια άλλη κατηγορία ρύπων που προκαλεί προβλήματα είναι το άζωτο και ο φωσφόρος οι οποίοι είναι θρεπτικά συστατικά που προκαλούν ευτροφισμό στα επιφανειακά ύδατα.

→ Υπόγεια ύδατα

Προσβάλλονται κυρίως από ανόργανα συστατικά τα οποία δεν είναι δυνατό να διασπαστούν και καταλήγουν να μολύνουν τους υπόγειους υδροφορείς. Τα συστατικά αυτά είναι πολύ επικίνδυνα και χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτών είναι τα βαρέα μέταλλα, όπως ο μόλυβδος, ο υδράργυρος και το κάδμιο.

➡ Ανάκτηση υλικών και ενέργειας

Με τον παράγοντα αυτό διερευνούμε κατά πόσο εξυπηρετείται το κριτήριο της διατηρησιμότητας ή αειφορίας. Κατά συνέπεια, η ανάκτηση από κάθε μέθοδο υλικών, ή ενέργειας με οποιαδήποτε μορφή συμβάλει θετικά στην ικανοποίηση του παραπάνω κριτηρίου. Η εκτροπή υλικών από τα απορρίμματα προς διάθεση, και η επαναχρησιμοποίησή τους για νέες χρήσεις αποτελεί μέτρο της φιλικότητας κάθε μεθόδου προς το περιβάλλον. Στο βαθμό, που δε μπορεί να γίνει ανάκτηση υλικών ή ανακύκλωσή τους, είναι επιθυμητή η ανάκτηση ενέργειας από τα απορρίμματα ως μορφή αξιοποίησής τους. Συνήθως η ανάκτηση ενέργειας συνοδεύεται από μείωση του όγκου των απορριμμάτων που οδηγούνται προς διάθεση.

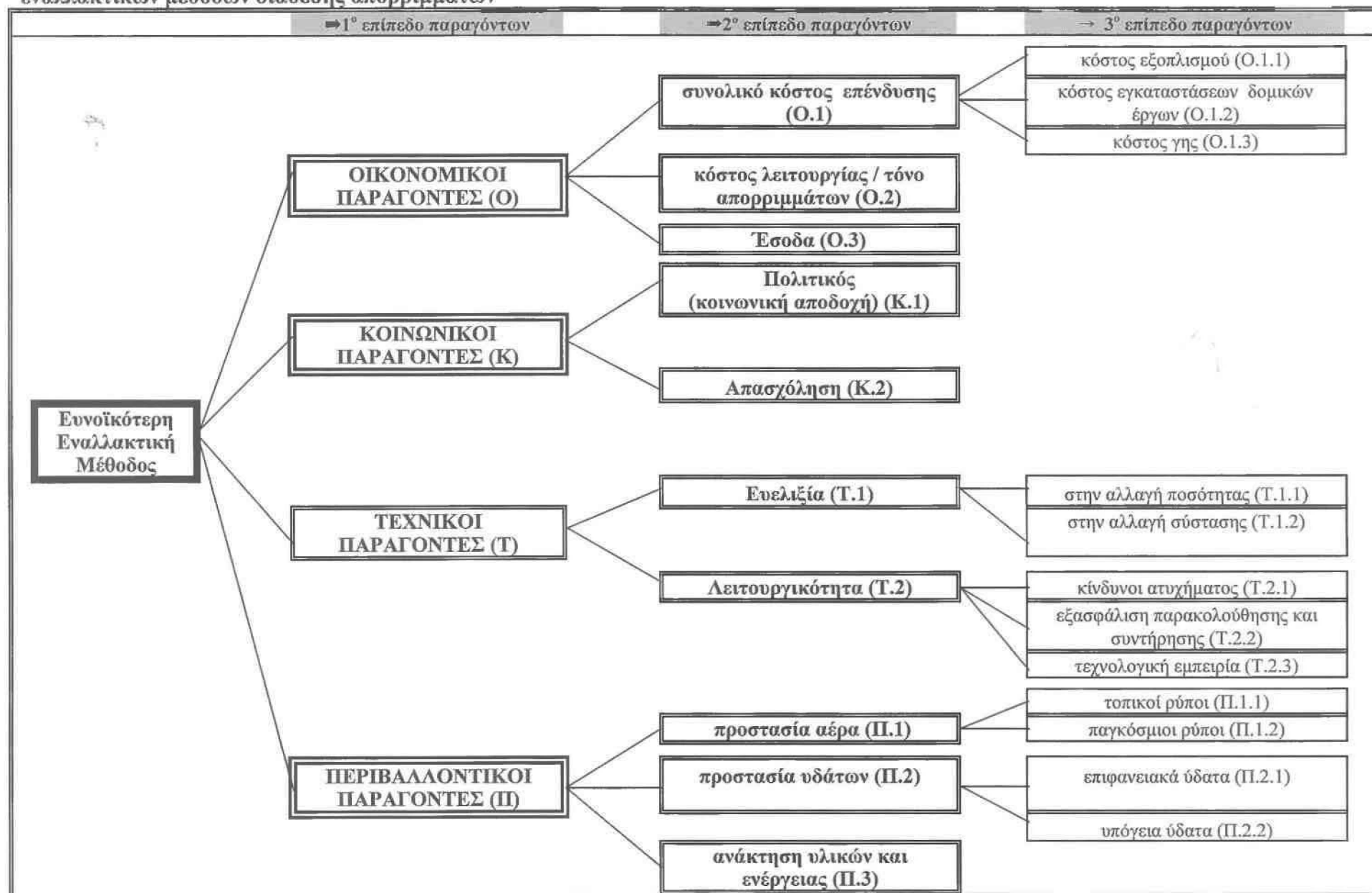
Με βάση λοιπόν τα παραπάνω ολοκληρώσαμε την κατασκευή του δέντρου παραγόντων και των υποκατηγοριών τους. Το δέντρο παραγόντων παρουσιάζεται ολοκληρωμένο στο σχήμα που ακολουθεί 4-3.

#### **4.3.2. Μέθοδος βαθμολόγησης των παραγόντων αξιολόγησης**

Η αντικειμενική προσέγγιση ως προς κάθε επέμβαση επιδιώκει την ισορροπία μεταξύ των διαφόρων τομέων που θίγονται από αυτή την επέμβαση. Προκειμένου να καθορίσουμε την ισορροπία αυτή, είναι αναγκαίο να αποδώσουμε κάποιο είδος αξίας στις διάφορες ροές όπως αυτές προκύπτουν από τους παράγοντες που καθορίσαμε παραπάνω είτε αυτές είναι αρνητικές είτε θετικές.

Στο σημείο αυτό κρίνεται αναγκαίο να διευκρινίσουμε ότι σε βαθμολόγηση υπόκεινται όλοι οι παράγοντες και υποπαράγοντες που αποτελούν άκρες (φύλλα), του δέντρου που

**Σχήμα 4-4: Σχηματική απεικόνιση των παραγόντων όλων των επιπέδων του προτεινόμενου μοντέλου για την αξιολόγηση των εναλλακτικών μεθόδων διάθεσης απορριμμάτων**





περιγράψαμε παραπάνω. Η τιμή για παράγοντες που βρίσκονται ενδιάμεσα στο δέντρο, προκύπτει, ύστερα από σύνθεση των υποπαραγόντων οι οποίοι τους αποτελούν με τρόπο που θα περιγραφεί στο επόμενο κεφάλαιο.

Όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενο κεφάλαιο, οι παραπάνω παράγοντες και υποπαράγοντες που αποτελούν τα φύλλα του δέντρου, είναι δυνατό να βαθμολογηθούν με δύο τρόπους, τους οποίους θα περιγράψουμε παρακάτω:

#### 1. Σε πραγματική κλίμακα

Η βαθμολόγηση σε αυτή την κλίμακα προκύπτει ύστερα από αποτίμηση όλων των μετρήσιμων μεγεθών που αποτελούν τον κάθε παράγοντα. Με βάση την κατάταξη στην κλίμακα και ανάλογα με τη σειρά που προτιμούμε, αύξουσα ή φθίνουσα, κατατάσσουμε τα κριτήρια.

#### 2. Σε σχετική κλίμακα

Η αποτίμηση αυτού του τύπου προκύπτει βάσει σχέσεων ανισότητας ή ισότητας μεταξύ των παραγόντων. Η κλίμακα αυτή, μπορεί να εκτείνεται μεταξύ δύο καθορισμένων τιμών, π.χ. από 1-10, και σε κάθε παράγοντα αποδίδουμε μια τιμή. Πρέπει να τονισθεί ότι για ορισμένους από τους παράγοντες αυτής της κατηγορίας, η βαθμολόγηση ενέχει ως κάποιο βαθμό στοιχείο υποκειμενικότητας.

Λόγω των διαφορετικών κλιμάκων, στις οποίες μετρώνται οι παράγοντες της πρώτης και της δεύτερης ομάδας, είναι απαραίτητο να τυποποιηθούν οι τιμές τους σε κοινή κλίμακα, πριν συνδυαστούν, προκειμένου να αξιολογηθούν οι εναλλακτικές μέθοδοι διάθεσης απορριμμάτων. Η τυποποίηση αυτή συνίσταται στη αναγωγή όλων των παραγόντων σε κοινή κλίμακα βαθμολογίας. Ένας τρόπος αναγωγής, είναι μέσω της χρήσης ακραίων τιμών (μέγιστο, ελάχιστο) των παραγόντων που μετρώνται σε πραγματική κλίμακα. Η πιο απλή μορφή είναι μια γραμμική κλίμακα όπως:

$$Xi = (Ri - Rmin) / (Rmax - Rmin), \quad (4.1)$$

όπου  $Ri$  = η αρχική ανεπεξέργαστη βαθμολογία.

Τα  $Rmin$  και  $Rmax$  καθορίζονται κάθε φορά από τον αναλυτή, με βάση ορισμένα φίλτρα, τα οποία καθορίζουν τις ελάχιστες και μέγιστες αντίστοιχα τιμές, που μπορούν

να λάβουν οι παράγοντες αξιολόγησης. Ο προσδιορισμός των ποσοτήτων που καθορίζουν τα ανώτατα και κατώτατα όρια είναι μια δύσκολη διαδικασία, διότι για τον προσδιορισμό αυτό απαιτείται διαρκώς επικαιροποιημένη γνώση. Υπ' αυτή την έννοια, δεν είναι δυνατό, να προσδιοριστούν όρια ποσοτήτων, τα οποία να ισχύουν για μακροχρόνιες περιόδους, λόγω των διαρκών μεταβολών στα θέματα που άπτονται του περιβάλλοντος και της τεχνολογικής εξέλιξης που παρουσιάζεται στο πεδίο της διάθεσης των απορριμμάτων.

#### 4.3.2.1. *Παράγοντες που βαθμολογούνται σε πραγματική κλίμακα*

##### ➡ Απασχόληση

Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι εκτίμησης της επίπτωσης της εφαρμογής ενός σχεδίου στην απασχόληση. Οι μέθοδοι αυτές, μπορεί να χρησιμοποιούν γενικά μακροοικονομικά δεδομένα, πίνακες εισροών-εκροών και μικροοικονομικά στοιχεία για τον υπολογισμό των άμεσων και έμμεσων επιπτώσεων στην απασχόληση. Ωστόσο, επειδή ή εφαρμογή μια μεθόδου διάθεσης απορριμμάτων δεν αποτελεί κλασσικού τύπου επένδυση, θεωρούμε, ότι οι δευτερογενείς επιδράσεις είναι δύσκολο να προσδιοριστούν και κατά συνέπεια θα περιοριστούμε στον αριθμό των εργαζομένων για τη λειτουργία της μεθόδου. Η απόλυτη τιμή του παράγοντα απασχόληση μπορεί να προκύψει με βάση τα δεδομένα για την απασχόληση σε ανάλογης δυναμικότητας μονάδες διάθεσης απορριμμάτων. Εννοείται ότι αύξηση του αριθμού των εργαζομένων αποτελεί για κάθε μέθοδο θετικό στοιχείο.

##### Ρύποι

Κατά τη διάρκεια λειτουργίας των μεθόδων διάθεσης απορριμμάτων οι διάφοροι ρύποι προέρχονται από τα υγρά που διηθούνται και από τα αέρια. Το ποσοστό των διαφόρων ρύπων προκύπτει ως ποσοστό κάθε φορά των διασταλαζόντων υδάτων ή των συνολικά εκπεμπόμενων αερίων.

Το συνολικό ποσό κάθε ρύπου στα διασταλάζοντα ύδατα βρίσκεται ως εξής (J.Hokkanen P. Salminen, 1997):

$$L_x = \sum_{i=1}^N C_x Q_i, \quad (4.2)$$

όπου:

$L_x$  : ποσότητα μολυσματικού υλικού (kg)

$Q$  : όγκος διασταλαζόντων υδάτων ( $m^3$ )

$c_x$  : συγκέντρωση του μολυσματικού υλικού  $x$  στα διασταλάζοντα ύδατα ( $kg/m^3$ )

$n$  : διάρκεια εκπομπών (σε χρόνια)

Ειδικά, για τους χώρους υγειονομικής ταφής η παραγωγή διασταλαζόντων υδάτων συνεχίζεται για πολύ καιρό μετά το κλείσιμό τους και για το λόγο αυτό, στους υπολογισμούς πρέπει να συμπεριλαμβάνονται οι ποσότητες, οι οποίες προκύπτουν, μετά το κλείσιμο του Χ.Υ.Τ.Α.

Το συνολικό ποσό κάθε ρύπου στα εκπεμπόμενα αέρια, βρίσκεται ως εξής (J.Hokkanen,P.Salminen, 1997):

$$G_m = G_v \sum_{i=1}^N M_i \delta g_v, \quad (4.3)$$

όπου:

$G_m$  : ποσότητα ενός αερίου (kg)

$G_v$  : αναλογία παραγωγής αερίου ( $m^3/t\text{-waste}$ )

$M$  : ετήσια ποσότητα απορριμμάτων (t)

$g_v$  : ποσοστό ενός αερίου στη συνολική ποσότητα αερίων

$\delta g$  : πυκνότητα του αερίου

$n$  : διάρκεια εκπομπών (σε χρόνια)

Πρέπει κατά τους υπολογισμούς να λαμβάνεται υπόψη η ανάκτηση ενέργειας ώστε να αφαιρούνται οι συγκεκριμένες ποσότητες αερίων.

Με βάση τους παραπάνω τύπους και τα συγκεκριμένα δεδομένα για κάθε περιοχή και για κάθε μέθοδο διάθεσης απορριμμάτων μπορούμε να υπολογίσουμε τους παρακάτω παράγοντες αξιολόγησης των μεθόδων:

## → Τοπικοί αέριοι ρύποι

Οι βασικοί ρύποι αυτού του τύπου είναι οι SO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub>. Μετρώντας τις τιμές των εκπομπών τους αντιπροσωπεύεται η κατάσταση της ρύπανσης, η οποία προέρχεται από τους τοπικούς αέριους ρύπους.

## → Παγκόσμιοι αέριοι ρύποι

Σε αυτή την κατηγορία ρύπων μετράμε την ποσότητα των εκπομπών των αερίων, τα οποία σχετίζονται με το φαινόμενο του θερμοκηπίου: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O.

## → Επιφανειακά ύδατα

Για το συγκεκριμένο παράγοντα, δείκτη αποτελεί, η συγκέντρωση του αζώτου. Ο φωσφόρος, επίσης, αποτελεί δείκτη, αλλά επειδή, οι συγκεντρώσεις του είναι πολύ μικρότερες από του αζώτου, επιλέγουμε αυτό το στοιχείο για τη μέτρηση της μόλυνσης των επιφανειακών υδάτων.

## → Υπόγεια ύδατα

Ο υδράργυρος (Hg) και ο μόλυβδος (Pb), αποτελούν δείκτες βαρέων μετάλλων, τα οποία είναι επικίνδυνα για τη δημόσια υγεία. Και οι δύο είναι κλάσμα των διασταλαζόντων υδάτων.

## ⇒ Ανάκτηση υλικών -ενέργειας

Η ανάκτηση υλικών υπολογίζεται βάσει της παρακάτω σχέσης (J.Hokkanen,P.Salminen, 1997):

$$RW = \begin{cases} m * (p/100) * (e/100) \\ \text{αν } d=m * (p/100) * (e/100) \\ d, \text{ σε άλλη περίπτωση} \end{cases} \quad (4.4)$$

όπου:

RW : ποσότητα ενός συγκεκριμένου ανακτώμενου υλικού (t/a)

m : συνολική ποσότητα απορριμμάτων (t/a)

e : αποτελεσματικότητα ανάκτησης (%)

p : ποσοστό ενός συγκεκριμένου συστατικού στο σύνολο των απορριμμάτων (%)

d : ζήτηση για ένα συγκεκριμένο υλικό (t/a)

#### 4.3.2.2. Παράγοντες που βαθμολογούνται σε σχετική κλίμακα

##### ➡ Πολιτικός - Κοινωνική αποδοχή

Βαθμολογούμε την κάθε μέθοδο διάθεσης στην κλίμακα 1-10 (10 είναι η άριστη περίπτωση), ανάλογα με την αντίληψη, την οποία έχει για αυτήν ο κόσμος. Η αντίληψη του κόσμου για κάθε μέθοδο διάθεσης μπορεί να προκύψει, ύστερα από έρευνα με ερωτηματολόγια.

##### → Ευελιξία στην αλλαγή ποσότητας

Η μέτρηση στην περίπτωση αυτή γίνεται στην κλίμακα 1-10 (10 είναι η άριστη περίπτωση), βάσει της δυνατότητας κάθε μεθόδου να απορροφήσει μεγαλύτερες ποσότητες απορριμμάτων ή να μπορεί να λειτουργήσει με μικρότερες από τις προβλεπόμενες.

##### → Ευελιξία στην αλλαγή σύστασης

Η μέτρηση στην περίπτωση αυτή γίνεται στην κλίμακα 1-10 (10 είναι η άριστη περίπτωση), βάσει της δυνατότητας κάθε μεθόδου να απορροφήσει απορρίμματα οποιασδήποτε σύνθεσης.

##### → Κίνδυνοι ατυχήματος

Η μέτρηση στην περίπτωση αυτή γίνεται στην κλίμακα 1-10 (10 είναι η άριστη περίπτωση, δηλαδή όταν ο κίνδυνος είναι ο μικρότερος), βάσει της πιθανότητας προξένησης σοβαρού ατυχήματος, τόσο με στόχο ανθρώπινες ζωές, όσο και τη λειτουργία των εγκαταστάσεων.

##### → Εξασφάλιση παρακολούθησης και συντήρησης

Η μέτρηση στην περίπτωση αυτή γίνεται στην κλίμακα 1-10 (10 είναι η άριστη περίπτωση), βάσει της δυνατότητας σε κάθε μέθοδο να ελέγχονται οι διάφορες παράμετροι, ώστε να αποφεύγονται τυχόν παρενέργειες στην ομαλή λειτουργία των εγκαταστάσεων διάθεσης.

→ Τεχνολογική εμπειρία

Η μέτρηση στην περίπτωση αυτή γίνεται στην κλίμακα 1-10 (10 είναι η άριστη περίπτωση), βάσει της τυχόν υπάρχουσας γνώσης γύρω από τη λειτουργία κάθε μεθόδου διάθεσης απορριμμάτων, από προτέρα χρήση της στη χώρα μας και της ύπαρξης κατάλληλα ειδικευμένων ατόμων στην εν λόγω μέθοδο.

Οικονομικός παράγοντας

Τον συγκεκριμένο παράγοντα, αν και ανήκει σε αυτούς, οι οποίοι μετρώνται σε πραγματική κλίμακα, θα τον εξετάσουμε χωριστά, λόγω του ότι σε οικονομικούς υπολογισμούς ο παράγοντας χρόνος παίζει σημαντικό ρόλο. Στόχος της πρότασης μας, για τη μέτρηση των οικονομικών μιας μεθόδου διάθεσης απορριμμάτων είναι να καθοριστεί η χρονική κλιμάκωση εσόδων και εξόδων, ώστε να είναι δυνατή η εκτίμηση των ταμειακών αναγκών στην κατάλληλη στιγμή με βάση την παρούσα αξία κάθε χρηματικής ροής, η οποία θα απαιτηθεί για να πραγματοποιηθεί το έργο.

Η καθαρή παρούσα αξία (ΚΠΑ), λοιπόν, αποτελεί το μέτρο αποδοτικότητας στην οικονομική αξιολόγηση των μεθόδων διάθεσης απορριμμάτων. Αυτή, είναι η αξία που προκύπτει, αν προεξοφλήσουμε στο παρόν, για κάθε έτος χωριστά, τη διαφορά μεταξύ όλων των χρηματικών (α) εισροών ή εσόδων και (β) εκροών ή εξόδων για ολόκληρο το χρόνο ζωής των εγκαταστάσεων διάθεσης απορριμμάτων με βάση ένα συντελεστή προεξόφλησης.

