

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΠΟΡΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ, ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ
ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ: ΚΑΘ. ΠΕΤΡΟΣ Α. ΠΗΛΑΒΑΚΗΣ

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ

Διδακτορική Διατριβή

ΑΘΑΝΑΣΙΟΥ ΙΩΑΝΝΗ ΧΑΤΖΗΜΟΥΡΑΤΙΔΗ

KOZANH 2007

Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων Ενεργειακών Παραγωγικών Μονάδων

Διδακτορική Διατριβή

Αθανασίου Ιωάννη Χατζημουρατίδη

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή

Καθηγητής Πέτρος Α. Πηλαβάκης, ΠΔΜ (Επιβλέπων)

Καθηγητής Κωνσταντίνος Παπαρρίζος, ΠΜ

Καθηγητής Εμμανουήλ Κακαράς, ΕΜΠ

Κοζάνη 2007

*Αφιερώνεται
Στην μνήμη των γονιών μου, Ιωάννη και Στέλλας*

Ευχαριστίες

Η εκπόνηση της διδακτορικής διατριβής αποτελεί σημαντικό μέρος της ζωής του συγγραφέα της, απαιτώντας την αποτελεσματική διαχείριση των ψυχικών, πνευματικών και σωματικών του πόρων για μεγάλο χρονικό διάστημα. Η επιτυχής διεκπεραίωση αυτής της μακρόχρονης και επίπονης διαδικασίας, εκτός από την αποτελεσματική διαχείριση των ιδίων πόρων εκείνου που εκπονεί την διδακτορική διατριβή, απαιτεί την ύπαρξη του γόνιμου περιβάλλοντος που θα αποτελέσει την μήτρα της επιτυχούς κυοφορίας της.

Είναι κατά συνέπεια απαραίτητο να εκφράσω τις θερμές ευχαριστίες μου στον επιβλέποντα της διδακτορικής μου διατριβής Καθηγητή Πέτρο Α. Πηλαβάκη, για δύο κυρίως λόγους. Πρώτον, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε αποδεχόμενος να είναι επιβλέπων καθώς και την διαρκή συμβουλευτική, παρεμβατική και καθοδηγητική του συνεισφορά σε όλη την διαδικασία εκπόνησης της διατριβής. Δεύτερον, για την προσωπική, ανθρώπινη στήριξη και συμπεριφορά του στην μακρόχρονη αυτή πορεία. Να εκφράσω επίσης τις ευχαριστίες μου στον Καθηγητή Κωνσταντίνο Παπαρρίζο και στον Καθηγητή Εμμανουήλ Κακαρά για την εμπιστοσύνη τους στο πρόσωπό μου, τις συμβουλές τους και την συμμετοχή τους στην τριμελή συμβουλευτική επιτροπή. Ευγνωμοσύνη και προς το σύνολο κυρίως του εκπαιδευτικού και διοικητικού προσωπικού καθώς επίσης και όλων των συνιστώσων του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας που αποτέλεσαν την κοιτίδα για την εκπόνηση αυτής της διατριβής.

Τέλος, η διδακτορική αυτή διατριβή αφιερώνεται στη μνήμη των γονιών μου, Ιωάννη και Στέλλας, που συνεισέφεραν τα μέγιστα των ανθρώπινων δυνατοτήτων τους στην ολοκλήρωσή μου ως άνθρωπο.

Αθανάσιος Χατζημουρατίδης
Κοζάνη, Σεπτέμβριος 2007

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες

Περιεχόμενα.....	1
Κατάλογος Σχημάτων	11
Κατάλογος Πινάκων.....	19

ΠΕΡΙΛΗΨΗ **31**

ΕΙΣΑΓΩΓΗ **33**

Δομή της διατριβής.....	33
-------------------------	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΘΕΩΡΙΑ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ **37**

1.1 Βασικές έννοιες.....	37
1.2 Διαδικασία λήψης απόφασης	38
1.3 Το μοντέλο PrOACT.....	40
1.4 Εναλλακτικές λύσεις προβλήματος.....	41
1.5 Κατηγορίες λήψης απόφασης.....	42
1.6 Πολυκριτηριακή ανάλυση (Multicriteria analysis).....	42
1.6.1 Βασικά χαρακτηριστικά της πολυκριτηριακής ανάλυσης	43
1.6.2 Πλεονεκτήματα της πολυκριτηριακής ανάλυσης	43
1.6.3 Πίνακας αξιολόγησης (Performance matrix).....	44
1.6.4 Βαθμολογία και βάρη (Scoring and weighting)	44
1.6.5 Χαρακτηριστικά των τεχνικών πολυκριτηριακής ανάλυσης	45
1.6.6 Τεχνικές πολυκριτηριακής ανάλυσης.....	46
1.6.6.1 Τεχνικές πολυκριτηριακής ανάλυσης με άπειρες εναλλακτικές λύσεις.....	46
1.6.6.2 Τεχνικές πολυκριτηριακής ανάλυσης με πεπερασμένες εναλλακτικές λύσεις	49
1.7 Τεχνικές μοντελοποίησης (Modelling techniques).....	55
1.7.1 Μαθηματικός προγραμματισμός (Mathematical programming)	56
1.7.2 Ανάλυση αποφάσεων (Decision analysis)	56
1.7.3 Προσομοίωση (Simulation)	56
1.7.4 Ανάλυση έργου (Project analysis)	57
1.8 Τεχνολογία αποφάσεων (Decision technology).....	57

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ **59**

2.1 Αξιολογούμενοι τύποι ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων	59
2.2 Μονάδες άνθρακα/λιγνίτη	60

2.3 Μονάδες πετρελαίου	62
2.4 Μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο.....	63
2.5 Μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο	64
2.6 Πυρηνικές μονάδες.....	65
2.7 Υδροηλεκτρικές μονάδες.....	67
2.8 Αιολικές μονάδες	69
2.9 Φωτοβολταϊκές μονάδες.....	70
2.10 Μονάδες βιομάζας	72
2.11 Γεωθερμικές μονάδες.....	73

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 77

3.1 Χαρακτηριστικά κριτηρίων αξιολόγησης.....	77
3.2 Προϋποθέσεις κριτηρίων αξιολόγησης.....	78
3.3 Ιεράρχηση και ομαδοποίηση κριτηρίων αξιολόγησης.....	80
3.3.1 Κριτήριο «βιοτικού επιπέδου»	82
3.3.1.1 Υποκριτήρια των «κοινωνικοοικονομικών παραγόντων»	83
3.3.1.2 Υποκριτήρια της «ποιότητας ζωής και αειφόρου ανάπτυξης»	83
3.3.2 Κριτήριο «τεχνολογικών παραγόντων»	84
3.3.3 Κριτήριο «οικονομικών παραγόντων»	84
3.3.3.1 Υποκριτήρια του «κόστους λειτουργίας και συντήρησης»	85
3.4 Περιγραφή των κριτηρίων τελικού κόμβου.....	85
3.4.1 Δημιουργία θέσεων εργασίας	86
3.4.2 Κοινωνική αποδοχή	87
3.4.3 Θανατηφόρα ατυχήματα	90
3.4.4 Μη μεθανιούχες πτητικές οργανικές ενώσεις	92
3.4.5 Ισοδύναμα διοξειδίου του άνθρακα	93
3.4.6 Οξείδια του αζώτου	95
3.4.7 Διοξείδιο του θείου	96
3.4.8 Αιωρούμενα σωματίδια	96
3.4.9 Εκπομπές ραδιενέργειας	97
3.4.10 Απαιτούμενη έκταση	99
3.4.11 Ισορροπία οικοσυστήματος	100
3.4.12 Λόγος αποθεμάτων προς παραγωγή	102
3.4.13 Συντελεστής απόδοσης	103
3.4.14 Συντελεστής διαθεσιμότητας	103
3.4.15 Συντελεστής φορτίου	104
3.4.16 Κόστος κεφαλαίου	105
3.4.17 Σταθερό κόστος λειτουργίας και συντήρησης	106
3.4.18 Μεταβλητό κόστος λειτουργίας και συντήρησης	107
3.4.19 Κόστος καυσίμου	108
3.4.20 Εξωτερικό κόστος	109
3.5 Βαρύτητα των κριτηρίων.....	110
3.5.1 Βάρη κριτηρίων «βιοτικού επιπέδου», «τεχνολογικών παραγόντων» και «οικονομικών παραγόντων»	112
3.5.2 Βάρη υποκριτηρίων «βιοτικού επιπέδου»	113
3.5.3 Βάρη υποκριτηρίων «τεχνολογικών παραγόντων»	114
3.5.4 Βάρη υποκριτηρίων «οικονομικών παραγόντων»	115
3.5.5 Βάρη υποκριτηρίων «κοινωνικοοικονομικών παραγόντων»	116

3.5.6 Βάρη υποκριτηρίων «ποιότητας ζωής και αιεφόρου ανάπτυξης»	116
3.5.7 Βάρη υποκριτηρίων «κόστους λειτουργίας και συντήρησης»	118
3.5.8 Βάρη υποκριτηρίων «μη ραδιενεργών εκπομπών»	118
3.5.8.1 Αντικειμενική αξιολόγηση της βαρύτητας των «μη ραδιενεργών εκπομπών»	118
3.5.8.2 Υποκειμενική αξιολόγηση της βαρύτητας των «μη ραδιενεργών εκπομπών»	119
3.5.8.3 Συνολική αξιολόγηση της βαρύτητας των «μη ραδιενεργών εκπομπών»	120
3.5.9 Τοπικά και καθολικά βάρη κριτηρίων και υποκριτηρίων	120

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : ANALYTIC HIERARCHY PROCESS **127**

4.1 Περιγραφή της μεθόδου	127
4.2 Αξιολόγηση ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με την Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία για το σενάριο αναφοράς	132
4.2.1 Ανάλυση αξιολόγησης ανά ηλεκτροπαραγωγική μονάδα	139
4.2.1.1 Ανάλυση αξιολόγησης μονάδων άνθρακα/λιγνίτη	139
4.2.1.2 Ανάλυση αξιολόγησης μονάδων πετρελαίου	144
4.2.1.3 Ανάλυση αξιολόγησης μονάδων αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο	148
4.2.1.4 Ανάλυση αξιολόγησης μονάδων συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο	152
4.2.1.5 Ανάλυση αξιολόγησης πυρηνικών μονάδων	156
4.2.1.6 Ανάλυση αξιολόγησης υδροηλεκτρικών μονάδων	159
4.2.1.7 Ανάλυση αξιολόγησης αιολικών μονάδων	163
4.2.1.8 Ανάλυση αξιολόγησης φωτοβολταϊκών μονάδων	166
4.2.1.9 Ανάλυση αξιολόγησης μονάδων βιομάζας	170
4.2.1.10 Ανάλυση αξιολόγησης γεωθερμικών μονάδων	173
4.2.1.11 Σύγκριση αξιολογήσεων ανά ηλεκτροπαραγωγική μονάδα	177
4.2.2 Ανάλυση αξιολόγησης ανά κριτήριο τελικού κόμβου	179
4.2.2.1 Ανάλυση κριτηρίου δημιουργίας θέσεων εργασίας	179
4.2.2.2 Ανάλυση κριτηρίου κοινωνικής αποδοχής	180
4.2.2.3 Ανάλυση κριτηρίου θανατηφόρων ατυχημάτων	182
4.2.2.4 Ανάλυση κριτηρίου ΜΜΠΟΕ	183
4.2.2.5 Ανάλυση κριτηρίου ισοδυνάμων διοξειδίου του άνθρακα	184
4.2.2.6 Ανάλυση κριτηρίου οξειδίων του αζώτου	185
4.2.2.7 Ανάλυση κριτηρίου διοξειδίου του θείου	186
4.2.2.8 Ανάλυση κριτηρίου αιωρούμενων σωματιδίων	187
4.2.2.9 Ανάλυση κριτηρίου εκπομπών ραδιενέργειας	189
4.2.2.10 Ανάλυση κριτηρίου απαιτούμενης έκτασης	190
4.2.2.11 Ανάλυση κριτηρίου ισορροπίας οικοσυστήματος	191
4.2.2.13 Ανάλυση κριτηρίου συντελεστή απόδοσης	194
4.2.2.14 Ανάλυση κριτηρίου συντελεστή διαθεσιμότητας	195
4.2.2.15 Ανάλυση κριτηρίου συντελεστή φορτίου	196
4.2.2.16 Ανάλυση κριτηρίου κόστους κεφαλαίου	197
4.2.2.17 Ανάλυση κριτηρίου σταθερού κόστους λειτουργίας και συντήρησης	199
4.2.2.18 Ανάλυση κριτηρίου μεταβλητού κόστους λειτουργίας και συντήρησης	200
4.2.2.19 Ανάλυση κριτηρίου κόστους καυσίμου	201
4.2.2.20 Ανάλυση κριτηρίου εξωτερικού κόστους	202
4.2.2.21 Σύγκριση αξιολογήσεων ανά κριτήριο τελικού κόμβου	204
4.2.3 Ανάλυση αξιολόγησης ανά βασικό κριτήριο	206
4.2.3.1 Ανάλυση κριτηρίου βιοτικού επιπέδου	206
4.2.3.2 Ανάλυση κριτηρίου τεχνολογικών παραγόντων	208
4.2.3.3 Ανάλυση κριτηρίου οικονομικών παραγόντων	209
4.2.3.4 Σύγκριση αξιολογήσεων ανά βασικό κριτήριο	210
4.3 Ανάλυση ευαισθησίας	211
4.3.1 Ανάλυση ευαισθησίας ανά σενάριο	212

4.3.1.1 Σενάριο 1	214
4.3.1.2 Σενάριο 2	216
4.3.1.3 Σενάριο 3	219
4.3.1.4 Σενάριο 4	221
4.3.1.5 Σενάριο 5	224
4.3.1.6 Σενάριο 6	226
4.3.1.7 Σενάριο 7	228
4.3.1.8 Σύγκριση σεναρίων της ανάλυσης ευαισθησίας	231
4.3.2 Ανάλυση ευαισθησίας ανά τύπο ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας	241
4.3.2.1 Ανάλυση ευαισθησίας μονάδων άνθρακα/λιγνίτη	241
4.3.2.2 Ανάλυση ευαισθησίας μονάδων πετρελαίου	241
4.3.2.3 Ανάλυση ευαισθησίας μονάδων αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο	242
4.3.2.4 Ανάλυση ευαισθησίας μονάδων συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο	243
4.3.2.5 Ανάλυση ευαισθησίας πυρηνικών μονάδων	244
4.3.2.6 Ανάλυση ευαισθησίας υδροηλεκτρικών μονάδων	244
4.3.2.7 Ανάλυση ευαισθησίας αιολικών μονάδων	245
4.3.2.8 Ανάλυση ευαισθησίας φωτοβολταϊκών μονάδων	246
4.3.2.9 Ανάλυση ευαισθησίας μονάδων βιομάζας	247
4.3.2.10 Ανάλυση ευαισθησίας γεωθερμικών μονάδων	247
4.3.2.11 Σύγκριση ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων στην ανάλυση ευαισθησίας	248

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : PROMETHEE 255

5.1 Μέθοδοι υπεροχής.....	255
5.2 Περιγραφή της μεθόδου PROMETHEE.....	256
5.2.1 Γενικευμένα κριτήρια (Generalized criteria)	258
5.2.1.1 Συνηθισμένο κριτήριο (Usual criterion)	258
5.2.1.2 Φαινομενικό κριτήριο (Quasi-criterion)	258
5.2.1.3 Κριτήριο με γραμμική προτίμηση (Criterion with linear preference)	259
5.2.1.4 Κριτήριο στάθμης (Level criterion)	260
5.2.1.5 Κριτήριο με γραμμική προτίμηση και περιοχή αδιαφορίας (Criterion with linear preference and indifference area)	261
5.2.1.6 Gaussian κριτήριο (Gaussian criterion)	262
5.2.2 Πολυκριτηριακός δείκτης προτίμησης	263
5.2.3 Ιεράρχηση λύσεων στην μέθοδο PROMETHEE	264
5.2.3.1 PROMETHEE I	265
5.2.3.2 PROMETHEE II	267
5.3 Αξιολόγηση ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με την μέθοδο PROMETHEE II για το σενάριο αναφοράς	267
5.3.1 Εφαρμογή του συνηθισμένου κριτηρίου (Τύπος I)	272
5.3.2 Εφαρμογή του φαινομενικού κριτηρίου (Τύπος II)	273
5.3.3 Εφαρμογή του κριτηρίου με γραμμική προτίμηση (Τύπος III)	274
5.3.4 Εφαρμογή του κριτηρίου στάθμης (Τύπος IV)	275
5.3.5 Εφαρμογή του κριτηρίου με γραμμική προτίμηση και περιοχή αδιαφορίας (Τύπος V)	276
5.3.6 Εφαρμογή του Gaussian κριτηρίου (Τύπος VI)	277
5.3.7 Μέσος όρος των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων στο σενάριο αναφοράς	278
5.3.8 Σύγκριση των αξιολογήσεων των μονάδων με βάση τους έξι τύπους γενικευμένων κριτηρίων στο σενάριο αναφοράς	279
5.4 Ανάλυση ευαισθησίας.....	280
5.4.1 Σενάριο 1	280
5.4.1.1 Εφαρμογή του συνηθισμένου κριτηρίου (Τύπος I)	281

5.4.1.2 Εφαρμογή του φαινομενικού κριτηρίου (Τύπος II)	281
5.4.1.3 Εφαρμογή του κριτηρίου με γραμμική προτίμηση (Τύπος III)	282
5.4.1.4 Εφαρμογή του κριτηρίου στάθμης (Τύπος IV)	283
5.4.1.5 Εφαρμογή του κριτηρίου με γραμμική προτίμηση και περιοχή αδιαφορίας (Τύπος V)	284
5.4.1.7 Μέσος όρος των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων στο σενάριο 1	286
5.4.1.8 Σύγκριση των αξιολογήσεων των μονάδων με βάση τους έξι τύπους γενικευμένων κριτηρίων στο σενάριο 1	287
5.4.2 Σενάριο 2	288
5.4.2.1 Εφαρμογή του συνηθισμένου κριτηρίου (Τύπος I)	288
5.4.2.2 Εφαρμογή του φαινομενικού κριτηρίου (Τύπος II)	289
5.4.2.3 Εφαρμογή του κριτηρίου με γραμμική προτίμηση (Τύπος III)	290
5.4.2.4 Εφαρμογή του κριτηρίου στάθμης (Τύπος IV)	291
5.4.2.5 Εφαρμογή του κριτηρίου με γραμμική προτίμηση και περιοχή αδιαφορίας (Τύπος V)	292
5.4.2.6 Εφαρμογή του Gaussian κριτηρίου (Τύπος VI)	292
5.4.2.7 Μέσος όρος των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων στο σενάριο 2	293
5.4.2.8 Σύγκριση των αξιολογήσεων των μονάδων με βάση τους έξι τύπους γενικευμένων κριτηρίων στο σενάριο 2	294
5.4.3 Σενάριο 3	295
5.4.3.1 Εφαρμογή του συνηθισμένου κριτηρίου (Τύπος I)	296
5.4.3.2 Εφαρμογή του φαινομενικού κριτηρίου (Τύπος II)	296
5.4.3.3 Εφαρμογή του κριτηρίου με γραμμική προτίμηση (Τύπος III)	297
5.4.3.4 Εφαρμογή του κριτηρίου στάθμης (Τύπος IV)	298
5.4.3.5 Εφαρμογή του κριτηρίου με γραμμική προτίμηση και περιοχή αδιαφορίας (Τύπος V)	299
5.4.3.6 Εφαρμογή του Gaussian κριτηρίου (Τύπος VI)	300
5.4.3.7 Μέσος όρος των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων στο σενάριο 3	301
5.4.3.8 Σύγκριση των αξιολογήσεων των μονάδων με βάση τους έξι τύπους γενικευμένων κριτηρίων στο σενάριο 3	302
5.4.4 Σενάριο 4	303
5.4.4.1 Εφαρμογή του συνηθισμένου κριτηρίου (Τύπος I)	303
5.4.4.2 Εφαρμογή του φαινομενικού κριτηρίου (Τύπος II)	304
5.4.4.3 Εφαρμογή του κριτηρίου με γραμμική προτίμηση (Τύπος III)	305
5.4.4.4 Εφαρμογή του κριτηρίου στάθμης (Τύπος IV)	306
5.4.4.5 Εφαρμογή του κριτηρίου με γραμμική προτίμηση και περιοχή αδιαφορίας (Τύπος V)	307
5.4.4.6 Εφαρμογή του Gaussian κριτηρίου (Τύπος VI)	308
5.4.4.7 Μέσος όρος των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων στο σενάριο 4	309
5.4.4.8 Σύγκριση των αξιολογήσεων των μονάδων με βάση τους έξι τύπους γενικευμένων κριτηρίων στο σενάριο 4	310
5.4.5 Σενάριο 5	311
5.4.5.1 Εφαρμογή του συνηθισμένου κριτηρίου (Τύπος I)	311
5.4.5.2 Εφαρμογή του φαινομενικού κριτηρίου (Τύπος II)	312
5.4.5.3 Εφαρμογή του κριτηρίου με γραμμική προτίμηση (Τύπος III)	313
5.4.5.4 Εφαρμογή του κριτηρίου στάθμης (Τύπος IV)	314
5.4.5.5 Εφαρμογή του κριτηρίου με γραμμική προτίμηση και περιοχή αδιαφορίας (Τύπος V)	315
5.4.5.6 Εφαρμογή του Gaussian κριτηρίου (Τύπος VI)	317
5.4.5.7 Μέσος όρος των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων στο σενάριο 5	318
5.4.5.8 Σύγκριση των αξιολογήσεων των μονάδων με βάση τους έξι τύπους γενικευμένων κριτηρίων στο σενάριο 5	319
5.4.6 Σενάριο 6	320
5.4.6.1 Εφαρμογή του συνηθισμένου κριτηρίου (Τύπος I)	320
5.4.6.2 Εφαρμογή του φαινομενικού κριτηρίου (Τύπος II)	321

5.4.6.3 Εφαρμογή του κριτηρίου με γραμμική προτίμηση (Τύπος III)	322
5.4.6.4 Εφαρμογή του κριτηρίου στάθμης (Τύπος IV)	323
5.4.6.5 Εφαρμογή του κριτηρίου με γραμμική προτίμηση και περιοχή αδιαφορίας (Τύπος V)	324
5.4.6.6 Εφαρμογή του Gaussian κριτηρίου (Τύπος VI)	325
5.4.6.7 Μέσος όρος των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων στο σενάριο 6	326
5.4.6.8 Σύγκριση των αξιολογήσεων των μονάδων με βάση τους έξι τύπους γενικευμένων κριτηρίων στο σενάριο 6	327
5.4.7 Σενάριο 7	328
5.4.7.1 Εφαρμογή του συνηθισμένου κριτηρίου (Τύπος I)	328
5.4.7.2 Εφαρμογή του φαινομενικού κριτηρίου (Τύπος II)	329
5.4.7.3 Εφαρμογή του κριτηρίου με γραμμική προτίμηση (Τύπος III)	330
5.4.7.4 Εφαρμογή του κριτηρίου στάθμης (Τύπος IV)	331
5.4.7.5 Εφαρμογή του κριτηρίου με γραμμική προτίμηση και περιοχή αδιαφορίας (Τύπος V)	332
5.4.7.6 Εφαρμογή του Gaussian κριτηρίου (Τύπος VI)	333
5.4.7.7 Μέσος όρος των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων στο σενάριο 7	334
5.4.7.8 Σύγκριση των αξιολογήσεων των μονάδων με βάση τους έξι τύπους γενικευμένων κριτηρίων στο σενάριο 7	335
5.5 Συγκριτική αξιολόγηση κατατάξεων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων.....	336
5.5.1 Συγκριτική αξιολόγηση κατατάξεων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων ανά σενάριο	337
5.5.2 Συγκριτική αξιολόγηση κατατάξεων ανά τύπο ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας	337

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 : ELECTRE 341

6.1 Γενική περιγραφή της μεθόδου	341
6.2 Βασικά στοιχεία των μεθόδων ELECTRE	342
6.3 Παραλλαγές των μεθόδων ELECTRE.....	343
6.3.1 ELECTRE I	343
6.3.2 ELECTRE IS	344
6.3.3 ELECTRE II	346
6.3.4 ELECTRE III	347
6.3.5 ELECTRE IV	349
6.3.6 ELECTRE TRI	349
6.4 Αξιολόγηση ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με το ELECTRE III για το σενάριο αναφοράς.....	350
6.4.1 Κατάταξη χωρίς χρήση κατωφλίου απόρριψης	352
6.4.2 Κατάταξη με τιμή κατωφλίου απόρριψης ίση με τη μέση τιμή των αξιολογήσεων για κάθε κριτήριο	352
6.4.3 Κατάταξη με τιμή κατωφλίου απόρριψης ίση με το διπλάσιο της μέσης τιμής των αξιολογήσεων για κάθε κριτήριο	353
6.4.4 Μέση κατάταξη για το σενάριο αναφοράς	358
6.4.5 Σύγκριση των κατατάξεων των μονάδων στο σενάριο αναφοράς με βάση τις τρεις περιπτώσεις του κατωφλίου απόρριψης	358
6.5 Ανάλυση ευαισθησίας.....	360
6.5.1 Σενάριο 1	360
6.5.1.1 Κατάταξη χωρίς χρήση κατωφλίου απόρριψης	360
6.5.1.2 Κατάταξη με τιμή κατωφλίου απόρριψης ίση με τη μέση τιμή των αξιολογήσεων για κάθε κριτήριο	360
6.5.1.3 Κατάταξη με τιμή κατωφλίου απόρριψης ίση με το διπλάσιο της μέσης τιμής των αξιολογήσεων για κάθε κριτήριο	361

6.5.1.4 Μέση κατάταξη για το σενάριο 1	365
6.5.1.5 Σύγκριση των κατατάξεων των μονάδων στο σενάριο 1 με βάση τις τρεις περιπτώσεις του κατωφλίου απόρριψης	365
6.5.2 Σενάριο 2	367
6.5.2.1 Κατάταξη χωρίς χρήση κατωφλίου απόρριψης	367
6.5.2.2 Κατάταξη με τιμή κατωφλίου απόρριψης ίση με τη μέση τιμή των αξιολογήσεων για κάθε κριτήριο	367
6.5.2.3 Κατάταξη με τιμή κατωφλίου απόρριψης ίση με το διπλάσιο της μέσης τιμής των αξιολογήσεων για κάθε κριτήριο	368
6.5.2.4 Μέση κατάταξη για το σενάριο 2	372
6.5.2.5 Σύγκριση των κατατάξεων των μονάδων στο σενάριο 2 με βάση τις τρεις περιπτώσεις του κατωφλίου απόρριψης	372
6.5.3 Σενάριο 3	374
6.5.3.1 Κατάταξη χωρίς χρήση κατωφλίου απόρριψης	374
6.5.3.2 Κατάταξη με τιμή κατωφλίου απόρριψης ίση με τη μέση τιμή των αξιολογήσεων για κάθε κριτήριο	374
6.5.3.3 Κατάταξη με τιμή κατωφλίου απόρριψης ίση με το διπλάσιο της μέσης τιμής των αξιολογήσεων για κάθε κριτήριο	375
6.5.3.4 Μέση κατάταξη για το σενάριο 3	379
6.5.3.5 Σύγκριση των κατατάξεων των μονάδων στο σενάριο 3 με βάση τις τρεις περιπτώσεις του κατωφλίου απόρριψης	379
6.5.4 Σενάριο 4	381
6.5.4.1 Κατάταξη χωρίς χρήση κατωφλίου απόρριψης	381
6.5.4.2 Κατάταξη με τιμή κατωφλίου απόρριψης ίση με τη μέση τιμή των αξιολογήσεων για κάθε κριτήριο	381
6.5.4.3 Κατάταξη με τιμή κατωφλίου απόρριψης ίση με το διπλάσιο της μέσης τιμής των αξιολογήσεων για κάθε κριτήριο	382
6.5.4.4 Μέση κατάταξη για το σενάριο 4	386
6.5.4.5 Σύγκριση των κατατάξεων των μονάδων στο σενάριο 4 με βάση τις τρεις περιπτώσεις του κατωφλίου απόρριψης	387
6.5.5 Σενάριο 5	388
6.5.5.1 Κατάταξη χωρίς χρήση κατωφλίου απόρριψης	388
6.5.5.2 Κατάταξη με τιμή κατωφλίου απόρριψης ίση με τη μέση τιμή των αξιολογήσεων για κάθε κριτήριο	388
6.5.5.3 Κατάταξη με τιμή κατωφλίου απόρριψης ίση με το διπλάσιο της μέσης τιμής των αξιολογήσεων για κάθε κριτήριο	389
6.5.5.4 Μέση κατάταξη για το σενάριο 5	393
6.5.5.5 Σύγκριση των κατατάξεων των μονάδων στο σενάριο 5 με βάση τις τρεις περιπτώσεις του κατωφλίου απόρριψης	393
6.5.6 Σενάριο 6	395
6.5.6.1 Κατάταξη χωρίς χρήση κατωφλίου απόρριψης	395
6.5.6.2 Κατάταξη με τιμή κατωφλίου απόρριψης ίση με τη μέση τιμή των αξιολογήσεων για κάθε κριτήριο	395
6.5.6.3 Κατάταξη με τιμή κατωφλίου απόρριψης ίση με το διπλάσιο της μέσης τιμής των αξιολογήσεων για κάθε κριτήριο	396
6.5.6.4 Μέση κατάταξη για το σενάριο 6	400
6.5.6.5 Σύγκριση των κατατάξεων των μονάδων στο σενάριο 6 με βάση τις τρεις περιπτώσεις του κατωφλίου απόρριψης	400
6.5.7 Σενάριο 7	402
6.5.7.1 Κατάταξη χωρίς χρήση κατωφλίου απόρριψης	402
6.5.7.2 Κατάταξη με τιμή κατωφλίου απόρριψης ίση με τη μέση τιμή των αξιολογήσεων για κάθε κριτήριο	402
6.5.7.3 Κατάταξη με τιμή κατωφλίου απόρριψης ίση με το διπλάσιο της μέσης τιμής των αξιολογήσεων για κάθε κριτήριο	403
6.5.7.4 Μέση κατάταξη για το σενάριο 7	407

6.5.7.5 Σύγκριση των κατατάξεων των μονάδων στο σενάριο 7 με βάση τις τρεις περιπτώσεις του κατωφλίου απόρριψης	407
6.6 Συγκριτική αξιολόγηση κατατάξεων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων	409
6.6.1 Συγκριτική αξιολόγηση κατατάξεων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων ανά σενάριο	409
6.6.2 Συγκριτική αξιολόγηση κατατάξεων ανά τύπο ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας	409

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 : ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ **413**

7.1 Βασικές έννοιες	413
7.2 Αρχιτεκτονική ολοκληρωμένου συστήματος υποστήριξης αποφάσεων	415
7.3 Μέση κατάταξη ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με βάση της μεθόδους AHP, PROMETHEE και ELECTRE και συγκριτική αξιολόγηση ανά σενάριο	416
7.3.1 Σενάριο αναφοράς	417
7.3.2 Σενάριο 1	419
7.3.3 Σενάριο 2	420
7.3.4 Σενάριο 3	421
7.3.5 Σενάριο 4	423
7.3.6 Σενάριο 5	425
7.3.7 Σενάριο 6	426
7.3.8 Σενάριο 7	428
7.4 Συγκριτική αξιολόγηση κατατάξεων ανά τύπο ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας	438
7.4.1 Μονάδες άνθρακα/λιγνίτη	438
7.4.2 Μονάδες πετρελαίου	438
7.4.3 Μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο	439
7.4.4 Μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο	440
7.4.5 Πυρηνικές μονάδες	440
7.4.6 Υδροηλεκτρικές μονάδες	441
7.4.7 Αιολικές μονάδες	442
7.4.8 Φωτοβολταϊκές μονάδες	442
7.4.9 Μονάδες βιομάζας	443
7.4.10 Γεωθερμικές μονάδες	444

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ **455**

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ **459**

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 : ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΑ **487**

Αγγλικά αρκτικόλεξα	487
Ελληνικά αρκτικόλεξα	488

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2 : ΑΓΓΛΙΚΟΙ ΟΡΟΙ **489**

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3 : ΚΩΔΙΚΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ PROMETHEE 495