Για να υπολογίσουμε την ΚΠΑ ακολουθούμε τα εξής στάδια (Σ.Θεοφανίδης, 1985):

1. Καταγράφουμε τα αρχικά μεγέθη των ταμειακών ή χρηματικών ροών και υπολογίζουμε την καθαρή ταμειακή ροή που ισούται με την διαφορά των εισροών από τις εκροές
2. Επιλέγουμε το κατάλληλο επιτόκιο προεξόφλησης σύμφωνα με τις τρέχουσες συνθήκες της τραπεζικής αγοράς
3. Με βάση αυτό υπολογίζουμε την παρούσα αξία των χρηματικών εισροών και των χρηματικών εκροών για μια συγκεκριμένη περίοδο λειτουργίας των εγκαταστάσεων διάθεσης απορριμμάτων. Η ΚΠΑ είναι: η παρούσα αξία των εισροών μείον την παρούσα αξία των εκροών.



Η ΚΠΑ υπολογίζεται με τον εξής γενικό τύπο(Σ.Θεοφανίδης, 1985):

$$ΚΠΑ = \sum_{A=1}^n \frac{(Ταμ. \text{ Εισροές}_a - Ταμ. \text{ Εκροές}_a)}{(1 + i)^a} \quad (4.5)$$

όπου:

$i$  : το επιτόκιο προεξόφλησης

$a$  : ο χρόνος ή η περίοδος προεξόφλησης

$n$  : η περίοδος για την οποία μετρούμε την ΚΠΑ (έτη)

Η εφαρμογή οποιασδήποτε μεθόδου διάθεσης απορριμμάτων αποκλείεται να έχει θετική ΚΠΑ. Για το λόγο αυτό, στη μεταξύ τους σύγκριση με βάση των οικονομικό παράγοντα προτιμάται εκείνη η μέθοδος η οποία έχει τη μικρότερη αρνητική ΚΠΑ.

Η συνολική παρούσα αξία για κάθε μέθοδο θα υπολογιστεί, αφού πρώτα υπολογιστούν οι ΚΠΑ για τους υποπαράγοντες: Συνολικό κόστος επένδυσης, κόστος λειτουργίας και έσοδα. Με βάση τις τιμές από αυτούς τους υποπαράγοντες θα προκύψει η συνολική τιμή για τον οικονομικό παράγοντα.

Όπως φαίνεται, τον εν λόγω παράγοντα τον υπολογίζουμε ξεκινώντας από τα φύλλα-παράγοντες και φτάνουμε ως την κεντρική διακλάδωση, χωρίς να υπεισέρχεται διαδικασία ανάθεσης βαρών των φύλλων ή κόμβων, κάτι το οποίο δε γίνεται με τους άλλους τρεις παράγοντες. Αυτό συμβαίνει, διότι στους οικονομικούς υπολογισμούς υπάρχει πλήρης αντικειμενικότητα και ορθολογικότητα. Ο ρόλος των ενεχομένων στη διαδικασία λήψης απόφασης θα είναι να καθορίσουν τη σχέση του οικονομικού παράγοντα ως προς τους άλλους τρεις -τεχνικό, κοινωνικό και περιβαλλοντικό- και όχι τη σχέση μεταξύ των οικονομικών υποπαραγόντων

#### 4.3.2.3. Εκτιμήσεις και Συμπεράσματα ως προς τη βαθμολόγηση των παραγόντων

Η εγκυρότητα της βαθμολόγησης των παραγόντων είναι πολύ σημαντικό συστατικό στοιχείο, στην προσπάθεια της αξιολόγησης των μεθόδων διάθεσης απορριμμάτων.

Σχετικά με αυτή τη διαπίστωση, έχουμε να τονίσουμε τα εξής:

- ⇒ ο προσδιορισμός της τιμής των παραγόντων που βαθμολογούνται σε πραγματική κλίμακα, πρέπει να βασίζεται σε ρεαλιστικές υποθέσεις, οι οποίες δεν έχουν στόχο να επηρεάσουν το αποτέλεσμα.
- ⇒ σε περίπτωση, κατά την οποία τα στοιχεία για τον προσδιορισμό αυτών των παραγόντων υπόκεινται σε καθεστώς αβεβαιότητας, είναι σκόπιμο να κατηγοριοποιούμε τα αποτελέσματα ώστε να υπάρχει για κάθε τιμή η δυνατότητα να υπολογίζεται η πιθανή της διακύμανση.
- ⇒ ο προσδιορισμός των τιμών των παραγόντων σε σχετική κλίμακα, πρέπει να βασίζεται σε εκτεταμένη βιβλιογραφική έρευνα γύρω από αυτούς και στην γνώση ειδικών, σχετικά με τη διαχείριση και διάθεση των απορριμμάτων, ώστε να μειώνεται η υποκειμενικότητα στη βαθμολόγηση τους.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>

### Παρουσίαση Ενός Νέου Πολυπαραγοντικού Μοντέλου για την Αξιολόγηση των Εναλλακτικών Μεθόδων Διάθεσης Απορριμμάτων

#### **5.1. Εισαγωγή**

Το μοντέλο που θα παραθέσουμε αποτελεί την ολοκληρωμένη πρόταση μας για την αξιολόγηση των μεθόδων διάθεσης απορριμμάτων. Πρόκειται για ένα μοντέλο που βασίζεται στις αρχές που τονίσαμε για τα μοντέλα δημιουργίας αποφάσεων οι οποίες υποβοηθούνται από πολλαπλά κριτήρια (MCDA).

Οι λόγοι, για τους οποίους το μοντέλο βασίζεται στις γενικές αρχές των MCDA μοντέλων, θεωρούμε ότι τεκμηριώνονται επαρκώς, μέσω της ανάλυσης και σύγκρισης με άλλα μοντέλα, η οποία προηγήθηκε στο 3<sup>ο</sup> κεφάλαιο. Στόχος μας δεν είναι η μια και μοναδική λύση. Στο σημείο αυτό, κρίνουμε σκόπιμο να επαναλάβουμε τα λόγια του Roy (1994), ο οποίος επισημαίνει σχετικά με την πολυκριτήρια ανάλυση, ότι «ο κύριος στόχος δεν είναι να ανακαλύψουμε μια λύση, αλλά να δημιουργήσουμε ή να κατασκευάσουμε κάτι, το οποίο θεωρείται ικανό να βοηθήσει κάποιον ενδιαφερόμενο να λάβει μέρος στη διαδικασία της απόφασης άλλοτε για να διαμορφώσει και άλλοτε για να μεταβάλλει τις προτιμήσεις του ή να αποφασίσει σε συμφωνία με τους τελικούς του στόχους».

Πρέπει επίσης, να εξηγήσουμε στο σημείο αυτό, ότι η χρήση έμπειρων συστημάτων σε συνεργασία με μοντέλα MCDA αποτελεί σίγουρα, πιο ολοκληρωμένη λύση, δεδομένου, ότι η γνώση που έχει ενσωματωθεί μέσω Ε.Σ. στους υπολογιστές, συντείνει στην περαιτέρω αυτοματοποίηση των αποτελεσμάτων. Ωστόσο, στα περιορισμένα πλαίσια μιας διπλωματικής εργασίας είναι δύσκολο να υποστηριχθεί ένα τόσο ευρύ φάσμα μελέτης, συνεπώς θα περιοριστούμε στο ένα σκέλος, αυτό της πρότασης για ένα μοντέλο MCDA.

## 5.2. Παρουσίαση του μοντέλου

Το μοντέλο, το οποίο παρουσιάζουμε στη συνέχεια, αποτελεί το δομικό στοιχείο της ενσωμάτωσης των δεδομένων των αρχικών βημάτων μιας πολυπαραγοντικής μεθόδου, τα οποία αναφέρθηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο και της εξαγωγής των αποτελεσμάτων σε μια διαδικασία λήψη απόφασης. Για να κατανοήσουμε το ρόλο ενός μοντέλου κρίνουμε χρήσιμο να επαναλάβουμε περιληπτικά παρακάτω, όλα τα βήματα στη διαδικασία πολυπαραγοντικής αξιολόγησης, όπως αναφέρθηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο:

- α) Καθορισμός του προβλήματος
- β) Καθορισμός των εμπλεκόμενων φορέων
- γ) Επιλογή των εναλλακτικών σεναρίων
- δ) Επιλογή των παραγόντων αξιολόγησης
- ε) Προσδιορισμός βαρών στους επιλεγέντες παράγοντες αξιολόγησης
- στ) Επεξεργασία του πίνακα αξιολόγησης
- ζ) Άθροιση των επιδόσεων
- η) Εξήγηση των αποτελεσμάτων
- θ) Ανάλυση ευαισθησίας
- ι) Συστάσεις, συμπεράσματα

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναλύσουμε τα βήματα ε, στ, ζ και θ. Στο σύνολό τους αποτελούν τον μηχανισμό, τον οποίο εφοδιάζουμε με τα δεδομένα των προηγούμενων βημάτων της πολυπαραγοντικής αξιολόγησης, για να εξάγουμε τα αποτελέσματα και συμπεράσματα σχετικά με τις προτεινόμενες λύσεις για το καθορισμένο πρόβλημα.

### 5.2.1. Προσδιορισμός βαρών στα επιλεγέντες παράγοντες αξιολόγησης

Ο προσδιορισμός των βαρών, αποτελεί το μέτρο της σχετικής σημαντικότητας, τον οποίο αποδίδει ο κάθε ενεχόμενος στη διαδικασία της απόφασης, σε κάθε παράγοντα αξιολόγησης των μεθόδων διάθεσης απορριμμάτων.

Σε περιπτώσεις, όπως η διαχείριση των απορριμμάτων εμπλέκονται αρκετοί φορείς, οι οποίοι δίνουν διαφορετικά σχετικά βάρη στους διάφορους παράγοντες. Η διαδικασία ανάθεσης βαρών με ένα απλό νούμερο, από τους ίδιους τους φορείς, αποτελεί διαδικασία όχι απλή. Στόχος του αναλυτή είναι να χρησιμοποιήσει την πληροφορία για τη σπουδαιότητα των παραγόντων αξιολόγησης, με τρόπο, ο οποίος να μειώνει την υποκειμενικότητα που φέρουν οι εμπλεκόμενοι φορείς στην έκφραση των προτιμήσεων τους. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω της χρήσης μιας φόρμουλας την οποία θα περιγράψουμε παρακάτω.

Η βαρύτητα κάθε παράγοντα στη διαδικασία λήψης απόφασης εξαρτάται από τον τρόπο με τον οποίο ο αναλυτής έχει αποφασίσει αυτή(βαρύτητα) να καθοριστεί.:

1. Με το να θεωρούνται όλοι οι παράγοντες ισοβαρείς
2. Με άμεση ανάθεση βαρών στην οποία οι εμπλεκόμενοι φορείς στη διαδικασία λήψης της απόφασης εκφράζουν τις προτιμήσεις τους, ως προς όλους τους παράγοντες
3. Με έμμεση ανάθεση βαρών στην οποία οι εμπλεκόμενοι φορείς ιεραρχούν τους παράγοντες και κατόπιν τα βάρη υπολογίζονται από τον αναλυτή
4. Με σύγκριση φανταστικών δράσεων: τοποθετούμε τα κριτήρια από το λιγότερο προς το περισσότερο σημαντικό σύμφωνα με υπόδειξη του κάθε υπεύθυνου για την απόφαση, ενώ κατόπιν του ζητούμε να υποδείξει την προτίμησή του μεταξύ δυο φανταστικών αλλά ρεαλιστικών σεναρίων. Από τις απαντήσεις η μέθοδος επιτρέπει να συμπεράνουμε τις ανισότητες για κάθε βάρος με γραμμική συσχέτιση με το βάρος του λιγότερο σπουδαίου παράγοντα.
5. Ο εμπλεκόμενος φορέας στη διαδικασία λήψης απόφασης, αναθέτει το νούμερο 1 στο λιγότερο σημαντικό παράγοντα και κατόπιν δίνει νούμερα στους άλλους παράγοντες, ανάλογα με το πόσες φορές τους θεωρεί πιο σημαντικούς

Ο 3<sup>ος</sup> τρόπος είναι αυτός, τον οποίο έχουμε επιλέξει για την ανάθεση βαρών στους παράγοντες αξιολόγησης, που επιλέξαμε σε προηγούμενο κεφαλαίο. Οι λόγοι για τους οποίους καταλήξαμε στον 3<sup>ο</sup> τρόπο και όχι στους άλλους είναι οι εξής:

1. Ο 1<sup>ος</sup> τρόπος αποτελεί μεμονωμένη περίπτωση, που αποκλείει την περίπτωση ανάλυσης ευαισθησίας, ενώ, επιπλέον καλύπτεται, από τους υπόλοιπους
2. Η περίπτωση ανάθεσης βαρών από τον ίδιο τον αναλυτή στο 2<sup>ο</sup> τρόπο, μπορεί να γίνει, μόνο για πολύ απλά προβλήματα. Τα προβλήματα περιβαλλοντικής διαχείρισης αποτελούνται από πολλές συνιστώσες και εμπλεκόμενους φορείς, που οδηγούν κάθε φορά σε διαφορετικά συμφέροντα. Αυτό σημαίνει, ότι μέσω ενός ειδικού ή μιας ομάδας είναι δύσκολο να συμπτυχθούν όλες οι συνιστώσες χωρίς αντιδράσεις.
3. Στους δύο τελευταίους τρόπους ανατίθεται στους εμπλεκόμενους φορείς εκτός από το να κατατάξει τους παράγοντες, να δηλώσει επίσης πόσες φορές προτιμάει τον ένα σε σχέση με τους άλλους. Για κάθε φορά που ο εμπλεκόμενος φορέας αναθέτει βάρη αυξάνεται η πιθανότητα υποκειμενισμού γεγονός το οποίο πρέπει να αποτραπεί από τον αναλυτή.
4. Ο 3<sup>ος</sup> τρόπος έχει το πλεονέκτημα ότι αποτελείται από ένα μόνο στάδιο, που ανάγεται στο να κατατάξει ο εμπλεκόμενος φορέας, κατά σειρά προτίμησης τους παράγοντες και η οποία, ουσιαστικά, συμπτύσσει με απλό τρόπο αυτό που γίνεται στους τρόπους 4 και 5.

#### **5.2.2. Η μέθοδος της έμμεσης ανάθεσης βαρών στους παράγοντες αξιολόγησης**

Η μέθοδος αναπτύχθηκε από τον Simos (1990), και η διαδικασία πραγματοποίησής της είναι σχετικά απλή. Ο ερωτώμενος-εμπλεκόμενος φορέας στη διαδικασία λήψης της απόφασης τοποθετεί σε ένα πίνακα τους παράγοντες βάσει των οποίων αξιολογούνται οι μέθοδοι από τον σημαντικότερο προς τον πιο ασήμαντο και κατόπιν, ο αναλυτής εξάγει τα ποσοστιαία επί τοις εκατό βάρη για κάθε παράγοντα. Η κατάταξη γίνεται σε πίνακες, μέσω ερωτηματολογίου, παράδειγμα του οποίου, παρατίθεται στο παράρτημα.

Στην κατάταξη των παραγόντων με αύξουσα σειρά προτίμησης, ο ερωτώμενος έχει τη δυνατότητα, δύο οι περισσότερους παράγοντες να τους τοποθετήσει στην ίδια σειρά προτίμησης, όπως επίσης μεταξύ δυο προτιμήσεων να υπάρχει έντονη απόσταση, ώστε



να τονίζεται η διαφορά. Κατόπιν, μέσω αυτής της κατάταξης ανατίθενται από τον αναλυτή τα βάρη μέσω της διαδικασίας που εξηγούμε παρακάτω.

Το παράδειγμα που ακολουθεί κάνει πιο κατανοητή τη διαδικασία:

Ας υποθέσουμε, ότι έχουμε 12 παράγοντες, οι οποίοι κατατάσσονται από έναν υπεύθυνο για τη λήψη μιας απόφασης σε ένα πρόβλημα με τον τρόπο, που φαίνεται στον πίνακα 5-1, στη στήλη 2.

Παρατηρούμε, ότι ο υπεύθυνος για τη λήψη της απόφασης θεωρεί τους παράγοντες Π3, Π7, Π12 της ίδιας μικρής σημαντικότητας και τους βάζει σε μια σειρά. Επίσης, θέλοντας να τονίσει ότι οι παράγοντες Π2, Π6, Π9, Π10 είναι αρκετά πιο σημαντικοί από τον παράγοντα Π4, αφήνει κενή την 3<sup>η</sup> σειρά σημαντικότητας..

Στη στήλη 3 καταγράφεται ο αριθμός παραγόντων, ο οποίος αντιστοιχεί σε κάθε σειρά σημαντικότητας. Κατόπιν, στη στήλη 4 ανατίθενται βάρη σε όλους τους παράγοντες ξεκινώντας από το 1 στον χειρότερο παράγοντα (δεν παίζει ρόλο σε κάθε σειρά σημαντικότητας ποιον παράγοντα βαθμολογούμε με ποιο βαθμό). Να σημειωθεί, ότι βάρος ανατίθεται και στη σειρά σημαντικότητας 3, έστω και αν εκεί δεν έχουμε τοποθετήσει κάποιον παράγοντα. Στην τελευταία σειρά αυτής της στήλης αθροίζουμε τα βάρη χωρίς να υπολογίζουμε αυτά που δεν έχουν ανατεθεί σε κάποιο παράγοντα (εν προκειμένω το (5)στην 3<sup>η</sup> σειρά σημαντικότητας).

Στη στήλη 5 καταγράφεται ο μέσος όρος των βαρών σε κάθε σειρά σημαντικότητας. Στη συνέχεια το μέσο βάρος ως προς το άθροισμα των βαρών όπως αυτό ορίστηκε πριν ανάγεται στην εκατοστιαία κλίμακα με απλή μέθοδο των τριών. Για παράδειγμα, στη στην 4η σειρά σημαντικότητας το εκατοστιαίο βάρος κάθε παράγοντα είναι  $(7,5/86)*100=8,7\approx 9$ . Με αυτό τον τρόπο προκύπτουν τα βάρη για κάθε παράγοντα, τα οποία θα συνυπολογίσουμε στη διαδικασία λήψης απόφασης.

Τέλος, για να ελέγξουμε ότι το άθροισμα των σχετικών βαρών όλων των παραγόντων ισούται με 100 κατασκευάζουμε τη στήλη 7.

**Πίνακας 5-1: Μέθοδος έμμεσης ανάθεσης βαρών στους παράγοντες αξιολόγησης**

1	2	3	4	5	6	7
Φύινομα κατάταξη	Παράγοντες σε κάθε σειρά κατάταξης r	Αριθμός παραγόντων σε κάθε σειρά κατάταξης r	Βάρος	Μέσο βάρος	Σχετικό βάρος (%)	Έξαρ. (%)
R		Nr	Pr	$Qr = \sum Pr / Nr$	$Rr = Qr * 100 / \sum Pr$	$Nr * Rr$
1	Π11	1	13	13	15	1*15
2	Π1, Π8	2	11,12	$(11+12)/2 = 11,5$	13	$2*13=26$
3	Π5	1	10	10	12	$1*12=12$
4	Π2, Π6, Π9, Π10	4	6,7,8,9	$(6+7+8+9)/4 = 7,5$	9	$4*9=36$
5	-	-	(5)	-	-	-
6	Π4	1	4	4	5	$1*5=5$
7	Π1, Π7, Π12	3	1,2,3	$(1+2+3)/3 = 2$	2	$3*2=6$

Πηγή: Simos (1990)

### 5.2.3. Η εφαρμογή της μεθόδου έμμεσης ανάθεσης βαρών στους παράγοντες αξιολόγησης των εναλλακτικών μεθόδων διάθεσης απορριμμάτων

Η μέθοδος έμμεσης ανάθεσης βαρών την οποία περιγράψαμε στην προηγούμενη ενότητα, θα εφαρμοστεί στην περίπτωση της αξιολόγησης των εναλλακτικών μεθόδων διάθεσης απορριμμάτων. Για κάθε επίπεδο παραγόντων, όπως αυτά ορίστηκαν στο δέντρο παραγόντων στο προηγούμενο κεφάλαιο θα εφαρμοστεί η μέθοδος έμμεσης ανάθεσης βαρών.

Καταρχήν, στη διαδικασία ανάθεσης βαρών λαμβάνουν μέρος όλοι οι εμπλεκόμενοι φορείς για τη διαχείριση των απορριμμάτων και ειδικότερα για τη διάθεση τους. Λόγω του γεγονότος, ότι οι εμπλεκόμενοι φορείς διαφέρουν, ανάλογα, με τον τόπο και το χρόνο, θα περιγραφούν σε επόμενο κεφάλαιο σε εφαρμογή συγκεκριμένου παραδείγματος για την επιλογή της βέλτιστης λύσης για τη διάθεση των απορριμμάτων.

Ας υποθέσουμε, όμως, ότι έχουμε έναν εμπλεκόμενο φορέα στη διαδικασία λήψης απόφασης. Από τη θέση αυτού του φορέα ως προς τη σημαντικότητα των παραγόντων, ανά επίπεδο παραγόντων, θα εξαχθούν τα σχετικά βάρη. Αυτό σημαίνει, ότι ο φορέας θα κατατάσσει σε σειρά σημαντικότητας τους παράγοντες, για κάθε ένα από τα τρία

επίπεδα. Η κατάταξη γίνεται με τη χρήση του ερωτηματολογίου, που παρατίθεται στο παράρτημα.