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4 : ΚΩΔΙΚΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ELECTRE ___ 503

Κατάλογος Σχημάτων

ΣΧΗΜΑ 2-1	
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΜΟΝΑΔΑ ΑΝΘΡΑΚΑ/ΛΙΓΝΙΤΗ, ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΚΑΙ ΔΙΑΝΟΜΗ ΤΗΣ ΣΤΟΥΣ ΤΕΛΙΚΟΥΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΕΣ ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ	61
ΣΧΗΜΑ 2-2	
ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΕΡΙΟΣΤΡΟΒΙΛΟΥ	63
ΣΧΗΜΑ 2-3	
ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΟΣ ΚΥΚΛΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	65
ΣΧΗΜΑ 2-4	
ΠΥΡΗΝΙΚΟΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑΣ	66
ΣΧΗΜΑ 2-5	
ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΔΕΞΑΜΕΝΗ	68
ΣΧΗΜΑ 2-6	
ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ	69
ΣΧΗΜΑ 2-7	
ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΕΣ ΚΥΨΕΛΕΣ, ΥΠΟΜΟΝΑΔΕΣ, ΠΑΝΕΛ ΚΑΙ ΣΥΣΤΟΙΧΙΕΣ	70
ΣΧΗΜΑ 2-8	
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗΣ ΚΥΨΕΛΗΣ	71
ΣΧΗΜΑ 2-9	
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΜΟΝΑΔΑΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	72
ΣΧΗΜΑ 2-10	
ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ ΑΚΑΡΙΑΙΟΥ ΑΤΜΟΥ	74
ΣΧΗΜΑ 2-11	
ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ ΔΥΑΔΙΚΟΥ ΚΥΚΛΟΥ	75
ΣΧΗΜΑ 3-1	
ΔΕΝΔΡΙΚΗ ΙΕΡΑΡΧΙΚΗ ΔΟΜΗ ΣΤΟΧΟΥ, ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ, ΥΠΟΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΚΑΙ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΛΥΣΕΩΝ	81
ΣΧΗΜΑ 3-2	
ΒΑΡΗ ΤΩΝ ΤΡΙΩΝ ΒΑΣΙΚΩΝ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΣΥΓΚΡΙΣΕΙΣ ΚΑΤΑ ΖΕΥΓΗ	113
ΣΧΗΜΑ 3-3	
ΤΟΠΙΚΑ ΒΑΡΗ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΚΡΙΤΗΡΙΩΝ	123
ΣΧΗΜΑ 3-4	
ΚΑΘΟΛΙΚΑ ΒΑΡΗ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΚΡΙΤΗΡΙΩΝ	124
ΣΧΗΜΑ 3-5	
ΚΑΘΟΛΙΚΑ ΒΑΡΗ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΤΕΛΙΚΟΥ ΚΟΜΒΟΥ	125
ΣΧΗΜΑ 4-1	
ΜΟΝΤΕΛΟ ΙΕΡΑΡΧΙΚΗΣ ΔΟΜΗΣ ΜΕ ΠΕΝΤΕ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΚΑΙ ΤΡΕΙΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΛΥΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΙΕΡΑΡΧΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	128
ΣΧΗΜΑ 4-2	
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΝΑ ΤΥΠΟ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΙΕΡΑΡΧΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	138
ΣΧΗΜΑ 4-3	
ΠΟΣΟΣΤΑ ΣΥΜΒΟΛΗΣ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΤΕΛΙΚΟΥ ΚΟΜΒΟΥ ΣΤΗΝ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΝΘΡΑΚΑ/ΛΙΓΝΙΤΗ	140
ΣΧΗΜΑ 4-4	
ΠΟΣΟΣΤΑ ΣΥΜΒΟΛΗΣ ΤΩΝ ΤΡΙΩΝ ΒΑΣΙΚΩΝ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΣΤΗΝ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΝΘΡΑΚΑ/ΛΙΓΝΙΤΗ	143

ΣΧΗΜΑ 4-5	
ΠΟΣΟΣΤΑ ΣΥΜΒΟΛΗΣ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΤΕΛΙΚΟΥ ΚΟΜΒΟΥ ΣΤΗΝ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ	145
ΣΧΗΜΑ 4-6	
ΠΟΣΟΣΤΑ ΣΥΜΒΟΛΗΣ ΤΩΝ ΤΡΙΩΝ ΒΑΣΙΚΩΝ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΣΤΗΝ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ	147
ΣΧΗΜΑ 4-7	
ΠΟΣΟΣΤΑ ΣΥΜΒΟΛΗΣ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΤΕΛΙΚΟΥ ΚΟΜΒΟΥ ΣΤΗΝ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΣΤΡΟΒΙΛΟΥ	149
ΣΧΗΜΑ 4-8	
ΠΟΣΟΣΤΑ ΣΥΜΒΟΛΗΣ ΤΩΝ ΤΡΙΩΝ ΒΑΣΙΚΩΝ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΣΤΗΝ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΣΤΡΟΒΙΛΟΥ	151
ΣΧΗΜΑ 4-9	
ΠΟΣΟΣΤΑ ΣΥΜΒΟΛΗΣ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΤΕΛΙΚΟΥ ΚΟΜΒΟΥ ΣΤΗΝ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΟΥ ΚΥΚΛΟΥ	153
ΣΧΗΜΑ 4-10	
ΠΟΣΟΣΤΑ ΣΥΜΒΟΛΗΣ ΤΩΝ ΤΡΙΩΝ ΒΑΣΙΚΩΝ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΣΤΗΝ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΟΥ ΚΥΚΛΟΥ	155
ΣΧΗΜΑ 4-11	
ΠΟΣΟΣΤΑ ΣΥΜΒΟΛΗΣ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΤΕΛΙΚΟΥ ΚΟΜΒΟΥ ΣΤΗΝ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΠΥΡΗΝΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ	156
ΣΧΗΜΑ 4-12	
ΠΟΣΟΣΤΑ ΣΥΜΒΟΛΗΣ ΤΩΝ ΤΡΙΩΝ ΒΑΣΙΚΩΝ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΣΤΗΝ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΠΥΡΗΝΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ	158
ΣΧΗΜΑ 4-13	
ΠΟΣΟΣΤΑ ΣΥΜΒΟΛΗΣ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΤΕΛΙΚΟΥ ΚΟΜΒΟΥ ΣΤΗΝ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ	160
ΣΧΗΜΑ 4-14	
ΠΟΣΟΣΤΑ ΣΥΜΒΟΛΗΣ ΤΩΝ ΤΡΙΩΝ ΒΑΣΙΚΩΝ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΣΤΗΝ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ	162
ΣΧΗΜΑ 4-15	
ΠΟΣΟΣΤΑ ΣΥΜΒΟΛΗΣ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΤΕΛΙΚΟΥ ΚΟΜΒΟΥ ΣΤΗΝ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ	163
ΣΧΗΜΑ 4-16	
ΠΟΣΟΣΤΑ ΣΥΜΒΟΛΗΣ ΤΩΝ ΤΡΙΩΝ ΒΑΣΙΚΩΝ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΣΤΗΝ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ	165
ΣΧΗΜΑ 4-17	
ΠΟΣΟΣΤΑ ΣΥΜΒΟΛΗΣ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΤΕΛΙΚΟΥ ΚΟΜΒΟΥ ΣΤΗΝ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ	167
ΣΧΗΜΑ 4-18	
ΠΟΣΟΣΤΑ ΣΥΜΒΟΛΗΣ ΤΩΝ ΤΡΙΩΝ ΒΑΣΙΚΩΝ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΣΤΗΝ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ	169
ΣΧΗΜΑ 4-19	
ΠΟΣΟΣΤΑ ΣΥΜΒΟΛΗΣ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΤΕΛΙΚΟΥ ΚΟΜΒΟΥ ΣΤΗΝ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	170
ΣΧΗΜΑ 4-20	
ΠΟΣΟΣΤΑ ΣΥΜΒΟΛΗΣ ΤΩΝ ΤΡΙΩΝ ΒΑΣΙΚΩΝ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΣΤΗΝ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	172
ΣΧΗΜΑ 4-21	
ΠΟΣΟΣΤΑ ΣΥΜΒΟΛΗΣ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΤΕΛΙΚΟΥ ΚΟΜΒΟΥ ΣΤΗΝ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ	174
ΣΧΗΜΑ 4-22	
ΠΟΣΟΣΤΑ ΣΥΜΒΟΛΗΣ ΤΩΝ ΤΡΙΩΝ ΒΑΣΙΚΩΝ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΣΤΗΝ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ	176

ΣΧΗΜΑ 4-23	
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΤΗΣ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΘΕΣΕΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	180
ΣΧΗΜΑ 4-24	
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΤΗΣ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗΣ ΑΠΟΔΟΧΗΣ.....	181
ΣΧΗΜΑ 4-25	
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΤΩΝ ΘΑΝΑΤΗΦΟΡΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ	182
ΣΧΗΜΑ 4-26	
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΤΩΝ ΜΗ ΜΕΘΑΝΟΥΧΩΝ ΠΗΓΗΤΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΕΝΩΣΕΩΝ (ΜΜΠΟΕ)	183
ΣΧΗΜΑ 4-27	
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΤΩΝ ΙΣΟΔΥΝΑΜΩΝ ΤΟΥ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ	184
ΣΧΗΜΑ 4-28	
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΤΩΝ ΟΞΕΙΔΙΩΝ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ ..	186
ΣΧΗΜΑ 4-29	
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΤΟΥ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΘΕΙΟΥ ...	187
ΣΧΗΜΑ 4-30	
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΤΩΝ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ	188
ΣΧΗΜΑ 4-31	
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	189
ΣΧΗΜΑ 4-32	
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΤΗΣ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗΣ ΕΚΤΑΣΗΣ	191
ΣΧΗΜΑ 4-33	
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΤΗΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	192
ΣΧΗΜΑ 4-34	
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΤΩΝ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΠΡΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗ	193
ΣΧΗΜΑ 4-35	
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ	194
ΣΧΗΜΑ 4-36	
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑΣ	196
ΣΧΗΜΑ 4-37	
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΦΟΡΤΙΟΥ ...	197
ΣΧΗΜΑ 4-38	
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΤΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ	198
ΣΧΗΜΑ 4-39	
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΤΟΥ ΣΤΑΘΕΡΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	199
ΣΧΗΜΑ 4-40	
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΤΟΥ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	201
ΣΧΗΜΑ 4-41	
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΤΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ	202
ΣΧΗΜΑ 4-42	
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΤΟΥ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ...	203
ΣΧΗΜΑ 4-43	
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΤΟΥ ΒΙΟΤΙΚΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ.....	207

ΣΧΗΜΑ 4-44	
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΤΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ	208
ΣΧΗΜΑ 4-45	
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΤΩΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ	210
ΣΧΗΜΑ 4-46	
ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΤΑΞΕΩΝ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΝΑ ΣΕΝΑΡΙΟ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΑΗΡ.....	240
ΣΧΗΜΑ 4-47	
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΝΘΡΑΚΑ/ΛΙΓΝΙΤΗ ΑΝΑ ΣΕΝΑΡΙΟ	249
ΣΧΗΜΑ 4-48	
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΟΝΑΔΩΝ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΑΝΑ ΣΕΝΑΡΙΟ	249
ΣΧΗΜΑ 4-49	
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΟΝΑΔΩΝ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΣΤΡΟΒΙΛΟΥ ΑΝΑ ΣΕΝΑΡΙΟ	250
ΣΧΗΜΑ 4-50	
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΟΝΑΔΩΝ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΑΝΑ ΣΕΝΑΡΙΟ	250
ΣΧΗΜΑ 4-51	
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΥΡΗΝΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΝΑ ΣΕΝΑΡΙΟ	251
ΣΧΗΜΑ 4-52	
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΥΔΡΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΝΑ ΣΕΝΑΡΙΟ.....	251
ΣΧΗΜΑ 4-53	
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΔΙΟΛΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΝΑ ΣΕΝΑΡΙΟ	252
ΣΧΗΜΑ 4-54	
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΝΑ ΣΕΝΑΡΙΟ	252
ΣΧΗΜΑ 4-55	
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΟΝΑΔΩΝ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΑΝΑ ΣΕΝΑΡΙΟ.....	253
ΣΧΗΜΑ 4-56	
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΝΑ ΣΕΝΑΡΙΟ	253
ΣΧΗΜΑ 4-57	
ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΤΑΞΕΩΝ ΑΝΑ ΤΥΠΟ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΑΗΡ.....	254
ΣΧΗΜΑ 5-1	
ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗΣ $H(D)$	257
ΣΧΗΜΑ 5-2	
ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΓΙΑ ΤΟ ΣΥΝΗΘΙΣΜΕΝΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ.....	258
ΣΧΗΜΑ 5-3	
ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΓΙΑ ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΙΚΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ	259
ΣΧΗΜΑ 5-4	
ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΓΙΑ ΤΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΜΕ ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΠΡΟΤΙΜΗΣΗ	260
ΣΧΗΜΑ 5-5	
ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΓΙΑ ΤΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΣΤΑΘΜΗΣ	261
ΣΧΗΜΑ 5-6	
ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΓΙΑ ΤΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΜΕ ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΠΡΟΤΙΜΗΣΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΔΙΑΦΟΡΙΑΣ.....	261
ΣΧΗΜΑ 5-7	
ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΓΙΑ ΤΟ GAUSSIAN ΚΡΙΤΗΡΙΟ.....	262
ΣΧΗΜΑ 5-8	
ΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΗΣ ΕΞΕΡΧΟΜΕΝΗΣ ΡΟΗΣ.....	264
ΣΧΗΜΑ 5-9	
ΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΗΣ ΕΙΣΕΡΧΟΜΕΝΗΣ ΡΟΗΣ.....	265
ΣΧΗΜΑ 5-10	
ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΚΑΘΑΡΩΝ ΡΟΩΝ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΠΟΥ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΕΞΙ ΤΥΠΩΝ ΓΕΝΙΚΕΥΜΕΝΩΝ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΚΑΙ ΤΟΥ ΜΕΣΟΥ ΟΡΟΥ ΤΟΥΣ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ.....	280

ΣΧΗΜΑ 6-8	
ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΤΑΞΕΩΝ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΣΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 7 ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΤΡΕΙΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΚΑΤΩΦΛΙΟΥ ΑΠΟΡΡΙΨΗΣ	408
ΣΧΗΜΑ 6-9	
ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΤΑΞΕΩΝ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΝΑ ΣΕΝΑΡΙΟ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ELECTRE III.....	411
ΣΧΗΜΑ 6-10	
ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΤΑΞΕΩΝ ΑΝΑ ΤΥΠΟ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ELECTRE III.....	412
ΣΧΗΜΑ 7-1	
ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ	416
ΣΧΗΜΑ 7-2	
ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΤΑΞΕΩΝ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΣΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΑΗΡ, PROMETHEE ΚΑΙ ELECTRE ΚΑΙ ΤΗΣ ΤΕΛΙΚΗΣ ΜΕΣΗΣ ΚΑΤΑΤΑΞΗΣ	430
ΣΧΗΜΑ 7-3	
ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΤΑΞΕΩΝ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΣΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 1 ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΑΗΡ, PROMETHEE ΚΑΙ ELECTRE ΚΑΙ ΤΗΣ ΤΕΛΙΚΗΣ ΜΕΣΗΣ ΚΑΤΑΤΑΞΗΣ	431
ΣΧΗΜΑ 7-4	
ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΤΑΞΕΩΝ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΣΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 2 ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΑΗΡ, PROMETHEE ΚΑΙ ELECTRE ΚΑΙ ΤΗΣ ΤΕΛΙΚΗΣ ΜΕΣΗΣ ΚΑΤΑΤΑΞΗΣ	432
ΣΧΗΜΑ 7-5	
ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΤΑΞΕΩΝ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΣΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 3 ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΑΗΡ, PROMETHEE ΚΑΙ ELECTRE ΚΑΙ ΤΗΣ ΤΕΛΙΚΗΣ ΜΕΣΗΣ ΚΑΤΑΤΑΞΗΣ	433
ΣΧΗΜΑ 7-6	
ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΤΑΞΕΩΝ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΣΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 4 ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΑΗΡ, PROMETHEE ΚΑΙ ELECTRE ΚΑΙ ΤΗΣ ΤΕΛΙΚΗΣ ΜΕΣΗΣ ΚΑΤΑΤΑΞΗΣ	434
ΣΧΗΜΑ 7-7	
ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΤΑΞΕΩΝ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΣΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 5 ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΑΗΡ, PROMETHEE ΚΑΙ ELECTRE ΚΑΙ ΤΗΣ ΤΕΛΙΚΗΣ ΜΕΣΗΣ ΚΑΤΑΤΑΞΗΣ	435
ΣΧΗΜΑ 7-8	
ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΤΑΞΕΩΝ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΣΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 6 ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΑΗΡ, PROMETHEE ΚΑΙ ELECTRE ΚΑΙ ΤΗΣ ΤΕΛΙΚΗΣ ΜΕΣΗΣ ΚΑΤΑΤΑΞΗΣ	436
ΣΧΗΜΑ 7-9	
ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΤΑΞΕΩΝ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΣΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 7 ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΑΗΡ, PROMETHEE ΚΑΙ ELECTRE ΚΑΙ ΤΗΣ ΤΕΛΙΚΗΣ ΜΕΣΗΣ ΚΑΤΑΤΑΞΗΣ	437
ΣΧΗΜΑ 7-10	
ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΤΑΞΕΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΑΗΡ, PROMETHEE ΚΑΙ ELECTRE ΚΑΙ ΤΗΣ ΤΕΛΙΚΗΣ ΜΕΣΗΣ ΚΑΤΑΤΑΞΗΣ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΝΘΡΑΚΑ/ΛΙΓΝΙΤΗ ΣΤΑ ΣΕΝΑΡΙΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ	445
ΣΧΗΜΑ 7-11	
ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΤΑΞΕΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΑΗΡ, PROMETHEE ΚΑΙ ELECTRE ΚΑΙ ΤΗΣ ΤΕΛΙΚΗΣ ΜΕΣΗΣ ΚΑΤΑΤΑΞΗΣ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΣΤΑ ΣΕΝΑΡΙΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ	446
ΣΧΗΜΑ 7-12	
ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΤΑΞΕΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΑΗΡ, PROMETHEE ΚΑΙ ELECTRE ΚΑΙ ΤΗΣ ΤΕΛΙΚΗΣ ΜΕΣΗΣ ΚΑΤΑΤΑΞΗΣ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΣΤΡΟΒΙΛΟΥ ΣΤΑ ΣΕΝΑΡΙΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ.....	447

ΣΧΗΜΑ 7-13	
ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΤΑΞΕΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ AHP, PROMETHEE ΚΑΙ ELECTRE ΚΑΙ ΤΗΣ ΤΕΛΙΚΗΣ ΜΕΣΗΣ ΚΑΤΑΤΑΞΗΣ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΣΤΑ ΣΕΝΑΡΙΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ.....	448
ΣΧΗΜΑ 7-14	
ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΤΑΞΕΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ AHP, PROMETHEE ΚΑΙ ELECTRE ΚΑΙ ΤΗΣ ΤΕΛΙΚΗΣ ΜΕΣΗΣ ΚΑΤΑΤΑΞΗΣ ΤΩΝ ΠΥΡΗΝΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΣΤΑ ΣΕΝΑΡΙΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ.....	449
ΣΧΗΜΑ 7-15	
ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΤΑΞΕΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ AHP, PROMETHEE ΚΑΙ ELECTRE ΚΑΙ ΤΗΣ ΤΕΛΙΚΗΣ ΜΕΣΗΣ ΚΑΤΑΤΑΞΗΣ ΤΩΝ ΥΔΡΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΣΤΑ ΣΕΝΑΡΙΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ	450
ΣΧΗΜΑ 7-16	
ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΤΑΞΕΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ AHP, PROMETHEE ΚΑΙ ELECTRE ΚΑΙ ΤΗΣ ΤΕΛΙΚΗΣ ΜΕΣΗΣ ΚΑΤΑΤΑΞΗΣ ΤΩΝ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΣΤΑ ΣΕΝΑΡΙΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ.....	451
ΣΧΗΜΑ 7-17	
ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΤΑΞΕΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ AHP, PROMETHEE ΚΑΙ ELECTRE ΚΑΙ ΤΗΣ ΤΕΛΙΚΗΣ ΜΕΣΗΣ ΚΑΤΑΤΑΞΗΣ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΣΤΑ ΣΕΝΑΡΙΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ	452
ΣΧΗΜΑ 7-18	
ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΤΑΞΕΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ AHP, PROMETHEE ΚΑΙ ELECTRE ΚΑΙ ΤΗΣ ΤΕΛΙΚΗΣ ΜΕΣΗΣ ΚΑΤΑΤΑΞΗΣ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΣΤΑ ΣΕΝΑΡΙΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ	453
ΣΧΗΜΑ 7-19	
ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΤΑΞΕΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ AHP, PROMETHEE ΚΑΙ ELECTRE ΚΑΙ ΤΗΣ ΤΕΛΙΚΗΣ ΜΕΣΗΣ ΚΑΤΑΤΑΞΗΣ ΤΩΝ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΣΤΑ ΣΕΝΑΡΙΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ	454

Κατάλογος Πινάκων

ΠΙΝΑΚΑΣ 1-1	
ΤΑ ΟΚΤΩ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ PROACT ΓΙΑ ΤΗΝ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ	40
ΠΙΝΑΚΑΣ 1-2	
ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ Μ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΛΥΣΕΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ Ν ΚΡΙΤΗΡΙΑ	44
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-1	
ΜΕΣΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΝΕΩΝ ΘΕΣΕΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΓΙΑ ΣΤΑΘΜΟ ΙΣΧΥΟΣ 500 MW ΣΤΙΣ ΗΝΩΜΕΝΕΣ ΠΟΛΙΤΕΙΕΣ.....	87
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-2	
ΑΝΑΛΟΓΙΚΗ ΚΛΙΜΑΚΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΤΙΚΗΣ ΙΕΡΑΡΧΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ.....	88
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-3	
ΥΠΟΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΤΑ ΖΕΥΓΗ ΤΟΥ ΒΑΘΜΟΥ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗΣ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΣΤΙΣ ΑΝΕΠΤΥΓΜΕΝΕΣ ΧΩΡΕΣ.....	89
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-4	
ΠΟΣΟΣΤΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗΣ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΣΤΙΣ ΑΝΕΠΤΥΓΜΕΝΕΣ ΧΩΡΕΣ.....	90
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-5	
ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΛΙΣΤΑ ΠΟΛΥΝΕΚΡΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ.....	91
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-6	
ΘΑΝΑΤΗΦΟΡΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ ΑΝΑ ΤΥΠΟ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΠΟ ΤΟ 1970 ΕΩΣ ΤΟ 1992	91
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-7	
ΜΗ ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΡΥΠΩΝ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΑΝΑ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ ΜΕ ΒΑΣΗ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	93
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-8	
ΙΣΟΔΥΝΑΜΑ ΤΟΥ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΔΕΙΚΤΗ ΔΘΠ (GWP) ΓΙΑ ΧΡΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟ 100 ΕΤΩΝ, ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΙΣ ΕΚΘΕΣΕΙΣ ΤΟΥ IPCC ΤΟ 1996 ΚΑΙ ΤΟ 2001	94
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-9	
ΣΥΝΟΨΗ ΤΩΝ ΟΔΗΓΙΩΝ 1996/62/EC ΚΑΙ 1999/30/EC ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗΣ ΈΝΩΣΗΣ ΓΙΑ ΤΑ ΟΡΙΑ ΣΤΙΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ PM ₁₀ ΣΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ	98
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-10	
ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΜΟΝΑΔΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΜΕ ΙΣΧΥ 1000 MW ΣΤΙΣ ΗΝΩΜΕΝΕΣ ΠΟΛΙΤΕΙΕΣ	98
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-11	
ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΕΚΤΑΣΗ ΑΝΑ ΤΥΠΟ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	99
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-12	
ΥΠΟΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΤΑ ΖΕΥΓΗ ΤΟΥ ΒΑΘΜΟΥ ΣΥΜΒΟΛΗΣ ΣΤΗΝ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ ΤΟΥ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΣΤΙΣ ΑΝΕΠΤΥΓΜΕΝΕΣ ΧΩΡΕΣ.....	101
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-13	
ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΥΜΒΟΛΗΣ ΣΤΗΝ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ ΤΟΥ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΣΤΙΣ ΑΝΕΠΤΥΓΜΕΝΕΣ ΧΩΡΕΣ.....	101
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-14	
ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΑΝΑΛΟΓΙΑΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΠΡΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	102
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-15	
ΜΕΣΟΙ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ, ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΦΟΡΤΙΟΥ ΑΝΑ ΤΥΠΟ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	104
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-16	
ΜΕΣΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ ΑΝΑ ΤΥΠΟ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	106

ΠΙΝΑΚΑΣ 3-17	
ΜΕΣΟ ΣΤΑΘΕΡΟ ΚΟΣΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΑΝΑ ΤΥΠΟ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	107
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-18	
ΜΕΣΟ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟ ΚΟΣΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΑΝΑ ΤΥΠΟ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	108
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-19	
ΜΕΣΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΑΝΑ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΚΙΛΟΒΑΤΩΡΑ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΔΕΚΑ ΤΥΠΟΥΣ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	109
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-20	
ΜΕΣΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΑΝΑ ΤΥΠΟ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΈΝΩΣΗ ΤΩΝ 15	110
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-21	
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΤΑ ΖΕΥΓΗ ΤΗΣ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΤΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ 2 ΤΗΣ ΔΕΝΔΡΙΚΗΣ ΙΕΡΑΡΧΙΚΗΣ ΔΟΜΗΣ	112
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-22	
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΤΑ ΖΕΥΓΗ ΤΗΣ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΥΠΟΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΤΟΥ «ΒΙΟΤΙΚΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ\	114
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-23	
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΤΑ ΖΕΥΓΗ ΤΗΣ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΥΠΟΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΤΩΝ «ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ \	114
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-24	
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΤΑ ΖΕΥΓΗ ΤΗΣ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΥΠΟΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΤΩΝ «ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ\	115
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-25	
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΖΕΥΓΟΥΣ ΤΩΝ ΥΠΟΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΤΩΝ «ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ\	116
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-26	
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΤΑ ΖΕΥΓΗ ΤΗΣ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΥΠΟΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΤΗΣ «ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΖΩΗΣ ΚΑΙ ΑΕΙΦΟΡΟΥ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ \	117
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-27	
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΖΕΥΓΟΥΣ ΤΩΝ ΥΠΟΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΤΟΥ «ΚΟΣΤΟΥΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ\	118
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-28	
ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΜΗ ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΚΟΣΤΟΣ ΤΟΥΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΚΥΚΛΟ ΖΩΗΣ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ	119
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-29	
ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΕΣ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΥΠΟΚΕΙΜΕΝΙΚΕΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΒΛΑΒΗΣ ΤΩΝ ΜΗ ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΣΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ ΚΑΙ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΥΠΟΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ	120
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-30	
ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗ, ΥΠΟΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΚΑΙ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΜΗ ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΡΥΠΩΝ	120
ΠΙΝΑΚΑΣ 4-1	
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΕΙΣ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ, ΕΙΔΗ ΚΑΙ ΒΑΡΗ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΤΕΛΙΚΩΝ ΚΟΜΒΩΝ	134
ΠΙΝΑΚΑΣ 4-2	
ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΣΥΜΒΟΛΗ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΤΕΛΙΚΩΝ ΚΟΜΒΩΝ ΣΤΗΝ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΘΕ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ	135
ΠΙΝΑΚΑΣ 4-3	
ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΥΜΒΟΛΗΣ ΚΑΘΕ ΚΡΙΤΗΡΙΟΥ ΤΕΛΙΚΟΥ ΚΟΜΒΟΥ ΣΤΗΝ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΘΕ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ	136
ΠΙΝΑΚΑΣ 4-4	
ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙΜΕΡΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ ΚΑΘΕ ΚΡΙΤΗΡΙΟΥ ΤΕΛΙΚΟΥ ΚΟΜΒΟΥ ΣΤΟΥΣ ΔΕΚΑ ΤΥΠΟΥΣ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ	137
ΠΙΝΑΚΑΣ 4-5	
ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΔΙΑΦΟΡΑ ΜΕΤΑΞΥ ΠΟΣΟΣΤΩΝ ΣΥΜΒΟΛΗΣ ΣΤΗΝ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΝΘΡΑΚΑ/ΛΙΓΝΙΤΗ ΚΑΙ ΒΑΡΟΥΣ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΤΕΛΙΚΟΥ ΚΟΜΒΟΥ	142

ΠΙΝΑΚΑΣ 4-24	
ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΔΙΑΦΟΡΑ ΜΕΤΑΞΥ ΠΟΣΟΣΤΩΝ ΣΥΜΒΟΛΗΣ ΣΤΗΝ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΚΑΙ ΒΑΡΟΥΣ ΒΑΣΙΚΩΝ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ	176
ΠΙΝΑΚΑΣ 4-25	
ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΜΕΣΩ ΕΠΤΑ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΠΟΥ ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΥΟΥΝ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΣΥΝΟΛΑ ΒΑΡΩΝ ΤΩΝ ΤΡΙΩΝ ΒΑΣΙΚΩΝ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ	212
ΠΙΝΑΚΑΣ 4-26	
ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΣΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 1 (BE=33,33%, ΤΠ=33,33%, ΟΠ=33,33%) ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ	233
ΠΙΝΑΚΑΣ 4-27	
ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΣΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 2 (BE=100%, ΤΠ=0%, ΟΠ=0%) ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ	234
ΠΙΝΑΚΑΣ 4-28	
ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΣΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 3 (BE=60%, ΤΠ=20%, ΟΠ=20%) ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ	235
ΠΙΝΑΚΑΣ 4-29	
ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΣΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 4 (BE=20%, ΤΠ=60%, ΟΠ=20%) ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ	236
ΠΙΝΑΚΑΣ 4-30	
ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΣΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 5 (BE=0%, ΤΠ=100%, ΟΠ=0%) ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ	237
ΠΙΝΑΚΑΣ 4-31	
ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΣΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 6 (BE=20%, ΤΠ=20%, ΟΠ=60%) ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ	238
ΠΙΝΑΚΑΣ 4-32	
ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΣΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 7 (BE=0%, ΤΠ=0%, ΟΠ=100%) ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ	239
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-1	
ΟΙ ΕΞΙ ΤΥΠΟΙ ΓΕΝΙΚΕΥΜΕΝΩΝ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΣΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ PROMETHEE	263
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-2	
ΒΑΡΗ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΤΕΛΙΚΩΝ ΚΟΜΒΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΚΑΙ ΤΑ ΕΠΤΑ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΣΕΝΑΡΙΑ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ	270
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-3	
ΤΙΜΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ PROMETHEE	271
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-4	
ΡΟΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ PROMETHEE II ΓΙΑ ΤΟ ΣΥΝΗΘΙΣΜΕΝΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ (ΤΥΠΟΣ I) ΚΑΙ ΤΑ ΒΑΡΗ ΤΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ	272
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-5	
ΡΟΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ PROMETHEE II ΓΙΑ ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΙΚΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ (ΤΥΠΟΣ II) ΚΑΙ ΤΑ ΒΑΡΗ ΤΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ	273
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-6	
ΡΟΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ PROMETHEE II ΓΙΑ ΤΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΜΕ ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΠΡΟΤΙΜΗΣΗ (ΤΥΠΟΣ III) ΚΑΙ ΤΑ ΒΑΡΗ ΤΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ	274
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-7	
ΡΟΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ PROMETHEE II ΓΙΑ ΤΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΣΤΑΘΜΗΣ (ΤΥΠΟΣ IV) ΚΑΙ ΤΑ ΒΑΡΗ ΤΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ	275
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-8	
ΡΟΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ PROMETHEE II ΓΙΑ ΤΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΜΕ ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΠΡΟΤΙΜΗΣΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΔΙΑΦΟΡΙΑΣ (ΤΥΠΟΣ V) ΚΑΙ ΤΑ ΒΑΡΗ ΤΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ	276
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-9	
ΡΟΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ PROMETHEE II ΓΙΑ ΤΟ GAUSSIAN ΚΡΙΤΗΡΙΟ (ΤΥΠΟΣ VI) ΚΑΙ ΤΑ ΒΑΡΗ ΤΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ	277