Η αναλυτική διαδικασία έχει ως εξής:

1. 3<sup>ο</sup> επίπεδο παραγόντων

Ζητείται από τον φορέα να συμπληρώσει τη στήλη 2 του πίνακα για να υπολογιστούν τα σχετικά βάρη των υποπαραγόντων του 2<sup>ου</sup> επιπέδου, δηλαδή των παραγόντων του 3ου επιπέδου. Στην περίπτωση του δέντρου παραγόντων της αξιολόγησης των μεθόδων διάθεσης απορριμμάτων, θα συμπληρωθούν τέσσερις πίνακες, ένας για κάθε παράγοντα 2<sup>ου</sup> επιπέδου (ευελιξία, λειτουργικότητα, προστασία αέρα, προστασία υδάτων) που διασπάται σε παράγοντες 3<sup>ου</sup> επιπέδου. Από την κατάταξη των παραγόντων 3<sup>ου</sup> επιπέδου στη στήλη 2 του πίνακα θα εξαχθούν τα σχετικά βάρη 3<sup>ου</sup> επιπέδου.

2. 2<sup>ο</sup> επίπεδο παραγόντων

Ζητείται από τον φορέα να συμπληρώσει τη στήλη 2 του πίνακα, για να υπολογιστούν τα σχετικά βάρη των υποπαραγόντων του 1<sup>ου</sup> επιπέδου. Στην περίπτωση του δέντρου παραγόντων αξιολόγησης των μεθόδων διάθεσης απορριμμάτων, θα συμπληρωθούν τρεις πίνακες, ένας για κάθε παράγοντα 1<sup>ου</sup> επιπέδου (κοινωνικός, τεχνικός, περιβαλλοντικός) που διασπάται σε παράγοντες 2<sup>ου</sup> επιπέδου. Από την κατάταξη των παραγόντων 2<sup>ου</sup> επιπέδου στη στήλη 2 του πίνακα θα εξαχθούν τα σχετικά βάρη 2<sup>ου</sup> επιπέδου.

3. 1<sup>ο</sup> επίπεδο παραγόντων

Ζητείται από τον φορέα να συμπληρώσει τη στήλη 2 του πίνακα για να υπολογιστούν τα σχετικά βάρη των παραγόντων του 1<sup>ου</sup> επιπέδου για να καταλήξουμε στην ευνοϊκότερη εναλλακτική μέθοδο διάθεσης απορριμμάτων.. Στην περίπτωση του δέντρου παραγόντων της αξιολόγησης των μεθόδων διάθεσης απορριμμάτων, θα συμπληρωθεί ένας πίνακας, στον οποίο θα κατατάσσονται οι τέσσερις βασικοί παράγοντες αξιολόγησης (οικονομικός, κοινωνικός, τεχνικός, περιβαλλοντικός). Από την κατάταξη των παραγόντων 1<sup>ου</sup> επιπέδου στη στήλη 2 του πίνακα θα εξαχθούν τα σχετικά βάρη 1<sup>ου</sup> επιπέδου.

Όταν οι εμπλεκόμενοι φορείς, είναι δύο ή περισσότεροι, όπως κατά κόρον συμβαίνει στα προβλήματα περιβαλλοντικής φύσεως, τότε, τίθεται ζήτημα συνολικής ανάθεσης βαρών του κάθε παράγοντα, το οποίο θα προκύπτει, ως σύνθεση των βαρών που απέδωσαν οι εμπλεκόμενοι φορείς. Συνεπώς, ο ρόλος του αναλυτή είναι να φθάσει στη λήψη απόφασης, έχοντας πριν συγκεράσει τις απόψεις όλων των εμπλεκόμενων φορέων. Ο συγκερασμός αυτός προκύπτει, αφότου ο αναλυτής έχει καταλήξει στο ποσοστό συμμετοχής, που αναθέτει στον κάθε ένα εμπλεκόμενο φορέα στη διαδικασία λήψης της απόφασης.

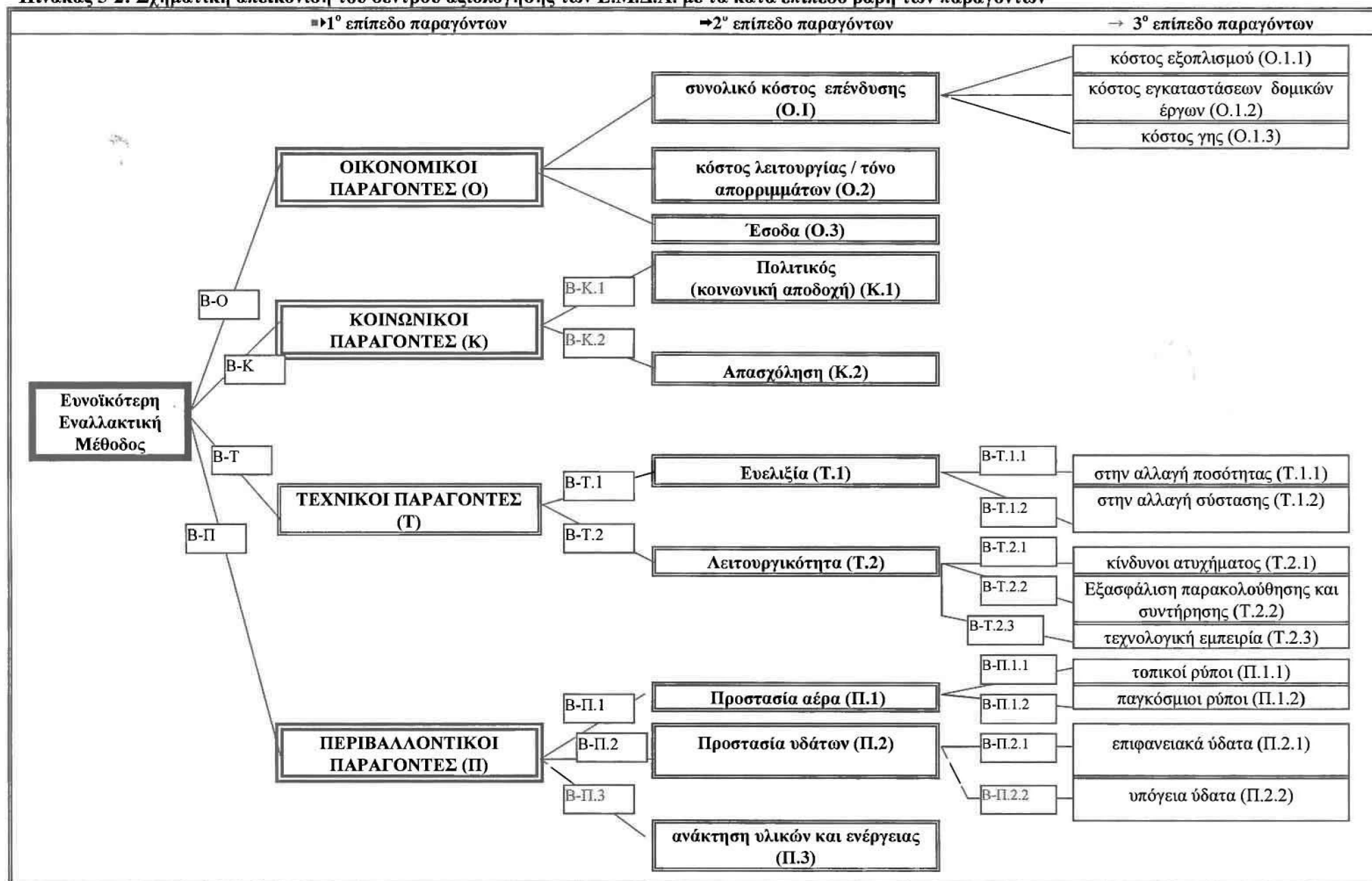
Όπως φάνηκε από την παραπάνω περιγραφή, στη διαδικασία ανάθεσης βαρών δεν εμπλέκονται οι οικονομικοί παράγοντες 2<sup>ου</sup> και 3<sup>ου</sup> επιπέδου. Αυτό είναι απόλυτα λογικό, δεδομένου ότι στους οικονομικούς υπολογισμούς δεν τίθεται θέμα υποκειμενισμού. Πρόκειται, για ποσά τα οποία προσθαφαιρούνται σε κάθε επίπεδο παραγόντων ξεχωριστά και προκύπτει ένας τελικός αριθμός, που υποδηλώνει το κόστος κάθε μεθόδου. Στο τελευταίο μόνο στάδιο, ο οικονομικός παράγοντας συγκρίνεται με τους άλλους τρεις παράγοντες 1<sup>ου</sup> επιπέδου, ώστε να προκύψουν τα σχετικά βάρη τους, στην προσπάθεια αξιολόγησης των εναλλακτικών μεθόδων διάθεσης απορριμμάτων.

#### 5.2.4. Επεξεργασία του πίνακα αξιολόγησης και άθροιση των επιδόσεων

Ο πίνακας αυτός αποτιμά για τις εναλλακτικές προτάσεις-δράσεις διάθεσης των απορριμμάτων τον κάθε παράγοντα αξιολόγησης, με βάση τα βάρη τα οποία του έχουν ανατεθεί και τις τιμές που έχουν μετρηθεί για κάθε παράγοντα. Κάθε εναλλακτική πρόταση διάθεσης των απορριμμάτων είναι δυνατό να αποτελείται από μια μόνο μέθοδο ή από συνδυασμό τους.

Στην ουσία, στη συγκεκριμένη μελέτη δεν επεξεργαζόμαστε πίνακα, αλλά δέντρο αξιολόγησης, κάτι όμως το οποίο δεν διαφοροποιεί τη διαδικασία. Στο δέντρο αξιολόγησης, για κάθε παράγοντα σε κάθε επίπεδο, προκύπτει μια τιμή ως αποτέλεσμα της συσχέτισης της ανεξάρτητης τιμής αυτού του παράγοντα και του βάρους, το οποίο του έχει ανατεθεί.

Πίνακας 5-2: Σχηματική απεικόνιση του δέντρου αξιολόγησης των Ε.Μ.Δ.Α. με τα κατά επίπεδο βάρη των παραγόντων



Το σύστημα, στη συνέχεια, επεξεργαζόμενο τα αποτελέσματα για κάθε παράγοντα σε συνδυασμό με τα βάρη δίνει μια τιμή συνολική για μια μέθοδο ή για μια δράση.

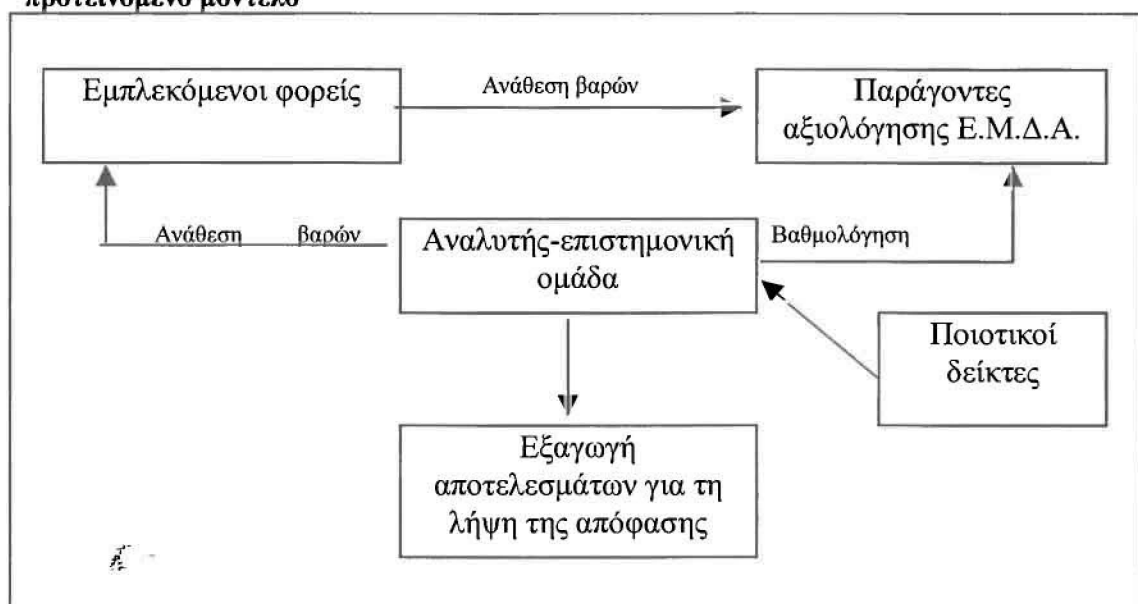
Με βάση αυτές τις τιμές οι μέθοδοι διάθεσης απορριμμάτων μπορούν να συγκριθούν μεταξύ τους, όπως επίσης, μπορούν να συγκριθούν και συνδυασμοί μεθόδων διάθεσης μεταξύ τους.

Με τη συγκεκριμένη διαδικασία αξιολογούνται οι μέθοδοι διάθεσης ή οι συνδυασμοί μεθόδων ως προς ένα εμπλεκόμενο φορέα που λαμβάνει μέρος στη διαδικασία λήψης απόφασης. Το πρόβλημα, όμως, τίθεται από τη στιγμή που οι εμπλεκόμενοι φορείς είναι πολλοί όπως στην περίπτωση της επιλογής μεθόδου διάθεσης των απορριμμάτων.

Για κάθε φορέα ανάλογα με τις προτιμήσεις, τα συμφέροντα, την επιστημονική κατάρτιση, η αξιολόγηση θα έχει διαφορετικά αποτελέσματα. Ο ρόλος του ειδικού αναλυτή είναι να συγκεράσει τις πιθανόν διαφορετικές απόψεις και με τρόπο επιστημονικά, αποδεκτό, να καταλήξει σε μια συμβιβαστική λύση, που θα τυγχάνει των λιγότερων αντιδράσεων.

Οι διαφορετικές αυτές απόψεις, ουσιαστικά εκφράζονται μέσω της ανόμοιας ανάθεσης

**Σχήμα 5-1: Σχηματική απεικόνιση της διαδικασίας λήψης απόφασης σύμφωνα με το προτεινόμενο μοντέλο**



Πηγή: ίδια επεξεργασία



βαρών από κάθε εμπλεκόμενο φορέα στη διαδικασία λήψης απόφασης, προς κάθε παράγοντα αξιολόγησης.

Ο αναλυτής, προκειμένου να εξάγει ενιαία βάρη για κάθε παράγοντα, τα οποία θα προκύπτουν από τη σύνθεση των βαρών που ανέθεσαν οι φορείς, είναι αναγκασμένος να δώσει ο ίδιος βάρη στους εμπλεκόμενους φορείς ανάλογα με την δυναμική και τη δυνατότητα επιρροής τους κατά τη διαδικασία λήψης απόφασης.

**Πίνακας 5-3: Ομάδες διαμόρφωσης στόχων και συντελεστής επιρροής στο σχεδιασμό της διάθεσης απορριμμάτων στην Αθήνα**

Ομάδες διαμόρφωσης στόχων	Συντελεστής επιρροής (%)
Αρμόδια υπουργεία	30
Ο.Τ.Α.	25
Νομαρχία Αττικής	10
Βιομηχανία	5
Επιμελητήρια	5
Τράπεζα (Ε.Τ.Β.Α.)	2,5
Περιβαλλοντικές οργανώσεις	7,5
Κάτοικοι	15

Πηγή: Α.Σκορδίλης (1989)

Το συγκεκριμένο στάδιο της όλης διαδικασίας, δε χρησιμοποιείται στη βιβλιογραφία ευρέως. Ο Σκορδίλης (1989), μόνο, εισάγει αυτή τη διαδικασία μέσω της καταγραφής της επιρροής των εμπλεκόμενων φορέων τους οποίους ονομάζει «ομάδες διαμόρφωσης στόχων», για το σχεδιασμό διάθεσης των οικιακών απορριμμάτων σε αστικές περιοχές και ειδικότερα στην περιοχή της Αθήνας. Οι ομάδες αυτές και ο συντελεστής επιρροής τους στη διαδικασία λήψης της απόφασης φαίνεται στον πίνακα που ακολουθεί. Ουσιαστικά όλοι οι μελετητές εξάγουν τα αποτελέσματα των συγκρίσεων των εναλλακτικών μεθόδων διάθεσης, ξεχωριστά για κάθε φορέα και μετά προχωρούν στη σύνθεση των διαφορετικών αποτελεσμάτων τα οποία αντιπροσωπεύουν τους φορείς.

Συνεπώς, το σταθμισμένο συνολικό βάρος κάθε παράγοντα, προκύπτει μέσω ενός αλγόριθμου, ο οποίος εξαρτάται από τα επιμέρους βάρη κάθε φορέα προς τους παράγοντες αξιολόγησης, σε συνδυασμό με τα βάρη που ανέθεσε η επιστημονική ομάδα στους εμπλεκόμενους φορείς.

Για κάθε μια διαδικασία υπάρχουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Η μέθοδος που προτείνουμε, της ανάθεσης βαρών στους εμπλεκόμενους φορείς αυτοματοποιεί σε μεγάλο βαθμό τη διαδικασία, και την περιορίζει μέσα στα πλαίσια κάποιων ποσοστών, που πολύ πιθανό να είναι αυθαίρετα ή υποκειμενικά. Είναι δύσκολο, ένας φορέας να

δεχτεί να του ανατεθεί ένα ποσοστό στη συνολική διαδικασία απόφασης. Ωστόσο, το στάδιο αυτό της ανάθεσης βαρών από τον αναλυτή προς τους εμπλεκόμενους φορείς βοηθάει σε μεγάλο βαθμό τον πρώτο, να κατανοήσει τις πραγματικές διαστάσεις του προβλήματος και τα πλαίσια γύρω από τα οποία θα κινηθεί η τελική απόφαση. Στο σχήμα 5-1, παρουσιάζεται ο τρόπος με τον οποίο λειτουργεί η διαδικασία λήψης της απόφασης.

#### 5.2.4.1. Η χρήση ποιοτικών δεικτών στην αξιολόγηση των εναλλακτικών μεθόδων διάθεσης απορριμμάτων: διακύμανση και τυπική απόκλιση

Υπάρχουν περιπτώσεις, όπου η αξιολόγηση των μεθόδων διάθεσης μπορεί να οδηγήσει σε αποτελέσματα, βάσει των οποίων η λήψη απόφασης να τίθεται υπό αμφισβήτηση. Μια τέτοια περίπτωση είναι όταν διαφορετική βαθμολόγηση των παραγόντων σύμφωνα με τις αντικειμενικές τους τιμές, μπορεί να οδηγήσει τελικά σε ίση αξιολόγηση δύο μεθόδων. Το παράδειγμα που ακολουθεί στον πίνακα βοηθάει στην κατανόηση αυτού του προβλήματος

**Πίνακας 5-4: Παράδειγμα αδυναμίας λήψης απόφασης αποκλειστικά και μόνο μέσω της διαδικασίας πολυπαραγοντικής αξιολόγησης**

	Παράγοντας Β: 70%	Παράγοντας Α: 30%	Συνολική Αξιολόγηση
<b>Καύση</b>	2	9	$2*70\%+9*30\%= 4,1$
<b>Υγειονομική ταφή</b>	5	2	$5*70\%+2*30\%= 4,1$

Πηγή: ίδια επεξεργασία

Αν βασιστούμε μόνο στη συνολική αξιολόγηση που προκύπτει από την πολυπαραγοντική αξιολόγηση, η επιλογή μεταξύ υγειονομικής ταφής και καύσης στο παράδειγμα είναι αδύνατη.

Συνεπώς, πρέπει η συνολική αξιολόγηση να γίνει και μέσω άλλων ποιοτικών δεικτών, οι οποίοι θα αξιολογούν τη διάρθρωση της βαθμολογίας κατά παράγοντα ανά μέθοδο διάθεσης απορριμμάτων.

Ένας πρώτος τέτοιος δείκτης είναι η διακύμανση, η οποία αποτελεί σημαντικό μέτρο της διασποράς των τιμών μιας μεταβλητής. Ο συγκεκριμένος δείκτης ορίζεται ως ο

μέσος αριθμητικός των τετραγώνων των αποκλίσεων των τιμών των παραγόντων αξιολόγησης των εναλλακτικών μεθόδων διάθεσης απορριμμάτων από τη βέλτιστη τιμή τους. Στην περίπτωση της εφαρμογής του συγκεκριμένου δείκτη για την εξέταση της διακύμανσης των παραγόντων αξιολόγησης των εναλλακτικών μεθόδων διάθεσης απορριμμάτων από τη βέλτιστη τιμή τους, έχουμε (Α.Κίντης, 1997):

$$\sigma^2 = \sum_a \frac{\beta*(10-x)^2}{a} + \sum_b \frac{\beta*(x-0)^2}{b}$$

a+b= σύνολο των παραγόντων αξιολόγησης των Ε.Μ.Δ.Α.

Όπου:

- β: το μέσο βάρος κάθε παράγοντα όπως αυτό προέκυψε από τη σύνθεση των βαρών των εμπλεκόμενων φορέων
- a: είναι ο αριθμός των παραγόντων που η βέλτιστη τιμή με την οποία μπορούν να βαθμολογηθούν είναι το 10
- b: είναι ο αριθμός των παραγόντων που η βέλτιστη τιμή με την οποία μπορούν να βαθμολογηθούν είναι το 0
- x: είναι η τιμή με την οποία έχει βαθμολογηθεί κάθε παράγοντας

Με την ύψωση των διαφορών (10-x) και (x-0) στο τετράγωνο αποδίδεται μεγαλύτερη στάθμιση/βαρύτητα στους παράγοντες που εμφανίζουν μεγάλες αποκλίσεις από τη βέλτιστη τιμή τους, γεγονός που έχει μεγάλη σημασία κατά την εξαγωγή των συμπερασμάτων.

Είναι κατανοητό, ότι όσο η διακύμανση πλησιάζει το 0 τόσο η μέθοδος διάθεσης ικανοποιεί καλύτερα τους διάφορους παράγοντες αξιολόγησης της. Κατά συνέπεια μεταξύ δυο με δύο μεθόδων που από την πολυπαραγοντική αξιολόγηση κρίθηκαν ισάξιες, καλύτερη είναι αυτή η οποία έχει μικρότερη διακύμανση.

Άρα, η διακύμανση μετρά τη διασπορά από τη βέλτιστη τιμή ενός παράγοντα αξιολόγησης, των τετραγώνων των αποκλίσεων των επιμέρους τιμών. Με άλλα λόγια, η διακύμανση δεν εκφράζεται στις ίδιες μονάδες στις οποίες μετρώνται οι αποκλίσεις (αφού είναι στο τετράγωνο) και ως εκ τούτου δε μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέτρο

σύγκρισης αυτών. Ωστόσο, αν πάρουμε τη θετική τετραγωνική ρίζα της διακύμανσης θα έχουμε τις αποκλίσεις στις ίδιες μονάδες στις οποίες μετρούνται οι τιμές της μεταβλητής. Το μέγεθος αυτό αποτελεί το δεύτερο δείκτη που προτείνουμε για την αξιολόγηση των μεθόδων διάθεσης των απορριμμάτων, ονομάζεται τυπική απόκλιση και αποτελεί την πιο σημαντική παράμετρο για τον έλεγχο της κατανομής των τιμών των παραγόντων αξιολόγησης.

Άρα, η τυπική απόκλιση είναι η  $\sigma = \sqrt{\sigma^2}$ , για την οποία ισχύουν ουσιαστικά όσα αναφέραμε και για τη διακύμανση, με βασικό το ότι μια μέθοδος προτιμάται μια άλλης όταν η τυπική απόκλιση είναι πιο κοντά στο 0.

### 5.2.5. Ανάλυση ευαισθησίας

Η ανάλυση ευαισθησίας, στόχο έχει να διερευνήσει το αποτέλεσμα της όλης διαδικασίας, ανάλογα με την καθοριστικότητα της άποψης του κάθε εμπλεκόμενου φορέα στη διαδικασία λήψης απόφασης.

Αυτό σημαίνει, ότι κατά την ανάλυση ευαισθησίας θα τεθεί υπό εξέταση ο βαθμός επιρροής του κάθε εμπλεκόμενου φορέα στη διαδικασία λήψης απόφασης και κατ' επέκταση, η συνολική σημαντικότητα κάθε παράγοντα, η οποία προκύπτει από τη σύνθεση των βαρών που αναθέτουν οι εμπλεκόμενοι φορείς. Η σύνθεση των βαρών προκύπτει, ανάλογα με την επιρροή, την οποία θεωρεί ο αναλυτής, ότι έχει ο κάθε εμπλεκόμενος φορέας στη διαδικασία λήψης απόφασης.

Η ανάλυση ευαισθησίας θα κινηθεί σε δύο επίπεδα, βάσει των οποίων θα ανατεθούν τα ποσοστά επιρροής στους εμπλεκόμενους φορείς και τα οποία εξαρτώνται από:

1. Την επιστημονική εγκυρότητά του φορέα

Η συνιστώσα αυτή προκύπτει με βάση το επιστημονικό υπόβαθρο των απόψεων κάθε φορέα. Πρόκειται σαφώς, για τη συνιστώσα η οποία τελικά πρέπει να επικρατεί καθώς η αντικειμενικότητα της επιστημονικής διαδικασίας στην οποία βασίζεται, αποτελεί ένα ισχυρό στοιχείο στην τελική έκβαση της διαδικασίας λήψης απόφασης

2. Την πολιτική του δύναμη

Η πολιτική δύναμη αποτελεί, δυστυχώς, ακόμα και σήμερα κινητήριο μοχλό πολλών διαδικασιών. Αυτό δε σημαίνει ότι στερείται επιστημονικής εγκυρότητας, ωστόσο η σχέση επιστημονικής εγκυρότητας και πολιτικής δύναμης δεν είναι αναγκαία και ικανή. Ο αναλυτής, συνεπώς, είναι αναγκασμένος να εκτιμήσει το αποτέλεσμα της αξιολόγησης των μεθόδων διάθεσης απορριμμάτων αναθέτοντας ο ίδιος βάρη στους εμπλεκόμενους φορείς, ανάλογα με την επιρροή που αυτοί έχουν κοινωνικά, και σε ανώτερα επίπεδα λήψης αποφάσεων.

Η διαδικασία της ανάλυσης ευαισθησίας σε επίπεδο εμπλεκόμενων φορέων και όχι σε επίπεδο παραγόντων αξιολόγησης, αποτελεί μια ουσιαστική καινοτομία της πρότασης της παρούσας εργασίας. Ο βασικός λόγος, που καταλήξαμε σε αυτή την απόφαση, είναι, διότι η κρίση για τη συμβολή των παραγόντων στη αξιολόγηση των εναλλακτικών μεθόδων διάθεσης απορριμμάτων είναι καθορισμένη στο επίπεδο του κάθε ενός εμπλεκόμενου φορέα ξεχωριστά. Συνεπώς, το «ποσοστό» της συμβολής κάθε παράγοντα στην τελική αξιολόγηση, είναι κάτι το οποίο δεν είναι καθορισμένο, εξαιτίας του γεγονότος ότι οι εμπλεκόμενοι φορείς δεν είναι δυνατό να έχουν προδιαγεγραμμένο μερίδιο ευθύνης στην απόφαση. Ακριβώς εδώ, προκύπτει ο ρόλος του αναλυτή, ο οποίος μέσω της ανάλυσης ευαισθησίας προσπαθεί να βρει τις διακυμάνσεις τις αποφάσεις στα διάφορα επίπεδα επιρροής των εμπλεκόμενων φορέων στη διαδικασία λήψης απόφασης για ένα σημαντικό πρόβλημα, όπως η αξιολόγηση των εναλλακτικών μεθόδων διάθεσης απορριμμάτων.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6<sup>ο</sup>

Εφαρμογή του Προτεινόμενου Πολυπαραγοντικού Μοντέλου για την Αξιολόγηση των Εναλλακτικών Μεθόδων Διάθεσης Απορριμμάτων σε Πραγματικό Παράδειγμα.

### **6.1. Εισαγωγή**

Στο κεφάλαιο αυτό θα εφαρμόσουμε το μοντέλο, το οποίο αναπτύξαμε στα προηγούμενα κεφάλαια για συγκεκριμένη περιοχή. Η αιτία, για την οποία πραγματοποιούμε αυτή την εφαρμογή είναι για να διαπιστώσουμε, κατά πόσο είναι λειτουργικό το προτεινόμενο μοντέλο και αν μπορεί να οδηγήσει προς τη σωστή κατεύθυνση για τη λήψη απόφασης.

Όπως θα φανεί και παρακάτω, οι διαδικασίες βασίζονται σε πολλές παραδοχές, γεγονός που εκ πρώτης όψεως μειώνει την εγκυρότητα της παρούσας εφαρμογής. Στην πορεία όμως φαίνεται ότι τα αποτελέσματα δεν διαστρεβλώνονται γεγονός που αποδεικνύει την ευχρηστία και αντικειμενικότητα του προτεινόμενου μοντέλου

### **6.2. Η περιοχή εφαρμογής του μοντέλου και οι λόγοι επιλογής της**

Η περιοχή, την οποία επιλέξαμε για να εφαρμόσουμε και να δοκιμάσουμε το μοντέλο, το οποίο υποδείξαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο, είναι η περιοχή Oulu στη Βόρεια Φιλανδία.

Η μελέτη για τη συγκεκριμένη περιοχή έχει γίνει από τους Hokkanen και Salminen, οι οποίοι εφαρμόσαν τη μέθοδο ELECTRE III. Συνεπώς, στην παρούσα μελέτη θα



εφαρμόσουμε το μοντέλο που προτείνουμε, σε μια περιοχή, στην οποία έχει πραγματοποιηθεί κάτι ανάλογο.

Οι λόγοι, για τους οποίους επιλέχτηκε μια περιοχή, στην οποία ήδη έχει γίνει ανάλογη δουλειά είναι οι εξής:

1. Η συλλογή στοιχείων και δεδομένων αποτελεί χρονοβόρα διαδικασία, η οποία στα πλαίσια μιας διπλωματικής εργασίας, ίσως δε θα επέφερε τα αναμενόμενα αποτελέσματα.
2. Σε πρώτη φάση, στόχος της εφαρμογής του μοντέλου δεν είναι να υποδείξουμε τη βέλτιστη λύση σε μια περιοχή η οποία πάσχει από προβλήματα διάθεσης απορριμμάτων και στην οποία αναζητείται αυτή η λύση, αλλά να δοκιμάσουμε τη λειτουργικότητα και αξιοπιστία του μοντέλου.
3. Η ύπαρξη αποτελεσμάτων μέσω μιας ανάλογης προηγούμενης διαδικασίας, αναπόφευκτα, οδηγεί σε συγκρίσεις, οι οποίες οπωσδήποτε αποτελούν ένα οδηγό για τη λειτουργικότητα και αξιοπιστία του προτεινόμενου μοντέλου.

Πρέπει να τονίσουμε, ότι υπήρχαν περιοχές της ελληνικής επικράτειας, στις οποίες θα μπορούσε να εφαρμοστεί το μοντέλο και στις οποίες έχουν εφαρμοστεί στο παρελθόν ανάλογες διαδικασίες. Ωστόσο, μέσω της μελέτης της βιβλιογραφίας καταλήξαμε σε αυτή των Hokkanen και Salminen διότι, θεωρήσαμε, ότι ήταν η πιο άρτια, από πλευράς διαδικασίας εφαρμογής του μοντέλου τους.

### **6.3. Η εφαρμογή της διαδικασίας πολυπαραγοντικής αξιολόγησης**

Σε αυτή την παράγραφο θα αναπτύξουμε, πλήρως, όλα τα βήματα μιας διαδικασίας πολυπαραγοντικής αξιολόγησης, όπως τα περιγράψαμε σε προηγούμενα κεφάλαια. Η όλη διαδικασία χαρακτηρίζεται από κάποιες αναγκαίες παραδοχές και περιορισμούς. Οι δύο βασικότεροι, είναι οι εξής:

1. Ορισμένα βήματα της διαδικασίας πολυπαραγοντικής αξιολόγησης γίνονται με βάση δεδομένων που αναφέρεται σε εκτός Ελλάδας περιοχή ενώ κάποια άλλα βήματα θα βασιστούν σε υποθέσεις που πηγάζουν από την ελληνική πραγματικότητα.
2. Οι παράγοντες, στους οποίους βασιζόμαστε για να πραγματοποιηθεί η αξιολόγηση των εναλλακτικών μεθόδων διάθεσης απορριμμάτων διαφέρουν, εν μέρει, από

αυτούς που εξετάζουν οι Hokkanen και Salminen. Κατά συνέπεια, με υποθέσεις θα προσπαθήσουμε να εκτιμήσουμε αυτούς τους παράγοντες για τους οποίους δεν υπάρχουν αντίστοιχες αναφορές στους προηγούμενους συγγραφείς.

Κατά τη διάρκεια ανάπτυξης των βημάτων της πολυπαραγοντικής αξιολόγησης θα αναδειχθούν όλα τα πιθανά προβλήματα θα εξηγηθούν και μέσω παραδοχών θα προσπαθήσουμε να ελαχιστοποιήσουμε τις αποκλίσεις από την πραγματικότητα.

### **6.3.1. Καθορισμός του προβλήματος**

Το μοντέλο για την αξιολόγηση των εναλλακτικών μεθόδων διάθεσης απορριμμάτων θα το εφαρμόσουμε, όπως αναφέραμε προηγούμενα στην περιοχή Ουλού στη βόρεια Φιλανδία. Η περιοχή αποτελείται από 17 δήμους. Ο συνολικός πληθυσμός της περιοχής αγγίζει τις 185.000 κατοίκους. Στόχος εφαρμογής του μοντέλου είναι η βέλτιστη λύση για τη διάθεση των απορριμμάτων μέχρι το έτος 2010. Η παραγόμενη ποσότητα των απορριμμάτων στην περιοχή προσεγγίζει τις 80.000 τόνους/έτος, εκ των οποίων 15.000 τόνοι κυρίως, χαρτιά και χαρτόνια είναι ανακυκλώσιμοι.

Η βάση για αυτή τη μελέτη έγκειται στο γεγονός, ότι κάθε δήμος διαχειριζόταν χωριστά τα απορρίμματά του. Με τον τρόπο αυτό, όμως, δεν τηρούνταν οι αρχές που είχαν καθορίσει οι φιλανδικές αρχές, σχετικά με τη διαχείριση των απορριμμάτων. Τις περισσότερες φορές, τα απορρίμματα αφήνονταν σε ακατάλληλες χωματερές, χωρίς να ελέγχονται οι διάφορες εκπομπές βλαβερών υγρών και αερίων προς το περιβάλλον.

### **6.3.2. Καθορισμός των εμπλεκόμενων φορέων στη διαδικασία της απόφασης**

Ο καθορισμός των εμπλεκόμενων φορέων στη διαδικασία λήψης απόφασης στο συγκεκριμένο παράδειγμα, έγινε υπό ένα βασικό περιορισμό, ο οποίος έγκειται στο γεγονός, ότι ενώ αναφερόμαστε σε περιοχή της Φιλανδίας, οι εμπλεκόμενοι φορείς προέρχονται από την ελληνική πραγματικότητα. Στη μελέτη των Hokkanen και Salminen ενεπλάκησαν πάνω από 100 φορείς. Το γεγονός αυτό, από μόνο του, προσδίδει εγκυρότητα στην εν λόγω μελέτη. Δεδομένου του γεγονότος, όμως, ότι δεν ήταν γνωστές οι απόψεις των αντίστοιχων Φιλανδικών ομάδων, αναγκαστήκαμε να

στραφούμε στους ελληνικούς φορείς, οι οποίοι εμπλέκονται σε αντίστοιχες διαδικασίες στη χώρα μας. Οι φορείς αυτοί, είναι:

- ✓ Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων (Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ.)
- ✓ Υπουργείο Εσωτερικών, Δημόσιας Διοίκησης και Αποκέντρωσης (ΥΠ.Ε.Σ.Δ.Δ.Α.)
- ✓ Οικολογική Εταιρεία Ανακύκλωσης (Ο.Ε.Α)
- ✓ Ενιαίος Σύνδεσμος Δήμων και Κοινοτήτων Νομού Αττικής (Ε.Σ.Δ.Κ.Ν.Α)
- ✓ Ελληνική Εταιρεία Ανάκτησης και Ανακύκλωσης (Ε.Ε.Α.Α.)
- ✓ Ιδιωτική Εταιρεία Διαχείρισης Απορριμμάτων (Ι.Ε.Δ.Α.)
- ✓ Ελληνική Εταιρεία Τοπικής Ανάπτυξης και Αυτοδιοίκησης (Ε.Ε.Τ.Α.Α.)

Ένα σημείο, το οποίο πρέπει να τονιστεί, ιδιαίτερα, είναι, ότι σε μια διαδικασία MCDA, οι εμπλεκόμενοι φορείς συναντώνται αρκετές φορές, ώστε να καθορίσουν, τόσο τους παράγοντες αξιολόγησης, όσο και τις εναλλακτικές προτάσεις διάθεσης απορριμμάτων. Ωστόσο, η διαδικασία αυτή ήταν αδύνατο να ακολουθηθεί, λόγω αντικειμενικών δυσκολιών, με συνέπεια οι συναντήσεις που είχαμε με αρμόδιους εκπροσώπους των παραπάνω φορέων, να περιοριστούν στα σημεία που ήταν απολύτως αναγκαία η συμβολή τους.

### 6.3.3. Επιλογή των εναλλακτικών σεναρίων

Οι μέθοδοι διάθεσης απορριμμάτων, οι οποίες επελέγησαν να αξιολογηθούν είναι οι εξής: υγειονομική ταφή, καύση και βιοσταθεροποίηση. Η καύση στην περιοχή μελέτης θεωρήθηκε εφικτή, δεδομένου ότι υπήρχαν μονάδες βιοτεχνικές - βιομηχανικές που θα μπορούσαν αξιοποιήσουν το RDF με τρόπο περιβαλλοντικά αποδεκτό. Το ποσό RDF υπολογίστηκε ότι επαρκεί για παραγωγή ενέργειας 72.000 MWh, για την οποία διαφορετικά θα χρησιμοποιείτο τύρφη.

Σε συνδυασμό με τις παραπάνω μεθόδους διάθεσης απορριμμάτων, η μελέτη εξετάζει τη δυνατότητα ανάπτυξής τους σε τρία επίπεδα συνεργασίας (βλ. πίνακα 6-1) : το αποκεντρωμένο (σενάρια Ι), το συγκεντρωτικό (σενάρια ΙΙΙ) και το μικτό (σενάρια ΙΙ).

Όλες οι εναλλακτικές μέθοδοι, πλην της καύσης, είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν, είτε σε επίπεδο ενός δήμου είτε μέσω διαδημοτικής συνεργασίας σε διαφορετικά επίπεδα. Η καύση και παραγωγή RDF είναι δυνατές μονό για την πόλη Oulu.

Στο αποκεντρωμένο σύστημα απαιτείται από κάθε δήμο να φροντίσει ο ίδιος για τα απορρίμμάτα του. Στο μικτό σύστημα, η περιοχή Oulu χωρίζεται σε υποπεριοχές που μπορούν πραγματικά να συνεργαστούν. Στο συγκεντρωτικό σύστημα, τα απορρίμματα διαχειρίζονται βάσει ενός απλού σχεδίου.

Με βάση τα παραπάνω, γίνεται κατανοητό, ότι δε θα γίνει χρήση της μιας εκ των μεθόδων που περιγράψαμε στο 3<sup>ο</sup> κεφάλαιο, δηλαδή, της μηχανικής ανάκτησης. Το γεγονός αυτό, δε μειώνει καθόλου την αξία της μελέτης που πραγματοποιούμε, δεδομένου του γεγονότος, ότι η λειτουργικότητα του μοντέλου μπορεί να αποδειχθεί επαρκώς, έστω και με τη χρήση των άλλων τριών μεθόδων.

#### 6.3.4. Επιλογή των παραγόντων αξιολόγησης

Οι παράγοντες, βάσει των οποίων θα αξιολογηθούν οι εναλλακτικές μέθοδοι και τα σενάρια του πίνακα 6-1, είναι αυτοί, τους οποίους επιλέξαμε στο 4<sup>ο</sup> κεφάλαιο και αναπτύχθηκαν στην κατασκευή του δέντρου παραγόντων. Ο υπολογισμός τους βασίζεται, κυρίως, σε στοιχεία, τα οποία λαμβάνουμε από τους Hokkanen και Salminen στη μελέτη τους για την περιοχή Oulu. Ωστόσο, πρέπει να τονίσουμε ότι οι παράγοντες με τους οποίους αξιολογούν, οι εν λόγω συγγραφείς, τις μεθόδους διάθεσης απορριμμάτων δεν είναι ακριβώς οι ίδιοι με αυτούς που προτείνουμε στην παρούσα εργασία. Ως εκ τούτου, είτε θα λάβουμε απaráλλαχτη την τιμή κάποιων παραγόντων, όταν είναι οι ίδιοι με αυτούς που προτείνουμε, είτε θα συνδυάσουμε κάποια δεδομένα για να προκύψουν οι τιμές σε άλλους μας παράγοντες, είτε θα εκτιμήσουμε εμείς κάποιους παράγοντες για τους οποίους δε συμβαίνουν τα προηγούμενα.