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-10

ΚΑΝΟΝΙΚΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΝ ΜΕΣΟ ΟΡΟ ΤΩΝ ΚΑΘΑΡΩΝ ΡΟΩΝ ΠΟΥ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΕΞΙ ΤΥΠΩΝ ΓΕΝΙΚΕΥΜΕΝΩΝ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΣΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ.....278

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-11

ΡΟΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ PROMETHEE II ΓΙΑ ΤΟ ΣΥΝΗΘΙΣΜΕΝΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ (ΤΥΠΟΣ I) ΚΑΙ ΤΑ ΒΑΡΗ ΤΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 1281

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-12

ΡΟΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ PROMETHEE II ΓΙΑ ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΙΚΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ (ΤΥΠΟΣ II) ΚΑΙ ΤΑ ΒΑΡΗ ΤΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 1282

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-13

ΡΟΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ PROMETHEE II ΓΙΑ ΤΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΜΕ ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΠΡΟΤΙΜΗΣΗ (ΤΥΠΟΣ III) ΚΑΙ ΤΑ ΒΑΡΗ ΤΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 1283

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-14

ΡΟΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ PROMETHEE II ΓΙΑ ΤΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΣΤΑΘΜΗΣ (ΤΥΠΟΣ IV) ΚΑΙ ΤΑ ΒΑΡΗ ΤΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 1284

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-15

ΡΟΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ PROMETHEE II ΓΙΑ ΤΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΜΕ ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΠΡΟΤΙΜΗΣΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΔΙΑΦΟΡΙΑΣ (ΤΥΠΟΣ V) ΚΑΙ ΤΑ ΒΑΡΗ ΤΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 1285

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-16

ΡΟΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ PROMETHEE II ΓΙΑ ΤΟ GAUSSIAN ΚΡΙΤΗΡΙΟ (ΤΥΠΟΣ VI) ΚΑΙ ΤΑ ΒΑΡΗ ΤΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 1286

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-17

ΚΑΝΟΝΙΚΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΝ ΜΕΣΟ ΟΡΟ ΤΩΝ ΚΑΘΑΡΩΝ ΡΟΩΝ ΠΟΥ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΕΞΙ ΤΥΠΩΝ ΓΕΝΙΚΕΥΜΕΝΩΝ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΣΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 1286

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-18

ΡΟΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ PROMETHEE II ΓΙΑ ΤΟ ΣΥΝΗΘΙΣΜΕΝΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ (ΤΥΠΟΣ I) ΚΑΙ ΤΑ ΒΑΡΗ ΤΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 2289

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-19

ΡΟΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ PROMETHEE II ΓΙΑ ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΙΚΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ (ΤΥΠΟΣ II) ΚΑΙ ΤΑ ΒΑΡΗ ΤΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 2290

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-20

ΡΟΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ PROMETHEE II ΓΙΑ ΤΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΜΕ ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΠΡΟΤΙΜΗΣΗ (ΤΥΠΟΣ III) ΚΑΙ ΤΑ ΒΑΡΗ ΤΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 2291

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-21

ΡΟΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ PROMETHEE II ΓΙΑ ΤΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΣΤΑΘΜΗΣ (ΤΥΠΟΣ IV) ΚΑΙ ΤΑ ΒΑΡΗ ΤΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 2291

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-22

ΡΟΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ PROMETHEE II ΓΙΑ ΤΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΜΕ ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΠΡΟΤΙΜΗΣΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΔΙΑΦΟΡΙΑΣ (ΤΥΠΟΣ V) ΚΑΙ ΤΑ ΒΑΡΗ ΤΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 2292

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-23

ΡΟΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ PROMETHEE II ΓΙΑ ΤΟ GAUSSIAN ΚΡΙΤΗΡΙΟ (ΤΥΠΟΣ VI) ΚΑΙ ΤΑ ΒΑΡΗ ΤΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 2293

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-24

ΚΑΝΟΝΙΚΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΝ ΜΕΣΟ ΟΡΟ ΤΩΝ ΚΑΘΑΡΩΝ ΡΟΩΝ ΠΟΥ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΕΞΙ ΤΥΠΩΝ ΓΕΝΙΚΕΥΜΕΝΩΝ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΣΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 2294

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-25

ΡΟΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ PROMETHEE II ΓΙΑ ΤΟ ΣΥΝΗΘΙΣΜΕΝΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ (ΤΥΠΟΣ I) ΚΑΙ ΤΑ ΒΑΡΗ ΤΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 3296

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-26

ΡΟΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ PROMETHEE II ΓΙΑ ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΙΚΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ (ΤΥΠΟΣ II) ΚΑΙ ΤΑ ΒΑΡΗ ΤΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 3297

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-27	
ΡΟΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ PROMETHEE II ΓΙΑ ΤΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΜΕ ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΠΡΟΤΙΜΗΣΗ (ΤΥΠΟΣ III) ΚΑΙ ΤΑ ΒΑΡΗ ΤΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 3	298
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-28	
ΡΟΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ PROMETHEE II ΓΙΑ ΤΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΣΤΑΘΜΗΣ (ΤΥΠΟΣ IV) ΚΑΙ ΤΑ ΒΑΡΗ ΤΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 3	299
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-29	
ΡΟΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ PROMETHEE II ΓΙΑ ΤΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΜΕ ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΠΡΟΤΙΜΗΣΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΔΙΑΦΟΡΙΑΣ (ΤΥΠΟΣ V) ΚΑΙ ΤΑ ΒΑΡΗ ΤΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 3	300
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-30	
ΡΟΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ PROMETHEE II ΓΙΑ ΤΟ GAUSSIAN ΚΡΙΤΗΡΙΟ (ΤΥΠΟΣ VI) ΚΑΙ ΤΑ ΒΑΡΗ ΤΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 3	301
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-31	
ΚΑΝΟΝΙΚΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΝ ΜΕΣΟ ΟΡΟ ΤΩΝ ΚΑΘΑΡΩΝ ΡΟΩΝ ΠΟΥ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΕΞΙ ΤΥΠΩΝ ΓΕΝΙΚΕΥΜΕΝΩΝ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΣΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 3	302
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-32	
ΡΟΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ PROMETHEE II ΓΙΑ ΤΟ ΣΥΝΗΘΙΣΜΕΝΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ (ΤΥΠΟΣ I) ΚΑΙ ΤΑ ΒΑΡΗ ΤΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 4	304
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-33	
ΡΟΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ PROMETHEE II ΓΙΑ ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΙΚΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ (ΤΥΠΟΣ II) ΚΑΙ ΤΑ ΒΑΡΗ ΤΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 4	305
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-34	
ΡΟΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ PROMETHEE II ΓΙΑ ΤΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΜΕ ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΠΡΟΤΙΜΗΣΗ (ΤΥΠΟΣ III) ΚΑΙ ΤΑ ΒΑΡΗ ΤΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 4	306
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-35	
ΡΟΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ PROMETHEE II ΓΙΑ ΤΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΣΤΑΘΜΗΣ (ΤΥΠΟΣ IV) ΚΑΙ ΤΑ ΒΑΡΗ ΤΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 4	307
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-36	
ΡΟΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ PROMETHEE II ΓΙΑ ΤΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΜΕ ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΠΡΟΤΙΜΗΣΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΔΙΑΦΟΡΙΑΣ (ΤΥΠΟΣ V) ΚΑΙ ΤΑ ΒΑΡΗ ΤΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 4	308
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-37	
ΡΟΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ PROMETHEE II ΓΙΑ ΤΟ GAUSSIAN ΚΡΙΤΗΡΙΟ (ΤΥΠΟΣ VI) ΚΑΙ ΤΑ ΒΑΡΗ ΤΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 4	308
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-38	
ΚΑΝΟΝΙΚΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΝ ΜΕΣΟ ΟΡΟ ΤΩΝ ΚΑΘΑΡΩΝ ΡΟΩΝ ΠΟΥ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΕΞΙ ΤΥΠΩΝ ΓΕΝΙΚΕΥΜΕΝΩΝ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΣΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 4	309
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-39	
ΡΟΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ PROMETHEE II ΓΙΑ ΤΟ ΣΥΝΗΘΙΣΜΕΝΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ (ΤΥΠΟΣ I) ΚΑΙ ΤΑ ΒΑΡΗ ΤΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 5	312
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-40	
ΡΟΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ PROMETHEE II ΓΙΑ ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΙΚΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ (ΤΥΠΟΣ II) ΚΑΙ ΤΑ ΒΑΡΗ ΤΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 5	313
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-41	
ΡΟΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ PROMETHEE II ΓΙΑ ΤΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΜΕ ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΠΡΟΤΙΜΗΣΗ (ΤΥΠΟΣ III) ΚΑΙ ΤΑ ΒΑΡΗ ΤΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 5	314
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-42	
ΡΟΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ PROMETHEE II ΓΙΑ ΤΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΣΤΑΘΜΗΣ (ΤΥΠΟΣ IV) ΚΑΙ ΤΑ ΒΑΡΗ ΤΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 5	315
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-43	
ΡΟΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ PROMETHEE II ΓΙΑ ΤΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΜΕ ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΠΡΟΤΙΜΗΣΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΔΙΑΦΟΡΙΑΣ (ΤΥΠΟΣ V) ΚΑΙ ΤΑ ΒΑΡΗ ΤΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 5	316

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-44	
ΡΟΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ PROMETHEE II ΓΙΑ ΤΟ GAUSSIAN ΚΡΙΤΗΡΙΟ (ΤΥΠΟΣ VI) ΚΑΙ ΤΑ ΒΑΡΗ ΤΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 5	317
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-45	
ΚΑΝΟΝΙΚΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΝ ΜΕΣΟ ΟΡΟ ΤΩΝ ΚΑΘΑΡΩΝ ΡΟΩΝ ΠΟΥ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΕΞΙ ΤΥΠΩΝ ΓΕΝΙΚΕΥΜΕΝΩΝ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΣΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 5	318
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-46	
ΡΟΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ PROMETHEE II ΓΙΑ ΤΟ ΣΥΝΗΘΙΣΜΕΝΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ (ΤΥΠΟΣ I) ΚΑΙ ΤΑ ΒΑΡΗ ΤΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 6	321
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-47	
ΡΟΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ PROMETHEE II ΓΙΑ ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΙΚΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ (ΤΥΠΟΣ II) ΚΑΙ ΤΑ ΒΑΡΗ ΤΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 6	321
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-48	
ΡΟΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ PROMETHEE II ΓΙΑ ΤΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΜΕ ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΠΡΟΤΙΜΗΣΗ (ΤΥΠΟΣ III) ΚΑΙ ΤΑ ΒΑΡΗ ΤΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 6	322
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-49	
ΡΟΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ PROMETHEE II ΓΙΑ ΤΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΣΤΑΘΜΗΣ (ΤΥΠΟΣ IV) ΚΑΙ ΤΑ ΒΑΡΗ ΤΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 6	323
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-50	
ΡΟΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ PROMETHEE II ΓΙΑ ΤΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΜΕ ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΠΡΟΤΙΜΗΣΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΔΙΑΦΟΡΙΑΣ (ΤΥΠΟΣ V) ΚΑΙ ΤΑ ΒΑΡΗ ΤΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 6	324
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-51	
ΡΟΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ PROMETHEE II ΓΙΑ ΤΟ GAUSSIAN ΚΡΙΤΗΡΙΟ (ΤΥΠΟΣ VI) ΚΑΙ ΤΑ ΒΑΡΗ ΤΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 6	325
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-52	
ΚΑΝΟΝΙΚΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΝ ΜΕΣΟ ΟΡΟ ΤΩΝ ΚΑΘΑΡΩΝ ΡΟΩΝ ΠΟΥ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΕΞΙ ΤΥΠΩΝ ΓΕΝΙΚΕΥΜΕΝΩΝ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΣΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 6	326
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-53	
ΡΟΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ PROMETHEE II ΓΙΑ ΤΟ ΣΥΝΗΘΙΣΜΕΝΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ (ΤΥΠΟΣ I) ΚΑΙ ΤΑ ΒΑΡΗ ΤΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 7	329
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-54	
ΡΟΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ PROMETHEE II ΓΙΑ ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΙΚΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ (ΤΥΠΟΣ II) ΚΑΙ ΤΑ ΒΑΡΗ ΤΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 7	330
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-55	
ΡΟΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ PROMETHEE II ΓΙΑ ΤΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΜΕ ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΠΡΟΤΙΜΗΣΗ (ΤΥΠΟΣ III) ΚΑΙ ΤΑ ΒΑΡΗ ΤΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 7	331
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-56	
ΡΟΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ PROMETHEE II ΓΙΑ ΤΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΣΤΑΘΜΗΣ (ΤΥΠΟΣ IV) ΚΑΙ ΤΑ ΒΑΡΗ ΤΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 7	332
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-57	
ΡΟΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ PROMETHEE II ΓΙΑ ΤΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΜΕ ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΠΡΟΤΙΜΗΣΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΔΙΑΦΟΡΙΑΣ (ΤΥΠΟΣ V) ΚΑΙ ΤΑ ΒΑΡΗ ΤΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 7	333
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-58	
ΡΟΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ PROMETHEE II ΓΙΑ ΤΟ GAUSSIAN ΚΡΙΤΗΡΙΟ (ΤΥΠΟΣ VI) ΚΑΙ ΤΑ ΒΑΡΗ ΤΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 7	334
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-59	
ΚΑΝΟΝΙΚΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΝ ΜΕΣΟ ΟΡΟ ΤΩΝ ΚΑΘΑΡΩΝ ΡΟΩΝ ΠΟΥ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΕΞΙ ΤΥΠΩΝ ΓΕΝΙΚΕΥΜΕΝΩΝ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΣΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 7	334
ΠΙΝΑΚΑΣ 6-1	
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΕΙΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΛΥΣΕΩΝ ΚΑΙ ΤΙΜΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ELECTRE III	354

ΠΙΝΑΚΑΣ 6-2	
ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ, ΦΘΙΝΟΥΣΑ, ΑΥΞΟΥΣΑ ΚΑΙ ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ELECTRE III ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΧΩΡΙΣ ΧΡΗΣΗ ΤΙΜΗΣ ΚΑΤΩΦΛΙΟΥ ΑΠΟΡΡΙΨΗΣ	355
ΠΙΝΑΚΑΣ 6-3	
ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ, ΦΘΙΝΟΥΣΑ, ΑΥΞΟΥΣΑ ΚΑΙ ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ELECTRE III ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΜΕ ΤΙΜΗ ΚΑΤΩΦΛΙΟΥ ΑΠΟΡΡΙΨΗΣ V_1 ΙΣΗ ΜΕ ΤΗ ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΤΩΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΕΩΝ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΚΡΙΤΗΡΙΟ	356
ΠΙΝΑΚΑΣ 6-4	
ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ, ΦΘΙΝΟΥΣΑ, ΑΥΞΟΥΣΑ ΚΑΙ ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ELECTRE III ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΜΕ ΤΙΜΗ ΚΑΤΩΦΛΙΟΥ ΑΠΟΡΡΙΨΗΣ V_2 ΙΣΗ ΜΕ ΤΟ ΔΙΠΛΑΣΙΟ ΤΗΣ ΜΕΣΗΣ ΤΙΜΗΣ ΤΩΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΕΩΝ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΚΡΙΤΗΡΙΟ	357
ΠΙΝΑΚΑΣ 6-5	
ΜΕΣΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ELECTRE III, ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΝ ΜΕΣΟ ΟΡΟ ΤΩΝ ΚΑΤΑΤΑΞΕΩΝ ΓΙΑ ΤΙΣ ΤΡΕΙΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΚΑΤΩΦΛΙΟΥ ΑΠΟΡΡΙΨΗΣ	358
ΠΙΝΑΚΑΣ 6-6	
ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ, ΦΘΙΝΟΥΣΑ, ΑΥΞΟΥΣΑ ΚΑΙ ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ELECTRE III ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 1 ΧΩΡΙΣ ΧΡΗΣΗ ΤΙΜΗΣ ΚΑΤΩΦΛΙΟΥ ΑΠΟΡΡΙΨΗΣ	362
ΠΙΝΑΚΑΣ 6-7	
ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ, ΦΘΙΝΟΥΣΑ, ΑΥΞΟΥΣΑ ΚΑΙ ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ELECTRE III ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 1 ΜΕ ΤΙΜΗ ΚΑΤΩΦΛΙΟΥ ΑΠΟΡΡΙΨΗΣ V_1 ΙΣΗ ΜΕ ΤΗ ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΤΩΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΕΩΝ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΚΡΙΤΗΡΙΟ	363
ΠΙΝΑΚΑΣ 6-8	
ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ, ΦΘΙΝΟΥΣΑ, ΑΥΞΟΥΣΑ ΚΑΙ ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ELECTRE III ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 1 ΜΕ ΤΙΜΗ ΚΑΤΩΦΛΙΟΥ ΑΠΟΡΡΙΨΗΣ V_2 ΙΣΗ ΜΕ ΤΟ ΔΙΠΛΑΣΙΟ ΤΗΣ ΜΕΣΗΣ ΤΙΜΗΣ ΤΩΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΕΩΝ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΚΡΙΤΗΡΙΟ	364
ΠΙΝΑΚΑΣ 6-9	
ΜΕΣΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 1 ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ELECTRE III, ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΝ ΜΕΣΟ ΟΡΟ ΤΩΝ ΚΑΤΑΤΑΞΕΩΝ ΓΙΑ ΤΙΣ ΤΡΕΙΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΚΑΤΩΦΛΙΟΥ ΑΠΟΡΡΙΨΗΣ	365
ΠΙΝΑΚΑΣ 6-10	
ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ, ΦΘΙΝΟΥΣΑ, ΑΥΞΟΥΣΑ ΚΑΙ ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ELECTRE III ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 2 ΧΩΡΙΣ ΧΡΗΣΗ ΤΙΜΗΣ ΚΑΤΩΦΛΙΟΥ ΑΠΟΡΡΙΨΗΣ	369
ΠΙΝΑΚΑΣ 6-11	
ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ, ΦΘΙΝΟΥΣΑ, ΑΥΞΟΥΣΑ ΚΑΙ ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ELECTRE III ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 2 ΜΕ ΤΙΜΗ ΚΑΤΩΦΛΙΟΥ ΑΠΟΡΡΙΨΗΣ V_1 ΙΣΗ ΜΕ ΤΗ ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΤΩΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΕΩΝ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΚΡΙΤΗΡΙΟ	370
ΠΙΝΑΚΑΣ 6-12	
ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ, ΦΘΙΝΟΥΣΑ, ΑΥΞΟΥΣΑ ΚΑΙ ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ELECTRE III ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 2 ΜΕ ΤΙΜΗ ΚΑΤΩΦΛΙΟΥ ΑΠΟΡΡΙΨΗΣ V_2 ΙΣΗ ΜΕ ΤΟ ΔΙΠΛΑΣΙΟ ΤΗΣ ΜΕΣΗΣ ΤΙΜΗΣ ΤΩΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΕΩΝ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΚΡΙΤΗΡΙΟ	371
ΠΙΝΑΚΑΣ 6-13	
ΜΕΣΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 2 ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ELECTRE III, ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΝ ΜΕΣΟ ΟΡΟ ΤΩΝ ΚΑΤΑΤΑΞΕΩΝ ΓΙΑ ΤΙΣ ΤΡΕΙΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΚΑΤΩΦΛΙΟΥ ΑΠΟΡΡΙΨΗΣ	372

ΠΙΝΑΚΑΣ 6-26	
ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ, ΦΘΙΝΟΥΣΑ, ΑΥΞΟΥΣΑ ΚΑΙ ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ELECTRE III ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 6 ΧΩΡΙΣ ΧΡΗΣΗ ΤΙΜΗΣ ΚΑΤΩΦΛΙΟΥ ΑΠΟΡΡΙΨΗΣ	397
ΠΙΝΑΚΑΣ 6-27	
ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ, ΦΘΙΝΟΥΣΑ, ΑΥΞΟΥΣΑ ΚΑΙ ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ELECTRE III ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 6 ΜΕ ΤΙΜΗ ΚΑΤΩΦΛΙΟΥ ΑΠΟΡΡΙΨΗΣ V_1 ΙΣΗ ΜΕ ΤΗ ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΤΩΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΕΩΝ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΚΡΙΤΗΡΙΟ	398
ΠΙΝΑΚΑΣ 6-28	
ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ, ΦΘΙΝΟΥΣΑ, ΑΥΞΟΥΣΑ ΚΑΙ ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ELECTRE III ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 6 ΜΕ ΤΙΜΗ ΚΑΤΩΦΛΙΟΥ ΑΠΟΡΡΙΨΗΣ V_2 ΙΣΗ ΜΕ ΤΟ ΔΙΠΛΑΣΙΟ ΤΗΣ ΜΕΣΗΣ ΤΙΜΗΣ ΤΩΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΕΩΝ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΚΡΙΤΗΡΙΟ	399
ΠΙΝΑΚΑΣ 6-29	
ΜΕΣΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 6 ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ELECTRE III, ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΝ ΜΕΣΟ ΟΡΟ ΤΩΝ ΚΑΤΑΤΑΞΕΩΝ ΓΙΑ ΤΙΣ ΤΡΕΙΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΚΑΤΩΦΛΙΟΥ ΑΠΟΡΡΙΨΗΣ	400
ΠΙΝΑΚΑΣ 6-30	
ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ, ΦΘΙΝΟΥΣΑ, ΑΥΞΟΥΣΑ ΚΑΙ ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ELECTRE III ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 7 ΧΩΡΙΣ ΧΡΗΣΗ ΤΙΜΗΣ ΚΑΤΩΦΛΙΟΥ ΑΠΟΡΡΙΨΗΣ	404
ΠΙΝΑΚΑΣ 6-31	
ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ, ΦΘΙΝΟΥΣΑ, ΑΥΞΟΥΣΑ ΚΑΙ ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ELECTRE III ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 7 ΜΕ ΤΙΜΗ ΚΑΤΩΦΛΙΟΥ ΑΠΟΡΡΙΨΗΣ V_1 ΙΣΗ ΜΕ ΤΗ ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΤΩΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΕΩΝ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΚΡΙΤΗΡΙΟ	405
ΠΙΝΑΚΑΣ 6-32	
ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ, ΦΘΙΝΟΥΣΑ, ΑΥΞΟΥΣΑ ΚΑΙ ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ELECTRE III ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 7 ΜΕ ΤΙΜΗ ΚΑΤΩΦΛΙΟΥ ΑΠΟΡΡΙΨΗΣ V_2 ΙΣΗ ΜΕ ΤΟ ΔΙΠΛΑΣΙΟ ΤΗΣ ΜΕΣΗΣ ΤΙΜΗΣ ΤΩΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΕΩΝ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΚΡΙΤΗΡΙΟ	406
ΠΙΝΑΚΑΣ 6-33	
ΜΕΣΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 7 ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ELECTRE III, ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΝ ΜΕΣΟ ΟΡΟ ΤΩΝ ΚΑΤΑΤΑΞΕΩΝ ΓΙΑ ΤΙΣ ΤΡΕΙΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΚΑΤΩΦΛΙΟΥ ΑΠΟΡΡΙΨΗΣ	407
ΠΙΝΑΚΑΣ 7-1	
ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΚΑΤΑΤΑΞΕΙΣ ΚΑΙ ΤΕΛΙΚΗ ΜΕΣΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΣΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ	417
ΠΙΝΑΚΑΣ 7-2	
ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΚΑΤΑΤΑΞΕΙΣ ΚΑΙ ΤΕΛΙΚΗ ΜΕΣΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΣΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 1	419
ΠΙΝΑΚΑΣ 7-3	
ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΚΑΤΑΤΑΞΕΙΣ ΚΑΙ ΤΕΛΙΚΗ ΜΕΣΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΣΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 2	420
ΠΙΝΑΚΑΣ 7-4	
ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΚΑΤΑΤΑΞΕΙΣ ΚΑΙ ΤΕΛΙΚΗ ΜΕΣΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΣΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 3	422
ΠΙΝΑΚΑΣ 7-5	
ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΚΑΤΑΤΑΞΕΙΣ ΚΑΙ ΤΕΛΙΚΗ ΜΕΣΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΣΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 4	424
ΠΙΝΑΚΑΣ 7-6	
ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΚΑΤΑΤΑΞΕΙΣ ΚΑΙ ΤΕΛΙΚΗ ΜΕΣΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΣΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 5	425

ΠΙΝΑΚΑΣ 7-7

ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΚΑΤΑΤΑΞΕΙΣ ΚΑΙ ΤΕΛΙΚΗ ΜΕΣΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ
ΣΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 6427

ΠΙΝΑΚΑΣ 7-8

ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΚΑΤΑΤΑΞΕΙΣ ΚΑΙ ΤΕΛΙΚΗ ΜΕΣΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΕΚΑ ΤΥΠΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ
ΣΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 7428

Περίληψη

Η παρούσα διατριβή είχε σαν στόχο την αξιολόγηση των μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μέσω της ανάπτυξης και παρουσίασης των κατάλληλων συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων. Είναι απαραίτητο να διευκρινιστεί ότι τα συστήματα υποστήριξης αποφάσεων δεν υποκαθιστούν τον λήπτη αποφάσεων, ούτε προτείνουν μία ιδανική ηλεκτροπαραγωγική μονάδα αλλά παρέχουν σε εκείνον τις κατάλληλα επεξεργασμένες πληροφορίες σε κάθε περίπτωση προκειμένου να εξάγει ασφαλή και αξιόπιστα συμπεράσματα.

Ειδικότερα η παρούσα διδακτορική διατριβή κατέγραψε και περιέγραψε εμπειριστατωμένα όλα εκείνα τα κριτήρια που αξιολογούν με πληρότητα και αξιοπιστία τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά δέκα μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και τις προϋποθέσεις που αυτά πρέπει να πληρούν. Τα κριτήρια ομαδοποιήθηκαν και ιεραρχήθηκαν στην κατάλληλη δενδρική ιεραρχική δομή, παράγοντας μια ολοκληρωμένη μοντελοποίηση για την επίλυση του προβλήματος και διευκολύνοντας τον προσδιορισμό της βαρύτητάς τους.

Ελέγχθηκε η διαθεσιμότητα και η ύπαρξη ή η δυνατότητα δημιουργίας συγκρίσιμων δεδομένων αξιολόγησης των μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με βάση τα κριτήρια που καθορίστηκαν. Στις περιπτώσεις που δεν υπήρχε διαθεσιμότητα δεδομένων ή αυτά δεν ήταν συγκρίσιμα έγινε απαλοιφή ή τροποποίηση του κριτηρίου και επανασχεδιασμός της δενδρικής ιεραρχικής δομής.

Περιγράφηκαν τρεις μέθοδοι πολυκριτηριακής ανάλυσης (AHP, PROMETHEE, ELECTRE) με βάση τις οποίες αξιολογήθηκαν οι υποψήφιες μονάδες καθώς και τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα αυτών. Για το σκοπό αυτό αναπτύχθηκε κατάλληλο λογισμικό σε περιβάλλον προγραμματισμού Visual Basic για την υλοποίηση των μεθόδων PROMETHEE και ELECTRE ενώ για την μέθοδο AHP χρησιμοποιήθηκε υπάρχον λογισμικό.

Οι μονάδες αξιολογήθηκαν αρχικά ως προς κάθε κριτήριο. Στη συνέχεια έγινε σύνθεση των επιμέρους αξιολογήσεων ως προς κάθε κριτήριο ανάλογα με τη βαρύτητά του καθώς και τις παραμετροποιήσεις των τριών πολυκριτηριακών μεθόδων. Τα αποτελέσματα των τριών πολυκριτηριακών μεθόδων συντέθηκαν δίνοντας έναν καθολικό δείκτη κατάταξης των μονάδων σε κάθε εναλλακτικό σενάριο που εξετάστηκε.

Εκτός από το σενάριο αναφοράς και τον αρχικό προσδιορισμό της βαρύτητας των κριτηρίων, μέσω της ανάλυσης ευαισθησίας εξετάστηκαν επτά εναλλακτικά σενάρια που αναφέρονται σε ισάριθμα σύνολα βαρών κριτηρίων. Καλύφθηκαν με αυτό τον τρόπο περιπτώσεις διαφοροποίησης των τελικών συμπερασμάτων λόγω αλλαγής της βαρύτητας των κριτηρίων σε ποικίλα περιβάλλοντα λήψης απόφασης που μπορεί να προκύψουν από διαφορετικές κοινωνικοοικονομικές αντιλήψεις της κοινής γνώμης και των τεχνοκρατών

καθώς και από εξωγενείς παράγοντες που δεν είναι δυνατό να ελεγχθούν από τον άνθρωπο.

Η ανάλυση των αξιολογήσεων με βάση τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των τριών πολυκριτηριακών μεθόδων, η ανάλυση ευαισθησίας, η σύνθεση των αποτελεσμάτων των τριών μεθόδων και η παρουσίασή τους τόσο ανά σενάριο όσο και ανά τύπο ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας παρέχουν στο λήπτη αποφάσεων το ολοκληρωμένο περιβάλλον για τη λήψη της ορθής απόφασης σε κάθε περίπτωση.

Η λήψη της βέλτιστης απόφασης είναι συνδυασμός κοινωνικών, τεχνολογικών και οικονομικών συνιστωσών που αξιολογούνται από τον λήπτη αποφάσεων με βάση τα μοντέλα και τα δεδομένα που έχει στη διάθεσή του, αλλά και τη διαίσθησή του για την υφιστάμενη κατάσταση, τις προοπτικές, το πολιτισμικό υπόβαθρο, τις αξίες και τις προτεραιότητες της κοινωνίας την δεδομένη χρονική στιγμή.

Η διδακτορική διατριβή πραγματεύτηκε ένα σύνθετο και πολυδιάστατο πρόβλημα το οποίο απαιτούσε πολυεπιστημονική (multidisciplinary) προσέγγιση. Η συνέργεια των επιστημών της Διοίκησης και της Ενέργειας καθώς επίσης και της επιστήμης της Πληροφορικής ήταν αναγκαία για την τελική επίτευξη των στόχων. Επίσης σημαντικά στοιχεία απαιτήθηκαν από τις επιστήμες της Χημείας και της Φυσικής για την ολοκληρωμένη παρουσίαση και επίλυση του προβλήματος.

Η διατριβή χαρακτηρίζεται από επιστημονική πρωτοτυπία καθώς αναπτύχθηκε πρωτότυπη δενδρική ιεραρχική δομή 27 κριτηρίων και υποκριτηρίων με βάση την σπουδαιότητα τους, δίνοντας παράλληλα την δυνατότητα για την αποσύνθεση του πολύπλοκου προβλήματος της αξιολόγησης των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων σε απλούστερα προβλήματα και αυξάνοντας την αξιοπιστία της διαδικασίας αξιολόγησης. Για πρώτη φορά στην υπάρχουσα βιβλιογραφία έγινε ταυτόχρονη αξιολόγηση 10 τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων σε τόσο μεγάλη πλειάδα κριτηρίων και υποκριτηρίων και συνδυασμός υποκειμενικής και αντικειμενικής αξιολόγησης των μονάδων και των μη ραδιενεργών εκπομπών τους. Πραγματοποιήθηκαν μεμονωμένες αξιολογήσεις ως προς τα τρία βασικά κριτήρια του βιοτικού επιπέδου, των τεχνολογικών παραγόντων και των οικονομικών παραγόντων καθώς και συνολική αξιολόγηση με σύνθεση των επιμέρους αποτελεσμάτων.

Η διατριβή συμβάλλει στην πρόοδο της επιστήμης στον τομέα της αξιολόγησης των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων καθώς πραγματοποιήθηκαν συγκριτικές και συνδυασμένες αξιολογήσεις με βάση 27 κριτήρια, τρεις από τις σημαντικότερες πολυκριτηριακές μεθόδους (AHP, PROMETHEE, ELECTRE) με διαφορετικά ποιοτικά χαρακτηριστικά και οκτώ σενάρια (το σενάριο αναφοράς και τα επτά εναλλακτικά σενάρια της ανάλυσης ευαισθησίας) που καλύπτουν όλο το εύρος διακύμανσης της βαρύτητας των κριτηρίων. Το τελικό αποτέλεσμα ήταν η ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου συστήματος υποστήριξης αποφάσεων που ενοποιεί τα επιμέρους υποσυστήματα πολυκριτηριακής υποστήριξης αποφάσεων και αποτελεί ολοκληρωμένο εργαλείο του λήπτη αποφάσεων για την αξιολόγηση των ενεργειακών παραγωγικών μονάδων.

Εισαγωγή

Η καθημερινή μας ζωή διέπεται από τη λήψη αποφάσεων σε μεγάλο αριθμό θεμάτων με διαφορετική σπουδαιότητα. Η ζωή μας στην ουσία είναι η απεικόνιση των αποφάσεων που λαμβάνουμε και των προτεραιοτήτων που θέτουμε. Ο σημαντικότερος ίσως παράγοντας βελτίωσης της ποιότητας της ζωής μας αποτελεί η λήψη ορθότερων αποφάσεων στην καθημερινότητά μας.

Η παγκοσμιοποιημένη οικονομία και η απελευθέρωση των αγορών καθιστούν επιτακτική την ταχύτατη και αξιόπιστη λήψη αποφάσεων συνεκτιμώντας μια πλειάδα συνιστωσών, κάτω από συνθήκες που είναι πολλές φορές δύσκολο να προβλεφθούν και να αξιολογηθούν. Ο ενεργειακός αποτελεί έναν από τους πιο σύνθετους τομείς, με μεγάλο βαθμό αβεβαιότητας για την εξέλιξή του και η λήψη κρίσιμων αποφάσεων στον τομέα αυτό μπορεί να επηρεάσει δραματικά το επίπεδο ζωής των ανθρώπων σε παγκόσμια κλίμακα. Ο λήπτης αποφάσεων (decision maker) για την επιλογή της βέλτιστης μονάδας¹ παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην εκάστοτε περίπτωση, οφείλει να χρησιμοποιήσει όλα τα σύγχρονα εργαλεία που θα τον βοηθήσουν να αξιολογήσει σωστά τις δυνατές εναλλακτικές λύσεις, προκειμένου να επιλέξει εκείνη που είναι συνολικά πιο συμφέρουσα στο πλαίσιο των επικρατούσων συνθηκών. Η λύση αυτή μπορεί εν δυνάμει να τροποποιηθεί ή και να απορριφθεί στην πορεία, μέσα από μια διεργασία δυναμικής προσαρμογής στα δεδομένα που προκύπτουν στην εξέλιξη του χρόνου.

Η αξιολόγηση μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας εμπεριέχει μια πλειάδα συνιστωσών που πρέπει να αναλυθούν και να αξιολογηθούν επιμέρους και συνολικά. Η καταγραφή των κριτηρίων που θα χρησιμοποιηθούν, η ιεράρχηση, η αξιολόγηση της βαρύτητας, η κατάλληλη ομαδοποίηση τους, η διαθεσιμότητα και η ομοιογένεια των στοιχείων των αξιολογούμενων μονάδων για κάθε κριτήριο είναι ιδιαίτερα δύσκολες διαδικασίες και πρέπει να γίνουν πολύ προσεκτικά. Η παράλειψη κρίσιμων δεικτών ή η επανάληψη πληροφοριών κάτω από διαφορετικά κριτήρια, μπορεί να οδηγήσουν σε εσφαλμένα συμπεράσματα που ενδεχομένως να μην είναι δυνατό να διορθωθούν, σε σημαντικά και κρίσιμα ζητήματα όπως είναι η αξιολόγηση μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Δομή της διατριβής

Η διδακτορική διατριβή δομείται σε επτά κύρια κεφάλαια και ολοκληρώνεται με την ενότητα των συμπερασμάτων που συνοψίζουν τις διαπιστώσεις και τα αποτελέσματα των αναλύσεων στα επιμέρους κεφάλαια. Η διατριβή υποστηρίζεται από εκτενή βιβλιογραφία και τέσσερα παραρτήματα που καλύπτουν τα αρκτικόλεξα, την αντιστοίχιση των αγγλικών και ελληνικών όρων για εύκολη αναφορά, τον κώδικα για την μέθοδο PROMETHEE και τον κώδικα για την μέθοδο ELECTRE. Οι κατάλογοι σχημάτων και

¹ Στην παρούσα διατριβή οι όροι μονάδα και σταθμός θεωρούνται ταυτόσημοι

πινάκων που δίνονται αμέσως μετά τα περιεχόμενα διευκολύνουν σημαντικά την γρήγορη αναζήτηση των στοιχείων αυτών.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται εισαγωγή στη θεωρία αποφάσεων. Παρουσιάζεται η διαδικασία λήψης απόφασης και η κατηγοριοποίηση των αποφάσεων σε συνθήκες βεβαιότητας, κινδύνου και αβεβαιότητας. Επίσης περιγράφονται τα βασικά χαρακτηριστικά, τα πλεονεκτήματα και οι τεχνικές πολυκριτηριακής ανάλυσης καθώς και η έννοια της ανάλυσης ευαισθησίας (sensitivity analysis). Τέλος αναλύονται οι κυριότερες τεχνικές μοντελοποίησης και η έννοια της τεχνολογίας αποφάσεων (decision technology), πάνω στην οποία βασίζεται η ανάπτυξη του ολοκληρωμένου συστήματος υποστήριξης αποφάσεων για τις ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι δέκα τύποι ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων που αξιολογούνται. Αρχικά περιγράφονται οι τεχνολογίες λειτουργίας τους και ακολουθεί η παρουσίαση των χαρακτηριστικών και των ιδιαιτεροτήτων της κάθε μονάδας.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύονται τα κριτήρια με βάση τα οποία αξιολογούνται οι δέκα τύποι ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων. Περιγράφονται οι προϋποθέσεις που πρέπει να πληρούν, ενώ παράλληλα γίνεται η κατάλληλη ομαδοποίηση και ιεράρχησή τους. Παρουσιάζεται η βάση δεδομένων όλων των στοιχείων αξιολόγησης των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων ως προς καθένα από τα 20 κριτήρια τελικού κόμβου και κατόπιν εξάγονται οι βαρύτερες των 27 συνολικά κριτηρίων της δενδρικής ιεραρχικής δομής, με σύνθεση αντικειμενικών και υποκειμενικών αξιολογήσεων με βάση τη σύγκρισή τους κατά ζεύγη, σύμφωνα με τις προδιαγραφές της Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας (Analytic Hierarchy Process, AHP).

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία. Μετά την περιγραφή της μεθόδου ακολουθεί η εφαρμογή της στην αξιολόγηση των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται τόσο ανά τύπο ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας, όσο και ανά κριτήριο τελικού κόμβου και βασικό κριτήριο. Εξετάζονται συνολικά οκτώ σενάρια καθώς την βασική αξιολόγηση του σεναρίου αναφοράς συμπληρώνει η ανάλυση ευαισθησίας στην οποία οι μονάδες αξιολογούνται σε επτά εναλλακτικά σενάρια που αντιστοιχούν σε ισάριθμα σύνολα βαρών κριτηρίων. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται ανά σενάριο και ανά τύπο ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας.

Στο πέμπτο κεφάλαιο περιγράφεται η πολυκριτηριακή μέθοδος αξιολόγησης PROMETHEE. Αρχικά πραγματοποιείται εισαγωγή στην έννοια των μεθόδων υπεροχής και κατόπιν αναλύεται το θεωρητικό υπόβαθρο της μεθόδου PROMETHEE και των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων που μπορούν να εφαρμοστούν. Περιγράφεται ο πολυκριτηριακός δείκτης προτίμησης και ο τρόπος υπολογισμού του ενώ παρουσιάζονται και οι δύο παραλλαγές της μεθόδου. Ακολουθεί η εφαρμογή της μεθόδου PROMETHEE II και για τους έξι τύπους γενικευμένων κριτηρίων στα οκτώ σενάρια, δηλαδή το σενάριο αναφοράς και τα επτά εναλλακτικά σενάρια της ανάλυσης ευαισθησίας. Για κάθε σενάριο υπολογίζεται ο μέσος όρος των αξιολογήσεων των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων και ακολουθεί συγκριτική παρουσίαση όλων αυτών των αποτελεσμάτων.

Στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η πολυκριτηριακή μέθοδος αξιολόγησης ELECTRE και τα βασικά δομικά στοιχεία όλων των παραλλαγών της. Ακολουθεί αναλυτική περιγραφή των έξι βασικών παραλλαγών της μεθόδου και εφαρμογή από αυτές της ELECTRE III για την αξιολόγηση των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων. Η ELECTRE III εφαρμόζεται στο σενάριο αναφοράς και τα επτά εναλλακτικά σενάρια της ανάλυσης ευαισθησίας, όπως και στις δύο προηγούμενες μεθόδους. Εξετάζονται οι περιπτώσεις μη χρήσης κατωφλίου απόρριψης καθώς και της εφαρμογής δύο διαφορετικών τιμών κατωφλίου απόρριψης. Για κάθε σενάριο εξάγεται η μέση κατάταξη που προκύπτει από τις τρεις παραπάνω περιπτώσεις και πραγματοποιείται συγκριτική αξιολόγηση όλων των αποτελεσμάτων.

Στο έβδομο κεφάλαιο αναπτύσσεται ένα ολοκληρωμένο σύστημα υποστήριξης αποφάσεων (decision support system) το οποίο δίνει στο λήπτη απόφασης τη δυνατότητα να συγκρίνει τα αποτελέσματα των τριών μεθόδων πολυκριτηριακής ανάλυσης για τα οκτώ διαφορετικά σενάρια, παρέχοντάς του όλα τα στοιχεία στα οποία θα βασιστεί η τελική του απόφαση. Αρχικά περιγράφεται η αρχιτεκτονική του ολοκληρωμένου συστήματος υποστήριξης αποφάσεων και κατόπιν εξάγεται η τελική μέση κατάταξη η οποία προκύπτει από την εφαρμογή των επιμέρους πολυκριτηριακών μεθόδων. Η ανάλυση ολοκληρώνεται με την συγκριτική αξιολόγηση των κατατάξεων των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων η οποία πραγματοποιείται τόσο ανά σενάριο όσο και ανά τύπο ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας. Δίνεται έτσι η δυνατότητα στο λήπτη αποφάσεων για την εξαγωγή ακόμα πιο συμπαγών και ορθών εκτιμήσεων και συμπερασμάτων.

Μετά τα επτά κεφάλαια ακολουθεί η ενότητα των συμπερασμάτων που εξάγονται από την εκπόνηση της διδακτορικής διατριβής καθώς επίσης και προτάσεις για τις δυνατότητες πιθανής μελλοντικής έρευνας στον τομέα που πραγματεύθηκε η διατριβή. Ακολουθεί εκτενής βιβλιογραφία που διευκολύνει τον αναγνώστη στην αναζήτηση περαιτέρω πηγών για εξειδικευμένα θέματα, διευρύνοντας το γνωστικό του πεδίο σε επιμέρους θεματικές ενότητες.

Στο πρώτο παράρτημα παρουσιάζονται όλα τα αρκτικόλεξα και στο δεύτερο παράρτημα η αντιστοίχιση αγγλικών και ελληνικών όρων που χρησιμοποιούνται στη διατριβή. Έτσι ο αναγνώστης έχει ανά πάσα στιγμή συγκεντρωμένη και διαθέσιμη όλη την πληροφορία που απαιτείται σχετικά με τα αρκτικόλεξα και την μετάφραση των όρων, χωρίς να απαιτείται να ανατρέξει σε τρίτες πηγές. Στο τρίτο παράρτημα παρουσιάζεται ο κώδικας για την μέθοδο PROMETHEE και στο τέταρτο παράρτημα ο κώδικας για την μέθοδο ELECTRE.

Κεφάλαιο 1

Θεωρία Αποφάσεων

Η αύξηση της πολυπλοκότητας της δομής και της οργάνωσης των σύγχρονων κοινωνιών έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη επιστημονικών κλάδων που χειρίζονται αποτελεσματικά την επίλυση σύνθετων προβλημάτων που χρήζουν γρήγορης και αποτελεσματικής αντιμετώπισης. Οι επιστημονικοί αυτοί κλάδοι έχουν σαν επίκεντρο την επιλογή της βέλτιστης διαδικασίας αντιμετώπισης ενός προβλήματος στο εκάστοτε περιβάλλον λήψης της απόφασης. Σημαντική συνιστώσα στη διαδικασία λήψης αποφάσεων αποτελεί και ο χρόνος που είναι δυνατό να διαφοροποιήσει σημαντικά το τελικό αποτέλεσμα ιδιαίτερα σε συγκεκριμένες κατηγορίες προβλημάτων.

1.1 Βασικές έννοιες

Η *θεωρία αποφάσεων (decision theory)* είναι ένας πολυεπιστημονικός κλάδος που χρησιμοποιείται ευρέως σε όλους τους τομείς της επιστημονικής, της επαγγελματικής και της καθημερινής μας ζωής. Αναλύει τον τρόπο που οι άνθρωποι παίρνουν αποφάσεις αλλά και προτείνει το πώς αυτοί θα έπρεπε να λαμβάνουν (ορθές) αποφάσεις [126, 343]. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιεί στοιχεία από διάφορες επιστήμες όπως είναι τα μαθηματικά, η πληροφορική, η διοικητική επιστήμη, η επιχειρησιακή έρευνα, η στατιστική και η οικονομική επιστήμη [9, 18, 49, 131, 178, 213].

Απόφαση (decision) είναι η επιλογή της ορθής αλληλουχίας ενεργειών που παράγουν τη βέλτιστη λύση σε ένα πρόβλημα, σε μια κατάσταση δηλαδή που επιδέχεται διαφορετικούς τρόπους αντιμετώπισης μεταξύ των οποίων πρέπει να επιλεγεί ο βέλτιστος [146, 152]. Η λήψη της απόφασης είναι μια σύνθετη διαδικασία που εμπεριέχει πολλά στοιχεία αντικειμενικά και υποκειμενικά, τα οποία πρέπει να αξιολογηθούν με βάση τα διαθέσιμα μοντέλα και δεδομένα [185]. Αποτελεί επίσης μια δυναμική διαδικασία που αναθεωρείται διαρκώς ανάλογα με τα νέα δεδομένα και την ρευστότητα των καταστάσεων, δηλαδή το περιβάλλον λήψης της απόφασης που επικρατεί σε κάθε χρονική στιγμή [62].

1.2 Διαδικασία λήψης απόφασης

Η λήψη της βέλτιστης απόφασης για ένα συγκεκριμένο πρόβλημα προϋποθέτει τα παρακάτω βήματα:

1. Σαφής καθορισμός του προβλήματος
2. Καθορισμός των επιδιωκόμενων στόχων
3. Προσδιορισμός των δυνατών εναλλακτικών λύσεων
4. Καταγραφή των κριτηρίων αξιολόγησης των εναλλακτικών λύσεων
5. Επιλογή της μεθόδου αξιολόγησης των εναλλακτικών λύσεων
6. Αξιολόγηση της απόδοσης της κάθε εναλλακτικής λύσης για κάθε κριτήριο, προσδιορισμός του βάρους κάθε κριτηρίου και συνολική αξιολόγηση με βάση τη μέθοδο που έχει επιλεγεί
7. Ανάλυση ευαισθησίας
8. Επιλογή της βέλτιστης λύσης
9. Εφαρμογή της βέλτιστης λύσης
10. Έλεγχος αξιοπιστίας της βέλτιστης λύσης που εφαρμόστηκε με βάση τα νέα δεδομένα που προκύπτουν στην εξέλιξη του χρόνου
11. Ανατροφοδότηση (Feedback)

Το πρώτο και σημαντικότερο βήμα στη διαδικασία λήψης αποφάσεων είναι ο σαφής καθορισμός και η σωστή δόμηση του προβλήματος [281]. Η φύση του προβλήματος πρέπει να γίνει απολύτως κατανοητή προκειμένου να αποσαφηνιστεί πλήρως ποιο είναι ακριβώς το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα. Ο στόχος πρέπει να είναι σαφής, μετρήσιμος, προσυμφωνημένος μεταξύ όλων των εμπλεκόμενων μερών, ρεαλιστικός και εξαρτημένος από το χρόνο (time-dependent).

Μετά την ολοκλήρωση της ακριβούς καταγραφής του επιδιωκόμενου στόχου, στην αμέσως επόμενη φάση πρέπει να αποφασισθούν οι δυνατές εναλλακτικές λύσεις που οδηγούν στην επίτευξη του στόχου, στην λύση του προβλήματος. Εναλλακτική λύση ονομάζεται η προκαθορισμένη σειρά βημάτων και ενεργειών που οδηγούν στην επίτευξη του στόχου που έχει τεθεί, οι οποίες είναι σαφώς ορισμένες και δεν μπορούν να αναλυθούν περαιτέρω σε απλούστερες μορφές. Εναλλακτική λύση μπορεί να αποτελεί και μία οντότητα όπως για παράδειγμα ο τύπος μιας μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που πληροί προκαθορισμένες προϋποθέσεις σε ένα συγκεκριμένο πολιτικοοικονομικό και κοινωνικό περιβάλλον. Ο καθορισμός των εναλλακτικών λύσεων δεν αποτελεί τετριμμένη ή αυτονόητη διαδικασία αφού η τελική λύση που θα επιλεγεί θα είναι μεταξύ των υποψηφίων που έχουν προταθεί [158]. Μια αξιολογη εναλλακτική λύση που δεν έχει προταθεί δεν είναι φυσικά ποτέ δυνατό να επιλεγεί.

Μετά τον προσδιορισμό και την καταγραφή των εναλλακτικών λύσεων θα πρέπει να επιλεγούν το κριτήριο ή τα κριτήρια με βάση τα οποία θα αξιολογηθούν οι εναλλακτικές λύσεις. Όταν υπάρχει ένα μόνο κριτήριο η ανάλυση ονομάζεται *μονοκριτηριακή (single criterion analysis)* ενώ όταν υπάρχουν περισσότερα του ενός κριτήρια η ανάλυση ονομάζεται *πολυκριτηριακή (multicriteria analysis)*. Η πολυπλοκότητα των σύγχρονων προβλημάτων επιβάλλει στην συντριπτική πλειονότητα των περιπτώσεων την

πολυκριτηριακή ανάλυση. Η επιλογή των κριτηρίων θα πρέπει να γίνεται ιδιαίτερα προσεκτικά προκειμένου αυτά να πληρούν τις απαραίτητες προϋποθέσεις, δηλαδή να έχουν πληρότητα, ανεξαρτησία, λειτουργικότητα και μη πλεονασμό, έννοιες που θα αναλυθούν διεξοδικά στο κεφάλαιο 3.

Προκειμένου να αξιολογηθούν οι εναλλακτικές λύσεις με βάση τα κριτήρια που έχουν επιλεγεί πρέπει προηγουμένως να αποφασισθεί η μέθοδος που θα εφαρμοσθεί. Με βάση αυτή τη μέθοδο θα αξιολογηθεί η επιμέρους απόδοση κάθε εναλλακτικής λύσης ως προς κάθε κριτήριο αλλά και η συνολική της απόδοση, η οποία προκύπτει από την σύνθεση των επιμέρους αποδόσεων.

Με βάση την συνολική απόδοση κάθε εναλλακτικής λύσης αυτές ιεραρχούνται και επιλέγεται η βέλτιστη. Μπορεί επίσης να δημιουργηθεί μια υπολίστα λύσεων που θα αξιολογηθούν περαιτέρω με κάποια άλλη μέθοδο προκειμένου να προκύψουν αντικειμενικότερα και ορθότερα αποτελέσματα.

Η **ανάλυση ευαισθησίας (sensitivity analysis)** εξετάζει τις μεταβολές των συνολικών αποδόσεων και της ολικής κατάταξης των εναλλακτικών λύσεων όταν διαφοροποιούνται οι τιμές των παραμέτρων που επηρεάζουν την βέλτιστη λύση του προβλήματος και μπορεί να εφαρμοστεί σε μονοεπίπεδα ή ιεραρχικά μοντέλα αποφάσεων [58]. Παραδείγματα τροποποίησης βασικών παραμέτρων του προβλήματος αποτελούν η αλλαγή της βαρύτητας των κριτηρίων ή η αλλαγή της αξιολόγησης κάποιας εναλλακτικής λύσης ως προς ένα κριτήριο. Η ανάλυση ευαισθησίας είναι ιδιαίτερα σημαντική γιατί η πραγματικότητα εξελίσσεται δυναμικά και κατά συνέπεια οι τιμές των παραμέτρων δεν μπορεί να είναι στατικές. Δίνει τη δυνατότητα στο λήπτη αποφάσεων να γνωρίζει εκ των προτέρων τις κατάλληλες ενέργειες που πιθανόν να πρέπει να γίνουν, αν οι πραγματικές τιμές αποκλίνουν από αυτές που είχαν αρχικά εκτιμηθεί λόγω της αβεβαιότητας και εφόσον υπάρχει δυνατότητα προσαρμογής στα νέα δεδομένα. Η ερμηνεία των αποτελεσμάτων αποτελεί το ουσιαστικότερο ίσως μέρος της διαδικασίας υποστήριξης του λήπτη αποφάσεων, αφού εξηγεί πως τα αποτελέσματα της επίλυσης του μοντέλου πρέπει να χρησιμοποιηθούν για να εφαρμοστεί η βέλτιστη δυνατή στρατηγική στη συνέχεια.

Η βέλτιστη λύση αφού επιλεγεί εφαρμόζεται στην πράξη και ελέγχεται διαρκώς για την ορθότητά της σε σχέση με τα πραγματικά δεδομένα όπως αυτά προκύπτουν στην εξέλιξη του χρόνου. Πιθανές αποκλίσεις των πραγματικών δεδομένων από τις αρχικές εκτιμήσεις μπορεί να οδηγήσουν σε ανατροφοδότηση (feedback), δηλαδή σε επανάληψη της όλης διαδικασίας με τα νέα δεδομένα, που ενδεχομένως να οδηγήσουν σε τροποποιημένες μελλοντικές αποφάσεις.

Λανθασμένες εκτιμήσεις μπορεί να είναι δυνατό να αναιρεθούν ολικώς ή μερικώς, ή ενδεχομένως να μην υπάρχει η δυνατότητα διόρθωσης της αρχικής λανθασμένης απόφασης. Για παράδειγμα η λανθασμένη επίλυση ενός οικονομικού προβλήματος μπορεί να οδηγήσει σε μερική ή ολική διόρθωση της επίλυσής του με διαφορετικές κάθε φορά επιπτώσεις, η επιλογή και κατασκευή όμως λάθους τύπου μονάδας παραγωγής

ηλεκτρικής ενέργειας αφήνει ελάχιστα περιθώρια προσαρμογής, σε περίπτωση αρχικής λανθασμένης απόφασης.

1.3 Το μοντέλο PrOACT

Οι Hammond, Keeney και Raiffa [126] προτείνουν μια μεθοδολογία οκτώ βημάτων με την ονομασία *PrOACT* για την λήψη της ορθότερης απόφασης επίλυσης ενός προβλήματος, η οποία απεικονίζεται στον Πίνακα 1-1. Τα τέσσερα πρώτα βήματα αποτελούν μια εναλλακτική προσέγγιση στη διαδικασία λήψης της απόφασης, η οποία περιγράφηκε στην προηγούμενη ενότητα. Το πέμπτο βήμα αναφέρεται στους συμβιβασμούς (tradeoffs) που πρέπει να κάνει ο λήπτης αποφάσεων αφού οι στόχοι που πρέπει να επιτευχθούν είναι αλληλοσυγκρουόμενοι. Κατά συνέπεια πρέπει να υπάρξει συμβιβασμός μεταξύ των επιδιωκόμενων στόχων, με την αντιστάθμιση της κακής απόδοσης μιας εναλλακτικής λύσης ως προς ένα κριτήριο από την καλή απόδοσή της ως προς κάποιο άλλο κριτήριο.

Πίνακας 1-1

Τα οκτώ στοιχεία του μοντέλου PrOACT για την λήψη αποφάσεων

<u>P</u> roblem (Πρόβλημα)
<u>O</u> bjectives (Στόχοι)
<u>A</u> lternatives (Εναλλακτικές λύσεις)
<u>C</u> onsequences (Συνέπειες)
<u>T</u> radeoffs (Συμβιβασμοί)

Uncertainty (Αβεβαιότητα)
Risk Tolerance (Ανοχή κινδύνου)
Linked Decisions (Συνδεδεμένες αποφάσεις)

Τα τρία τελευταία στοιχεία του μοντέλου PrOACT αναφέρονται σε παράγοντες που μπορούν να διαφοροποιήσουν σημαντικά τη λήψη μίας απόφασης. Η αβεβαιότητα αναφέρεται στις καταστάσεις εκείνες όπου ο λήπτης αποφάσεων δεν είναι δυνατό να γνωρίζει τι ακριβώς θα συμβεί στο μέλλον σε σχέση με το πρόβλημα και τις εναλλακτικές λύσεις που εξετάζει [218, 237]. Ο βαθμός ανοχής κινδύνου από τον λήπτη αποφάσεων, δηλαδή να συμβεί μια μη αναμενόμενη εξέλιξη σε ένα πρόβλημα που

εμπεριέχει αβεβαιότητα, αποτελεί επίσης σημαντικό στοιχείο στη διαδικασία λήψης της απόφασης. Τέλος η απόφαση για ένα πρόβλημα επηρεάζει αποφάσεις για πιθανά μελλοντικά προβλήματα, δηλαδή οι σημερινές επιλογές επηρεάζουν και τις μελλοντικές και κατά συνέπεια υπάρχει μια αλληλεξάρτηση η οποία πρέπει να ληφθεί υπόψη πριν την λήψη της τελικής απόφασης.

Το σημαντικότερο στοιχείο στην επίλυση ενός προβλήματος δεν είναι τι ακριβώς αποφασίζεται, αλλά με ποιον τρόπο, η διαδικασία δηλαδή που ακολουθείται για την λήψη της απόφασης. Το μοντέλο PTOACT συνοψίζει όλα τα στοιχεία της διαδικασίας λήψης της απόφασης όπως αντικειμενικά και υποκειμενικά δεδομένα, πεποιθήσεις, γνώμες και την διαίσθηση του λήπτη αποφάσεων. Δίνει επίσης τη δυνατότητα στο λήπτη αποφάσεων να δομήσει αποτελεσματικά τη σκέψη του, ακολουθώντας ένα βήμα κάθε φορά και αναλύοντας το σύνθετο πρόβλημα σε απλούστερα, τα οποία μπορεί να χειριστεί ορθότερα και αποτελεσματικότερα.

1.4 Εναλλακτικές λύσεις προβλήματος

Ο Keeney [158, 159] παρουσιάζει την διαδικασία αναζήτησης των εναλλακτικών λύσεων μέσα από την εξέταση του συστήματος αξιών (value focused thinking). Η διερεύνηση του συνόλου των εναλλακτικών λύσεων μέσα από την ανάλυση του συστήματος αξιών, έχει πραγματοποιηθεί σε πολλά προβλήματα, σε διάφορους τομείς της επιστήμης. Ενδεικτικά αναφέρεται η εφαρμογή της στην επιλογή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας [87], στην ανάπτυξη στρατηγικών διασφάλισης των πληροφοριών από κλοπή [125], στις διευκολύνσεις που παρέχει η ασύρματη τεχνολογία σε μια εκδοτική εταιρία [285], στη διαχείριση θεμάτων που αφορούν τον τουρισμό [149], στην λειτουργία επιχειρήσεων με κοινωνικό προσανατολισμό [5], αλλά και στην καθημερινή μας ζωή [292]. Μια συγκριτική αξιολόγηση της *προσανατολισμένης σε αξίες σκέψης (value focused thinking)* με την *προσανατολισμένη στις εναλλακτικές λύσεις σκέψη (alternative focused thinking)* παρουσιάζεται από τον León [175].

Στην παρούσα διατριβή αναζητείται η επιλογή της βέλτιστης μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο εκάστοτε περιβάλλον λήψης της απόφασης. Η απελευθέρωση της αγοράς ενέργειας και ιδιαίτερα της ηλεκτρικής ενέργειας έχει οδηγήσει όλες τις εμπλεκόμενες πλευρές σε έντονο προβληματισμό, σχετικά με την λειτουργία και διαχείριση των μονάδων καθώς και των ενεργειακών πόρων [50, 51, 66]. Επιπρόσθετα η ποικιλομορφία τεχνολογικών, οικονομικών και περιβαλλοντικών συνιστωσών, οδηγούν στην αναγκαιότητα αξιολόγησης πολλών εναλλακτικών σεναρίων στον ενεργειακό τομέα [112, 113, 211, 311, 316, 344, 360]. Τεχνοοικονομικές αναλύσεις είναι συχνές και σε επίπεδο μονάδων [124].

Στην πραγματικότητα όμως αυτό που ίσως θα έπρεπε να επιδιώκεται είναι η εξασφάλιση των ενεργειακών πόρων στο μέλλον, η οποία και θα διασφαλίσει την βιωσιμότητα του ανθρώπου. Με βάση λοιπόν τις αξίες του ανθρώπου διευρύνεται ο αρχικός στενός κύκλος θεώρησης των ζητημάτων έτσι ώστε να προσεγγιστεί το βαθύτερο και ουσιαστικότερο ζήτημα το οποίο πρέπει να αντιμετωπισθεί. Στη θεωρία αποφάσεων αυτές οι δύο κατηγορίες στόχων αναφέρονται συχνά σαν *ενδιάμεσοι στόχοι (means*

objectives) και *τελικοί στόχοι (end objectives)*. Ένα παράδειγμα αποτύπωσης των ενδιάμεσων και τελικών στόχων είναι η διαχείριση κινδύνου κατά τη λήψη αποφάσεων με πολλαπλές συνιστώσες [205]. Η ορθή επιλογή λοιπόν ενός σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι ένας ενδιάμεσος στόχος που διευκολύνει την ενεργειακή βιωσιμότητα του ανθρώπου στο μέλλον.

1.5 Κατηγορίες λήψης απόφασης

Υπάρχουν τρεις κύριες κατηγορίες λήψης της απόφασης, όσον αφορά τη βεβαιότητα για την εξέλιξη των *καταστάσεων της φύσης (states of nature)* που την επηρεάζουν. Οι κατηγορίες αυτές περιλαμβάνουν:

- *λήψη απόφασης σε συνθήκες βεβαιότητας (decision making under certainty)*, στην οποία θεωρούνται εκ των προτέρων γνωστές οι συνέπειες της απόφασης
- *λήψη απόφασης σε συνθήκες κινδύνου (decision making under risk)*, στην οποία θεωρούνται γνωστές οι πιθανότητες εμφάνισης των συνεπειών της απόφασης
- *λήψη απόφασης σε συνθήκες αβεβαιότητας (decision making under uncertainty)*, στην οποία είναι άγνωστες ακόμα και οι πιθανότητες εμφάνισης των συνεπειών της απόφασης

Η λήψη απόφασης σε συνθήκες αβεβαιότητας η οποία αφορά πρόβλημα ανταγωνισμού μεταξύ δύο πλευρών ονομάζεται *παίγνιο (game)*. Σε ένα παίγνιο όταν η μία πλευρά κερδίζει, η άλλη χάνει και αυτό το διαφοροποιεί από τις υπόλοιπες αποφάσεις σε συνθήκες αβεβαιότητας στις οποίες κάποιος προσπαθεί να μεγιστοποιήσει το όφελος χωρίς να ζημιώσει κάποια άλλη πλευρά. Οι δύο πλευρές μπορεί να αφορούν διαφορετικούς ανθρώπους, ομάδες ανθρώπων ή την φύση.

1.6 Πολυκριτηριακή ανάλυση (Multicriteria analysis)

Η απλότητα των προβλημάτων στις παλαιότερες εποχές οδηγούσε συνήθως στην αξιολόγησή τους με ένα κριτήριο, το οποίο αποτελούσε τη βάση αξιολόγησης των εναλλακτικών λύσεων. Οι εναλλακτικές λύσεις που είχαν τις υψηλότερες επιδόσεις με βάση το κριτήριο αξιολόγησης επιλέγονταν από το λήπτη αποφάσεων. Η μοναδικότητα του κριτηρίου εξασφάλιζε την απλότητα και την αποφυγή αντικρουόμενων επιδόσεων μεταξύ κριτηρίων ενώ οδηγούσε σε ταχεία λήψη της απόφασης για την επίλυση του προβλήματος.