Πρέπει να επισημάνουμε, ότι στις περιπτώσεις όπου το εναλλακτικό σενάριο είναι συνδυασμός δύο ή περισσότερων μεθόδων, η τιμή για κάθε παράγοντα στο εναλλακτικό σενάριό, προκύπτει ύστερα από τον υπολογισμό του σταθμισμένου μέσου όρου των τιμών του εν λόγω παράγοντα σε κάθε μέθοδο διάθεσης απορριμμάτων, η οποία

**Πίνακας 6-1: Σύνολο των εναλλακτικών προτάσεων για τη διάθεση των απορριμμάτων στην περιοχή Ουλού**

Εναλλακτικό σενάριο	Επίπεδο συνεργασίας	Μέθοδος διάθεσης	Αριθμός χώρων διάθεσης
ΙΑ	Αποκεντρωμένο	Υγειονομική ταφή	17 χώροι Υ.Τ.
ΙΒ	Αποκεντρωμένο	Υγειονομική ταφή, βιοσταθεροποίηση	17 χώροι Υ.Τ. , 17 χώροι βιοσταθεροποίησης
ΙΓ	Αποκεντρωμένο	Υγειονομική ταφή, βιοσταθεροποίηση, καύση-RDF	17 χώροι Υ.Τ. , 17 χώροι βιοσταθεροποίησης, 1 χώρος καύσης-RDF
ΙΙΑα <sup>1</sup>	Μικτό	Υγειονομική ταφή	4 χώροι Υ.Τ.
ΙΙΑβ	Μικτό	Υγειονομική ταφή, βιοσταθεροποίηση	4 χώροι Υ.Τ. , 4 χώροι βιοσταθεροποίησης
ΙΙΑγ	Μικτό	Υγειονομική ταφή, βιοσταθεροποίηση, καύση-RDF	4 χώροι Υ.Τ. , 4 χώροι βιοσταθεροποίησης, 1 χώρος καύσης-RDF
ΙΙΒα'	Μικτό	Υγειονομική ταφή	4 χώροι Υ.Τ.
ΙΙΒβ	Μικτό	Υγειονομική ταφή, βιοσταθεροποίηση	4 χώροι Υ.Τ. , 4 χώροι βιοσταθεροποίησης
ΙΙΒγ	Μικτό	Υγειονομική ταφή, βιοσταθεροποίηση, καύση-RDF	4 χώροι Υ.Τ. , 4 χώροι βιοσταθεροποίησης, 1 χώρος καύσης-RDF
ΙΙΓα	Μικτό	Υγειονομική ταφή	3 χώροι Υ.Τ.
ΙΙΓβ	Μικτό	Υγειονομική ταφή, βιοσταθεροποίηση	3 χώροι Υ.Τ. , 3 χώροι βιοσταθεροποίησης
ΙΙΓγ	Μικτό	Υγειονομική ταφή, βιοσταθεροποίηση, καύση-RDF	3 χώροι Υ.Τ. , 3 χώροι βιοσταθεροποίησης, 1 χώρος καύσης-RDF
ΙΙΔα	Μικτό	Υγειονομική ταφή	6 χώροι Υ.Τ.
ΙΙΔβ	Μικτό	Υγειονομική ταφή, βιοσταθεροποίηση	6 χώροι Υ.Τ. , 6 χώροι βιοσταθεροποίησης
ΙΙΔγ	Μικτό	Υγειονομική ταφή, βιοσταθεροποίηση, καύση-RDF	6 χώροι Υ.Τ. , 6 χώροι βιοσταθεροποίησης, 1 χώρος καύσης-RDF
ΙΙΕα'	Μικτό	Υγειονομική ταφή	4 χώροι Υ.Τ.
ΙΙΕβ	Μικτό	Υγειονομική ταφή, βιοσταθεροποίηση	4 χώροι Υ.Τ. , 4 χώροι βιοσταθεροποίησης
ΙΙΕγ	Μικτό	Υγειονομική ταφή, βιοσταθεροποίηση, καύση-RDF	4 χώροι Υ.Τ. , 4 χώροι βιοσταθεροποίησης, 1 χώρος καύσης-RDF
ΙΙΙΑ	Συγκεντρωτικό	Υγειονομική ταφή	1 χώρος Υ.Τ.
ΙΙΙΒ	Συγκεντρωτικό Αποκεντρωμένο	Υγειονομική ταφή, βιοσταθεροποίηση	1 χώρος Υ.Τ. , 17 χώροι βιοσταθεροποίησης
ΙΙΙΓ	Συγκεντρωτικό	Υγειονομική ταφή, βιοσταθεροποίηση, καύση-RDF	1 χώρος Υ.Τ. , 1 χώρος βιοσταθεροποίησης, 1 χώρος καύσης-RDF
ΙΙΙΔ	Συγκεντρωτικό Αποκεντρωμένο	Υγειονομική ταφή, καύση-RDF, βιοσταθεροποίηση	1 χώρος Υ.Τ. , 17 χώροι βιοσταθεροποίησης, 1 χώρος καύσης-RDF

<sup>1</sup> Η διαφορά μεταξύ αυτών των εναλλακτικών προτάσεων είναι ότι κάθε μια έχει διαφορετικό συνδυασμό συνεργαζόμενων δήμων.



αποτελεί την εναλλακτική πρόταση. Η στάθμιση γίνεται, βάσει του ποσοστού απορριμμάτων, η οποία δέχεται κάθε μέθοδος της εναλλακτικής πρότασης προς διάθεση.

Είναι σημαντικό, να αναφέρουμε τον τρόπο, με τον οποίο μετατρέψαμε τις τιμές των παραγόντων αξιολόγησης που μετρώνται σε πραγματική κλίμακα, στην κλίμακα 1-10. Το βασικό πρόβλημα που τίθεται είναι ο καθορισμός των ακραίων τιμών, ώστε με τη χρήση του τύπου (4.1), να προκύψει η βαθμολόγηση των παραγόντων αξιολόγησης στην κλίμακα 1-10. Η λογική του καθορισμού της κατώτερης τιμής, βασίστηκε στην ιδέα, ότι από τη στιγμή που παράγονται απορρίμματα, οι όποιες επιπτώσεις είναι αναπόφευκτες και απομένει η εύρεση της καλύτερης αναλογίας χρήσης των μεθόδων διάθεσης, που αποφέρει την ελάχιστη επίπτωση κατά παράγοντα.

Ο προσδιορισμός των ακραίων τιμών για τους παράγοντες, που βαθμολογούνται σε πραγματική κλίμακα, έγινε με χρήση όλων των δυνατών συνδυασμών των μεθόδων διάθεσης απορριμμάτων, που θα μπορούσαν να εφαρμοστούν στην περιοχή. Για κάθε ένα από αυτούς τους συνδυασμούς, υπολογίστηκαν οι ανώτερες και κατώτερες τιμές για κάθε παράγοντα αξιολόγησης. Από όλες τις τιμές, για κάθε συνδυασμό μεθόδων διάθεσης απορριμμάτων συγκρατήσαμε την ανώτατη και κατώτατη τιμή και με εφαρμογή του τύπου (4.1), προέκυψε η βαθμολογία κάθε εναλλακτικής λύσης ως προς κάθε παράγοντα αξιολόγησης στην κλίμακα 1-10. Τα σενάρια βάσει των οποίων υπολογίσαμε τις ανώτατες και κατώτατες τιμές προέκυψαν με τις εξής υποθέσεις:

1. Αν το σενάριο προέβλεπε, τη χρήση της υγειονομικής ταφής και της βιοσταθεροποίησης, το ποσοστό διάθεσης απορριμμάτων ανά μέθοδο είναι 65% και 35% αντίστοιχα, ποσοστά που προκύπτουν με βάση την ποσότητα του οργανικού κλάσματος στα απορρίμματα.
2. Αν το σενάριο προέβλεπε, τη χρήση των τριών μεθόδων διάθεσης, τα ποσοστά διάθεσης απορριμμάτων ανά μέθοδο είναι, 50% για την καύση 30% για τη βιοσταθεροποίηση, και 20% για την υγειονομική ταφή.
3. Αν το σενάριο προέβλεπε, 100% των απορριμμάτων να διατίθενται βάσει μιας μεθόδου τότε 100% θα διατίθεται σε Χ.Υ.Τ.Α.



Ως προς τα παραπάνω έχουμε να επισημάνουμε, ότι τα ποσοστά στις περιπτώσεις 1 και 2, είναι ορισμένα βάσει του ποσοστού του οργανικού κλάσματος, και της θερμογόνου δύναμης των αστικών στερών αποβλήτων, άρα είναι σταθερά, όσο η σύσταση των απορριμμάτων δεν αλλάζει.

Με τα όρια, τα οποία καθορίσαμε στη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας εργασίας, προσπαθήσαμε να απεικονίσουμε την σημερινή πραγματικότητα σε ό,τι αφορά στο επίπεδο ανάπτυξης και διαθεσιμότητας των τεχνολογιών διάθεσης και την υφιστάμενη κατάσταση του περιβάλλοντος στη Φιλανδία, πάντα με βάση τα στοιχεία των Hokkanen και Salminen. Σε κάθε περίπτωση, αν προκύψουν καταστάσεις ή τεχνολογίες οι οποίες απαιτούν επαναπροσδιορισμό των ορίων αυτών, η διαδικασία είναι απλή δεδομένου ότι η φιλοσοφία και η λειτουργικότητα του συστήματος αξιολόγησης παραμένει αμετάβλητη.

**Πίνακας 6-2: Καθαρό κόστος ανά τόνο απορριμμάτων ανά σενάριο (max)**

Σενάριο	τιμή	Σενάριο	Τιμή
ΙΑ	7	ΙΙΓγ	4
ΙΒ	5	ΙΙΔα	9
ΙΓ	2	ΙΙΔβ	6
ΙΙΑα	9	ΙΙΔγ	4
ΙΙΑβ	6	ΙΙΕα	8
ΙΙΑγ	4	ΙΙΕβ	6
ΙΙΒα	9	ΙΙΕγ	3
ΙΙΒβ	7	ΙΙΙΑ	9
ΙΙΒγ	4	ΙΙΙΒ	7
ΙΙΓα	9	ΙΙΙΓ	4
ΙΙΓβ	7	ΙΙΙΔ	1

Πηγή: J.Hokkanen & P.Salminen (1997)

Στην περίπτωση των παραγόντων που δε χρησιμοποιούνται από τους Hokkanen και Salminen, οι τιμές υπολογίστικαν μέσω της μελέτης της βιβλιογραφίας αναφορικά με τους εν λόγω παράγοντες και σε

συνεργασία με αρμόδιους για τη διαχείριση των απορριμμάτων στη Ελλάδα. Στο παράρτημα, γίνεται αναφορά στον τρόπο υπολογισμού των ανώτατων και κατώτατων τιμών για κάθε παράγοντα. Στους πίνακες αυτού του κεφαλαίου θα αναφέρονται οι τιμές για κάθε παράγοντα μόνο στην κλίμακα 1-10.

#### ➡ Οικονομικός παράγοντας

Η μελέτη που έγινε για την περιοχή Oulu από τους Hokkanen και Salminen, σε σχέση με αυτόν τον παράγοντα μας διευκολύνει στο γεγονός ότι είναι υπολογισμένος στο σύνολό του, ενώ εμπεριέχει και όλους αυτούς τους παράγοντες 2<sup>ου</sup> και 3<sup>ου</sup> επιπέδου που αναπτύξαμε στο δέντρο παραγόντων. Πιο συγκεκριμένα έχουμε την τιμή του καθαρού

κόστους ανά τόνο απορριμμάτων για κάθε ένα εναλλακτικό σενάριο του πίνακα 6-1, τιμή η οποία έχει προκύψει υπολογίζοντας το συνολικό κόστος, το κόστος λειτουργίας και φυσικά τα έσοδα από την πώληση ανακτημένων υλικών και ενέργειας. Όσο μικρότερη είναι η τιμή αυτού του παράγοντα αποτελεί ένα θετικό στοιχείο στην αξιολόγηση της κάθε εναλλακτικής πρότασης. Η τιμή κάθε εναλλακτικού σεναρίου φαίνεται στον πίνακα. 6-2, αναγμένη στην κλίμακα 1-10.

Για τη μελέτη, συνεπώς αυτού του παράγοντα δεχόμαστε αυτούσια την τιμή του, όπως αυτή υπολογίστηκε από τους Hokkanen και Salminen. Σε περίπτωση, ωστόσο, που η τιμή δεν είναι υπολογισμένη όπως στην περίπτωση μας, πρέπει να ακολουθείται η διαδικασία που περιγράψαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο για τον οικονομικό παράγοντα.

#### »»» Απασχόληση

Η τιμή αυτού του κριτηρίου προκύπτει με βάση τα στοιχεία που λαμβάνουμε από την ήδη υπάρχουσα μελέτη για τον αριθμό των εργαζομένων σε κάθε σενάριο. Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των εργαζομένων, αποτελεί θετικό στοιχείο αξιολόγησης της κάθε πρότασης με αποτέλεσμα στην κλίμακα 1-10 να λαμβάνει μεγαλύτερη βαθμολογία.

**Πίνακας 6-3: Αριθμός εργαζομένων ανά σενάριο (max)**

σενάριο	τιμή	Σενάριο	Τιμή
ΙΑ	5	ΙΙΓγ	6
ΙΒ	7	ΙΙΔα	4
ΙΓ	10	ΙΙΔβ	6
ΙΙΑα	3	ΙΙΔγ	8
ΙΙΑβ	5	ΙΙΕα	4
ΙΙΑγ	7	ΙΙΕβ	6
ΙΙΒα	3	ΙΙΕγ	8
ΙΙΒβ	5	ΙΙΙΑ	1
ΙΙΒγ	9	ΙΙΙΒ	7
ΙΙΓα	3	ΙΙΙΓ	6
ΙΙΓβ	5	ΙΙΙΔ	6

Πηγή: J.Hokkanen & P.Salminen (1997)

#### »»» Κοινωνική αντίληψη

Η τιμή αυτού του κριτηρίου βασίζεται σε βιβλιογραφικές προσεγγίσεις για το θέμα καθώς δε χρησιμοποιείται από τους Hokkanen και Salminen. Πρόκειται, όπως έχουμε αναφέρει, για κριτήριο που βαθμολογείται σε σχετική κλίμακα. Σύμφωνα με τον Αμπατζόπουλο (1995), μεγαλύτερη προτίμηση δείχνει το κοινό στις τεχνολογίες ανακύκλωσης και στη λιπασματοποίηση, ενώ η υγειονομική ταφή καταλαμβάνει την τελευταία θέση πίσω και από τη μέθοδο της καύσης. Στην κλίμακα 1-10, όπου 10 είναι ο βαθμός που αντιστοιχεί στη θετικότερη αντίληψη για μια μέθοδο, βαθμολογούμε την

βιοσταθεροποίηση με 8, την καύση με 5 και την Υ.Τ. με 3. Βάσει αυτής της βαθμολογίας και της αναλογίας των μεθόδων διάθεσης ανά σενάριο όπως αυτά τα ορίσαμε, προκύπτει η βαθμολογία στον πίνακα 6-4

→ Ευελιξία στην αλλαγή ποσότητας

Αυτός ο παράγοντας μετράται σε σχετική κλίμακα 1-10, με το 10 να αποτελεί ένδειξη απόλυτης ευελιξίας. Με αυτό το δεδομένο, η Υ.Τ. βαθμολογείται με 9, καθώς σε

πιθανή αύξηση της ποσότητας των απορριμμάτων, μπορεί η διάθεσή τους να αντιμετωπιστεί πολύ εύκολα με μικρή αύξηση του προσωπικού και του μηχανικού εξοπλισμού (Κόλιας, 1993). Η βιοσταθεροποίηση είναι σχετικά ευέλικτη μέθοδος ως προς την ποσότητα των απορριμμάτων, ωστόσο τη βαθμολογούμε χαμηλότερα με 6, διότι από πιθανές καθυστερήσεις στην επεξεργασία των απορριμμάτων πιθανόν επηρεάζεται η ποιότητα του εδαφοβελτιωτικού. Τέλος η καύση δε μπορεί να θεωρηθεί ευέλικτη μέθοδος ως προς την ποσότητα διατιθέμενων απορριμμάτων δεδομένου ότι τα μηχανήματα λειτουργούν βάσει αυστηρών προδιαγραφών, ενώ η αλλαγή τους είναι κοστοβόρα. Για το λόγο αυτό,

βαθμολογείται με 3. Τα αποτελέσματα για τα εναλλακτικά σενάρια με βάση την παραπάνω βαθμολόγηση και τα ποσοστά διάθεσης των απορριμμάτων ανά μέθοδο και ανά σενάριο φαίνονται στον πίνακα 6-5.

→ Ευελιξία στην αλλαγή σύστασης των απορριμμάτων

Η Υ.Τ. μπορεί να δεχτεί τα περισσότερα είδη απορριμμάτων, αν υπάρχουν οι

**Πίνακας 6-4: Μέτρο της κοινωνικής αποδοχής ανά σενάριο (max)**

Σενάριο	Τιμή	Σενάριο	Τιμή
ΙΑ	2	ΙΓγ	4,8
ΙΒ	4,1	ΙΔα	2
ΙΓ	4,8	ΙΔβ	4,1
ΙΑα	2	ΙΔγ	4,8
ΙΑβ	4,1	ΙΕα	2
ΙΑγ	4,8	ΙΕβ	4,1
ΙΒα	2	ΙΕγ	4,8
ΙΒβ	4,1	ΙΙΑ	2
ΙΒγ	4,8	ΙΙΒ	4,1
ΙΓα	2	ΙΙΓ	4,8
ΙΓβ	4,1	ΙΙΔ	4,8

Πηγή: ίδια επεξεργασία

**Πίνακας 6-5: Μέτρο της ευελιξίας στην αλλαγή ποσότητας ανά σενάριο (max)**

σενάριο	Τιμή	σενάριο	τιμή
ΙΑ	9	ΙΓγ	4,5
ΙΒ	7,3	ΙΔα	9
ΙΓ	4,5	ΙΔβ	7,3
ΙΑα	9	ΙΔγ	4,5
ΙΑβ	7,3	ΙΕα	9
ΙΑγ	4,5	ΙΕβ	7,3
ΙΒα	9	ΙΕγ	4,5
ΙΒβ	7,3	ΙΙΑ	9
ΙΒγ	4,5	ΙΙΒ	7,3
ΙΓα	9	ΙΙΓ	4,5
ΙΓβ	7,3	ΙΙΔ	4,5

Πηγή: ίδια επεξεργασία

κατάλληλες μεμβράνες για την προφύλαξη των υπογείων υδάτων και συστήματα συλλογής των αερίων. Συνεπώς επιδεικνύει μεγάλη ευελιξία και βαθμολογείται με 8. Η καύση βαθμολογείται με 3, εξαιτίας του ότι μπορεί να δεχθεί προς αποτέφρωση τα απορρίμματα τα εμπεριέχουν ορισμένα συγκεκριμένα ποσοστά θερμογόνου δύναμης. Τέλος, ούτε η βιοσταθεροποίηση είναι ευέλικτη ως προς τη σύσταση των απορριμμάτων, δεδομένου, ότι αλλαγή της αναλογίας C/N επηρεάζει άμεσα το εδαφοβελτιωτικό, που αποτελεί βασικό

στοιχείο της βιοσταθεροποίησης, και κατά συνέπεια, η εν λόγω μέθοδος βαθμολογείται με 4. Τα αποτελέσματα για τα εναλλακτικά σενάρια με βάση την παραπάνω βαθμολόγηση και τα ποσοστά διάθεσης των απορριμμάτων ανά μέθοδο και ανά σενάριο φαίνονται στον πίνακα 6-6.

→ Κίνδυνοι ατυχήματος

Ο κίνδυνος ατυχήματος είναι σχετικά σημαντικός στην περίπτωση της Υ.Τ. εξαιτίας αυτοαναφλέξεων, εκρήξεων κ.λπ. ακόμα και

μακριά από τους Χ.Υ.Τ.Α. και για το λόγο αυτό βαθμολογείται με 8. Στη βιοσταθεροποίηση οι κίνδυνοι ατυχήματος είναι σχετικά μικροί και βαθμολογείται με 2. Η καύση ελλοχεύει τους κινδύνους που έχει μια κλασσική βιομηχανική εγκατάσταση, συνεπώς όχι μεγάλους και βαθμολογείται με 3. Στο συγκεκριμένο παράγοντα η χαμηλή βαθμολόγηση αποτελεί στοιχείο ένδειξης μεγάλου κινδύνου στην αξιολόγηση κάθε μεθόδου.

**Πίνακας 6-6: Μέτρο της ευελιξίας στην αλλαγή σύστασης ανά σενάριο (max)**

Σενάριο	τιμή	Σενάριο	τιμή
ΙΑ	8	ΙΙΓγ	4,3
ΙΒ	6,6	ΙΙΔα	8
ΙΓ	4,3	ΙΙΔβ	6,6
ΙΙΑα	8	ΙΙΔγ	4,3
ΙΙΑβ	6,6	ΙΙΕα	8
ΙΙΑγ	4,3	ΙΙΕβ	6,6
ΙΙΒα	8	ΙΙΕγ	4,3
ΙΙΒβ	6,6	ΙΙΙΑ	8
ΙΙΒγ	4,3	ΙΙΙΒ	6,6
ΙΙΓα	8	ΙΙΙΓ	4,3
ΙΙΓβ	6,6	ΙΙΙΔ	4,3

Πηγή: ίδια επεξεργασία

**Πίνακας 6-7: Μέτρο του κινδύνου ατυχήματος ανά σενάριο (max)**

Σενάριο	Τιμή	Σενάριο	Τιμή
ΙΑ	8	ΙΙΓγ	4
ΙΒ	6,3	ΙΙΔα	8
ΙΓ	4	ΙΙΔβ	6,3
ΙΙΑα	8	ΙΙΔγ	4
ΙΙΑβ	6,3	ΙΙΕα	8
ΙΙΑγ	4	ΙΙΕβ	6,3
ΙΙΒα	8	ΙΙΕγ	4
ΙΙΒβ	6,3	ΙΙΙΑ	8
ΙΙΒγ	4	ΙΙΙΒ	6,3
ΙΙΓα	8	ΙΙΙΓ	4
ΙΙΓβ	6,3	ΙΙΙΔ	4

Πηγή: ίδια επεξεργασία

→ Εξασφάλιση παρακολούθησης και συντήρησης

Η βαθμολόγηση του εν λόγω παράγοντα αξιολόγησης δίνεται έτοιμη από τους Hokkanen και Salminen. Σύμφωνα με αυτή φαίνεται ότι πιο εύκολη είναι η παρακολούθηση και συντήρηση των μεσαίου μεγέθους εγκαταστάσεων ειδικά για την υγειονομική ταφή και τη βιοσταθεροποίηση. Η βαθμολόγηση δίνεται στον πίνακα 6-8, με το 10 να αντιστοιχεί στην περίπτωση όπου υπάρχει απόλυτη δυνατότητα παρακολούθησης των εγκαταστάσεων διάθεσης.