Στις μέρες μας η πολυπλοκότητα των κοινωνικών και οικονομικών σχέσεων επιβάλλει την ανάλυση των προβλημάτων με διάφορα κριτήρια, τα οποία συχνά οδηγούν σε αντικρουόμενες επιδόσεις για τις αξιολογούμενες λύσεις [302]. Για παράδειγμα, στην πλειονότητα των περιπτώσεων η οικονομική βελτιστοποίηση έρχεται σε σύγκρουση με την χρονική βελτιστοποίηση, είναι δηλαδή δύο κριτήρια των οποίων οι τιμές δεν μπορούν να ελαχιστοποιηθούν ταυτόχρονα [108]. Η ανάλυση και επίλυση ενός προβλήματος με διάφορα κριτήρια ονομάζεται *πολυκριτηριακή ανάλυση - ΠΚΑ (multicriteria analysis - MCA)* και οι τεχνικές επίλυσης προβλημάτων αυτού του τύπου

ονομάζονται *τεχνικές πολυκριτηριακής ανάλυσης (multicriteria analysis techniques)*. Η πολυκριτηριακή ανάλυση χρησιμοποιείται εκτενώς σε κάθε τομέα της καθημερινής ζωής. Ενδεικτικά αναφέρεται η αποτελεσματική διαχείριση του φάσματος σε δίκτυα δεδομένων [228], ο έλεγχος υπερχειλίσης δεξαμενών [107], η διαχείριση περιβαλλοντικών και υδάτινων πόρων [130] καθώς και η εφαρμογή τους σε ποικιλία πτυχών του ενεργειακού τομέα [90, 91, 120].

Όλες οι προσεγγίσεις στην πολυκριτηριακή ανάλυση απαιτούν κάποιου είδους *κρίση ή αξιολόγηση (judgement)*. Υπάρχει ένα σύνολο *κριτηρίων (criteria)* και *εναλλακτικών λύσεων (options/alternatives)* και απαιτείται αξιολόγηση των εναλλακτικών λύσεων και της βαρύτητας των κριτηρίων στην επίτευξη του επιθυμητού *στόχου (goal)*. Στην ουσία αυτές οι μέθοδοι υποβοηθούν τον άνθρωπο στην δυσκολία που έχει να αξιολογήσει μεγάλες ποσότητες πληροφοριών με συνεπή (consistent) τρόπο.

1.6.1 Βασικά χαρακτηριστικά της πολυκριτηριακής ανάλυσης

Η πολυκριτηριακή ανάλυση αξιολογεί ένα σύνολο εναλλακτικών λύσεων για ένα πρόβλημα με βάση ένα σαφώς προκαθορισμένο σύνολο *στόχων (goals)* και κριτηρίων (criteria) που αξιολογούν τον βαθμό επίτευξης αυτών των στόχων [88]. Σε απλά προβλήματα και μόνο η διαπίστωση των στόχων και των κριτηρίων μπορούν να αποτελέσουν σημαντικές πληροφορίες για τους λήπτες αποφάσεων (decision makers) [155]. Ωστόσο σε πολυδιάστατα προβλήματα απαιτείται επεξεργασία των δεδομένων των κριτηρίων για την δημιουργία *δεικτών (indicators)* αξιολόγησης των εναλλακτικών λύσεων στην επίτευξη του στόχου.

Σημεία κλειδιά της πολυκριτηριακής ανάλυσης είναι η κρίση (judgement) που απαιτείται για τον προσδιορισμό των στόχων και των κριτηρίων, ο υπολογισμός των σχετικών βαρών (weights) των κριτηρίων και τέλος η αξιολόγηση του βαθμού συμβολής κάθε εναλλακτικής λύσης στην επίτευξη του στόχου ως προς κάθε κριτήριο. Ο προσδιορισμός των στοιχείων αυτών μπορεί να γίνει με υποκειμενικό ή αντικειμενικό τρόπο ή με βάση κάποια μέθοδο [7, 295, 327, 351]. Όταν υπάρχουν «πραγματικά δεδομένα» τα παραπάνω στοιχεία εκτιμούνται αντικειμενικά, σε περιπτώσεις όμως στις οποίες αυτό δεν είναι εφικτό, είναι αναγκαστική η εφαρμογή κάποιας μεθόδου ή τεχνικής ή απευθείας αξιολόγησης η οποία είναι υποκειμενική.

1.6.2 Πλεονεκτήματα της πολυκριτηριακής ανάλυσης

Τα πλεονεκτήματα της πολυκριτηριακής ανάλυσης απέναντι στην ανεπίσημη διαδικασία αξιολόγησης για την αντιμετώπιση ενός προβλήματος είναι:

- απλοποιεί σύνθετα προβλήματα με την θεώρηση και αξιολόγηση επιμέρους συνιστωσών τους
- η επιλογή των στόχων και των κριτηρίων που γίνεται από μια ομάδα λήψης αποφάσεων είναι ανοιχτή σε ανάλυση και προσαρμογή εάν αυτό κριθεί εκ των υστέρων αναγκαίο

- οι βαθμολογίες (scores) και τα βάρη (weights) είναι σαφή και υπολογίζονται εν μέρει ή συνολικά με επιστημονικές τεχνικές.
- η μέτρηση της απόδοσης των λύσεων ως προς τα κριτήρια μπορεί να ανατεθεί με συμβάσεις σε ειδικούς και να μην γίνει κατ' ανάγκη από τους λήπτες αποφάσεων
- μπορεί να αποτελέσει ένα μέσο επικοινωνίας τόσο ανάμεσα στους λήπτες αποφάσεων και την ευρύτερη κοινωνία όσο και μεταξύ των διαφόρων ληπτών αποφάσεων

1.6.3 Πίνακας αξιολόγησης (Performance matrix)

Θεμελιώδες στοιχείο στην πολυκριτηριακή ανάλυση είναι ο *πίνακας αξιολόγησης (performance matrix)* του οποίου κάθε γραμμή αντιστοιχεί σε μια εναλλακτική λύση και κάθε στήλη περιγράφει ένα συγκεκριμένο κριτήριο. Το κελί τομής μιας εναλλακτικής λύσης με ένα κριτήριο περιέχει την αξιολόγηση της λύσης ως προς το κριτήριο αυτό. Η αξιολόγηση είναι συνήθως αριθμητική, αλλά μπορεί να γίνει και με εναλλακτικές μεθόδους, όπως ο χρωματικός κώδικας και η σήμανση με βούλες ή κουκίδες. Έστω ότι i ($i=1, \dots, m$) είναι η εναλλακτική λύση που αξιολογείται και k ($k=1, \dots, n$) είναι το κριτήριο αξιολόγησης. Εάν r_{ik} είναι η αξιολόγηση της i εναλλακτικής λύσης με βάση το k κριτήριο, τότε ο πίνακας αξιολόγησης θα έχει την μορφή του Πίνακα 1-2.

Πίνακας 1-2

Πίνακας αξιολόγησης m εναλλακτικών λύσεων ως προς n κριτήρια

$$\begin{pmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix}$$

Μερικές φορές ο πίνακας αξιολόγησης αποτελεί το τελικό προϊόν της ανάλυσης του προβλήματος. Σε αυτές τις περιπτώσεις, οι λήπτες αποφάσεων αξιολογούν το βαθμό επίτευξης των στόχων με βάση της τιμές του πίνακα αυτού. Η διαισθητική αυτή προσέγγιση μπορεί να οδηγήσει σε ταχείς και αποτελεσματικές αποφάσεις, μπορεί όμως να οδηγήσει και σε εσφαλμένες επιλογές.

Στην πλειονότητα των περιπτώσεων οι πολυκριτηριακές τεχνικές επεξεργάζονται τα περιεχόμενα του πίνακα αξιολόγησης παράγοντας για τους λήπτες αποφάσεων συνεπή αποτελέσματα αξιολόγησης των εναλλακτικών λύσεων και του βαθμού επίτευξης των στόχων.

1.6.4 Βαθμολογία και βάρη (Scoring and weighting)

Οι τεχνικές της πολυκριτηριακής ανάλυσης εφαρμόζουν την αριθμητική ανάλυση στον πίνακα αξιολόγησης σε δύο στάδια:

➤ **βαθμολογία (scoring)**

Για κάθε μία εναλλακτική λύση και στο βαθμό που αυτή συμβάλλει στην επίτευξη του τελικού στόχου με βάση ένα συγκεκριμένο κριτήριο, δίνεται μια αριθμητική τιμή με βάση μια κλίμακα προτίμησης. Η κλίμακα συνήθως είναι από το 0 έως το 100 όπου 0 δηλώνει μια μηδενική προτίμηση για την εναλλακτική λύση με βάση το συγκεκριμένο κριτήριο και 100 δηλώνει την μέγιστη δυνατή προτίμηση

➤ **βαρύτητα (weighting)**

Η σημαντικότητα κάθε κριτηρίου στην επίτευξη του τελικού στόχου δηλώνεται με μια αριθμητική τιμή σε μια δεδομένη κλίμακα

1.6.5 Χαρακτηριστικά των τεχνικών πολυκριτηριακής ανάλυσης

Οι τεχνικές πολυκριτηριακής ανάλυσης μπορούν:

- να προτείνουν την βέλτιστη δυνατή εναλλακτική λύση
- να ταξινομήσουν τις εναλλακτικές λύσεις (options/alternatives)
- να προτείνουν ένα υποσύνολο βέλτιστων εναλλακτικών λύσεων που θα αξιολογηθούν περαιτέρω σε επόμενο στάδιο
- να διαχωρίσουν τις αποδεκτές από τις μη αποδεκτές εναλλακτικές λύσεις

Ο αριθμός των πολυκριτηριακών τεχνικών αυξάνει διαρκώς κάτι που οφείλεται:

- στον *διαφορετικό τύπο αποφάσεων* που εμπίπτουν στην κατηγορία αυτή
- στον *διαθέσιμο χρόνο* για την εκτέλεση της ανάλυσης
- στην *διαφοροποίηση του όγκου και της φύσης των δεδομένων* που είναι διαθέσιμα για την ανάλυση αυτή
- στην *διαφοροποίηση της δυνατότητας ανάλυσης* του προβλήματος από τον λήπτη αποφάσεων
- στην *διαφοροποίηση της κουλτούρας και των απαιτήσεων* της διοίκησης του οργανισμού

Η αξιολόγηση των πολυκριτηριακών τεχνικών γίνεται κυρίως με τα εξής κριτήρια:

- το *βαθμό συνέπειας (consistency ratio)* και τη *λογική ορθότητα (soundness)* που έχουν
- τη *διαφάνεια (transparencny)*
- την *ευκολία χρήσης*
- την *ποσότητα και την ποιότητα των δεδομένων* που είναι διαθέσιμα
- τον *χρόνο και τους ανθρώπινους πόρους* που απαιτούνται για την διαδικασία ανάλυσης
- την δυνατότητα για *επαλήθευση των αποτελεσμάτων*
- την *διαθεσιμότητα λογισμικού*, όπου αυτό απαιτείται

1.6.6 Τεχνικές πολυκριτηριακής ανάλυσης

Ένας βασικός παράγων στην επιλογή της κατάλληλης πολυκριτηριακής τεχνικής είναι ο αριθμός των εναλλακτικών λύσεων που πρέπει να αξιολογηθούν. Όταν τα αποτελέσματα είναι απεριόριστα μεταβλητά (άπειρες εναλλακτικές λύσεις), αυτά είναι αδύνατο να εκτιμηθούν με την χρήση του πίνακα αξιολόγησης. Για την επίλυση αυτής της κατηγορίας προβλημάτων χρησιμοποιούνται τεχνικές από την επιχειρησιακή έρευνα [131].

Τεχνικές που βασίζονται στη χρήση του πίνακα αξιολόγησης χρησιμοποιούνται για την αντιμετώπιση προβλημάτων με πεπερασμένο αριθμό διακριτών εναλλακτικών λύσεων. Όσο αυξάνουν οι επιλογές και ο αριθμός των κριτηρίων, τόσο αυξάνονται και οι πόροι που πρέπει να καταναλωθούν και αυτό επηρεάζει την τεχνική που θα επιλεγεί ανάλογα με την πολυπλοκότητά της. Οι πολυκριτηριακές τεχνικές που αξιολογούν πεπερασμένο αριθμό διακριτών εναλλακτικών λύσεων διαφοροποιούνται μεταξύ τους στον τρόπο που επεξεργάζονται τις βασικές πληροφορίες που υπάρχουν στον πίνακα αξιολόγησης. Ανάλογα με τις ιδιαιτερότητες του προβλήματος εφαρμόζεται η καταλληλότερη πολυκριτηριακή τεχνική. Στη συνέχεια παρουσιάζονται όλες οι κατηγορίες μεθόδων πολυκριτηριακής ανάλυσης, τα βασικά χαρακτηριστικά τους και η αλληλοσυσχέτιση τους.

1.6.6.1 Τεχνικές πολυκριτηριακής ανάλυσης με άπειρες εναλλακτικές λύσεις

Σε πολλά προβλήματα δεν υπάρχει προκαθορισμένος πεπερασμένος αριθμός εναλλακτικών λύσεων μεταξύ των οποίων πρέπει να επιλεγεί η βέλτιστη. Σε τέτοιες περιπτώσεις χρησιμοποιείται μια επαναληπτική διαδικασία βελτιστοποίησης μέσα από την οποία ανιχνεύεται η βέλτιστη λύση από ένα σύνολο άπειρων εναλλακτικών λύσεων.

Για την αντιμετώπιση προβλημάτων αυτής της κατηγορίας χρησιμοποιείται ο **μαθηματικός προγραμματισμός (mathematical programming)**. Υπάρχουν τρεις βασικές έννοιες στον μαθηματικό προγραμματισμό:

- οι μεταβλητές απόφασης (decision variables)
- οι περιορισμοί (constraints)
- η αντικειμενική συνάρτηση (objective function)

Οι **μεταβλητές απόφασης (decision variables)** είναι εκείνοι οι παράγοντες (factors) που είναι υπό τον έλεγχο του λήπτη αποφάσεων. Παραδείγματα τέτοιων μεταβλητών είναι ο αριθμός των προϊόντων που θα παραχθούν, τα άτομα που θα δουλέψουν για την κάλυψη των αναγκών μιας συγκεκριμένης βάρδιας, τα χρήματα που θα επενδυθούν ή θα χρησιμοποιηθούν για διαφημιστικούς λόγους.

Οι **περιορισμοί (constraints)** καθορίζουν την διαθεσιμότητα και τον τρόπο που θα κατανεμηθούν οι πόροι προκειμένου να επιτευχθεί το βέλτιστο δυνατό αποτέλεσμα. Παραδείγματα είναι η κατανομή πρώτων υλών για την κατασκευή προϊόντων που χρησιμοποιούν κοινές πρώτες ύλες ή ο διαθέσιμος χρόνος για την έγκριση δανείων σε

μια τράπεζα. Ο αριθμός των δανείων που θα επεξεργασθούν καθορίζεται όχι μόνο από τις διαθέσιμες ανθρωποώρες αλλά και από το επίπεδο ικανοτήτων και τον βαθμό αυτοματισμού της όλης διαδικασίας.

Η *αντικειμενική συνάρτηση (objective function)* αποτελεί το μέτρο απόδοσης που πρέπει να μεγιστοποιηθεί ή να ελαχιστοποιηθεί. Παραδείγματα είναι η μεγιστοποίηση του κέρδους, η ελαχιστοποίηση του κόστους ή του χρόνου παράδοσης ενός προϊόντος ή υπηρεσίας. Οι τιμές της αντικειμενικής συνάρτησης ονομάζονται *αντικειμενικές τιμές (objective values)*. Η βελτίωση της αντικειμενικής τιμής ανά μονάδα αύξησης ενός πόρου ονομάζεται *σκιώδης τιμή (shadow price)* του πόρου. Η σκιώδης τιμή ονομάζεται και *δουική τιμή (dual price)*.

Στο γραμμικό προγραμματισμό η αντικειμενική συνάρτηση της οποίας επιδιώκουμε τη μεγιστοποίηση (ή σε άλλες περιπτώσεις την ελαχιστοποίηση), είναι της μορφής:

$$\sum_{j=1}^n a_j x_j \quad (1-1)$$

υπό τους ακόλουθους περιορισμούς

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i \quad (i = 1, \dots, m) \quad (1-2)$$

$$x_j \geq 0 \quad (j = 1, \dots, n) \quad (1-3)$$

Τα x_j είναι οι μεταβλητές απόφασης, τις οποίες ελέγχει ο λήπτης αποφάσεων. Τα a_j είναι οι *αριθμητικές παράμετροι* των οποίων οι τιμές αντιπροσωπεύουν τον βαθμό συμβολής της συγκεκριμένης μεταβλητής απόφασης στο τελικό αποτέλεσμα. Η σχέση (1-1) είναι η αντικειμενική συνάρτηση και εκφράζει το στόχο του λήπτη αποφάσεων σαν συνάρτηση των μεταβλητών απόφασης. Οι σχέσεις (1-2) και (1-3) εκφράζουν τους περιορισμούς των τιμών τις οποίες μπορεί να λάβουν οι μεταβλητές απόφασης x_j . Για παράδειγμα η σχέση (1-3) απαιτεί οι μεταβλητές απόφασης να παίρνουν θετικές τιμές.

Εκτός από την μεταβολή της τιμής των πόρων, υπάρχει η δυνατότητα να μελετηθεί η συμπεριφορά της αντικειμενικής συνάντησης όταν ένας συντελεστής της (μία αριθμητική παράμετρος a_j) μεταβάλλεται, ενώ οι πόροι παραμένουν σταθεροί. Πρέπει να σημειωθεί ότι μόνο μία αριθμητική παράμετρος ή ένας πόρος μεταβάλλεται κάθε φορά ενώ η ταυτόχρονη μεταβολή περισσότερων του ενός παραγόντων κάθε φορά αποτελεί πολύ πιο σύνθετο και πολύπλοκο προς επίλυση πρόβλημα.

Προβλήματα στα οποία υπάρχουν περισσότερες από μία αντικειμενικές συναρτήσεις για την εκπλήρωση πολλαπλών στόχων (multiple objectives) και οι μεταβλητές απόφασης μπορούν να πάρουν άπειρες τιμές, ονομάζονται *προβλήματα απόφασης πολλαπλών στόχων (multiple objective decision making – MODM)* [297].

Υπάρχουν τρεις κύριες *κατηγορίες προβλημάτων μαθηματικού προγραμματισμού*:

- γραμμικός προγραμματισμός (linear programming)
- ακέραιος προγραμματισμός (integer programming)
- μη γραμμικός προγραμματισμός (non-linear programming)

Ο *γραμμικός προγραμματισμός (linear programming - LP)* κάνει τέσσερις παραδοχές: γραμμικότητα (linearity) με άμεση συνέπεια την αναλογικότητα (proportionality) και την προσθετικότητα (additivity), διαιρετότητα (divisibility), βεβαιότητα (certainty) και μη αρνητικότητα (non-negativity). Έχει ευρεία εφαρμογή σε μια πλειάδα προβλημάτων που πληρούν τις παραπάνω παραδοχές [9, 131].

Η γραμμικότητα αναφέρεται στη γραμμική σχέση όλων των συντελεστών της αντικειμενικής συνάρτησης και των περιορισμών. Απόρροια της γραμμικότητας είναι η αναλογικότητα και η προσθετικότητα. Η αναλογικότητα συνεπάγεται τον διπλασιασμό των κερδών και των πόρων που απαιτούνται όταν διπλασιασθεί η παραγωγή ενός προϊόντος. Η προσθετικότητα συνεπάγεται ότι η συνολική συνεισφορά των μεταβλητών στην αντικειμενική συνάρτηση είναι το άθροισμα των επιμέρους συνεισφορών τους.

Η διαιρετότητα αναφέρεται στο γεγονός ότι οι μεταβλητές απόφασης μπορούν να πάρουν δεκαδικές τιμές. Η βέλτιστη λύση ενός προβλήματος μπορεί να είναι η πρόσληψη 42,55 εργαζομένων ή 65,12 τεχνικών. Η βεβαιότητα προϋποθέτει ότι οι παράμετροι του γραμμικού μοντέλου είναι γνωστές ή μπορούν να προσδιορισθούν με ακρίβεια. Παραδείγματα παραμέτρων είναι το κέρδος και το κόστος ανά μονάδα, η ποσότητα των διαθέσιμων πόρων και η ποσότητα της πρώτης ύλης για την παραγωγή ενός προϊόντος ή υπηρεσίας. Η μη αρνητικότητα αναφέρεται στο γεγονός ότι οι μεταβλητές απόφασης πρέπει να είναι θετικές ή μηδέν, δεν επιτρέπεται δηλαδή να παίρνουν αρνητικές τιμές.

Υποδιαίρεσεις του γραμμικού προγραμματισμού αποτελεί ο *δικτυωτός προγραμματισμός (network programming)*. Τα προβλήματα αυτής της κατηγορίας μπορεί να περιγραφούν με την χρήση *δικτύων (networks)* ή *γράφων (graphs)*.

Αν αναιρέσουμε την παραδοχή της διαιρετότητας και οι μεταβλητές απόφασης πρέπει να παίρνουν μόνο ακέραιες τιμές, τότε ο τύπος μαθηματικού προγραμματισμού στον οποίο αναφερόμαστε είναι ο *ακέραιος προγραμματισμός (integer programming - IP)*. Μια παραλλαγή του ακέραιου προγραμματισμού όπου κάποιες μεταβλητές είναι ακέραιες και κάποιες επιτρέπεται να παίρνουν και δεκαδικές τιμές ονομάζεται *μικτός ακέραιος προγραμματισμός (mixed integer programming - MIP)*.

Αν αναιρέσουμε την παραδοχή της γραμμικότητας τότε υπάρχει η δυνατότητα οι σχέσεις της αντικειμενικής συνάρτησης και/ή των περιορισμών να είναι μη γραμμικές. Στην περίπτωση αυτή αναφερόμαστε στον *μη γραμμικό προγραμματισμό (non-linear programming - NLP)*.

Την παραδοχή της βεβαιότητας (certainty) την διατηρούμε στην παρούσα φάση, ενώ υπάρχει η δυνατότητα για την αλλαγή των τιμών των παραμέτρων σε συγκεκριμένο

εύρος και μελέτη της μεταβολής που προκαλείται στην προτεινόμενη λύση. Αυτή η διαδικασία είναι γνωστή με την ονομασία *ανάλυση ευαισθησίας (sensitivity analysis)*.

Όταν οι τιμές των παραμέτρων δεν είναι γνωστές χρησιμοποιούνται στοχαστικές μεταβλητές (stochastic variables) και αναφερόμαστε στην *στοχαστική επιχειρησιακή έρευνα (stochastic operations research)* ενώ όταν είναι εκ των προτέρων γνωστές αναφερόμαστε σε *προσδιοριστική επιχειρησιακή έρευνα (deterministic operations research)*. Κλάδοι της στοχαστικής επιχειρησιακής έρευνας είναι η *θεωρία ουρών (queuing theory)* και η *θεωρία παιγνίων (game theory)*.

Ο *δυναμικός προγραμματισμός (dynamic programming)* είναι μια πολύ γενική μέθοδος βελτιστοποίησης με απαρίθμηση άμεση και έμμεση όλων των δυνατών περιπτώσεων που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επίλυση στοχαστικών και μη στοχαστικών προβλημάτων.

1.6.6.2 Τεχνικές πολυκριτηριακής ανάλυσης με πεπερασμένες εναλλακτικές λύσεις

Στη δεύτερη κλάση τεχνικών πολυκριτηριακής ανάλυσης ανήκουν εκείνες στις οποίες οι εναλλακτικές λύσεις είναι πεπερασμένες και κατά κανόνα μικρές σε αριθμό. Στην κλάση αυτή υπάρχουν δύο βασικές υποκατηγορίες μεθόδων:

- συμβιβαστικές πολυκριτηριακές μέθοδοι (compensatory MCA methods)
- μη συμβιβαστικές πολυκριτηριακές μέθοδοι (non-compensatory MCA methods)

Οι *συμβιβαστικές πολυκριτηριακές μέθοδοι (compensatory MCA methods)* επιτρέπουν την *αντιστάθμιση (tradeoff)* της χαμηλής αξιολόγησης μίας εναλλακτικής λύσης σε ένα κριτήριο από την υψηλή αξιολόγηση της ίδιας εναλλακτικής λύσης ως προς κάποιο άλλο κριτήριο. Όπου η αρχή του συμβιβασμού είναι αποδεκτή, υπάρχει κάποια διαδικασία *άθροισης (aggregation)* των αξιολογήσεων κάθε επιλογής για όλα τα κριτήρια, προκειμένου να υπάρξει η τελική αξιολόγηση μεταξύ όλων των εναλλακτικών λύσεων.

Μαθηματικές ρουτίνες που γράφονται για προγράμματα υπολογιστών συνδυάζουν τις επιμέρους βαθμολογίες για να δώσουν τη συνολική εκτίμηση για κάθε εναλλακτική λύση. Η διαφοροποίηση και ομαδοποίηση των μεθόδων πολυκριτηριακής ανάλυσης γίνεται ανάλογα με τον τρόπο που πραγματοποιείται αυτή η άθροιση. Ο πιο συνηθισμένος τρόπος υπολογισμού της συνολικής αξιολόγησης για κάθε εναλλακτική λύση είναι να υπολογιστεί απλά ο ζυγισμένος μέσος όρος των βαθμολογιών (weighted average of scores).

Απαραίτητη προϋπόθεση για τα παραπάνω είναι η *αμοιβαία ανεξαρτησία των προτιμήσεων (mutual independence of preferences)*. Αυτό σημαίνει ότι η προτίμηση σε μία εναλλακτική λύση με βάση ένα κριτήριο είναι τελείως ανεξάρτητη από την προτίμηση της ίδιας εναλλακτικής λύσης με βάση κάποιο άλλο κριτήριο. Η σημαντικότερη από αυτές τις τεχνικές είναι η θεωρία ωφέλειας πολλαπλών ιδιοτήτων που περιγράφεται στη συνέχεια. Όταν δεν ισχύει η αρχή της ανεξαρτησίας εφαρμόζονται διαφορετικές τεχνικές πολυκριτηριακής ανάλυσης που είναι αρκετά πιο πολύπλοκες.

Αντίθετα στις **μη συμβιβαστικές πολυκριτηριακές μεθόδους (non-compensatory MCA methods)** δεν υπάρχει δυνατότητα αντιστάθμισης της χαμηλής επίδοσης μιας εναλλακτικής λύσης με βάση κάποιο κριτήριο από την καλή επίδοση της ίδιας εναλλακτικής λύσης ως προς κάποια άλλα κριτήρια.

Οι συμβιβαστικές πολυκριτηριακές μέθοδοι είναι:

Γραμμικό αθροιστικό μοντέλο (Linear additive model)

Στις περιπτώσεις στις οποίες μπορεί να αποδειχθεί, ή υπό λογικές προϋποθέσεις να υιοθετηθεί η ανεξαρτησία μεταξύ των κριτηρίων ως προς το βαθμό προτίμησής τους από τον λήπτη αποφάσεων και δεν υπάρχει αβεβαιότητα, τότε εφαρμόζεται το γραμμικό αθροιστικό μοντέλο. Το μοντέλο αυτό παράγει μια συνολική αξιολόγηση για κάθε εναλλακτική λύση συνθέτοντας τις επιμέρους αξιολογήσεις της εναλλακτικής λύσης για κάθε κριτήριο. Εάν υπάρχουν m εναλλακτικές λύσεις και n κριτήρια, τότε σύμφωνα με το γραμμικό αθροιστικό μοντέλο επιλέγεται εκείνη η εναλλακτική λύση i η οποία έχει τη μέγιστη τιμή S_i στην ακόλουθη σχέση

$$S_i = \sum_{j=1}^n w_j s_{ij} \quad (1-4)$$

$$i = 1, \dots, m$$

$$j = 1, \dots, n$$

όπου

w_j είναι το βάρος του j κριτηρίου στην συνολική αξιολόγηση της εναλλακτικής λύσης
 s_{ij} είναι η αξιολόγηση της i εναλλακτικής λύσης ως προς το j κριτήριο

Θεωρία ωφέλειας πολλαπλών ιδιοτήτων (Multiattribute utility theory)

Στην οικονομική επιστήμη, ως **ωφέλεια (utility)** ορίζεται το μέτρο της ευχαρίστησης ή ικανοποίησης που εισπράττει ένα άτομο από μια υπηρεσία ή ένα αγαθό. Πρέπει να διευκρινιστεί ότι η ωφέλεια συνδέεται άμεσα με τις προτιμήσεις και τις επιλογές του ενδιαφερομένου είτε πρόκειται για καταναλωτή είτε για λήπτη κάποιας απόφασης. Στη λήψη αποφάσεων η ωφέλεια συνδέεται άμεσα με την διαχείριση κινδύνου από τον λήπτη της απόφασης. Το ίδιο αποτέλεσμα μπορεί να αξιολογείται διαφορετικά ως προς το βαθμό ωφέλειας από διαφορετικούς λήπτες αποφάσεων που δεν έχουν τις ίδιες προτιμήσεις και επιδεικνύουν διαφορετικό τρόπο διαχείρισης του κινδύνου. Η **συνάρτηση ωφελείας (utility function)** μετατρέπει ένα χρηματικό ποσό ή κάποιο άλλο ποσοτικό μέγεθος (quantitative measure) σε μέτρο της ωφέλειας ή ικανοποίησης που αυτό μπορεί να αποφέρει στο άτομο ή την ομάδα μέσα από μια συγκεκριμένη διαδικασία.

Οι βάσεις για την θεωρία αυτή τέθηκαν από την εξαιρετική δουλειά των von Neuman και Morgenstern [331] το 1944, η οποία συμπληρώθηκε και ολοκληρώθηκε από τους Savage [279] το 1954 και τους Keeney και Raiffa το 1976 [160]. Υπάρχουν τρία βασικά δομικά στοιχεία στη θεωρία αυτή. Το πρώτο είναι ο **πίνακας αξιολόγησης**, το δεύτερο είναι οι

διαδικασίες που χρησιμοποιούνται για να διαπιστωθεί η **ανεξαρτησία ή μη των κριτηρίων** και το τρίτο αφορά τον **προσδιορισμό των παραμέτρων μιας μαθηματικής συνάρτησης** που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της ωφέλειας. Η συνάρτηση U_i που εκφράζει την συνολική ωφέλεια (βαθμό προτίμησης) για την εναλλακτική λύση i δίνεται από τη σχέση

$$U_i = \sum_{j=1}^n p_j u_{ij} \quad (1-5)$$

όπου

p_j είναι η πιθανότητα να εμφανισθεί η κατάσταση της φύσης j σύμφωνα με την κρίση του λήπτη απόφασης

u_{ij} είναι η ωφέλεια που προκύπτει από την εναλλακτική λύση i , εάν έχοντας επιλέξει την i , τελικά εμφανισθεί η κατάσταση της φύσης j

Η τιμή της ωφέλειας ή ικανοποίησης του λήπτη αποφάσεων είναι υποκειμενική και δύσκολο να υπολογισθεί. Πολύπλοκες τεχνικές υπολογισμού της υποκειμενικής τιμής ωφέλειας έχουν περιγραφεί από τους Keeney και Raiffa [160] και Goodwin και Wright [118]. Η πολυπλοκότητα προκύπτει από το γεγονός ότι η θεωρία ωφέλειας πολλαπλών ιδιοτήτων πρέπει να συνδυάσει την αξιολόγηση των εναλλακτικών λύσεων από μια πλειάδα κριτηρίων και παράλληλα να διαχειριστεί τον κίνδυνο στο περιβάλλον αβεβαιότητας λήψης της απόφασης. Το μοντέλο των Keeney και Raiffa είναι πολύπλοκο αλλά και ισχυρό, αφού ενσωματώνει τη διαχείριση της αβεβαιότητας (uncertainty) και δεν προϋποθέτει την ανεξαρτησία των ιδιοτήτων. Σε αρκετές περιπτώσεις βέβαια είναι προτιμότερο να απλοποιηθεί το μοντέλο, εφόσον είναι εφικτό, εξαλείφοντας τους δύο παραπάνω παράγοντες, δίνοντας τη δυνατότητα ευκολότερου και ταχύτερου χειρισμού του προβλήματος.

Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία (Analytic Hierarchy Process)

Η αναλυτική ιεραρχική διαδικασία (ΑΙΔ) [266, 268, 269] αποτελεί εναλλακτική προσέγγιση στο πρόβλημα της μεγιστοποίησης της αναμενόμενης ωφέλειας και αποτελεί ένα από τα ισχυρότερα εργαλεία στο τομέα της πολυκριτηριακής ανάλυσης. Δομεί το πρόβλημα σε μια ιεραρχική δομή τριών ή περισσότερων επιπέδων τα οποία είναι τα εξής:

- στο πρώτο επίπεδο παρουσιάζεται ο στόχος (goal) ο οποίος πρέπει να επιτευχθεί
- στο δεύτερο επίπεδο (και ενδεχομένως σε περισσότερα επίπεδα) απεικονίζονται τα κριτήρια (criteria) τα οποία μπορεί να υποδιαιρούνται σε υποκριτήρια ανάλογα με τη φύση του προβλήματος και την προσέγγισή του
- στο τελευταίο επίπεδο απεικονίζονται οι εναλλακτικές λύσεις (alternatives) οι οποίες αξιολογούνται προκειμένου να επιλεγεί η βέλτιστη δυνατή

Στην αναλυτική ιεραρχική διαδικασία αρχικά αξιολογούνται οι εναλλακτικές λύσεις ως προς την επίτευξη του στόχου για κάθε κριτήριο. Ακολουθεί η αξιολόγηση της βαρύτητας των κριτηρίων, δηλαδή ο βαθμός σπουδαιότητας του καθενός στην επίτευξη του στόχου. Η σύνθεση των δύο αξιολογήσεων οδηγεί στην τελική βαθμολογία κάθε

εναλλακτικής λύσης ως προς το βαθμό πλήρωσης του στόχου που έχει τεθεί στο πρώτο επίπεδο.

Η ΑΙΔ δεν απαιτεί ποτέ την απόλυτη εκτίμηση ή κρίση ενός στοιχείου. Αντίθετα απαιτεί τη σύγκριση δύο στοιχείων κάθε φορά, μια διαδικασία που ονομάζεται *σύγκριση ζευγών (pairwise comparisons)*. Η σύγκριση αυτή πραγματοποιείται με τη χρήση μιας αναλογικής κλίμακας (ratio scale) μέτρησης. Αυτό το στοιχείο αποτελεί και το πιο ισχυρό πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου πολυκριτηριακής ανάλυσης καθώς αυξάνει την ορθότητα των υποκειμενικών εκτιμήσεων και ελαχιστοποιεί την διαισθητική παραπλάνηση του λήπτη αποφάσεων. Για παράδειγμα ας θεωρήσουμε τα δύο εξής ερωτήματα:

1. «πόσο κοινωνικά αποδεκτός είναι ένας σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας βασισμένος σε άνθρακα/λιγνίτη;»
2. «πόσο κοινωνικά αποδεκτός είναι ένας αιολικός σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας;»

Η απάντηση στα παραπάνω ερωτήματα σε μορφή ποσοστού εμπεριέχει μεγάλο βαθμό κινδύνου αυθαίρετης και κατά συνέπεια λανθασμένης εκτίμησης. Όσο μάλιστα αυξάνεται ο αριθμός των τύπων σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας για τους οποίους τίθεται το ίδιο ερώτημα, καθώς επίσης και ο αριθμός των ερωτημάτων τα οποία αντιπροσωπεύουν διαφορετικά κριτήρια αξιολόγησης, ο βαθμός κινδύνου λανθασμένων αξιολογήσεων που πιθανότατα οδηγούν σε εσφαλμένες αποφάσεις αυξάνεται εκθετικά.

Αντίθετα ένα ερώτημα του τύπου:

«πόσο πιο κοινωνικά αποδεκτός είναι ένας αιολικός σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε σχέση με τον αντίστοιχο σταθμό άνθρακα/λιγνίτη;»
μπορεί να απαντηθεί πολύ πιο εύκολα και με πολύ ορθότερο τρόπο και από έναν μη ειδικό στον τομέα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Το παράδειγμα αυτό αναδεικνύει το πιο ισχυρό πλεονέκτημα της Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας, μέσα από τη σύγκριση κατά ζεύγη που είναι απλή και αποτελεσματική. Η σύγκριση αυτή μπορεί να είναι υποκειμενική, όπως στο παραπάνω παράδειγμα όπου η αξιολόγηση είναι ποιοτική, ή αντικειμενική όταν βασίζεται σε μετρήσιμα δεδομένα. Το κόστος κατασκευής σε Ευρώ ανά kW εγκατεστημένης ισχύος, για παράδειγμα, αποτελεί ένα αντικειμενικό μέτρο σύγκρισης μεταξύ δύο μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Ένα άλλο πολύ σημαντικό πλεονέκτημα της ΑΙΔ είναι ότι παρέχει τη δυνατότητα ελέγχου του *βαθμού συνέπειας (consistency measure)* των αξιολογήσεων κατά ζεύγη όταν υπάρχουν τρία ή περισσότερα στοιχεία. Για παράδειγμα εάν το στοιχείο Α είναι δύο φορές καλύτερο από το Β ως προς ένα κριτήριο και το Β είναι τρεις φορές καλύτερο από το Γ ως προς το ίδιο κριτήριο, τότε το Α αναμένεται να είναι έξι φορές καλύτερο από το Γ ως προς αυτό το κριτήριο.

Η ΑΙΔ είναι ένα από τα ισχυρότερα εργαλεία πολυκριτηριακής ανάλυσης με πλειάδα εφαρμογών σε κάθε εύρος των καθημερινών και επιστημονικών δραστηριοτήτων του ανθρώπου. Ενδεικτικά αναφέρεται η χρήση της στη διαχείριση υγειονομικών αποβλήτων [45], στη διαχείριση φυσικών και περιβαλλοντικών πόρων [359], στην κατανομή ενεργειακών πόρων [255], στη δημιουργία συμβολαίων για δημόσια έργα [26], στην επιλογή του βέλτιστου σεναρίου για τον κύκλο ζωής του πυρηνικού καυσίμου [163], στην επιλογή μονάδων αφαλάτωσης [123], στην αξιολόγηση αρδευτικών συστημάτων [154] και στη βελτίωση των διαδικασιών ελέγχου ασφαλείας των επιβατών στα αεροδρόμια [352]. Μια πλήρη καταγραφή των εφαρμογών της ΑΙΔ στην βιομηχανία, σε κοινωνικά θέματα, σε κυβερνητικά ζητήματα, στον αθλητισμό, στην επιστήμη των μηχανικών αλλά και θέματα που αφορούν την καθημερινή μας ζωή παρουσιάζεται από τους Vaidya και Kumar [323].

Πλήρης περιγραφή της Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας παρουσιάζεται στο κεφάλαιο 4, στο οποίο γίνεται και εφαρμογή αυτής της μεθόδου για την συνολική αξιολόγηση των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων.

Διαδικασίες που χρησιμοποιούν ποιοτικά δεδομένα εισόδου

Είναι σαφές ότι για να υπάρχει αξιοπιστία και διαφάνεια στην υποστήριξη του λήπτη αποφάσεων απαιτείται κάποιου είδους αριθμητική αξιολόγηση των επιλογών σε μια βαθμωτή κλίμακα. Υπάρχουν εξαιρέσεις στον κανόνα αυτό, όπως είναι η εφαρμογή της αρχής της κυριαρχίας.

Γενικά όσο λιγότερο ακριβή είναι τα δεδομένα εισόδου σε μια διαδικασία υποστήριξης λήψης απόφασης τόσο λιγότερο ακριβή θα είναι και τα αποτελέσματα εξόδου που παράγει η διαδικασία αυτή. Υπάρχουν διαδικασίες με ποιοτικά δεδομένα εισόδου που λειτουργούν παραπλήσια ή συμπληρωματικά προς τις ποσοτικές αξιολογήσεις.

Πολυκριτηριακές μέθοδοι που βασίζονται σε ασαφή σύνολα (Fuzzy sets)

Η *ασαφής λογική (fuzzy logic)* βασίζεται στο ότι στην καθημερινή μας ζωή δεν είμαστε ακριβείς στις εκφράσεις μας. Κάποια επιλογή χαρακτηρίζεται «μάλλον ελκυστική» ή «περισσότερο ακριβή» από κάποια άλλη και όχι απλώς ελκυστική ή ακριβή. Η ασαφής λογική χρησιμοποιεί μια συνάρτηση με τιμές από το 0 έως το 1 για να αναπαραστήσει τις επιλογές αυτές.

Οι μέθοδοι που εφαρμόζονται στην ασαφή λογική είναι δύσκολο να κατανοηθούν από μη ειδικούς, δεν έχουν ισχυρό θεωρητικό υπόβαθρο και δεν φαίνεται να δίνουν κάποιο συγκριτικό πλεονέκτημα σε σχέση με τη χρήση των συμβατικών διαδικασιών πολυκριτηριακής ανάλυσης. Για το λόγο αυτό δεν τυχαίνουν ακόμα της ευρύτερης δυνατής αποδοχής και δεν έχουν μεγάλη πρακτική αξία.

Οι μη συμβιβαστικές πολυκριτηριακές μέθοδοι είναι:

Μέθοδοι υπεροχής (Outranking methods)

Οι **μέθοδοι υπεροχής (outranking methods)** βασίζονται στην αρχή της υπεροχής μιας λύσης A σε σχέση με μια λύση B η οποία ορίζεται ως εξής:

Μια εναλλακτική λύση A υπερέχει μιας λύσης B εάν έχει καλύτερη αξιολόγηση σε αρκετά κριτήρια μεγάλης βαρύτητας (όπως προκύπτει από το άθροισμα των βαρών των κριτηρίων) και δεν υστερεί σε σχέση με τη B σε κάποιο κριτήριο. Κατά συνέπεια οι μέθοδοι υπεροχής βασίζονται στην σύγκριση των εναλλακτικών λύσεων κατά ζεύγη.

Κάθε μέθοδος υπεροχής περιγράφει με ακρίβεια δύο συνιστώσες. Πρώτον, την ακριβή διαδικασία απόφασης για την υπεροχή μιας εναλλακτικής λύσης A σε σχέση με μια λύση B. Δεύτερον, τον τρόπο συνολικής κατάταξης των εναλλακτικών λύσεων με βάση την υπεροχή που διαπιστώνεται στις συγκρίσεις μεταξύ τους κατά ζεύγη. Ένα ενδιαφέρον χαρακτηριστικό στην μέθοδο αυτή είναι ότι δύο επιλογές μπορεί να είναι **μη συγκρίσιμες (incomparable)**. Αυτό δεν είναι το ίδιο με την **αδιαφορία (indifference)** μεταξύ δύο επιλογών η οποία μπορεί να οφείλεται σε ενδεχόμενη έλλειψη στοιχείων. Η σημαντικότερη αδυναμία αυτών των μεθόδων είναι ο υποκειμενικός ορισμός των τιμών καταφλίου με βάση τις οποίες ορίζεται η υπεροχή μιας εναλλακτικής λύσης σε σχέση με μια άλλη. Μια εισαγωγική παρουσίαση αυτών των μεθόδων παρέχει ο Vincke [328].

Δύο από τις σημαντικότερες μεθόδους αυτής της κατηγορίας οι οποίες θα χρησιμοποιηθούν στα πλαίσια της διδακτορικής διατριβής είναι η **PROMETHEE (Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluation)** και η **ELECTRE (ELimination Et Choix Traduisant la REalité ή ELimination Et Choix Translating REality)**. Οι μέθοδοι παρουσιάζονται στα κεφάλαια 5 και 6 αντίστοιχα.

Κυριαρχία (Dominance)

Η **κυριαρχία (dominance)** επί μίας εναλλακτικής λύσης ορίζεται όταν αυτή αξιολογείται τουλάχιστον το ίδιο (ή καλύτερα) από όλες τις υπόλοιπες για όλα τα κριτήρια και πολύ καλύτερα από τις υπόλοιπες εναλλακτικές λύσεις για τουλάχιστον ένα κριτήριο, όπως αποτυπώνεται στον πίνακα αξιολόγησης. Στην πράξη σπάνια μια εναλλακτική λύση κυριαρχείται από μία ή περισσότερες εναλλακτικές λύσεις. Εάν μια λύση κυριαρχείται από άλλες δεν εξετάζεται περαιτέρω.

Ασυνήθιστο επίσης είναι κάποια επιλογή να κυριαρχεί επί όλων των υπολοίπων. Στην περίπτωση αυτή είναι προφανές ότι αυτή αποτελεί και την βέλτιστη επιλογή. Σε πολλές περιπτώσεις το φαινόμενο της κυριαρχίας εμφανίζεται όταν λόγω λανθασμένης ανάλυσης του προβλήματος δεν έχουν συμπεριληφθεί όλα τα δυνατά κριτήρια ή όλες οι δυνατές εναλλακτικές λύσεις. Πρόσθετα κριτήρια ή εναλλακτικές λύσεις που αρχικά είχαν παραλειφθεί μπορεί να οδηγήσουν σε ολική ή μερική εξάλειψη του φαινομένου της κυριαρχίας. Η κυριαρχία χρησιμοποιείται για τον περιορισμό των τελικών επιλογών και την περαιτέρω εξέταση ενός υποσυνόλου τους.

Συζευκτικές και διαζευκτικές διαδικασίες επιλογής (Conjunctive and disjunctive selection procedures)

Στις *συζευκτικές διαδικασίες επιλογής (conjunctive selection procedures)* εισάγονται τιμές κατωφλίου για ένα ή περισσότερα κριτήρια. Εναλλακτικές λύσεις οι οποίες έχουν τιμές αξιολόγησης ως προς ένα κριτήριο μικρότερες από την τιμή κατωφλίου για το συγκεκριμένο κριτήριο απορρίπτονται. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται για όλα εκείνα τα κριτήρια για τα οποία έχουν ορισθεί τιμές κατωφλίου. Η διαδικασία αυτή προϋποθέτει την τεκμηρίωση της ορθότητας των τιμών κατωφλίου των κριτηρίων καθώς επίσης και την αιτιολόγηση του μη καθορισμού τιμών κατωφλίου για τα υπόλοιπα κριτήρια.

Οι *διαζευκτικές διαδικασίες επιλογής (disjunctive selection procedures)* δεν απορρίπτουν τις εναλλακτικές λύσεις που έχουν απόδοση μεγαλύτερη από την τιμή κατωφλίου τουλάχιστον σε ένα κριτήριο από ένα προκαθορισμένο σύνολο κριτηρίων.

Οι δύο διαδικασίες επιλογής μπορούν να συνδυασθούν χωρίς πρόβλημα σε μια διαδικασία λήψης απόφασης επιλέγοντας τα κατάλληλα κριτήρια και τις τιμές κατωφλίου τους. Χρησιμοποιούνται κατά βάση για την δημιουργία μικρότερων των αρχικών λιστών (short lists) εναλλακτικών λύσεων οι οποίες θα αξιολογηθούν περαιτέρω με χρήση άλλων μεθόδων.

Λεξικογραφική ταξινόμηση (Lexicographic ordering)

Στην λεξικογραφική ταξινόμηση δεν ορίζονται τιμές κατωφλίου, αλλά προτεραιότητα μεταξύ των κριτηρίων. Οι εναλλακτικές λύσεις αξιολογούνται αρχικά ως προς το πιο σημαντικό κριτήριο. Αν κάποια από αυτές έχει μέγιστη απόδοση ως προς το πιο σημαντικό αυτό κριτήριο επιλέγεται ως η βέλτιστη λύση. Αν υπάρχουν περισσότερες από μία λύσεις που έχουν ταυτόσημη απόδοση ως προς το σημαντικότερο κριτήριο, τότε αυτές αξιολογούνται ως προς το δεύτερο πιο σημαντικό κριτήριο. Αν προκύψει μία εναλλακτική λύση με τη μεγαλύτερη απόδοση ως προς αυτό το κριτήριο επιλέγεται ως η βέλτιστη, διαφορετικά η διαδικασία επαναλαμβάνεται έως ότου βρεθεί μια μοναδική λύση ή εξαντληθούν όλα τα κριτήρια αξιολόγησης.

1.7 Τεχνικές μοντελοποίησης (Modelling techniques)

Το μοντέλο ορίζεται ως η αναπαράσταση ή η αφαιρετική περιγραφή της πραγματικότητας ή ενός συστήματος. Το μοντέλο περιγράφει τις σχέσεις μεταξύ των στοιχείων ενός συστήματος που αποτελούν την βάση για την επίλυση του προβλήματος που σχετίζεται με το σύστημα.

Τα βήματα κατά την διαδικασία μοντελοποίησης είναι:

1. σαφής διατύπωση του προβλήματος
2. ανάπτυξη του μοντέλου
3. επίλυση του μοντέλου
4. επικύρωση του μοντέλου

5. υλοποίηση των αποτελεσμάτων

Τέσσερις είναι οι βασικές κατηγορίες μοντελοποίησης:

1. μαθηματικός προγραμματισμός (mathematical programming)
2. ανάλυση αποφάσεων (decision analysis)
3. προσομοίωση (simulation)
4. ανάλυση έργου (project analysis)

1.7.1 Μαθηματικός προγραμματισμός (Mathematical programming)

Ο μαθηματικός προγραμματισμός χρησιμοποιείται κυρίως σε προβλήματα προσδιορισμού κατανομής πόρων μεταξύ ανταγωνιστικών δραστηριοτήτων. Οι πόροι μπορεί να είναι άνθρωποι, κεφάλαια, εξοπλισμοί ή υλικά ενώ οι δραστηριότητες που ανταγωνίζονται για την χρήση τους μπορεί να είναι προϊόντα ή υπηρεσίες, επενδύσεις, μέσα μάρκετινγκ ή δίοδοι μεταφοράς. Ο απώτερος στόχος είναι η μεγιστοποίηση (π.χ. του κέρδους) ή η ελαχιστοποίηση (π.χ. του κόστους) μια τιμής ικανοποιώντας παράλληλα όλους τους περιορισμούς (constraints).

Η συσχέτιση των παραγόντων μπορεί να είναι γραμμική (linear) ή μη γραμμική non-linear) και οι παράγοντες (factors) μπορεί να παίρνουν συνεχείς (continuous) ή ακέραιες (integer) τιμές. Η περιγραφή των μοντέλων στον μαθηματικό προγραμματισμό μπορεί να γίνει με αλγεβρική προσέγγιση ή με την χρήση κάποιας γλώσσας μοντελοποίησης. Πλήρης περιγραφή του μαθηματικού προγραμματισμού έγινε στην ενότητα 1.5.6.1.

1.7.2 Ανάλυση αποφάσεων (Decision analysis)

Στην κατηγορία αυτή ο λήπτης αποφάσεων καλείται να λάβει αποφάσεις για σύνθετα προβλήματα των οποίων πρέπει να αναλυθεί και να κατανοηθεί πλήρως η δομή. Από τις πιο δημοφιλείς μεθόδους στην κατηγορία αυτή είναι η Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία – ΑΙΔ (Analytic Hierarchy Process - AHP), όπου πραγματοποιείται η σύγκριση ζευγών για την ανάλυση προβλημάτων με βάση τους στόχους (goals), τα κριτήρια (criteria) και τις εναλλακτικές λύσεις (alternatives). Ενδεικτικά παραδείγματα σ' αυτή την κατηγορία είναι η επιλογή εργασίας από ένα σύνολο προτεινόμενων λύσεων, της θέσης εγκατάστασης ενός εργοστασίου ή μιας μονάδας παραγωγής ή τέλος μιας θεραπευτικής αγωγής σε περιπτώσεις όπου δεν είναι γνωστή η έκβαση μιας ασθένειας. Οι αποφάσεις αυτής της κατηγορίας χαρακτηρίζονται από αβεβαιότητα (uncertainty), σύγκρουση συμφερόντων εμπλεκομένων μερών (stakeholders), πολλαπλούς αλληλοσυγκρουόμενους στόχους (conflicting multiple objectives) και πιθανή αδυναμία ποσοτικοποίησης μεγεθών.

1.7.3 Προσομοίωση (Simulation)

Η προσομοίωση χρησιμοποιείται σε πολύπλοκα υπαρκτά συστήματα όπου μία ή περισσότερες μεταβλητές είναι στοχαστικές (stochastic or probabilistic). Ένα μοντέλο προσομοίωσης αποτελείται από ένα σύνολο μαθηματικών και λογικών σχέσεων που

περιγράφουν την λειτουργία του συστήματος. Για την περιγραφή των τυχαίων συμβάντων του συστήματος, όπως π.χ. ο αριθμός άφιξης πελατών και ο χρόνος εξυπηρέτησής τους σε μια τράπεζα ή υπηρεσία, χρησιμοποιούνται οι πιθανότητες. Η αξιολόγηση μιας ενέργειας μπορεί να γίνει παρακολουθώντας για παράδειγμα την λειτουργία μιας τράπεζας για 500 ημέρες.

1.7.4 Ανάλυση έργου (Project analysis)

Το έργο (project) είναι ένα εγχείρημα που αναλαμβάνεται για την δημιουργία ενός μοναδικού προϊόντος ή υπηρεσίας. Το έργο αποτελείται από μια σειρά δραστηριοτήτων ή εργασιών που οδηγούν σε έναν κοινό στόχο (goal). Παραδείγματα έργων είναι η κατασκευή ενός πλοίου ή μιας αποθήκης, ενός λογισμικού πακέτου ή μιας διαφημιστικής καμπάνιας καθώς επίσης και η υλοποίηση νέων τεχνολογιών ή εργασιακών διεργασιών. Στόχος του έργου είναι η ταχύτερη δυνατή ολοκλήρωσή του με το χαμηλότερο δυνατό κόστος, εκπληρώνοντας τις προδιαγραφές και τους περιορισμούς πόρων που έχουν τεθεί.

1.8 Τεχνολογία αποφάσεων (Decision technology)

Η *τεχνολογία αποφάσεων (decision technology)* μπορεί να θεωρηθεί σαν η ολοκλήρωση της *μαθηματικής θεωρίας (mathematical theory)* και των *υπολογιστικών τεχνικών (computational techniques)* που συνδυάζονται για την δημιουργία ενός διαρκώς εξελισσόμενου συνόλου βοηθητικών εργαλείων για τη λήψη αποφάσεων σε όλους σχεδόν τους τομείς των επιχειρήσεων, της βιομηχανίας και των κυβερνητικών υπηρεσιών [185]. Έχει τις ρίζες της και σχετίζεται άμεσα με τις *επιστήμες της διοίκησης (management science)* και της *επιχειρησιακής έρευνας (operations research)*.

Η τεχνολογία αποφάσεων (decision technology) είναι η εφαρμογή της *μοντελοποίησης για την υποστήριξη λήψης αποφάσεων (decision-support modelling)* και *λογισμικού υπολογιστών (computer software)* για την επίλυση προβλημάτων στις επιχειρήσεις, την βιομηχανία και τους κυβερνητικούς οργανισμούς. Είναι δραστηριότητα προστιθεμένης αξίας (value-added) που σκοπό έχει την βελτίωση της διαδικασίας λήψης αποφάσεων (decision-making process). Τα οφέλη από την εφαρμογή της τεχνολογίας αποφάσεων περιλαμβάνουν την αναγνώριση και αξιολόγηση πιθανών λύσεων προβλημάτων, καθώς και την απόκτηση βαθιάς γνώσης της δομής και αλληλοσυσχέτισής τους. Η βαθιά γνώση της τεχνολογίας αποφάσεων είναι απαραίτητη καθώς για να κατανοηθεί σε βάθος ο σημερινός και αυριανός επιχειρηματικός και βιομηχανικός κόσμος πρέπει να υπάρχει επίγνωση της διαδικασίας λήψης αποφάσεων και του ρόλου που παίζει η τεχνολογία αποφάσεων στην διαδικασία αυτή.

Κεφάλαιο 2

Ηλεκτροπαραγωγικές Μονάδες

Στο κεφάλαιο 2 παρουσιάζονται οι δέκα τύποι ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων που θα αξιολογηθούν με βάση τις τρεις πολυκριτηριακές μεθόδους. Περιγράφεται ο τρόπος λειτουργίας των μονάδων και παρουσιάζονται τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους σε σχέση με τα κριτήρια αξιολόγησης τα οποία περιγράφονται στο κεφάλαιο 3.

2.1 Αξιολογούμενοι τύποι ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων

Πριν την αξιολόγηση των μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας απαιτείται να προσδιορισθούν και να περιγραφούν οι τύποι των μονάδων που πρέπει να συμμετάσχουν στην διαδικασία. Αυτό σημαίνει ότι δεν πρέπει να παραληφθεί κανένας τύπος μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιήθηκε ευρέως τις προηγούμενες δεκαετίες και αναμένεται να συνεχίζει να συμμετάσχει στην ηλεκτροπαραγωγική διαδικασία σε σημαντικό βαθμό στο μεσοπρόθεσμο μέλλον. Η διαδικασία αυτή, εάν και πολλές φορές θεωρείται δεδομένη, είναι μια διαδικασία που απαιτεί ενδελεχή ανάλυση και σκέψη προκειμένου να καταγραφεί το σωστό σύνολο των μονάδων που θα αξιολογηθεί.

Μία μονάδα η οποία έχει παραληφθεί δεν είναι δυνατό φυσικά να επιλεγεί, όσο σωστή κι αν είναι η μετέπειτα διαδικασία αξιολόγησης στην οποία θα βασιστεί ο λήπτης της απόφασης. Αντίθετα δεν μπορεί να συμπεριληφθεί στην αξιολόγηση κάποιος τύπος μονάδας χωρίς ευρεία εφαρμογή στην ηλεκτροπαραγωγική διαδικασία ή κάποιος τύπος μονάδας για τον οποίο δεν υπάρχει δυνατότητα αξιολόγησης ως προς όλα τα κριτήρια, λόγω έλλειψης ιστορικών και αξιόπιστων δεδομένων.

Η διαδικασία επιλογής των μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που θα αξιολογηθούν πρέπει να γίνει με βάση συγκεκριμένες προδιαγραφές που θα περιγράφονται με σαφείς κανόνες. Κατά συνέπεια για να συμπεριληφθεί ένας τύπος μονάδας στην αξιολόγηση θα πρέπει να εκπληρώνει μια σειρά προϋποθέσεων όπως:

- να χρησιμοποιείται ευρέως και όχι σε μεμονωμένες περιπτώσεις ή σε πειραματικό στάδιο
- να υπάρχουν αξιόπιστα και επαρκή ιστορικά στοιχεία για όλα τα κριτήρια που θα χρησιμοποιηθούν στην αξιολόγησή του και κατά συνέπεια δυνατότητα αντικειμενικής ή υποκειμενικής ή και των δύο τύπων αξιολόγησης της ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας για κάθε κριτήριο
- να έχει αξιόλογες προοπτικές για το μεσοπρόθεσμο μέλλον

Καθώς αυξάνει ο αριθμός των κριτηρίων γίνεται ολοένα και δυσκολότερη η επιλογή των αξιολογούμενων μονάδων, καθώς θα πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα αντικειμενικής ή υποκειμενικής αξιολόγησής τους ως προς το καθένα από αυτά τα κριτήρια. Διαφορετικά θα πρέπει να αφαιρεθεί το κριτήριο ή ο αξιολογούμενος τύπος μονάδας ή να υπάρξει κάποια συμβιβαστική προσέγγιση ανάλογα με τη βαρύτητα του κριτηρίου και του αξιολογούμενου τύπου μονάδας. Αν δηλαδή τόσο το κριτήριο όσο και ο τύπος μονάδας θεωρούνται εξαιρετικά βαρύνουσας σημασίας, θα πρέπει να καταβληθεί κάθε δυνατή προσπάθεια για αντικειμενική ή υποκειμενική αξιολόγηση με συνδυασμό και επεξεργασία όλων των υπάρχοντων δεδομένων και των δυνατών προβλέψεων για το μέλλον. Με βάση τις προϋποθέσεις που αναφέρθηκαν αλλά και τα κριτήρια αξιολόγησης που αναπτύσσονται στο κεφάλαιο 3, δέκα είναι οι τύποι ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων που είναι δυνατό να αξιολογηθούν. Οι μονάδες αυτές είναι:

1. Άνθρακα/Λιγνίτη (Coal/Lignite)
2. Πετρελαίου (Oil)
3. Αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο (Natural Gas Turbine)
4. Συνδυασμένου Κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο (Natural Gas Combined Cycle)
5. Πυρηνικής ενέργειας (Nuclear)
6. Υδροηλεκτρικές (Hydropower)
7. Αιολικές (Wind)
8. Φωτοβολταϊκές (Photovoltaic)
9. Βιομάζας (Biomass)
10. Γεωθερμικές (Geothermal)

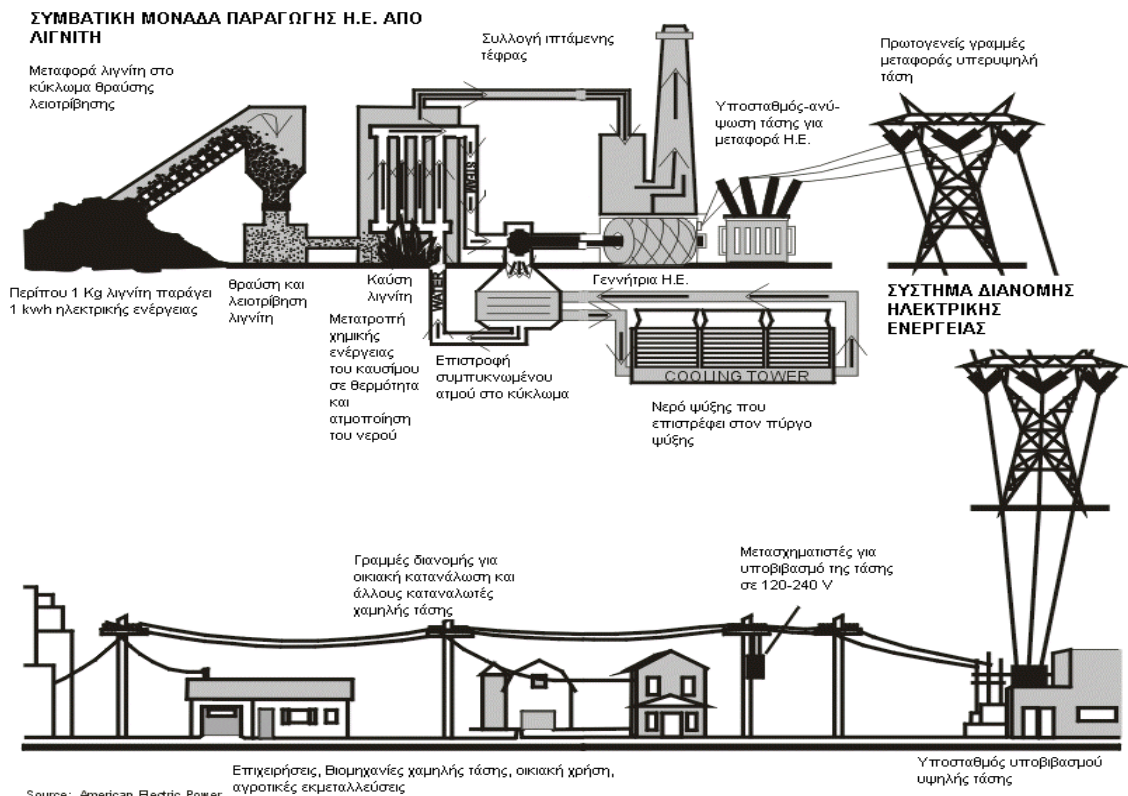
Οι δέκα αυτοί τύποι καλύπτουν όλους τους ευρέως χρησιμοποιούμενους τύπους ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με σημαντικές μεσοπρόθεσμες προοπτικές [162]. Κατά συνέπεια υπάρχει πληρότητα και αξιοπιστία των αξιολογούμενων μονάδων.

2.2 Μονάδες άνθρακα/λιγνίτη

Η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται από τον μετασχηματισμό άλλων μορφών ενέργειας που υπάρχουν στην φύση [85, 94]. Οι ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες άνθρακα/λιγνίτη μετασχηματίζουν μέσω της καύσης την χημική ενέργεια του άνθρακα και του λιγνίτη σε

ηλεκτρική ενέργεια. Το 2004 παγκοσμίως η ηλεκτρική ενέργεια που προερχόταν από σταθμούς άνθρακα/λιγνίτη ανερχόταν στο 39,8% [143, 145, 318].