**Πίνακας 6-8:** Μέτρο της εξασφάλισης παρακολούθησης ανά σενάριο (max)

σενάριο	τιμή	Σενάριο	τιμή
ΙΑ	5	ΙΙΓγ	6,5
ΙΒ	4	ΙΙΔα	9
ΙΓ	4	ΙΙΔβ	7
ΙΙΑα	9	ΙΙΔγ	6,5
ΙΙΑβ	7	ΙΙΕα	9
ΙΙΑγ	6,5	ΙΙΕβ	7
ΙΙΒα	9	ΙΙΕγ	6,5
ΙΙΒβ	7	ΙΙΙΑ	9
ΙΙΒγ	6,5	ΙΙΙΒ	6
ΙΙΓα	9	ΙΙΙΓ	7
ΙΙΓβ	7	ΙΙΙΔ	7

Πηγή: Hokkanen & P.Salminen (1997)

**Πίνακας 6-9:** Μέτρο της τεχνολογικής εμπειρίας ανά σενάριο (max)

Σενάριο	Τιμή	Σενάριο	τιμή
ΙΑ	7	ΙΙΓγ	3,6
ΙΒ	6	ΙΙΔα	7
ΙΓ	3,6	ΙΙΔβ	6
ΙΙΑα	7	ΙΙΔγ	3,6
ΙΙΑβ	6	ΙΙΕα	7
ΙΙΑγ	3,6	ΙΙΕβ	6
ΙΙΒα	7	ΙΙΕγ	3,6
ΙΙΒβ	6	ΙΙΙΑ	7
ΙΙΒγ	3,6	ΙΙΙΒ	6
ΙΙΓα	7	ΙΙΙΓ	3,6
ΙΙΓβ	6	ΙΙΙΔ	3,6

Πηγή: ίδια επεξεργασία

→ Τεχνολογική εμπειρία

Η Υ.Τ. είναι παγκόσμια η πιο γνωστή και εύκολα εφαρμόσιμη μέθοδος διάθεσης και βαθμολογείται με 9. Η βιοσταθεροποίηση αν και δεν είναι τόσο γνωστή όσο η προηγούμενη δε χρήζει ιδιαίτερων τεχνολογικών γνώσεων και βαθμολογείται με 7. Τέλος η καύση απαιτεί ιδιαίτερα εξειδικευμένο προσωπικό και για το λόγο αυτό βαθμολογείται με 2.

→ Τοπικοί ρύποι

Ο παράγοντας αυτός αναφέρεται στον υπολογισμό των ποσοτήτων SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>. Οι ουσίες αυτές είναι όξινες και ως τέτοιες εξετάζονται από τους Hokkanen και Salminen. Πρέπει να τονίσουμε πάλι ότι ο διαχωρισμός μεταξύ περιφερειακών και τοπικών ρύπων δεν είναι σαφής, καθώς ένας ρύπος μπορεί να ανήκει και στις δύο κατηγορίες. Οι αναγμένες τιμές αυτών των ρύπων στην κλίμακα 1-10, παρουσιάζονται στον πίνακα 6-10.

→ Παγκόσμιοι ρύποι



Τα διάφορα αέρια ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ), υπολογίστηκαν από τους Hokkanen και Salminen σύμφωνα με τη σχετική τους επίδραση στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Οι τιμές τους δίνονται στον πίνακα 6-11, με τις εναλλακτικές προτάσεις που παράγουν τα περισσότερα αέρια να βρίσκονται στην αρχή της κλίμακας 1-10.

→ Επιφανειακά ύδατα

Για τη μόλυνση των επιφανειακών υδάτων υπολογίζεται όπως έχουμε αναφέρει η

**Πίνακας 6-10: Μέτρο της εκπομπής τοπικών ρύπων ανά σενάριο (max)**

Σενάριο	Τιμή	Σενάριο	Τιμή
ΙΑ	7	ΙΙΓγ	6
ΙΒ	7	ΙΙΔα	7
ΙΓ	6	ΙΙΔβ	7
ΙΙΑα	7	ΙΙΔγ	6
ΙΙΑβ	7	ΙΙΕα	7
ΙΙΑγ	6	ΙΙΕβ	7
ΙΙΒα	7	ΙΙΕγ	6
ΙΙΒβ	7	ΙΙΙΑ	7
ΙΙΒγ	6	ΙΙΙΒ	7
ΙΙΓα	7	ΙΙΙΓ	6
ΙΙΓβ	7	ΙΙΙΔ	6

Πηγή: J.Hokkanen & P.Salminen (1997)

**Πίνακας 6-11: Μέτρο της εκπομπής παγκόσμιων ρύπων ανά σενάριο(max)**

Σενάριο	τιμή	Σενάριο	τιμή
ΙΑ	2	ΙΙΓγ	7
ΙΒ	2	ΙΙΔα	1
ΙΓ	6	ΙΙΔβ	3
ΙΙΑα	1	ΙΙΔγ	7
ΙΙΑβ	3	ΙΙΕα	1
ΙΙΑγ	7	ΙΙΕβ	3
ΙΙΒα	1	ΙΙΕγ	7
ΙΙΒβ	3	ΙΙΙΑ	1
ΙΙΒγ	7	ΙΙΙΒ	3
ΙΙΓα	1	ΙΙΙΓ	8
ΙΙΓβ	3	ΙΙΙΔ	8

Πηγή: J.Hokkanen & P.Salminen (1997)

**Πίνακας 6-12: Μέτρο της ρύπανσης των επιφ. υδάτων ανά σενάριο (max)**

Σενάριο	Τιμή	Σενάριο	τιμή
ΙΑ	1	ΙΙΓγ	6
ΙΒ	1	ΙΙΔα	3
ΙΓ	2	ΙΙΔβ	4
ΙΙΑα	4	ΙΙΔγ	3
ΙΙΑβ	5	ΙΙΕα	3
ΙΙΑγ	5	ΙΙΕβ	4
ΙΙΒα	5	ΙΙΕγ	3
ΙΙΒβ	5	ΙΙΙΑ	3
ΙΙΒγ	6	ΙΙΙΒ	3
ΙΙΓα	5	ΙΙΙΓ	3
ΙΙΓβ	5	ΙΙΙΔ	3

Πηγή: J.Hokkanen & P.Salminen (1997)

**Πίνακας 6-13: Μέτρο της ρύπανσης των υπογ. υδάτων ανά σενάριο (max)**

σενάριο	τιμή	Σενάριο	τιμή
ΙΑ	2	ΙΙΓγ	5
ΙΒ	3	ΙΙΔα	5
ΙΓ	1	ΙΙΔβ	7
ΙΙΑα	7	ΙΙΔγ	1
ΙΙΑβ	8	ΙΙΕα	1
ΙΙΑγ	5	ΙΙΕβ	3
ΙΙΒα	7	ΙΙΕγ	7
ΙΙΒβ	9	ΙΙΙΑ	1
ΙΙΒγ	5	ΙΙΙΒ	3
ΙΙΓα	8	ΙΙΙΓ	8
ΙΙΓβ	10	ΙΙΙΔ	8

Πηγή: J.Hokkanen & P.Salminen (1997)



ποσότητα του αζώτου η οποία δίνεται στον πίνακα 6-12.

→ Υπόγεια ύδατα

Για τη μέτρηση των ρυπαντών των υπογείων υδάτων χρησιμοποιούμε ως δείκτες ρυπαντικές ουσίες που καμιά φυσική διεργασία δε μπορεί να απομακρύνει ή να μετασχηματίσει. Παράδειγμα αποτελούν τα βαρέα μέταλλα μόλυβδος και κάδμιο οι αναγμένες ποσότητες των οποίων, στην κλίμακα 1-10, παρουσιάζονται στον πίνακα 6-13.

»»» Ανάκτηση υλικών και ενέργειας

Αναφέρονται οι Hokkanen και Salminen, για κάθε εναλλακτικό σενάριο στο ποσό απορριμμάτων και ενέργειας η οποία ανακτήθηκε. Μετατρέποντας αυτά τα ποσά στην κλίμακα 1-0 παίρνουμε τα αποτελέσματα του πίνακα 6-14.

**Πίνακας 6-14: Μέτρο της ανάκτησης υλικών-ενέργειας ανά σενάριο (max)**

Σενάριο	Τιμή	Σενάριο	τιμή
ΙΑ	1	ΙΙΓγ	10
ΙΒ	4	ΙΙΔα	1
ΙΓ	9	ΙΙΔβ	4
ΙΙΑα	1	ΙΙΔγ	9
ΙΙΑβ	4	ΙΙΕα	1
ΙΙΑγ	9	ΙΙΕβ	4
ΙΙΒα	1	ΙΙΕγ	9
ΙΙΒβ	4	ΙΙΙΑ	1
ΙΙΒγ	9	ΙΙΙΒ	4
ΙΙΓα	1	ΙΙΙΓ	10
ΙΙΓβ	4	ΙΙΙΔ	10

Πηγή: J.Hokkanen & P.Salminen (1997)

### 6.3.5. Προσδιορισμός βαρών των παραγόντων αξιολόγησης.

Η μέθοδος με την οποία προσδιορίστηκαν τα βάρη για τους παράγοντες όλων των επιπέδων είναι αυτή του Simos (1990), όπως την περιγράψαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο.

Η ανάθεση των βαρών έγινε από τους εμπλεκόμενους φορείς, τους οποίους αναφέραμε μετά από συνεργασία, που είχαμε μαζί τους και συμπλήρωση των ερωτηματολογίων (βλ. Παράρτημα), στα οποία κατέταξαν τους παράγοντες κατά σειρά προτίμησης. Κατόπιν, με τη μέθοδο την οποία αναφέραμε, προέκυψαν τα βάρη για κάθε παραγοντα αξιολόγησης και στα τρία επίπεδα παραγόντων.

Η επόμενη διαδικασία αφορά στην ανάθεση βαρών από την ομάδα των αναλυτών, ως προς την επιρροή των εμπλεκόμενων φορέων στη διαδικασία λήψης της απόφασης (πίνακας 6-15). Η ανάθεση των βαρών έγινε με βάση τη νομοθεσία στη Φιλανδία,

σύμφωνα με την οποία, οι τελικές αποφάσεις σχετικά με τα θέματα περιβαλλοντικού σχεδιασμού λαμβάνονται από δημοτικά δικαστήρια αφού πριν έχουν γνωμοδοτηθεί από δημοτικές υπηρεσίες γνώστες των αντίστοιχων θεμάτων. Για το λόγο αυτό, η ανάθεση των βαρών υπήρξε σημαντική για τους εμπλεκόμενους φορείς, οι οποίοι εκπροσωπούν την τοπική αυτοδιοίκηση και στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι ο Ε.Σ.Δ.Κ.Ν.Α. και η Ε.Ε.Τ.Α.Α.

**Πίνακας 6-15: Ποσοστό συμβολής των εμπλεκόμενων φορέων στη διαδικασία λήψης αποφάσεων για τη διάθεση των απορριμμάτων**

Εμπλεκόμενος Φορέας	Ποσοστό συμβολής στη διαδικασία λήψης απόφασης
Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων	15%
Υπουργείο Εσωτερικών Δημόσιας Διοίκησης και Αποκέντρωσης	15%
Ελληνική Εταιρεία Ανάκτησης και Ανακύκλωσης	10%
Οικολογική Εταιρεία Ανακύκλωσης	7,5%
Ενιαίος Σύνδεσμος Δήμων και Κοινοτήτων Νομού Αττικής	40%
Ελληνική Εταιρεία Τοπικής ανάπτυξης και Αυτοδιοίκησης	10%
Ιδιωτική εταιρεία Διαχείρισης Απορριμμάτων	2,5%

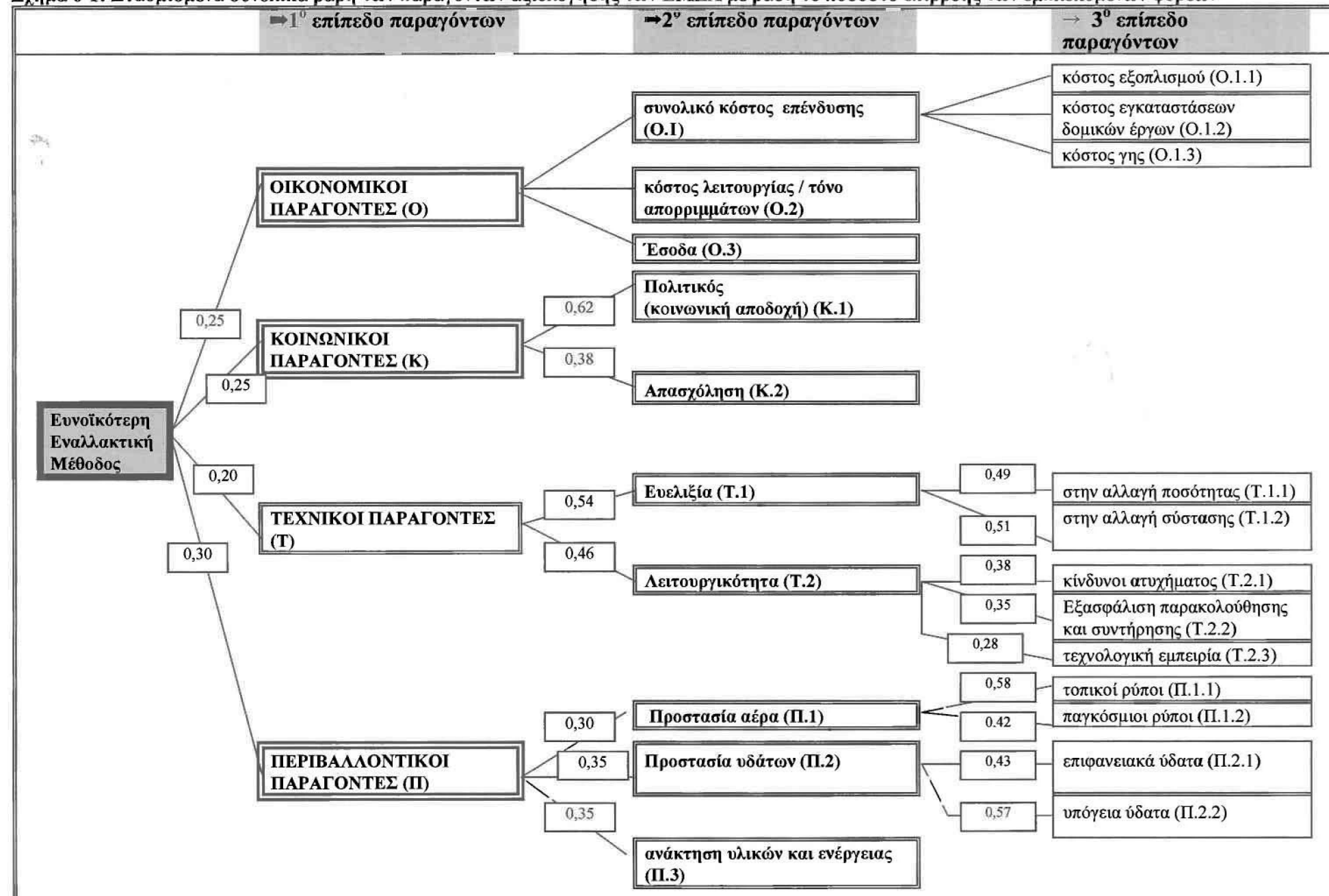
πηγή: ίδια επεξεργασία

Με βάση, λοιπόν, τα βάρη που ανατέθηκαν στους παράγοντες αξιολόγησης των εναλλακτικών μεθόδων διάθεσης των απορριμμάτων και αυτά που ανατέθηκαν από την ομάδα των αναλυτών στους εμπλεκόμενους φορείς, προκύπτει το δέντρο αξιολόγησης του σχήματος 6-1, στο οποίο φαίνονται τα συνολικά βάρη, όπως αυτά διαμορφώθηκαν μετά από την επεξεργασία των ερωτηματολογίων και του ποσοστού συμβολής του κάθε εμπλεκόμενου φορέα στη διαδικασία λήψης απόφασης.

#### 6.3.6. Επεξεργασία του πίνακα αξιολόγησης και άθροιση των επιδόσεων

Ο πίνακας αξιολόγησης δίνει την τελική βαθμολογία κάθε μεθόδου. Με βάση τις τιμές κάθε παράγοντα ανά εναλλακτικό σενάριο και το σταθμισμένο βάρος του όπως αυτό υπολογίστηκε και παρουσιάζεται στο σχήμα 6-1, προέκυψε ο πίνακας 6-16, στον οποίο δίνεται η συνολική βαθμολογία για τα εναλλακτικά σενάρια, όπως επίσης η τυπική απόκλιση των τιμών τους.

Σχήμα 6-1: Σταθμισμένα συνολικά βάρη των παραγόντων αξιολόγησης των ΕΜΔΑ με βάση το ποσοστό επιρροής των εμπλεκόμενων φορέων



**Πίνακας 6-16: Συνολική βαθμολογία και τυπική απόκλιση ανά σενάριο**

Σενάριο	Βαθμολογία	Τυπική απόκλιση	Σενάριο	Βαθμολογία	Τυπική Απόκλιση
ΙΑ	5,03	5,14	ΙΙΓγ	5,54	4,73
ΙΒ	5,16	4,80	ΙΙΔα	5,71	4,84
ΙΓ	4,95	5,42	ΙΙΔβ	5,69	4,32
ΙΙΑα	5,74	4,87	ΙΙΔγ	5,39	4,75
ΙΙΑβ	5,65	4,39	ΙΙΕα	5,22	5,16
ΙΙΑγ	5,53	4,69	ΙΙΕβ	5,45	4,53
ΙΙΒα	5,74	4,87	ΙΙΕγ	5,49	4,89
ΙΙΒβ	5,97	4,13	ΙΙΙΑ	5,19	5,51
ΙΙΒγ	5,72	4,53	ΙΙΙΒ	5,77	4,26
ΙΙΓα	5,8	4,81	ΙΙΙΓ	5,77	4,62
ΙΙΓβ	6,03	4,09	ΙΙΙΔ	5,02	5,71

πηγή: ίδια επεξεργασία

Σύμφωνα με τον πίνακα αυτό, η εξαγωγή των αποτελεσμάτων μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι το αποκεντρωμένο (διαδημοτικό) επίπεδο είναι αυτό το οποίο παρουσιάζει πλεονεκτήματα σε σχέση με την διαχείριση των απορριμμάτων και ειδικά με τη διάθεσή τους.

Η κατάταξη των εναλλακτικών σεναρίων σύμφωνα με το προτεινόμενο μοντέλο φέρεται σε μεγάλο βαθμό σύμφωνη με τα αποτελέσματα τα οποία οι Hokkanen και Salminen εξάγουν από τη λειτουργία του ELECTRE. Στο σχήμα 6-17, που ακολουθεί παρουσιάζεται η σειρά προτεραιότητας εφαρμογής των εναλλακτικών σεναρίων σύμφωνα με το προτεινόμενο και το ήδη υπάρχον μοντέλο (ELECTRE).

### 6.3.7. Εξήγηση των αποτελεσμάτων

Από τον παραπάνω πίνακα, παρατηρείται προτίμηση προς τη συνεργασία υγειονομικής ταφής και βιοσταθεροποίησης σε διαδημοτικό επίπεδο. Η διαφορά εδώ, σε σχέση με το ELECTRE βρίσκεται στο γεγονός, ότι στο δεύτερο προτείνονται οι λύσεις που περιέχουν και την καύση. Πιθανολογούμε, ότι οι οποίες παρεκκλίσεις οφείλονται στη μεταφορά των τιμών των παραγόντων από την πραγματική κλίμακα στην κλίμακα 1-10.

**Πίνακας 6-17: Σύγκριση της κατάταξης των εναλλακτικών σεναρίων, μεταξύ του προτεινόμενου μοντέλου και του αντίστοιχου των Hokkanen και Salminen**

ELECTRE	Προτεινόμενο μοντέλο
<p>             IIΒγ              IIΑΓ IIΓβ              IIΒβ              IIΓγ IIΕα IIΔα              IIΒ              IIΓ              IIΑα IIΒα IIΑα IIΔγ              IIΕγ IIΓα IIΔβ              IIΕβ              IIIΑ              IIIΔ              IA              II IB           </p>	<p>             IIΓβ              IIΒβ              IIΓα              IIΒ              IIΓ              IIΑα IIΒα              IIΒγ              IIΔα              IIΔΒ              IIΑβ              IIΓγ              IIΑγ              IIΕγ              IIΕβ              IIΔγ              IIΕα              IIIΑ              IB              IA              IIIΔ              II           </p>

πηγή: J.Hokkanen &amp; P.Salminen (1997)

πηγή: ίδια επεξεργασία

Γενικά, όμως δεν παρατηρούνται μεγάλες διαφορές, γεγονός που αποδεικνύει, ότι το προτεινόμενο μοντέλο είναι απλό, λειτουργικό και αποδίδει λύσεις οι οποίες έχουν επιστημονική βάση.

Στο σημείο αυτό, θα ήταν πολύ χρήσιμο να τονίσουμε τη χρήση το ποιοτικού δείκτη που εισαγάγαμε, δηλαδή της τυπικής απόκλισης. Παράδειγμα αποτελούν οι λύσεις IIΒ και IIΓ, οι οποίες έχουν την ίδια τιμή στη συνολική τους αξιολόγηση, αλλά προτιμάται η πρώτη, γιατί η τυπική απόκλιση των τιμών των παραγόντων είναι μικρότερη. Επίσης, παρατηρείται το φαινόμενο εναλλακτικά σενάρια με μεγαλύτερη τιμή συνολικής αξιολόγησης να έχουν και μεγαλύτερη τυπική απόκλιση από άλλα εναλλακτικά σενάρια, τα οποία έχουν μικρότερη τιμή συνολικής αξιολόγησης, όπως συμβαίνει με τα σενάρια IIIΑ και IB. Εδώ έχουμε την κλασσική περίπτωση, πολυκριτήριου μοντέλου το οποίο δε μπορεί να δώσει οριστική απάντηση, αλλά μόνο να βοηθήσει προς αυτή την κατεύθυνση (Aid to Decision).

### 6.3.8. Ανάλυση ευαισθησίας

Οι ανάλυση ευαισθησίας θα κινηθεί σε δύο επίπεδα (κατά περίπτωση μπορεί να είναι περισσότερα), όπως είχαμε αναφέρει και κατά την περιγραφή του μοντέλου, με στόχο να διακρίνουμε πόσο διαφοροποιείται η αρχική κατάταξη, και τα πλαίσια στα οποία μπορεί να κινηθεί η τελική απόφαση.

Στην πρώτο επίπεδο ανάλυσης ευαισθησίας, εκ των δύο θα αποδοθεί από την ομάδα των αναλυτών μεγάλο βάρος σε μια οικολογική εταιρεία, η οποία κατά βάση δίνει προτεραιότητα στην περιβαλλοντική προστασία, εκφράζοντας παράλληλα την αντίθεση των τοπικών κοινωνιών στην εγκατάσταση μονάδων διάθεσης απορριμμάτων. Μια τέτοια αντίθεση μπορεί να εκφράζει έμμεσα κάποια τοπικά συμφέροντα που αντιδρούν στην εγκατάσταση μονάδων διάθεσης. Η Οικολογική Εταιρεία Ανακύκλωσης, λοιπόν λαμβάνει μέρος στην τελική απόφαση με ποσοστό 40% και αντίθετα ο ΕΣΔΚΝΑ με 7,5%. Οι υπόλοιποι φορείς έχουν τα ίδια ποσοστά στη διαδικασία λήψης της απόφασης. Με βάση αυτές τις αλλαγές η κατάταξη των εναλλακτικών σεναρίων φαίνεται στον πίνακα 6-18.

Σύμφωνα με αυτή την κατάταξη παρατηρείται μια τάση ανόδου στην τελική κατάταξη των μεθόδων που είναι ακριβότερες εξαιτίας του ότι η Οικολογική Εταιρεία Ανακύκλωσης δίνει μεγαλύτερο βάρος στα περιβαλλοντικά θέματα σε σχέση με τον ΕΣΔΚΝΑ.

Στη δεύτερη ανάλυση ευαισθησίας, δίνεται μεγάλο βάρος στο ΥΠΕΧΩΔΕ (50%), υπό την προϋπόθεση ότι οι προτάσεις του βασίζονται σε εκτεταμένη έρευνα στην οποία πιθανό να έχουν συνεργαστεί πανεπιστήμια και άλλοι επιστημονικοί φορείς. Αντίστοιχα μειώνονται τα βάρη των άλλων φορέων, όπως φαίνεται στον πίνακα 6-18.

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης ευαισθησίας μας οδηγούν στο συμπέρασμα, ότι στην κατάταξη ανέβηκαν τα σενάρια που έχουν υγειονομική ταφή σε διαδημοτικό επίπεδο, λόγω του ότι το ΥΠΕΧΩΔΕ δίνει αρκετή σημασία τόσο στον οικονομικό παράγοντα, όσο και στον τεχνικό.



Πάντως, πρέπει να σημειωθεί ότι η ανάλυση ευαισθησίας δε μετέβαλλε αισθητά τα αποτελέσματα λόγω του ότι οι κατατάξεις των εμπλεκόμενων φορέων ως προς τους παράγοντες δεν είχαν μεγάλες διαφορές.

**Πίνακας 6-18: Κατάταξη των εναλλακτικών σεναρίων μετά τις αναλύσεις ευαισθησίας**

1η ανάλυση ευαισθησίας	Βάρη εμπλεκόμενων φορέων	2η ανάλυση ευαισθησίας	Βάρη εμπλεκόμενων φορέων
ΙΙΓβ ΙΙΒβ ΙΙΙΓ ΙΙΒγ ΙΙΙΒ ΙΙΔβ ΙΙΓγ ΙΙΑβ ΙΙΑγ ΙΙΕγ ΙΙΓα ΙΙΑα ΙΙΒα ΙΙΔγ ΙΙΔα ΙΙΕβ ΙΙΙΔ ΙΒ ΙΓ ΙΙΕα ΙΙΙΑ ΙΑ	Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ. 15% ΥΠ.Ε.Σ.Δ.Δ.Α 15% Ο.Ε.Α 7,5% Ε.Σ.Δ.Κ.Ν.Α 40% Ε.Ε.Α.Α. 10% Ι.Ε.Δ.Α 2,5% Ε.Ε.Τ.Α.Α. 10%	ΙΙΓβ ΙΙΒβ ΙΙΓα ΙΙΑα ΙΙΒα ΙΙΔα ΙΙΙΒ ΙΙΙΓ ΙΙΔβ ΙΙΑβ ΙΙΒγ ΙΙΓγ ΙΙΑγ ΙΙΕγ ΙΙΔγ ΙΙΕα ΙΙΙΑ ΙΒ ΙΑ ΙΙΙΔ ΙΓ	Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ. 50% ΥΠ.Ε.Σ.Δ.Δ.Α 10% Ο.Ε.Α 7,5% Ε.Σ.Δ.Κ.Ν.Α 10% Ε.Ε.Α.Α. 10% Ι.Ε.Δ.Α 2,5% Ε.Ε.Τ.Α.Α. 10%

πηγή: ιδία επεξεργασία

### 6.3.9. Συστάσεις, συμπεράσματα

Από την ανάλυση ευαισθησίας φάνηκε ότι υπάρχουν κάποια σενάρια τα οποία βρίσκονται στις αρχικές θέσεις προτεραιότητας και κάποια άλλα τα οποία απορρίπτονται σε όλα. Γενικά φάνηκε ότι ευνοούνται, κυρίως τα σενάρια, τα οποία μπορούν να πραγματοποιηθούν μέσω διαδημοτικής συνεργασίας και ανάλογα με τις προτεραιότητες που θέτουν οι φορείς ως προς τους παράγοντες αξιολόγησης λαμβάνουμε τα αποτελέσματα.

Πρέπει πάντως να σημειωθεί ότι από τη βαθμολογία φάνηκε ότι οι διαφορές δε ήταν μεγάλες ανά σενάριο, γεγονός που αποδεικνύει ότι στη διαδικασία λήψης απόφασης είναι αναγκαίο να επαναλαμβάνονται και να βελτιώνονται συνεχώς οι κρίσεις ώστε η τελική από αυτές να είναι πράγματι η καλύτερη.

## Κεφάλαιο 7ο

### Συμπεράσματα

#### **7.1. Εισαγωγή**

Ο σχεδιασμός σε επίπεδο διάθεσης στερεών αποβλήτων αποδείχθηκε μέσω της παρούσας εργασίας, ότι αποτελεί μια σύνθετη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Η αντιμετώπιση τέτοιων θεμάτων, απαιτεί πολυδιάστατη προσέγγιση, η οποία πρέπει, συνεχώς να προσαρμόζεται στα δεδομένα, τα οποία κάθε φορά προκύπτουν.

Τόσο μέσω της μελέτης της βιβλιογραφίας, όσο και από την εφαρμογή του προτεινόμενου μοντέλου σε συγκεκριμένο παράδειγμα, φάνηκε ότι οι λύσεις, οι οποίες ικανοποιούν τις απαιτήσεις των προβλημάτων είναι περισσότερες από μια και αυτό, που συνήθως ζητείται, είναι η εύρεση της καλύτερης από αυτές, εκείνης δηλαδή, η οποία εξασφαλίζει την αρτιότερη ικανοποίηση των παραγόντων αξιολόγησης.

Από τις μεθόδους αξιολόγησης των επενδυτικών σχεδίων τις οποίες περιγράψαμε καταλήξαμε στην πολυκριτήρια αξιολόγηση των εναλλακτικών μεθόδων διάθεσης απορριμμάτων η οποία αποτελεί αρωγό στη διαδικασία λήψης απόφασης (MCDA). Η αιτία είναι η ιδιαιτερότητα των προβλημάτων περιβαλλοντικής διαχείρισης, η οποία συνίσταται στην αβεβαιότητα των παραγόντων που την καθορίζουν.

Βασίζόμενοι στην καταλληλότητα, την οποία αποδείχθηκε ότι έχουν τα μοντέλα MCDA στην επίλυση προβλημάτων περιβαλλοντικής διαχείρισης, προβήκαμε στη

δημιουργία ενός, το οποίο διαφοροποιείται στον τρόπο εφαρμογής ορισμένων επιμέρους σταδίων της κλασσικής πολυκριτηριακής αξιολόγησης σε σχέση με τα υπόλοιπα μοντέλα.

## 7.2. Αξιολόγηση του προτεινόμενου μοντέλου

Το μοντέλο που περιγράψαμε σε αυτή την εργασία βασίζεται στην τυπική εφαρμογή μιας διαδικασίας πολυκριτηριακής αξιολόγησης. Κάθε μοντέλο, ωστόσο, διαφοροποιείται στην εφαρμογή των επιμέρους σταδίων, από τα οποία τελικά το ίδιο το μοντέλο αξιολογείται ως προς την συνολική του προσφορά.

Χωρίς να αποτελεί πανάκεια στην επίλυση του προβλήματος που πραγματεύεται, το μοντέλο, το οποίο προτείνουμε συστηματοποιεί ως βασικά συστατικά του στοιχεία, δύο στάδια της όλης διαδικασίας πολυπαραγοντικής αξιολόγησης τα οποία, είτε δεν χρησιμοποιούνται σε ανάλογές διαδικασίες, είτε χρησιμοποιούνται υπό άλλη μορφή και τα οποία είναι τα εξής:

1. Η ανάθεση από τον αναλυτή, βαρών στους εμπλεκόμενους φορείς, αποτελεί ένα στάδιο το οποίο, όπως έχουμε αναφέρει δεν έχει υιοθετηθεί συστηματικά, σύμφωνα με την έρευνα μας στη βιβλιογραφία. Αν και η υλοποίηση του συγκεκριμένου σταδίου βασίζεται στην θέση του αναλυτή και ενέχει στοιχεία υποκειμενικότητας, πιστεύουμε ότι δίνει σε αυτόν τα πλαίσια στα οποία θα κινηθεί η τελική απόφαση, ανάλογα με την επιρροή των εμπλεκόμενων φορέων

Το συγκεκριμένο στάδιο στην όλη διαδικασία πιστεύουμε ότι είναι το πλέον σημαντικό, δεδομένου ότι, το μόνο ευμετάβλητο και ακαθόριστο σημείο στη διαδικασία λήψης απόφασης είναι το ποσοστό επιρροής των εμπλεκόμενων φορέων στη διαδικασία λήψης της απόφασης. Πράγματι, ούτε η βαθμολόγηση των παραγόντων αξιολόγησης αλλάζει από τη στιγμή που έχει βασιστεί σε επιστημονικά δεδομένα, αλλά ούτε και η ανάθεση βαρών στους παράγοντες αξιολόγησης αφού αυτή προκύπτει από τη δεδομένη θέση των εμπλεκόμενων φορέων ως προς αυτούς.

2. Η διαδικασία εύρεσης ενός ποιοτικού δείκτη είναι απαραίτητη σε τέτοιες διαδικασίες όπως αυτή που μελετούμε. Η όσο το δυνατό σφαιρική ικανοποίηση των παραγόντων αξιολόγησης αποτελεί στοιχείο που κρίνεται μέσω αυτού του δείκτη ο οποίος σε συνδυασμό με τη συνολική αξιολόγηση της κάθε μεθόδου που προκύπτει από τη διαδικασία πολυπαραγοντικής αξιολόγησης, μπορεί να οδηγήσει τον αναλυτή και τους υπεύθυνους, στην όσο το δυνατόν περισσότερο άρτια και έγκυρη απόφαση που θα τυγχάνει των λιγότερων αντιδράσεων.

Επιπλέον, η καινοτομία, την οποία εισαγάγουμε είναι το επίπεδο στο οποίο πραγματοποιείται η ανάλυση ευαισθησίας. Ενώ, σε όλες τις ανάλογες μελέτες η ανάλυση ευαισθησίας πραγματοποιείται σε σχέση με τους παράγοντες αξιολόγησης των εναλλακτικών μεθόδων διάθεσης απορριμμάτων, στη συγκεκριμένη προτείνουμε η ανάλυση ευαισθησίας να γίνεται σε σχέση με τον βαθμό επιρροής των εμπλεκόμενων φορέων. Το στάδιο αυτό, όπως αναφέραμε και παραπάνω θεωρούμε ότι, αποτελεί το πιο σημαντικό της όλης διαδικασίας, γιατί με βάση τα αποτελέσματά του είναι δυνατό, είτε να προτείνουμε μια λύση, η οποία επιστημονικά θεωρείται η καλύτερη για κάθε περίπτωση, είτε να προβλέψουμε που θα κινηθεί η απόφαση, με βάση τις επιρροές των εμπλεκόμενων φορέων στα κέντρα λήψης αποφάσεων.

Είναι λογικό η ανάλυση ευαισθησίας να πραγματοποιείται, σε αυτό το επίπεδο, αφού στόχο έχει να δείξει τον τρόπο με τον οποίο ανακατανέμονται οι τελικές κρίσεις βάσει αλλαγών στα μεταβαλλόμενα στοιχεία της διαδικασίας λήψης απόφασης. Θεωρούμε, ότι με το συγκεκριμένο τρόπο που λειτουργεί το μοντέλο, το οποίο προτείνουμε το μόνο μεταβαλλόμενο στοιχείο είναι η επιρροή των εμπλεκόμενων φορέων στη διαδικασία λήψης απόφασης, την οποία, τελικά εξετάζουμε στην ανάλυση ευαισθησίας.

Τέλος μέσω της περίπτωσης εφαρμογής του μοντέλου, για την περιοχή Ουλού στη Φιλανδία, φάνηκε ότι αν και οι εναλλακτικές λύσεις κατατάχτηκαν με βάση τη συνολική τους βαθμολογία αλλά και τον ποιοτικό δείκτη κατά σειρά προτεραιότητας, εντούτοις η τελική απόφαση χρήζει επαναληπτικών διαδικασιών αξιολόγησης.

## **BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

**Ahren P.** (1976), "Economic Evaluation Methods in Community Planning", Swedish Council for Building Research

**Αμπατζόπουλος, Κ. και Διαμαντόπουλος, Ε.** (1995) "Η Κοινωνική Αντίληψη Σχετικά με τη Διαχείριση των Απορριμμάτων". Συνέδριο με θέμα: *Τουρισμός και Περιβάλλον στις Νησιωτικές Περιφέρειες*, σελ359-366 Ηράκλειο Κρήτης: ΤΕΕ

**Αραβώσης Κ.** (1999), "Στρατηγικός Σχεδιασμός Διαχείρισης Απορριμμάτων και Ανακύκλωσης στην Ελλάδα" Ημερίδα Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας ΤΜΧΠΑ Βόλος

**Benson, J., Page, W.**(1998), "A Decision Support System for the Management of Recycling Schemes", *Journal of Environmental Planning and Management*. Vol. 41 number 4, July, pp 445-462

**Berger C.** "EUGENE: An Optimization-based Decision Support System for Long Term Integrated Regional Solid Waste Management Planning" URL: [www.entek.chalmers.se/~josu/iswm.htm](http://www.entek.chalmers.se/~josu/iswm.htm)

**Briggs, Th., Kunsch, P.L., and Mareshal, B.** (1990), "Nuclear waste management: An application of the multicriteria PROMETHEE methods", *European Journal of Operational Research*. Vol. 44, Number 1, January 5, pp 1-10

**British Columbia Ministry of Environment, Lands & Parks**(1993), "Landfill Criteria for Municipal Solid Waste" , <http://www.env.gov.bc.ca/~cpr/criteria/lcmsw.htm>

**Caruso, C., Colorni, A., and Paruccini, M.** (1993), "The regional urban solid waste management system: A modeling approach", *European Journal of Operational Research*. vol.70, number 1, October 8, pp 16-30

**Διακουλάκη, Δ., Παπαγιαννάκης, Α., Μουτζούρης, Π., Αλεξοπούλου, Σ. και Λαβδάκη, Ν.** (1993), "Επιλογή Μεθόδου Διάθεσης Απορριμμάτων και Ιλύος με πολλαπλά Κριτήρια" HELECO '93: 1η διεθνής Έκθεση και Συνέδριο για την Τεχνολογία Περιβάλλοντος, Τόμος Ι, Εισηγήσεις, Αθήνα: ΤΕΕ

**Diamantopoulos K.** (1998), "Solid Waste Management in the E.U. Islands: The Case of the Islands of the Aegean Sea, Greece", EAEME, Athens

**Dyer, J., Edmunds, Th., Butler, J., and Jia, J.,** (1998), "A multiattribute utility

analysis of alternatives for the disposition of surplus weapons-grade plutonium”, *Operations Research*, vol. 46, number 6, November – December, pp749-762

**ΕΛ.ΚΕ.ΠΑ.** “Οικιακά Απορρίμματα, Επιλεκτική Συλλογή και Ανακύκλωση” Μελέτη του Ο.Ο.Σ.Α.

**Eom, S.B., Lee, S.M., Kim, E.B., and Somarajan, C.,** (1998) “A survey of decision support system applications (1988- 1994)”, *Journal of the Operational Research Society*. vol. 49, pp109-120

**Ε.Σ.Δ.Κ.Ν.Α.** (1996), “Το Πρόγραμμα του Ε.Σ.Δ.Κ.Ν.Α. για τη Διαχείριση των Στερεών Αποβλήτων της Αττικής και η Τεκμηρίωσή του” έκδοση Ε.Σ.Δ.Κ.Ν.Α. Αθήνα,

**Zionts S** (1989), “Multiple Criteria Mathematical Programming: An Updated Overview and Several Approaches”, ed. Karpak B, Zionts S “Multiple Criteria Decision Making and Risk Analysis Using Microcomputers” NATO ASI Series, Vol. F56, Istanbul

**Goodwin P. Wright G.** “Decision Analysis for Management Judgment”, Wiley, West Sussex, 1998

**Θεοφανίδης Σ.,** (1985) “Εγχειρίδιο Αξιολόγησης Επενδυτικών Σχεδίων”, Ελληνική Τράπεζα Βιομηχανικής Ανάπτυξης, Εκδόσεις Παπαζήση

**Hill M.** (1968), “A Goals Achivement Matrix for Evaluating Alternative Plans”, *Journal of the American Institute of Planners*, vol 34, Number 1, pp 19-29

**Hokkanen J., Salminen P.** “Choosing a Solid Waste Management System Using Multicriteria Decision Analysis” *European Journal of Operational Research*, Vol 98, Number 1, April 1, pp19-36

**Karagiannidis A.,** (1994) “Selecting and Applying a Multicriterial Decision Aid Method for the Management of Municipal Solid Waste in a South- East European Region” EAEME, Athens & Thessaloniki

**Keeney, R, Raiffa, H** (1976) “Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs”, Willey, New York

**Κιντής Α.,** (1996), “Στατιστικές και Οικονομετρικές Μέθοδοι” εκδόσεις GUTENBERG, Αθήνα

**Kokla T.** (1997) “Applying Multicriteria Decision Aid for Hazardous Waste



Management” Athens EAEME project

**Κόλλιας Π.** (1992), “Γεωλογικά Κριτήρια Επιλογής Χ.Υ.Τ.Α.” 2<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Γεωτεχνικής Μηχανικής, Θεσσαλονίκη: ΤΕΕ

**Κόλλιας Π.** (1993) “Απορρίμματα: Αστικά - Βιομηχανικά” Αθήνα

**Κούγκολος Α.** (1998), Σημειώσεις για το μάθημα: “Περιβαλλοντική Τεχνική” Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Βόλος

**Λέκκας Θ. Γιαννόπουλος Γ. Ραζής Ι.** (1991), “Συγκριτική Παρουσίαση Μεθόδων Διαχείρισης Αστικών Στερεών Αποβλήτων” Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Περιβάλλοντος, Μυτιλήνη