Η διαδικασία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε μία μονάδα άνθρακα/λιγνίτη παρουσιάζεται στο Σχήμα 2-1. Ο εξορυσσόμενος λιγνίτης οδηγείται μέσω μεταφορικών ταινιών στη μονάδα θραύσης όπου θραύεται πρωτογενώς και κατόπιν μεταφέρεται στη μονάδα ηλεκτροπαραγωγής όπου λειτουργεί. Ο λειτουργημένος λιγνίτης αναμειγνύεται με αέρα και εισάγεται στο θάλαμο καύσης όπου καίγεται και εκλύεται θερμότητα (μετατροπή της χημικής ενέργειας του καυσίμου σε θερμότητα). Νερό το οποίο αντλείται από φυσική ή τεχνητή λίμνη αφού υποστεί διαδικασία καθαρισμού διοχετεύεται σε σωληνώσεις μέσα στο θάλαμο καύσης, προσλαμβάνει την εκλυόμενη θερμότητα από την καύση και μετατρέπεται σε υπέρθερμο και υψηλής πίεσης ατμό.



Σχήμα 2-1

Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε μονάδα άνθρακα/λιγνίτη, μεταφορά και διανομή της στους τελικούς καταναλωτές χαμηλής τάσης

Ο ατμός οδηγείται μέσω σωληνώσεων σε αμοστρόβιλο τον οποίο περιστρέφει παράγοντας κινητική ενέργεια. Η κίνηση του αμοστρόβιλου περιστρέφει το ρότορα μίας γεννήτριας που είναι συνδεδεμένη στον άξονα του αμοστρόβιλου, με αποτέλεσμα στα άκρα της γεννήτριας να παράγεται εναλλασσόμενο ηλεκτρικό ρεύμα με βάση το φαινόμενο της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής [12, 345].

Ο ατμός καταλήγει τελικά στο κύριο ψυγείο της μονάδας, όπου συμπυκνώνεται με τη βοήθεια ψυκτικού νερού, το οποίο απάγει τη θερμότητα του προς συμπύκνωση ατμού. Το νερό που παράγεται από την συμπύκνωση του ατμού οδηγείται στο κύκλωμα ατμοποίησης του θαλάμου καύσης. Η θερμική ενέργεια που απάγεται από το ψυκτικό νερό στο κύριο ψυγείο αποβάλλεται στη συνέχεια στον πύργο ψύξης με καταιονισμό. Κατά την διαδικασία καταιονισμού στον πύργο ψύξης χάνεται μια ποσότητα νερού με τη μορφή ατμού. Επειδή ο στρόβιλος περιστρέφεται με τη χρήση υψηλής πίεσης ατμού ονομάζεται *ατμοστρόβιλος (steam turbine)* και οι αντίστοιχοι σταθμοί *ατμοηλεκτρικοί σταθμοί*.

Στη συνέχεια ανυψωτές τάσης ανεβάζουν την τάση στα 21 kV και 400 kV διασυνδέοντας το σταθμό με το δίκτυο υπερυψηλής τάσης. Όταν η ηλεκτρική ενέργεια φθάσει κοντά στους τελικούς καταναλωτές η τάση μειώνεται στα 220V μέσω των υποσταθμών και μετασχηματιστών υποβιβασμού τάσης.

Η διαδικασία της εξόρυξης και της καύσης του άνθρακα δημιουργεί σημαντικό αριθμό αρνητικών επιπτώσεων στην ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον. Θανατηφόρα ατυχήματα που συμβαίνουν σε ορυχεία εξόρυξης έχουν στοιχίσει τη ζωή αρκετών εργαζομένων σε αυτά. Κατά την διαδικασία της εξόρυξης ή από εγκαταλελειμμένα ορυχεία απελευθερώνονται σημαντικές ποσότητες μεθανίου (CH_4) το οποίο μαζί με το διοξείδιο του άνθρακα θεωρούνται από τους χειρότερους παράγοντες για τη δημιουργία του φαινομένου του θερμοκηπίου.

Κατά την διαδικασία της καύσης απελευθερώνεται σημαντικός αριθμός βλαβερών ενώσεων, μεταξύ των οποίων είναι το διοξείδιο του άνθρακα και τα ισοδύναμά του, το διοξείδιο του θείου, τα οξείδια του αζώτου, μη μεθανιούχες πτητικές οργανικές ουσίες καθώς και αιωρούμενα σωματίδια. Ο άνθρακας περιέχει ράδιο και μικρές ποσότητες ουρανίου, θορίου και άλλων ραδιενεργών ισοτόπων που απαντώνται στη φύση [301, 303, 321]. Αν και η περιεκτικότητα του άνθρακα στα ραδιενεργά αυτά ισότοπα είναι μικρή, η καύση τεράστιων ποσοτήτων άνθρακα σε ηλεκτροπαραγωγικούς σταθμούς οδηγεί σε πολύ μεγαλύτερες ποσότητες ραδιενεργών υπολειμμάτων από εκείνες των πυρηνικών σταθμών [204]. Η έκθεση του πληθυσμού σε ακτινοβολία από τη λειτουργία ενός σταθμού άνθρακα (490 person-rem/year) είναι περίπου 100 φορές μεγαλύτερη από αυτή ενός πυρηνικού σταθμού (4,8 person-rem/year) [222, 223].

2.3 Μονάδες πετρελαίου

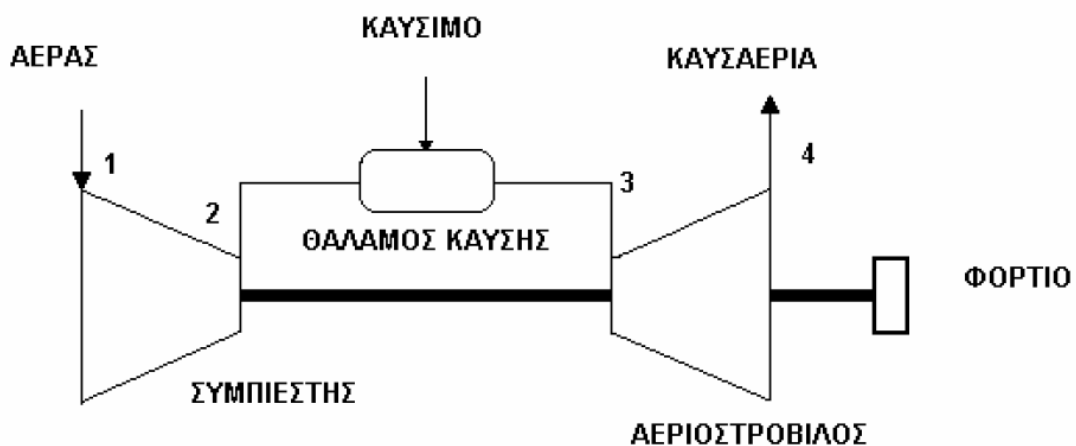
Οι ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες που βασίζονται στο πετρέλαιο χρησιμοποιούν την τεχνολογία MEK (Μηχανών Εσωτερικής Καύσης - Diesel και Otto). Στις μηχανές Diesel πραγματοποιείται ανάφλεξη μέσω συμπίεσης. Η υψηλή συμπίεση του αέρα αυξάνει σημαντικά την θερμοκρασία του, με αποτέλεσμα να προκαλείται αυτανάφλεξη του καυσίμου αμέσως μόλις αυτό έρθει σε επαφή με το συμπιεσμένο αέρα. Αντίθετα στις μηχανές Otto, καύσιμο και αέρας αναμιγνύονται πριν να διοχετευθούν στον θάλαμο καύσης, στον οποίο πραγματοποιείται ανάφλεξη μέσω σπινθήρα.

Το 2004 η ηλεκτρική ενέργεια που προερχόταν από ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες πετρελαίου ανερχόταν στο 6,7% παγκοσμίως [143, 145, 318]. Μεταξύ των σημαντικότερων ίσως πλεονεκτημάτων των μονάδων πετρελαίου συγκαταλέγονται το μικρότερο κόστος κεφαλαίου και η πολύ ταχύτερη εκκίνησή τους από τις αντίστοιχες μονάδες άνθρακα/λιγνίτη καθώς και από τις πυρηνικές μονάδες, αφού απαιτούνται λιγότερο από 30 λεπτά για να τεθούν σε λειτουργία. Αντίθετα οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη και οι πυρηνικές μονάδες απαιτούν μερικές ώρες ή ακόμη και μέρες μέχρι να σταθεροποιηθεί η λειτουργία τους.

Το πετρέλαιο που χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία των αντίστοιχων μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μεταφέρεται στους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση αγωγών, πετρελαιοφόρων πλοίων ή ακόμα και σιδηροδρομικών βυτιοφόρων, με ειδικές προδιαγραφές για την μεταφορά του συγκεκριμένου καυσίμου. Σημαντικά ατυχήματα κυρίως από εκρήξεις σε αγωγούς πετρελαίου και οι επακόλουθες πυρκαγιές έχουν κοστίσει τη ζωή πολλών ανθρώπων, με αποτέλεσμα οι μονάδες πετρελαίου να είναι οι δεύτερες χειρότερες σε θανατηφόρα ατυχήματα μετά τις υδροηλεκτρικές μονάδες, όπως παρουσιάζεται αναλυτικά στο κεφάλαιο 3. Τέλος, οι μονάδες πετρελαίου παρουσιάζουν πολύ μεγάλες εκπομπές μη ραδιενεργών ρύπων καθώς και απελευθέρωση σημαντικού αριθμού οργανικών αιωρούμενων σωματιδίων.

2.4 Μονάδες αεριοστρόβιλου με καύσιμο φυσικό αέριο

Στην τεχνολογία αεριοστρόβιλου (gas turbine), οι στροφείς κινούνται από την ώθηση της εκτόνωσης των αερίων που παράγονται από την καύση ενός μείγματος καυσίμου και αέρα. Ο αέρας παρέχεται στον θάλαμο καύσης υπό πίεση καθώς συμπιέζεται με κατάλληλο περιστροφικό συμπιεστή ο οποίος είναι στερεωμένος στον άξονα του ίδιου του στρόβιλου. Η αρχή λειτουργίας του αεριοστρόβιλου παρουσιάζεται στο Σχήμα 2-2.



Σχήμα 2-2

Αρχή λειτουργίας αεριοστρόβιλου

Υπάρχουν δύο τεχνολογίες αεριοστροβίλων, η τεχνολογία ανοιχτού κύκλου και η τεχνολογία κλειστού κύκλου. Οι *αεριοστρόβιλοι ανοιχτού κύκλου* απελευθερώνουν τα αέρια που ωθούν τον στρόβιλο στην ατμόσφαιρα. Στους *αεριοστροβίλους κλειστού κύκλου* δεν ωθούν το στρόβιλο τα αέρια, αλλά ένα ρευστό το οποίο δέχεται τη θερμότητα της καύσης μέσω ενός εναλλάκτη και κατόπιν ψύχεται για να επανακυκλοφορήσει στο σύστημα (Stirling engine).

Η παγκόσμια ηλεκτροπαραγωγή από φυσικό αέριο το 2004 ήταν 19,6% [143, 145, 318]. Το φυσικό αέριο αποτελείται κυρίως από μεθάνιο, περιέχει σημαντικές ποσότητες αιθανίου, βουτανίου, προπανίου αλλά και αζώτου και διοξειδίου του άνθρακα. Απαιτείται διεξοδική επεξεργασία για την αφαίρεση όλων των υπολοίπων στοιχείων, εκτός του μεθανίου, πριν καταστεί δυνατή η χρησιμοποίησή του ως καυσίμου σε αεριοστρόβιλο.

Το φυσικό αέριο είναι το πιο καθαρό από τα ορυκτά καύσιμα, παράγοντας συνολικά λιγότερους ρύπους και επιβαρύνοντας λιγότερο το περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία σε σχέση με τον άνθρακα/λιγνίτη και το πετρέλαιο. Η μεταφορά του γίνεται συνήθως μέσω αγωγών (pipelines) και πλοίων και η αποθήκευσή του σε ειδικά διαμορφωμένες δεξαμενές. Αρκετά είναι τα θανατηφόρα ατυχήματα που προκλήθηκαν από έκρηξη και πυρκαγιά σε αγωγούς μεταφοράς φυσικού αερίου. Επίσης χρησιμοποιούνται τεχνολογίες για την υγροποίηση (liquified natural gas) ή τη συμπίεσή του (compressed natural gas), προκειμένου να μεταφέρεται και να αποθηκεύεται ευκολότερα και οικονομικότερα.

Οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο μπορούν να καλύψουν τόσο το βασικό φορτίο (base load) όσο και ανάγκες σε περιόδους αιχμής (peak load) καθώς η εκκίνησή και λειτουργία τους γίνεται σε μικρό χρονικό διάστημα.

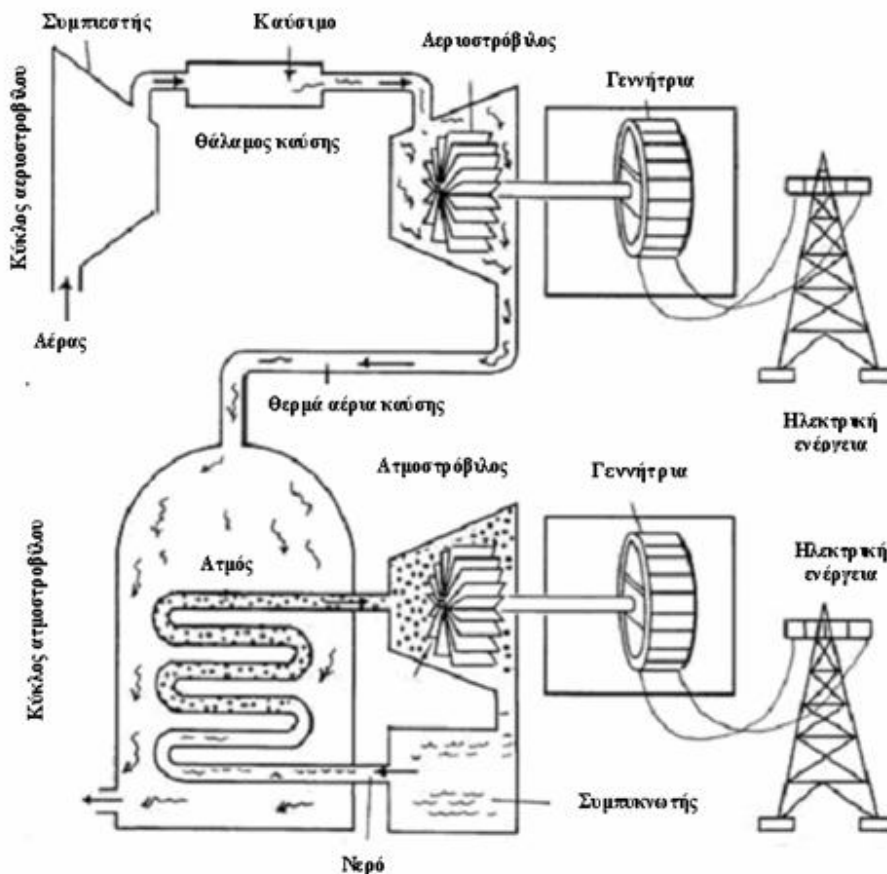
2.5 Μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο

Στις μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο τα καυσαέρια που χρησιμοποιούνται για την περιστροφή του απελευθερώνονται στο περιβάλλον με αποτέλεσμα να χάνεται σημαντικό μέρος της θερμικής τους ενέργειας. Για την μεγιστοποίηση του βαθμού απόδοσης απαιτείται η θερμότητα των απορριπτομένων καυσαερίων να είναι όσο το δυνατό χαμηλότερη σε σχέση με τη θερμότητα που παράγεται κατά την καύση του φυσικού αερίου (μεγιστοποίηση θερμοκρασιακής διαφοράς εισόδου-εξόδου).

Στις μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο (natural gas combined cycle power plants) η θερμότητα των καυσαερίων για τη λειτουργία του αεριοστροβίλου δεν αποβάλλεται στο περιβάλλον, αλλά χρησιμοποιείται για την παραγωγή ατμού που τροφοδοτεί τη λειτουργία ατμοστροβίλου, ανεβάζοντας έτσι το βαθμό απόδοσης του σταθμού μέχρι και 60% [14, 38]. Η αύξηση του βαθμού απόδοσης επιτυγχάνεται από την ελαχιστοποίηση της απορριπτόμενης θερμικής ενέργειας.

Η τεχνολογία αυτή ονομάζεται *συνδυασμένου κύκλου (combined cycle)* επειδή χρησιμοποιεί περισσότερους από έναν θερμοδυναμικούς κύκλους (τον κύκλο του

Brayton για το αέριο και τον κύκλο του Rankine για τον ατμό) και οι αντίστοιχοι σταθμοί ονομάζονται *σταθμοί συνδυασμένου κύκλου (combined cycle power plants – CCPPs)*. Ο συνδυασμένος κύκλος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας παρουσιάζεται στο Σχήμα 2-3.



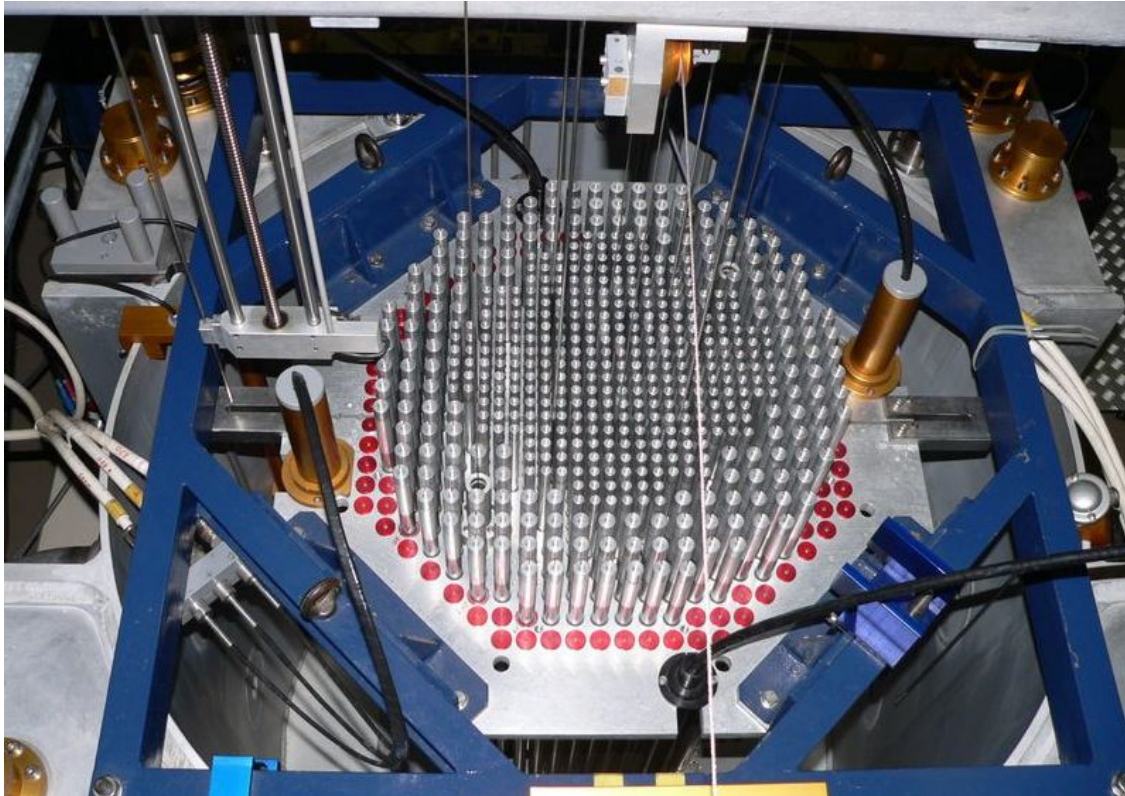
Σχήμα 2-3

Συνδυασμένος κύκλος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

2.6 Πυρηνικές μονάδες

Οι πυρηνικές μονάδες είναι θερμοηλεκτρικοί σταθμοί που βασίζονται στην τεχνολογία του ατμοστροβύλου. Η θερμική ενέργεια που απαιτείται για την παραγωγή του ατμού προέρχεται από τους *πυρηνικούς αντιδραστήρες* (βλ. Σχήμα 2-4). Στους πυρηνικούς αντιδραστήρες λαμβάνουν χώρα αλυσιδωτές πυρηνικές αντιδράσεις οι οποίες εξελίσσονται υπό έλεγχο και βρίσκονται σε σταθερή κατάσταση. Κατά την πυρηνική αντίδραση αλλάζει η δομή του πυρήνα. Στη διάρκεια της *πυρηνικής σχάσης (nuclear fission)* ένα νετρόνιο προσκρούει σε ένα ασταθή βαρύ πυρήνα προκαλώντας τη διάσπασή του σε δύο ελαφρύτερους πυρήνες, απελευθερώνοντας *νετρόνια* και *φωτόνια* (υπό μορφή ακτίνων γ). Τα νέα νετρόνια που απελευθερώνονται προκαλούν την διάσπαση άλλων πυρήνων με αποτέλεσμα να εξελίσσεται μία αλυσιδωτή πυρηνική αντίδραση. Η ενέργεια που απελευθερώνεται κατά τη σχάση με τη μορφή ακτίνων γ

χρησιμοποιείται για την θέρμανση του νερού και την μετατροπή του σε ατμό για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.



Σχήμα 2-4

Πυρηνικός αντιδραστήρας

Οι ακτίνες γ είναι ηλεκτρομαγνητικές ακτινοβολίες με τη μεγαλύτερη συχνότητα και ενέργεια και το μικρότερο μήκος κύματος στο φάσμα των ηλεκτρομαγνητικών ακτινοβολιών. Η υψηλή τους ενέργεια μπορεί να προκαλέσει σοβαρές βλάβες και να καταστρέψει τα ανθρώπινα κύτταρα. Έρευνες για τις βλάβες στον ανθρώπινο οργανισμό έχουν πραγματοποιηθεί κυρίως σε εργαζομένους σε πυρηνικές εγκαταστάσεις [68, 288].

Το κύριο καύσιμο των πυρηνικών αντιδραστήρων είναι το ουράνιο 235. Η ποσότητα της ενέργειας που περιέχεται στο πυρηνικό καύσιμο είναι εκατομμύρια φορές μεγαλύτερη από τη χημική ενέργεια ανάλογης μάζας ορυκτού καυσίμου. Το γεγονός αυτό καθιστά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την πυρηνική ενέργεια πολύ ελκυστική.

Αντίθετα η διαχείριση των πυρηνικών αποβλήτων υψηλής επικινδυνότητας (High Level Waste – HLW) τα οποία είναι εξαιρετικά ραδιενεργά και αποτελούν το 95% των αποβλήτων των πυρηνικών εργοστασίων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, προβληματίζουν έντονα σημαντικό μέρος της επιστημονικής κοινότητας αλλά και της κοινής γνώμης. Τα πυρηνικά απόβλητα υψηλού κινδύνου αποθηκεύονται σε ειδικούς χώρους με στεγανά τοιχώματα που κατασκευάζονται με ειδικές προσμίξεις στοιχείων και

εμποδίζουν την διαφυγή ραδιενέργειας στο περιβάλλον [11, 260]. Διάφορες τεχνολογίες αποτελεσματικής διαχείρισης των πυρηνικών αποβλήτων υψηλού επιπέδου έχουν αναπτυχθεί προκειμένου να εξαλειφθεί η επικινδυνότητά τους, με την υλοποίηση να είναι μία από τις σημαντικότερες και ευρέως χρησιμοποιούμενες τεχνικές [92, 136-138, 356]. Προβληματισμό δημιουργούν και ζητήματα ασφαλείας των πυρηνικών μονάδων, τα οποία έχουν μελετηθεί με διάφορες μεθόδους μεταξύ των οποίων και η προσομοίωση Monte Carlo [200].

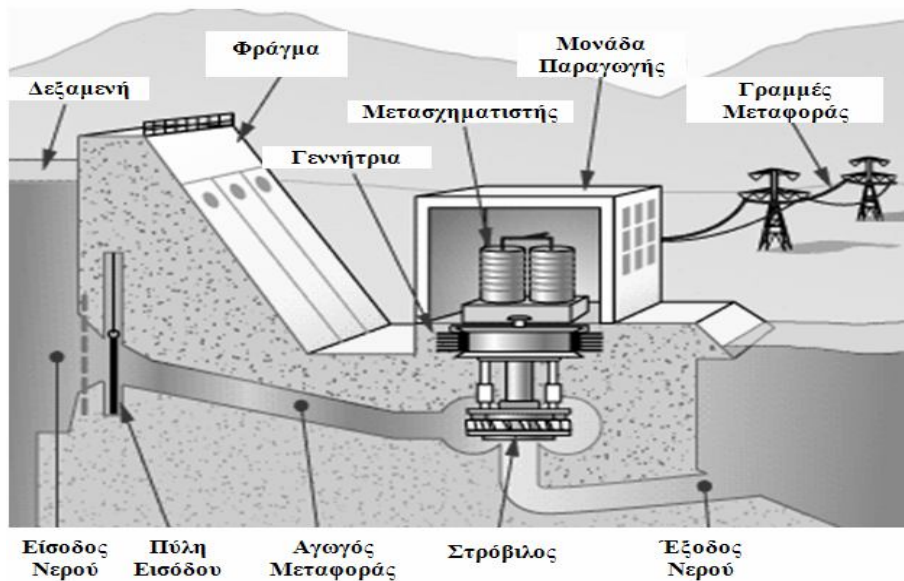
Το 2004 οι πυρηνικές μονάδες συμμετείχαν με ποσοστό 15,7% επί του συνόλου της παγκόσμιας παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας [143, 145, 318]. Οι πυρηνικές μονάδες όπως και οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη έχουν χαμηλό κόστος καυσίμου και παράλληλα απαιτούν μεγάλα χρονικά διαστήματα εκκίνησης και σταθεροποίησης της λειτουργίας τους, με συνέπεια να είναι κατάλληλες για την κάλυψη του κύριου φορτίου και όχι φορτίων αιχμής.

2.7 Υδροηλεκτρικές μονάδες

Οι υδροηλεκτρικές μονάδες βασίζονται στην κίνηση του υδροστροβίλου (hydro turbine) από την πτώση μάζας νερού από ύψος [73]. Στους υδροστροβίλους τα πτερύγια του στροβίλου δέχονται την ώθηση μιας μάζας νερού που κινείται από ένα υψηλότερο προς ένα χαμηλότερο σημείο, μετασχηματίζοντας έτσι την κινητική ενέργεια της μάζας του νερού σε μηχανική ενέργεια. Ο υδροστρόβιλος συνδέεται με μία γεννήτρια περιστρέφοντας τον ρότορα και παράγοντας εναλλασσόμενο ρεύμα στα άκρα της. Η ποσότητα της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας σε μία υδροηλεκτρική μονάδα εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, μεταξύ των οποίων οι δύο σημαντικότεροι είναι ο όγκος του νερού που προσπίπτει στον υδροστρόβιλο και η υψομετρική διαφορά μεταξύ της στάθμης εκκίνησης της ροής του νερού και του υδροστροβίλου.

Υπάρχουν τρεις τύποι υδροηλεκτρικών μονάδων: φυσικής ροής, δεξαμενής (reservoir) και υδροαντλητικοί (rumped storage). Στις υδροηλεκτρικές μονάδες με χρήση φυσικής ροής το νερό ενός ποταμού οδηγείται σε ένα στένωμα με αποτέλεσμα η ροή του νερού να επιταχύνεται και να οδηγείται με μεγάλη ταχύτητα στον υδροστρόβιλο. Το νερό δεν συγκεντρώνεται παρά διοχετεύεται απευθείας στον στρόβιλο και από εκεί και πάλι στην ροή του ποταμού.

Στις μονάδες με χρήση δεξαμενής, οι οποίες αποτελούν τον πιο συνηθισμένο τύπο υδροηλεκτρικών μονάδων, ένα τεχνητό φράγμα προκαλεί συγκέντρωση του νερού σε μία τεράστια δεξαμενή που έχει συνήθως τη μορφή τεχνητής λίμνης. Όταν απαιτηθεί, το νερό διοχετεύεται με το άνοιγμα ειδικών πυλών σε αγωγό που το μεταφέρει στον στρόβιλο, στον οποίο προσπίπτει με μεγάλη ταχύτητα προκαλώντας την περιστροφή του. Το κυριότερο πλεονέκτημα των μονάδων αυτών είναι ότι η δεξαμενή αποτελεί στην ουσία μορφή αποθήκευσης ενέργειας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μεταγενέστερες περιόδους ανάλογα με την ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας. Στο Σχήμα 2-5 παρουσιάζεται ο τρόπος λειτουργίας μίας υδροηλεκτρικής μονάδας με χρήση φράγματος και δεξαμενής.



Σχήμα 2-5

Υδροηλεκτρική μονάδα με χρήση φράγματος και δεξαμενή

Στις υδροαντλητικές μονάδες (pumped storage plants) υπάρχουν δύο δεξαμενές. Η πρώτη (επάνω δεξαμενή) είναι παρόμοια με αυτή που περιγράφηκε στην προηγούμενη περίπτωση. Η δεύτερη (κάτω δεξαμενή) χρησιμοποιείται για την συγκέντρωση του νερού μετά την περιστροφή του υδροστροβίλου. Το νερό δηλαδή δεν επιστρέφει στην φυσική ροή του ποταμού μετά την χρήση του, παρά συγκεντρώνεται στην κάτω δεξαμενή. Το νερό αυτό οδηγείται στην επάνω δεξαμενή με άντληση κατά τις ώρες μη αιχμής προκειμένου να αυξηθεί η ποσότητα νερού του επάνω ταμιευτήρα και να χρησιμοποιηθεί για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας κατά τις ώρες αιχμής. Οι σταθμοί αποθήκευσης νερού με άντληση (pumped storage plants) αποτελούν τη μοναδική ουσιαστικά μορφή αποθήκευσης ενέργειας για χρήση σε ευρεία κλίμακα.

Εκτιμάται ότι το 19% της παγκόσμιας παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στο τέλος του 2006 προερχόταν από υδροηλεκτρικές μονάδες, ενώ το 2004 το αντίστοιχο ποσοστό κυμαινόταν γύρω στο 16,1% [143, 145, 318]. Το 2004 το ποσοστό συμμετοχής των υπολοίπων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην παγκόσμια ηλεκτροπαραγωγή ήταν μόλις 2,1%, δηλαδή το 88,46% της ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας προερχόταν από υδροηλεκτρικούς σταθμούς και μόλις το 11,54% από τους υπόλοιπους τύπους ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (βιομάζα, φωτοβολταϊκούς, γεωθερμικούς και αιολικούς σταθμούς).

Οι υδροηλεκτρικές μονάδες μπορούν να καλύψουν φορτία αιχμής άμεσα (αφού απαιτούν μόλις 2 με 3 λεπτά για την εκκίνηση και λειτουργία τους). Υπάρχει η δυνατότητα χρησιμοποίησής τους και για την κάλυψη του βασικού φορτίου, εφόσον βέβαια αυτό επιτρέπεται από τις διαθέσιμες ποσότητες νερού. Οι υδροηλεκτρικές μονάδες ανήκουν στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και συμβάλλουν στην αειφόρο ανάπτυξη. Οι ταμιευτήρες νερού σε μεγάλα φράγματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάπτυξη

τουριστικών ή άλλων δραστηριοτήτων παρέχοντας προστιθεμένη αξία. Τα μεγάλα φράγματα αποτελούν επίσης ασπίδα προστασίας απέναντι σε φαινόμενα μεγάλων πλημμυρών που μπορούν να στοιχίσουν τη ζωή μεγάλου αριθμού ανθρώπων. Τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια δεν παρουσιάζουν εξάρτηση από τη διακύμανση των τιμών των καυσίμων, διασφαλίζοντας σταθερό κόστος και μεγάλη διάρκεια ζωής 45 ετών. Δεν απαιτούν μεγάλο αριθμό εργαζομένων για την λειτουργία τους εξασφαλίζοντας έτσι χαμηλότερο κόστος λειτουργίας.