**Lichfield N., Kettle P, & Whitbread M.** (1975) “Evaluation in the Planning Process”, Pergamon Press

**Λώλος Φ.** (1992), “Χαρακτηριστικά των Οικιακών Απορριμμάτων, Ποιοτική σύνθεση-ποσότητες”, Ημερίδα με θέμα: *Ανακύκλωση Οικιακών Απορριμμάτων* σελ81-94 Βόλος: ΤΕΕ, Τμήμα Μαγνησίας

**Mesimeris, T.** (1997), “Multicriteria Decision Aid as a Decision Support Tool in Municipal Solid Waste Management” Athens EAEME project,

**Μικρούδης Γ.** (1992), “Εφαρμογή των Έμπειρων Συστημάτων στη Γεωτεχνική Περιβάλλοντος” 2<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Γεωτεχνικής Μηχανικής. Τόμος 2, σελ347-355 Θεσσαλονίκη: Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας

**Μπαλαφούτας Γ.** (1990), “Οργανώστε Σωστή Απορριμμάτευση στην Ελλάδα” Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Θεσσαλονίκη

**Nash C., Pearce D. & Stanley J** (1975), “Criteria for Evaluating Project Evaluation Tecniques, *Journal of the American Institute of Planners*, vol 41, Number 2, pp83-89

**Nijkamp P.** (1975), “A Multicriterial Analysis for Project Evaluation: Economic – Ecological Evaluation of a Land Reclamation Project, *Papers of the Regional Science Association*. vol 35, pp87-111

**Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Δυτικής Αττικής** (1997), Διαμόρφωση και Οικονομική Αποτίμηση των Μέτρων Αντιμετώπισης της Βιομηχανικής Ρύπανσης στην Περιοχή του

Θριάσιου Πεδίου” Ερευνητικό Έργο ΤΜΧΠΑ, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

**Ξηρόκωστας, Δ.** (1987) “Επιχειρησιακή Έρευνα”, Τόμος Ι, Αθήνα

**Roy, B.,** (1994) “Decision aid and decision making” In Bana et Costa C. Readings in Multiple Criteria Decision-Aid, pp18-35 Springer-Verlag

**Santhhanam, R., and Elam, J.,** (1998) “A survey of knowledge-based systems in decision sciences (1980-1995)”, *Journal of the Operational Research Society* vol. 49, pp445-457

**Simos, J.** (1990) “Evaluer l’ impact sur l’ envroment, Presses Polytechniques et Universitaires Romands, Collection META

**Σκορδύλης Α** (1989), “Η Ευρυστική Μέθοδος στη Στρατηγική Επιλογής για το Σχεδιασμό Διάθεσης των Οικιακών Απορριμμάτων” Τεχνικά Χρονικά Γ, Τόμος 9, τεύχος 2, Επιστημονική έκδοση Τ.Ε.Ε., Αθήνα

**Σκορδύλης Α.** (1990), “Εισαγωγή στην Επεξεργασία των Απορριμμάτων - Μηχανική Διαλογή” ΤΕΕ Αθήνα,

**Σκορδύλης Α.** (1992), “Μέθοδοι Διάθεσης Απορριμμάτων” Ανακύκλωση Οικιακών Απορριμμάτων ,Ημερίδα ΤΕΕ, Τμήμα Μαγνησίας, Βόλος

**Σκορδύλης Α.** (1993),“Τεχνολογίες Διάθεσης Απορριμμάτων: Η Υγειονομική Ταφή” εκδόσεις “ΙΩΝ”, Αθήνα

**Σκορδύλης Α.** (1995), “Διαχείριση των Απορριμμάτων” Επιλεγμένα Θέματα Διαχείρισης Περιβάλλοντος, Μουσείο Γουλανδρή Φυσικής Ιστορίας,

**Tcobanoglous G. Theisen H. Vigil S.** (1993), “Integrated Solid Waste Management” McGraw-Hill International Editions,

**ΤΕΕ, Τμήμα Δυτικής Κρήτης** “Σχέδιο Διαχείρισης απορριμμάτων Ν. Χανίων”

**Tietenberg T.,**(μετ. Σταματάκης Ν.)(1998) “Οικονομική του Περιβάλλοντος και των Φυσικών Πόρων Α΄ & Β΄” Εκδόσεις GUTENBERG, Αθήνα

**Τσιλιγιάννη Χ.** (1996), “Μελέτη Ανάλυσης Κόστους-Ωφέλειας Εργοστασίου Μηχανικής Ανακύκλωσης Οικιακών Απορριμμάτων Αττικής στην Ευρύτερη Περιοχή του Δήμου Άνω Λιοσίων” Ε.Σ.Δ.Κ.Ν.Α.

**Τσομπανίδης Χ.** (1992) “Η Καύση ως Τεχνολογία Διάθεσης των Αστικών Απορριμμάτων” Ανακύκλωση Οικιακών Απορριμμάτων ,Ημερίδα ΤΕΕ, Τμήμα Μαγνησίας, Βόλος: ΤΕΕ

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 : Υπολογισμός βαρών των παραγόντων αξιολόγησης των εναλλακτικών μεθόδων διάθεσης απορριμμάτων με βάση την κατάταξή τους από τους εμπλεκόμενους φορείς για τη μελέτη περίπτωσης**

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2 : Ερωτηματολόγιο για την ανάθεση βαρών από τους εμπλεκόμενους φορείς στους παράγοντες αξιολόγησης των εναλλακτικών μεθόδων διάθεσης απορριμμάτων (Ουλού)**

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3 : Εγχειρίδιο οδηγιών για τον τρόπο λειτουργίας του προτεινόμενου μοντέλου σε ψηφιακή μορφή (Microsoft Excel)– modelo.xls**

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

**Υπολογισμός βαρών των παραγόντων αξιολόγησης των εναλλακτικών μεθόδων διάθεσης απορριμμάτων με βάση την κατάταξή τους από τους εμπλεκόμενους φορείς για τη μελέτη περίπτωσης (Ουλού)**

Η ανάθεση βαρών στους παράγοντες αξιολόγησης προήλθε από την κατάταξή τους από τους εμπλεκόμενους φορείς, όπως φαίνεται στους πίνακες που ακολουθούν. Στη στήλη κατάταξη καταγράφεται η σειρά στην οποία τοποθετήθηκε ο κάθε παράγοντας από τους εμπλεκόμενους φορείς. Στη στήλη βάρος % αναγράφεται το βάρος κάθε παράγοντα όπως αυτό υπολογίστηκε με τη μέθοδο του Simos την οποία περιγράψαμε στο 5<sup>ο</sup> κεφάλαιο

Ευελιξία														
Σειρά	1 <sup>1</sup>		2		3		4		5		6		7	
	κατάταξη	% βάρος	κατάταξη	% βάρος	κατάταξη	% βάρος	κατάταξη	% βάρος	κατάταξη	% βάρος	κατάταξη	% βάρος	κατάταξη	% βάρος
1	T.1.1 T.1.1	50	T.1.1 T.1.1	54,5	T.1.1 T.1.2	50	T.1.1 T.1.2	50	T.1.1 T.1.2	50	T.1.2	54,5	T.1.1	66,7
2			T.1.2	45,5							T.1.1	45,5		
3														
4													T.1.2	33,3
5														
6														

<sup>1</sup> Με 1 συμβολίζεται το ΥΠΕΧΩΔΕ με 2 το ΥΠΕΣΔΔΑ, με 3 η Ελληνική Εταιρεία Ανάκτησης και Ανακύκλωσης, με 4 η ΕΕΤΑΑ, με 5 η Οικολογική Εταιρεία Ανακύκλωση, με 6 ο ΕΣΔΚΝΑ, με 7 η Ιδιωτική Εταιρεία

Λειτουργικότητα														
Σειρά	1		2		3		4		5		6		7	
	κατάταξη	% βάρος	κατάταξη	% βάρος	κατάταξη	% βάρος	κατάταξη	% βάρος	κατάταξη	% βάρος	κατάταξη	% βάρος	κατάταξη	% βάρος
1	T.2.2	38,9	T.2.1	40,0	T.2.1	42,9	T.2.2	40,0	T.2.1 T.2.2	40,6	T.2.1	40,0	T.2.1	38,9
2	T.2.1 T.2.3	30,6	T.2.3	33,3	T.2.2	35,7	T.2.3	33,3			T.2.2	33,3	T.2.2 T.2.3	30,6
3			T.2.2	26,7			T.2.1	26,7			T.2.3	26,7		
4					T.2.3	21,4			T.2.3	18,8				
5														
6														

Προστασία αέρα														
Σειρά	1		2		3		4		5		6		7	
	κατάταξη	% βάρος	κατάταξη	% βάρος	κατάταξη	% βάρος	κατάταξη	% βάρος	κατάταξη	% βάρος	κατάταξη	% βάρος	κατάταξη	% βάρος
1	Π.1.1	60	Π.1.2	60	Π.1.1	60	Π.1.1	60	Π.1.1	75	Π.1.1	60	Π.1.1	54,5
2													Π.1.2	45,5
3	Π.1.2	40	Π.1.1	40	Π.1.2	40	Π.1.2	40			Π.1.2	40		
4														
5									Π.1.2	25				
6														



Προστασία υδάτων														
Σειρά	1		2		3		4		5		6		7	
	κατάταξη	% βάρος	κατάταξη	% βάρος	κατάταξη	% βάρος	κατάταξη	% βάρος	κατάταξη	% βάρος	κατάταξη	% βάρος	κατάταξη	% βάρος
1	Π.2.2	60	Π.2.2	54,5	Π.2.2	60	Π.2.2	60	Π.2.1 Π.2.2	50	Π.2.2	54,5	Π.2.1 Π.2.2	50
2			Π.2.1	45,5							Π.2.1	45,5		
3	Π.2.1	40			Π.2.1	40	Π.2.1	40						
4														
5														
6														

Τεχνικός παράγοντας														
Σειρά	1		2		3		4		5		6		7	
	κατάταξη	% βάρος	κατάταξη	% βάρος	κατάταξη	% βάρος	κατάταξη	% βάρος	κατάταξη	% βάρος	κατάταξη	% βάρος	κατάταξη	% βάρος
1	T.1	50	T.2	54,5	T.1	75	T.1	60	T.1	66,7	T.1 T.2	50	T.1	54,5
2	T.2		T.1	45,5									T.2	45,5
3							T.2	40						
4									T.2	33,3				
5					T.2	25								
6														

Κοινωνικός παράγοντας														
Σειρά	1		2		3		4		5		6		7	
	κατάταξη	% βάρος	κατάταξη	% βάρος	κατάταξη	% βάρος	κατάταξη	% βάρος	κατάταξη	% βάρος	κατάταξη	% βάρος	κατάταξη	% βάρος
1	K.2	66,7	K.2	60	K.2	60	K.2	60	K.2	75	K.2	60	K.2	54,5
2													K.1	45,5
3			K.1	40	K.1	40	K.1	40			K.1	40		
4	K.1	33,3												
5									K.1	25				
6														

Περιβαλλοντικός Παράγοντας														
Σειρά	1		2		3		4		5		6		7	
	κατάταξη	% βάρος	κατάταξη	% βάρος	κατάταξη	% βάρος	κατάταξη	% βάρος	κατάταξη	% βάρος	κατάταξη	% βάρος	κατάταξη	% βάρος
1	Π.2 Π.3	36,1	Π.2	42,9	Π.3	38,9	Π.2	40,0	Π.3	40,0	Π.3	40,0	Π.1 Π.2 Π.3	33,3
2	Π.1	27,8	Π.1	35,7	Π.1 Π.2	30,6	Π.1	33,3	Π.1	33,3	Π.2	33,3		
3							Π.3	26,7	Π.2	26,7	Π.1	26,7		
4			Π.3	21,4										
5														
6														

Συνολική αξιολόγηση														
Σειρά	1		2		3		4		5		6		7	
	κατάταξη	% βάρος	κατάταξη	% βάρος	κατάταξη	% βάρος	κατάταξη	% βάρος	κατάταξη	% βάρος	κατάταξη	% βάρος	κατάταξη	% βάρος
1	T Π	29,5	K	33,3	O	36,8	Π	33,3	K Π	34,1	O Π	29,5	Π	33,3
2	O	22,7	Π	27,8			K	27,8			K	22,7	K	27,8
3	K	18,2	T	22,2	Π	26,3	O	22,2			T	18,2	Tα	22,2
4			O	16,7	K T	18,4	T	16,7	O T	15,9			O	16,7
5														
6														

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2**

**Ερωτηματολόγιο για την ανάθεση βαρών από τους εμπλεκόμενους φορείς στους παράγοντες αξιολόγησης των εναλλακτικών μεθόδων διάθεσης απορριμμάτων**



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ &**  
**ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ : « Ανάπτυξη Μεθοδολογίας για την Αξιολόγηση των Εναλλακτικών Μεθόδων Διάθεσης Απορριμμάτων »**

**ΦΟΙΤΗΤΗΣ:** Αναγνωστόπουλος Παναγιώτης

**ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ:** Σ. Βλιάμος, Καθηγητής

Κ. Αραβώσης, Εντεταλμένος Διδασκαλίας Π.Δ.407/80

**ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ**

**ΘΕΜΑ:** Κατάταξη των Παραγόντων Αξιολόγησης των Εναλλακτικών Μεθόδων Διάθεσης Απορριμμάτων σε Σειρά Σημαντικότητας

**ΦΟΡΕΑΣ:** .....

1. Κατατάξετε<sup>1</sup> στον πίνακα που ακολουθεί τους παράγοντες αξιολόγησης από τον σημαντικότερο προς τον λιγότερο σημαντικό:

- ευελιξία ανταπόκρισης στην αλλαγή ποσότητας των προς διάθεση απορριμμάτων (Τ.1.1)<sup>2</sup>
  - ευελιξία ανταπόκρισης στην αλλαγή σύστασης των προς διάθεση απορριμμάτων (Τ.1.2)
- ανάλογα με τη σημαντικότητα που θεωρείτε ότι έχουν στη συνολική ευελιξία(Τ1) μιας μεθόδου διάθεσης απορριμμάτων.

Ευελιξία (Τ1)	
Σειρά σημαντικότητας	Παράγοντας
1	
2	
3	
4	
5	
6	

<sup>1</sup> Η κατάταξη πρέπει να ξεκινά από τον μεγαλύτερης σημασίας παράγοντα προς τον μικρότερης σημασίας. Οι παράγοντες αξιολόγησης είναι δυνατόν να τοποθετούνται στην ίδια κυψέλη όταν ο φορέας θεωρεί ότι έχουν ακριβώς την ίδια σημαντικότητα ή επίσης, να μεσολαβεί μεταξύ τους κενή κυψέλη που θα υποδηλώνει έντονη διαφορά σημαντικότητας.

<sup>2</sup> Οι παράγοντες αντιπροσωπεύονται από τους κωδικούς στις παρενθέσεις

2. Κατατάξτε στον πίνακα που ακολουθεί τους παράγοντες αξιολόγησης:

- κίνδυνοι ατυχήματος (Τ.2.1)
- εξασφάλιση παρακολούθησης και συντήρησης (Τ.2.2)
- τεχνολογική εμπειρία (Τ.2.3)

ανάλογα με τη σημαντικότητα που θεωρείτε ότι έχουν στη **λειτουργικότητα** μιας μεθόδου διάθεσης απορριμμάτων.

Λειτουργικότητα (Τ.2)	
Σειρά σημαντικότητας	Παράγοντας
1	
2	
3	
4	
5	
6	

3. Κατατάξτε στον πίνακα που ακολουθεί τους παράγοντες αξιολόγησης:

- επίπεδο τοπικών ρύπων (Π.1.1)
- επίπεδο παγκόσμιων ρύπων (Π.1.2)

ανάλογα με τη σημαντικότητα που θεωρείτε ότι έχουν όταν ως στόχος τίθεται η **προστασία του αέρα**.

Προστασία αέρα (Π.1)	
Σειρά σημαντικότητας	Παράγοντας
1	
2	
3	
4	
5	
6	

4. Κατατάξτε στον πίνακα που ακολουθεί τους παράγοντες αξιολόγησης:

- επίπεδο ρύπων επιφανειακών υδάτων (Π.2.1)
- επίπεδο ρύπων υπογείων υδάτων (Π.2.2)

ανάλογα με τη σημαντικότητα που θεωρείτε ότι έχουν όταν ως στόχος τίθεται η **προστασία των υδάτων**.



Προστασία υδάτων (Π.2)	
Σειρά σημαντικότητας	Παράγοντας
1	
2	
3	
4	
5	
6	

5. Κατατάξτε στον πίνακα που ακολουθεί τους παράγοντες αξιολόγησης:

- ευελιξία (Τ.1)
- λειτουργικότητα (Τ.2)

ανάλογα με τη σημαντικότητα που θεωρείτε ότι έχουν στη συνολική **τεχνική** αξιολόγηση μιας μεθόδου διάθεσης

Τεχνικός παράγοντας (Τ)	
Σειρά σημαντικότητας	Παράγοντας
1	
2	
3	
4	
5	
6	

6. Κατατάξτε στον πίνακα που ακολουθεί τους παράγοντες αξιολόγησης:

- επίπεδο απασχόλησης (Κ.1)
- κοινωνική αντίληψη (Κ.2)

ανάλογα με τη σημαντικότητα που θεωρείτε ότι έχουν στη συνολική **κοινωνική** επίδραση μιας μεθόδου

Κοινωνικός παράγοντας (Κ)	
Σειρά σημαντικότητας	Παράγοντας
1	
2	
3	
4	
5	
6	

7. Κατατάξτε στον πίνακα που ακολουθεί τους παράγοντες αξιολόγησης:

- προστασία αέρα (Π.1)
- προστασία υδάτων (Π.2)
- ανάκτηση υλικών – ενέργειας (Π.3)

ανάλογα με τη σημαντικότητα που θεωρείτε ότι έχουν όταν ως στόχος τίθεται η **περιβαλλοντική προστασία**

Περιβαλλοντικός παράγοντας	
Σειρά σημαντικότητας	Παράγοντας
1	
2	
3	
4	
5	
6	

8. Κατατάξτε στον πίνακα που ακολουθεί τους παράγοντες αξιολόγησης:

- οικονομικός παράγοντας (Ο)
- κοινωνικός παράγοντας (Κ)
- τεχνικός παράγοντας (Τ)
- περιβαλλοντικός παράγοντας (Π)

ανάλογα με τη σημαντικότητα που θεωρείτε ότι έχουν στη **συνολική αξιολόγηση των εναλλακτικών μεθόδων διάθεσης απορριμμάτων**

Συνολική αξιολόγηση	
Σειρά σημαντικότητας	Παράγοντας
1	
2	
3	
4	
5	
6	

### ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3

#### **Εγχειρίδιο οδηγιών για τον τρόπο λειτουργίας του προτεινόμενου μοντέλου σε ψηφιακή μορφή (Microsoft Excel) – modelo.xls**

Η λειτουργία του πολυπαραγοντικού μοντέλου, το οποίο προτείνουμε στο κυρίως σώμα της εργασίας για την αξιολόγηση των εναλλακτικών μεθόδων διάθεσης των απορριμμάτων έχει απλουστευτεί σε μεγάλο βαθμό καθώς μέσω του αρχείου, modelo.xls του Microsoft Excel οι μαθηματικές πράξεις που οδηγούν στον υπολογισμό της συνολικής βαθμολογίας κάθε μεθόδου πραγματοποιούνται αυτόματα.

Σε πρώτη φάση η ομάδα των αναλυτών καλείται να εκτιμήσει την τιμή των παραγόντων αξιολόγησης ανά σενάριο. Στο φύλλο εργασίας «σενάρια» ο αναλυτής τοποθετεί στα αντίστοιχα κελιά τη βαθμολογία κάθε παράγοντα ανά σενάριο.

Σε δεύτερη φάση οι εμπλεκόμενοι φορείς καλούνται να αναθέσουν βάρη στους παράγοντες αξιολόγησης με βάση το ερωτηματολόγιο. Η κατάταξη που προτείνουν οι φορείς για κάθε παράγοντα εισάγονται στα αντίστοιχα κελιά, στα φύλλα εργασίας «βάρη ΦΟΡΕΑ 1, 2 κ.ο.κ.» και το σύστημα κατευθείαν εξάγει τα βάρη. Αρχικά έχουμε εισαγάγει στο φύλλο εργασίας «δεδομένα» στη στήλη *φορείς*, τα ονόματα των φορέων.

Σε Τρίτη φάση, ο αναλυτής καλείται να αναθέσει βάρη στους εμπλεκόμενους φορείς. Αυτό γίνεται στη στήλη *ποσοστιαία επιρροή %*, στο φύλλο εργασίας «δεδομένα».

Αφού έχουν γίνει όλα αυτά ο αναλυτής μπορεί να δει τη βαθμολογία κάθε σεναρίου καθώς και τους ποιοτικούς δείκτες, αναγράφοντας απλά στο κελί B3 του φύλλου εργασίας «δεδομένα» το όνομα του σεναρίου.

Στο φύλλο εργασίας «δέντρο» δίνεται αυτόματα το σταθμισμένο βάρος κάθε παράγοντα. Τα υπόλοιπα φύλλα του αρχείου αποτελούν τη βάση για να πραγματοποιούνται οι υπολογισμοί και κατά συνέπεια δεν επεμβαίνει στη δομή τους ο αναλυτής.