Οι αστοχίες φραγμάτων έχουν προκαλέσει πολύνεκρα ατυχήματα στο παρελθόν καθιστώντας τις υδροηλεκτρικές μονάδες τις χειρότερες μεταξύ όλων των τύπων μονάδων ως προς τα θανατηφόρα ατυχήματα. Στα αρνητικά των υδροηλεκτρικών σταθμών συγκαταλέγεται επίσης η εκτόπιση των τοπικών πληθυσμών και η διατάραξη του οικοσυστήματος. Πολλοί άνθρωποι θα αναγκαστούν να αλλάξουν τόπο κατοικίας και τον τρόπο ζωής τους γενικότερα. Διάφορα είδη ψαριών και πουλιών μπορεί να χαθούν ή να εξαναγκαστούν να αποδημήσουν. Επίσης η κάλυψη μεγάλων εκτάσεων από νερά επηρεάζει εκτός από την πανίδα και τη χλωρίδα.

2.8 Αιολικές μονάδες

Οι αιολικές μονάδες βασίζονται στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την περιστροφή των πτερωτών των ανεμογεννητριών, η οποία προκαλείται από την κίνηση του ανέμου. Οι ανεμογεννήτριες απεικονίζονται στο Σχήμα 2-6. Για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος απαιτείται ταχύτητα του ανέμου μεγαλύτερη από 5 μ./δευτ για να είναι οικονομικά βιώσιμες. Στο τέλος του 2006 η παγκόσμια εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύς των αιολικών σταθμών υπολογιζόταν στα 74223 MW (ποσοστό 1% της συνολικής παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας παγκοσμίως), τετραπλάσια από την αντίστοιχη στο τέλος του 2000 [347].



Σχήμα 2-6
Ανεμογεννήτριες

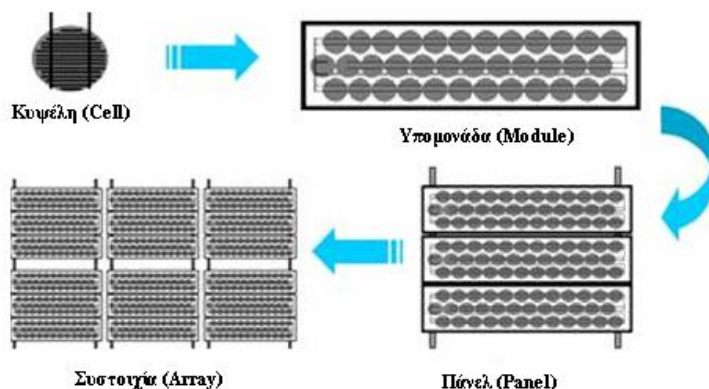
Υπολογίζεται ότι το 2% της ηλιακής ενέργειας, δηλαδή περίπου $2,6 \times 10^{15}$ kWh τον χρόνο, μετατρέπεται σε αιολική ενέργεια, μέσω των διαφορών πίεσης που προξενούν οι αυξομειώσεις της θερμοκρασίας στην ατμόσφαιρα. Η ταχύτητα του ανέμου μεταβάλλεται ανάλογα με το ύψος και την μορφολογία της επιφάνειας της γης. Σε μεγαλύτερες αποστάσεις από την επιφάνεια της γης ο άνεμος έχει μεγαλύτερη ταχύτητα και ομαλότερη ροή, για το λόγο αυτό οι ανεμογεννήτριες τοποθετούνται σε ύψος μερικών δεκάδων μέτρων από την επιφάνεια της γης.

Οι αιολικές μονάδες δεν απαιτούν καύσιμο κατά τη διάρκεια της συνεχούς λειτουργίας τους και δεν παράγουν ρύπους. Οι διακοπές όμως της λειτουργίας τους όταν η ταχύτητα των ανέμων πέφτει κάτω από τα επιτρεπόμενα όρια, δημιουργούν την ανάγκη υποστήριξης της λειτουργίας τους από ορυκτό καύσιμο, η καύση του οποίου παράγει ρύπους [314].

Οι αιολικές μονάδες είναι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας προσφέροντας μια εναλλακτική λύση στα ορυκτά καύσιμα που έχουν μεσοπρόθεσμο ορίζοντα. Η οικολογική επιβάρυνση της λειτουργίας τους είναι σαφώς υποδεέστερη εκείνης των μονάδων ορυκτών καυσίμων σε σχέση με τους ρύπους που απελευθερώνουν στο περιβάλλον. Όμως οι αιολικές μονάδες απειλούν την πανίδα και ιδιαίτερα ομάδες πουλιών που ζουν στις περιοχές που είναι εγκατεστημένες, δημιουργούν οπτική ρύπανση και ο θόρυβος από την λειτουργία τους είναι δυνατό να επηρεάσει αρνητικά τόσο διάφορα είδη πουλιών όσο και τον άνθρωπο.

2.9 Φωτοβολταϊκές μονάδες

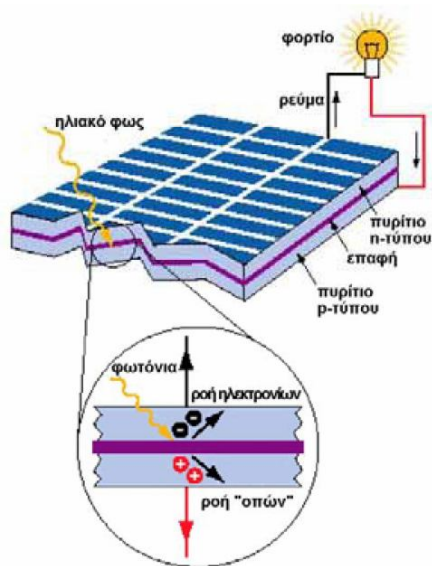
Οι φωτοβολταϊκές μονάδες χρησιμοποιούν ηλιακές κυψέλες (solar cells) για την μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Οι κυψέλες ομαδοποιούνται σε υπομονάδες (modules), οι οποίες τοποθετούνται σε πάνελ (panels). Η ομαδοποίηση των πάνελ αποτελεί μία ολοκληρωμένη συστοιχία (array) για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τον ήλιο. Η ομαδοποίηση των επιμέρους φωτοβολταϊκών στοιχείων απεικονίζεται στο Σχήμα 2-7.



Σχήμα 2-7

Φωτοβολταϊκές κυψέλες, υπομονάδες, πάνελ και συστοιχίες

Οι ηλιακές κυψέλες είναι συσκευές ημιαγωγών που μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε συνεχές ρεύμα. Ειδικές διατάξεις χρησιμοποιούνται για την μετατροπή του συνεχούς ρεύματος (DC) σε εναλλασσόμενο ρεύμα (AC), με προδιαγραφές ανάλογες με αυτές του δικτύου διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Τυπικές φωτοβολταϊκές κυψέλες αποτελούνται από ένα λεπτότατο στρώμα πυριτίου εμπλουτισμένο σε φώσφορο (τύπος n) το οποίο βρίσκεται πάνω σε ένα πιο παχύ στρώμα πυριτίου, εμπλουτισμένο σε βόριο (τύπος p). Στην κορυφή της κυψέλης τα δύο υλικά εφάπτονται, δημιουργώντας ένα ηλεκτρικό πεδίο. Όταν το ηλιακό φως προσπίπτει στην επιφάνεια της κυψέλης, ηλεκτρόνια που διεγείρονται από το φως αποσπώνται και κινούνται μέσα στο ηλεκτρικό πεδίο, με αποτέλεσμα τη ροή ρεύματος όταν η κυψέλη είναι συνδεδεμένη σε ηλεκτρικό φορτίο. Η λειτουργία της φωτοβολταϊκής κυψέλης απεικονίζεται στο Σχήμα 2-8.



Σχήμα 2-8

Λειτουργία φωτοβολταϊκής κυψέλης

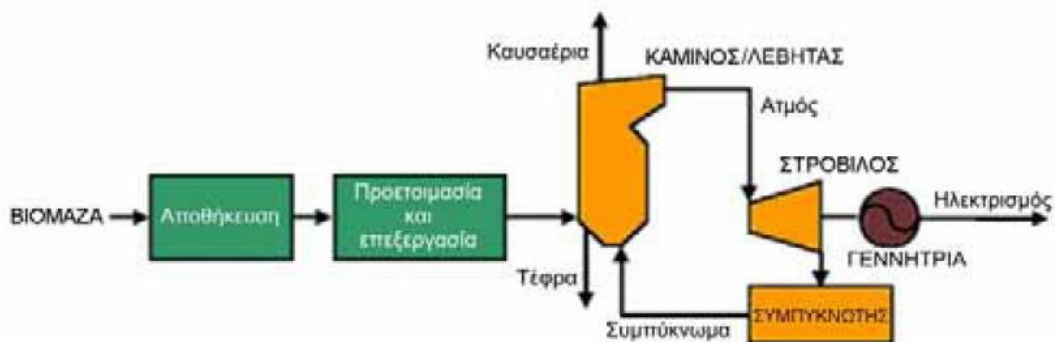
Οι μέσοι ρυθμοί ανάπτυξης της φωτοβολταϊκής ηλεκτρικής ενέργειας για την τελευταία δεκαετία είναι 32% ενώ το 2004 παρουσιάστηκε αύξηση της τάξης του 44,5% σε σχέση με το 2003 [41]. Το 2005 η συνολική παγκόσμια εγκατεστημένη ισχύς των φωτοβολταϊκών σταθμών ανερχόταν στα 5300 MW καλύπτοντας το 0,03% της παγκόσμιας κατανάλωσης, αν ληφθεί υπόψη ο συντελεστής απόδοσης των φωτοβολταϊκών σταθμών ο οποίος κατά μέσο όρο είναι 22,4% [142, 144, 317].

Οι φωτοβολταϊκές μονάδες δεν παράγουν ρύπους κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους, ωστόσο η κατασκευή των φωτοβολταϊκών κυψελών παράγει σημαντικές ποσότητες αιωρούμενων σωματιδίων και διοξειδίου του άνθρακα. Αυτό οφείλεται στην επεξεργασία που πρέπει να υποστεί το ορυκτό διοξείδιο του πυριτίου (SiO_2) για την παραγωγή καθαρού πυριτίου που θα χρησιμοποιηθεί στην κατασκευή των φωτοβολταϊκών κυψελών. Το διοξείδιο του πυριτίου αντιδρά με άνθρακα (κάρβουνο) στους 1700°C παράγοντας πυρίτιο καθαρότητας 98%. Κατά τη διαδικασία παραγωγής ενός τόνου πυριτίου με αυτή την επεξεργασία απελευθερώνεται 1,5 τόνος διοξειδίου του άνθρακα.

Το καδμιούχο τελλούριο χρησιμοποιείται εναλλακτικά προς το πυρίτιο για την κατασκευή συγκεκριμένου τύπου φωτοβολταϊκών κυψελών. Είναι φθηνότερο από το πυρίτιο αλλά και λιγότερο αποδοτικό από αυτό ως προς την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η χρήση καδμίου σε ενώσεις καδμιούχου τελλουρίου (CdTe - Cadmium Telluride) για την κατασκευή μεγάλου αριθμού φωτοβολταϊκών κυψελών επιβαρύνει την ανθρώπινη υγεία, καθώς το κάδμιο στην μεταλλική του μορφή είναι τοξικό και περνώντας στην τροφική αλυσίδα δημιουργεί καρκινογενέσεις [319, 320]. Νεότερες τεχνολογίες τείνουν να ελαχιστοποιήσουν τις ποσότητες καδμίου που απελευθερώνονται, μηδενίζοντας τους κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία.

2.10 Μονάδες βιομάζας

Βιομάζα ονομάζεται οποιοδήποτε υλικό προέρχεται από ζωντανούς (φυτικούς και ζωικούς) οργανισμούς και χρησιμοποιείται ως καύσιμο για την παραγωγή ενέργειας. Με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, τα φυτά μετασχηματίζουν την ηλιακή ενέργεια σε χημική ενέργεια που περιέχεται στη βιομάζα. Στην ουσία η βιομάζα αποτελεί αποθηκευμένη ηλιακή ενέργεια υπό χημική μορφή. Η λειτουργία μιας μονάδας βιομάζας απεικονίζεται στο Σχήμα 2-9.



Σχήμα 2-9

Λειτουργία μονάδας βιομάζας

Τα είδη της βιομάζας διαφοροποιούνται και είναι η βρώμη (corn), η σόγια (soybean), ο λιναρόσπορος (flaxseed), οι σπόροι ελαιοκράμβης (rapeseed), το ζαχαροκάλαμο (sugarcane), η ιτιά (willow), το φοινικόλαδο (palm oil), η ξυλεία των δασών, η κοπριά, το άχυρο και διαφόρων ειδών βιολογικά λύματα. Τα είδη αυτά υπόκεινται σε διαδικασία αναερόβιας χώνευσης (anaerobic digestion) που οδηγεί στην παραγωγή βιοαερίου (biogas or biofuel gas).

Η σύντομη χρονική περίοδος που απαιτείται για την αναπλήρωση της ποσότητας της βιομάζας που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενέργειας την καθιστά ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Ουσιαστικά αποτελεί τη μόνη ανεξάντλητη μορφή καυσίμου καθώς στις υπόλοιπες ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες που βασίζονται σε ορυκτά καύσιμα η διαθεσιμότητά του είναι πεπερασμένη. Στα πλεονεκτήματα της βιομάζας συμπεριλαμβάνεται η δυνατότητα ενεργειακής ανεξάρτησης των χωρών από τα ορυκτά

καύσιμα. Η βιομάζα μπορεί να παραχθεί σε οποιαδήποτε χώρα και η ποικιλομορφία της δίνει εναλλακτικές δυνατότητες στις τοπικές κοινωνίες για τη μορφή της βιομάζας που θα παράγουν. Με αυτό τον τρόπο η βιομάζα συμβάλει όχι μόνο στην ενεργειακή ανεξάρτηση αλλά και στην κοινωνικοοικονομική ανάπτυξη των τοπικών κοινωνιών, μέσω της αύξησης της απασχόλησης και του εισοδήματος των ανθρώπων που εργάζονται σε όλα τα στάδια της παραγωγής, της μεταφοράς και της επεξεργασίας της.

Η βιομάζα διαφοροποιείται σημαντικά από τις υπόλοιπες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας γιατί απαιτείται η καύση της. Αποτέλεσμα της καύσης είναι η εκπομπή σημαντικών ρύπων που επιβαρύνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Ωστόσο σημαντικό μέρος αυτών των ρύπων και κυρίως το διοξείδιο του άνθρακα απορροφάται κατά τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης των φυτικών οργανισμών παρέχοντας επιπρόσθετα περιβαλλοντικά οφέλη [129]. Οι φυτικοί οργανισμοί που αφαιρούνται για την παρασκευή βιομάζας αντικαθίστανται άμεσα με το φύτεμα νέων διατηρώντας έτσι την ισορροπία του κύκλου του διοξειδίου του άνθρακα.

Στα αρνητικά στοιχεία της βιομάζας συγκαταλέγεται το χαμηλό ενεργειακό περιεχόμενο, ο μεγάλος όγκος και η αυξημένη υγρασία της σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα, γεγονός που συμβάλει στο αυξημένο ενεργειακό κόστος αξιοποίησής της. Η ποικιλομορφία της βιομάζας και η εποχικότητά της δυσχεραίνουν επίσης την εκμετάλλευσή της ενώ αυξάνουν το κόστος του πρόσθετου εξοπλισμού που απαιτείται για την επεξεργασία της.

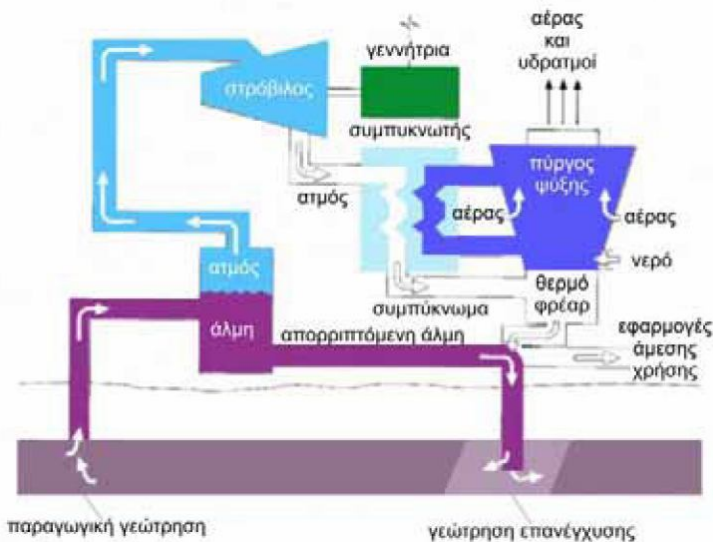
2.11 Γεωθερμικές μονάδες

Η γεωθερμική ενέργεια προέρχεται από το εσωτερικό της γης είτε μέσω ηφαιστειακών εκροών είτε μέσω ρηγμάτων του υπεδάφους που αναβλύζουν ατμούς και θερμό νερό. Αν και η προέλευση της γεωθερμικής ενέργειας δεν είναι με ακρίβεια γνωστή, επικρατέστερη θεωρείται η άποψη που αναφέρεται στη διάσπαση των ραδιενεργών ισotόπων του ουρανίου, του θορίου, του καλίου και άλλων στοιχείων. Η θερμική ενέργεια μεταφέρεται στην επιφάνεια της γης μέσω αγωγιμότητας, μέσω μάγματος και υπογείων υδατικών συστημάτων. Η θερμοκρασία αυξάνει με το βάθος και μεγιστοποιείται στον πυρήνα της γης.

Ανάλογα με τη θερμοκρασία του ρευστού υπάρχουν τρεις δυνατότητες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από γεωθερμικές πηγές. Στην πρώτη περίπτωση ο ξηρός ατμός (dry steam) που εξέρχεται οδηγείται κατευθείαν σε στρόβιλο ο οποίος περιστρέφει την γεννήτρια που είναι συνδεδεμένη σε αυτόν παράγοντας ηλεκτρική ενέργεια.

Στην δεύτερη περίπτωση χρησιμοποιείται καυτό νερό πάνω από 182 °C, το οποίο παραμένει σε υγρή μορφή σε γεωθερμική δεξαμενή λόγω της μεγάλης πίεσης που επικρατεί κάτω από την επιφάνεια της γης. Το νερό αυτό διοχετεύεται στην επιφάνεια της γης με αποτέλεσμα να ατμοποιείται ακαριαία λόγω της μειωμένης πίεσης που επικρατεί στην επιφάνεια της γης. Οι μονάδες αυτές ονομάζονται ακαριαίου ατμού (flash steam) και παρουσιάζονται στο Σχήμα 2-10. Ο ατμός χρησιμοποιείται για την περιστροφή του στρόβιλου ενώ το νερό που δεν έχει ατμοποιηθεί επιστρέφει στην

γεωθερμική δεξαμενή για να επαναχρησιμοποιηθεί. Αυτός είναι και ο πιο συνηθισμένος τύπος γεωθερμικών μονάδων που λειτουργούν σήμερα.



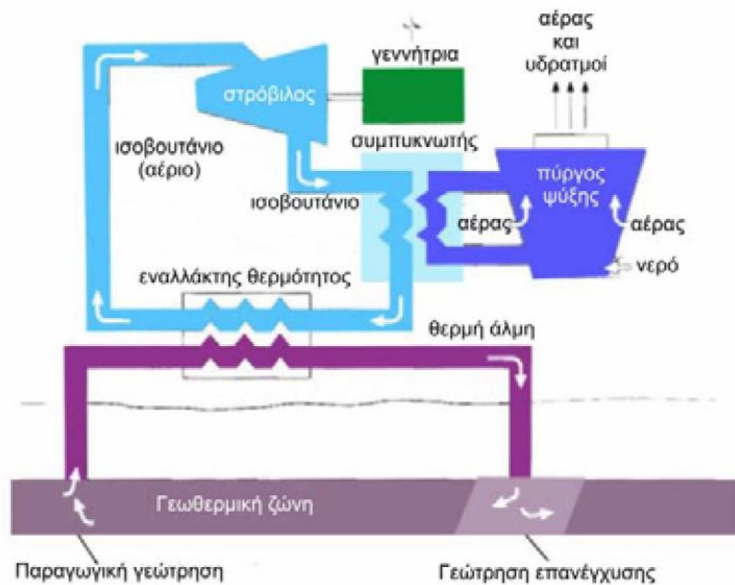
Σχήμα 2-10

Γεωθερμική μονάδα ακαριαίου ατμού

Η τρίτη περίπτωση γεωθερμικών μονάδων ονομάζεται δυαδικού κύκλου (binary cycle) και χρησιμοποιεί νερό μεταξύ $107\text{ }^{\circ}\text{C}$ και $182\text{ }^{\circ}\text{C}$. Η γεωθερμική μονάδα δυαδικού κύκλου απεικονίζεται στο Σχήμα 2-11. Το ζεστό νερό διοχετεύεται από την γεωθερμική δεξαμενή σε εναλλάκτη θερμότητας ο οποίος μεταφέρει τη θερμική ενέργεια σε αγωγό στον οποίο ρέουν υγρά με πολύ χαμηλό σημείο ζέσης. Τέτοια υγρά είναι συνήθως το ισοβουτάνιο (iso-butane) και το ισο-πεντάνιο (iso-pentane). Η ατμοποίηση αυτών των υγρών παράγει τον απαραίτητο ατμό για την περιστροφή του τροβίλου και την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Τα πλεονεκτήματα αυτού του τύπου γεωθερμικών μονάδων είναι το χαμηλότερο κόστος και η αυξημένη απόδοση. Επιπλέον οι μονάδες αυτού του τύπου εκμεταλλεύονται γεωθερμικές πηγές χαμηλότερων θερμοκρασιών, οι οποίες είναι και οι πιο συνηθισμένες. Ο σχεδιασμός των περισσότερων νέων γεωθερμικών μονάδων βασίζεται σε αυτή την τεχνολογία.

Μία νέα τεχνολογία που έχει αναπτυχθεί τελευταία αναφέρεται σε προηγμένα γεωθερμικά συστήματα (enhanced geothermal systems), στα οποία διοχετεύεται νερό σε καυτούς βράχους και πετρώματα μέσα στη γη. Το νερό ατμοποιείται και επιστρέφει στην επιφάνεια της γης για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Τα προηγμένα γεωθερμικά συστήματα αξιοποιούν την ενέργεια σε βάθος 10 χιλιομέτρων από την επιφάνεια της γης. Δύο δίοδοι πρέπει να ανοιχτούν σύμφωνα με αυτή την τεχνολογία. Από τη μία δίοδο διοχετεύεται νερό σε βάθος 10 χιλιομέτρων και από την άλλη λαμβάνεται ατμός ο οποίος μπορεί να αντικαταστήσει τον παραγόμενο ατμό από μονάδες άνθρακα/λιγνίτη, πετρελαίου ή πυρηνικές μονάδες. Αντί δηλαδή να αντλείται απευθείας καυτό νερό ή ατμός από γεωθερμικές δεξαμενές διοχετεύεται νερό σε θερμά πετρώματα και βράχους και λαμβάνεται υπό την μορφή ατμού. Το σημαντικότερο πλεονέκτημα αυτής της τεχνολογίας είναι ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε οποιοδήποτε σημείο της γης και όχι

μόνο σε γεωθερμικά ενεργές περιοχές. Το βασικότερο μειονέκτημά της είναι ότι απαιτούνται γεωτρήσεις σε πολύ μεγαλύτερα βάθη από εκείνα των γεωθερμικών δεξαμενών.



Σχήμα 2-11

Γεωθερμική μονάδα δυαδικού κύκλου

Σύμφωνα με έρευνα του Τεχνολογικού Ινστιτούτου της Μασσαχουσέτης (Massachusetts Institute of Technology – MIT) που πραγματοποιήθηκε το 2006, το γεωθερμικό δυναμικό που μπορεί να αξιοποιηθεί με προηγμένα γεωθερμικά συστήματα μπορεί να φθάσει τις 100 GWe μόνο στις Ηνωμένες Πολιτείες μέχρι το 2050 [203].

Η γεωθερμική ενέργεια είναι καθαρή, ασφαλής και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας χωρίς να επηρεάζεται από τις καιρικές συνθήκες. Για το λόγο αυτό οι γεωθερμικές μονάδες μπορούν να λειτουργούν σε συνεχή βάση εξυπηρετώντας το φορτίο βάσης (base load). Στα αρνητικά των γεωθερμικών μονάδων περιλαμβάνεται η αποσταθεροποίηση του οικοσυστήματος κυρίως από τα προηγμένα γεωθερμικά συστήματα, λόγω της διοχέτευσης νερού σε μεγάλα βάθη της γης. Οι γεωθερμικές μονάδες εκπέμπουν πολύ μικρές ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα, διοξειδίου του θείου και οξειδίων του αζώτου, σε σύγκριση με τις μονάδες ορυκτών καυσίμων.

Κεφάλαιο 3

Κριτήρια Αξιολόγησης

Τα κριτήρια είναι πρωταρχικής σημασίας στην ορθή αξιολόγηση των μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Για να αποφευχθούν εσφαλμένες εκτιμήσεις είναι απαραίτητο να επιλεγεί το σωστό σύνολο κριτηρίων που εκπληρώνουν όλες τις απαραίτητες προϋποθέσεις, να ομαδοποιηθούν και να ιεραρχηθούν στην κατάλληλη δενδρική δομή. Ο υπολογισμός της βαρύτητας κάθε κριτηρίου δηλώνει τη σπουδαιότητα και το βαθμό συμμετοχής του στην συνολική αξιολόγηση της κάθε μονάδας.

3.1 Χαρακτηριστικά κριτηρίων αξιολόγησης

Μετά την ακριβή και ορθή περιγραφή του προβλήματος που περιγράφηκε στην ενότητα 2.1 καθώς επίσης και των δυνατών εναλλακτικών λύσεων, πρέπει να καθοριστούν με ακρίβεια τα κριτήρια αξιολόγησης. Τα κριτήρια και τα υποκριτήρια καθορίζουν τα μέτρα της επίτευξης του στόχου για κάθε εναλλακτική λύση. Η μέτρηση της απόδοσης προϋποθέτει κάποιου είδους κρίση και αξιολόγηση ως προς το βαθμό επίτευξης του στόχου από κάθε εναλλακτική λύση για τα κριτήρια που έχουν επιλεγεί.

Το σύνολο των κριτηρίων αξιολόγησης θα οδηγήσουν τον λήπτη αποφάσεων στην κατάταξη των εναλλακτικών λύσεων και στην οριστική επιλογή της βέλτιστης λύσης. Η ορθή επιλογή του συνόλου των κριτηρίων είναι απαραίτητη προκειμένου να μην προκύψουν εσφαλμένα συμπεράσματα. Η διαδικασία αυτή έχει δύο βασικά βήματα. Πρώτον, την *αναζήτηση των κριτηρίων* και δεύτερον, τον *έλεγχο τήρησης συγκεκριμένων προϋποθέσεων* για κάθε ένα από αυτά τα κριτήρια. Η εξαγωγή των κριτηρίων δεν είναι εύκολη και τετριμμένη διαδικασία. Ωστόσο ένα κριτήριο επιλέγεται όταν διαφοροποιεί την αξιολόγηση των εναλλακτικών λύσεων. Η επιλογή των κριτηρίων εξαρτάται επίσης από τα αντικρουόμενα συμφέροντα των ομάδων που εμπλέκονται στη διαδικασία λήψης απόφασης. Οι προϋποθέσεις με βάση τις οποίες ελέγχονται τα κριτήρια αναπτύσσονται αναλυτικά στην επόμενη ενότητα.

Ο **αριθμός** των κριτηρίων που θα επιλεγούν είναι επίσης ιδιαίτερα σημαντικός και διαφοροποιείται ανάλογα με το μέγεθος και τη βαρύτητα του προβλήματος που αντιμετωπίζεται. Μικρός αριθμός κριτηρίων ενδέχεται να υποκρύπτει έλλειψη βασικών κριτηρίων αξιολόγησης, ενώ μεγάλος αριθμός ενδεχομένως να υποκρύπτει μερική αλληλοεπικάλυψη κριτηρίων και ενδεχόμενη ασυνέπεια. Μεγάλος αριθμός κριτηρίων, ακόμα και όταν η επιλογή δεν έχει ασυνέπειες, μπορεί να αποπροσανατολίσει το λήπτη αποφάσεων παρά να τον βοηθήσει. Συμπερασματικά απαιτείται το μικρότερο δυνατό συμπαγές σύνολο κριτηρίων το οποίο υποβοηθά στη σωστή λήψη της απόφασης.

Η **ομαδοποίηση των κριτηρίων (criteria grouping)** σε επιμέρους σύνολα είναι ιδιαίτερα χρήσιμη, ιδιαίτερα όσο αυξάνει ο αριθμός τους. Με την ομαδοποίηση των κριτηρίων επιτυγχάνεται:

- η διευκόλυνση δημιουργίας της ιεραρχικής δομής των κριτηρίων
- η διαδικασία ελέγχου των προϋποθέσεων των συνόλων που έχουν δημιουργηθεί από την διαδικασία ομαδοποίησης
- η διευκόλυνση και ο ορθός υπολογισμός των βαρών των κριτηρίων αξιολογώντας πρώτα τα βάρη των ομάδων κριτηρίων και κατόπιν των κριτηρίων της κάθε ομάδας
- η καλύτερη κατανόηση και αξιολόγηση του προβλήματος μέσω της αναζήτησης της σπουδαιότητας των ομάδων κριτηρίων των υψηλότερων επίπεδων

Η δημιουργία τις **δενδρικής ιεραρχικής δομής (tree hierarchy structure)** αναδεικνύει την σπουδαιότητα των κριτηρίων ενώ παράλληλα διευκολύνεται η αξιολόγηση των εναλλακτικών λύσεων. Δεν υπάρχει κανόνας για τη σωστή ή μη δενδρική ιεραρχική δομή, ούτε για τον τρόπο ομαδοποίησης των κριτηρίων, όπως δεν υπάρχει μία μόνο λύση στα παραπάνω προβλήματα. Η εμπειρία του αναλυτή αποφάσεων (decision analyst) είναι η σημαντικότερη παράμετρος στην δημιουργία της καταλληλότερης ιεραρχικής δομής των κριτηρίων.

Κάθε κριτήριο χαρακτηρίζεται σαν **κριτήριο επιθυμητής μεγιστοποίησης (KEM)** ή σαν **κριτήριο επιθυμητής ελαχιστοποίησης (KEE)**. Στην πρώτη κατηγορία υπάγονται εκείνα τα κριτήρια στα οποία αύξηση της βαθμολογίας των μονάδων ως προς αυτά οδηγεί σε αύξηση της συνολικής αξιολόγησής τους. Αντίθετα, στα κριτήρια επιθυμητής ελαχιστοποίησης μείωση της βαθμολογίας των μονάδων ως προς αυτά οδηγεί σε αύξηση της συνολικής αξιολόγησής τους. Για παράδειγμα το κριτήριο «δημιουργίας θέσεων εργασίας» είναι κριτήριο επιθυμητής μεγιστοποίησης, ενώ το κριτήριο «εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα» είναι κριτήριο επιθυμητής ελαχιστοποίησης γιατί ελάττωση των τιμών ως προς αυτό οδηγεί σε καλύτερη αξιολόγηση της μονάδας.

3.2 Προϋποθέσεις κριτηρίων αξιολόγησης

Τα κριτήρια αξιολόγησης εκτός από την διαφοροποίηση μιας καλής από μια κακή εναλλακτική λύση πρέπει να πληρούν ένα σύνολο προϋποθέσεων προκειμένου να συνεισφέρουν στην αξιόπιστη αξιολόγηση και να μην οδηγούν σε εσφαλμένα συμπεράσματα με ανάλογες συνέπειες που πιθανόν να μην είναι αντιστρέψιμες. Οι προϋποθέσεις των κριτηρίων είναι:

- πληρότητα (completeness)
- μη πλεονασμός (non-redundancy)
- λειτουργικότητα (operationality)
- αμοιβαία ανεξαρτησία των προτιμήσεων (mutual independence of preferences)
- διπλομέτρηση (double counting)
- μέγεθος (size)
- εξάρτηση από τον χρόνο (time dependence)

Η **πληρότητα (completeness)** συνεπάγεται τη συμμετοχή κάθε σημαντικού κριτηρίου στην αξιολόγηση των εναλλακτικών λύσεων. Η εξεύρεση όλων των κριτηρίων που είναι απαραίτητα στην τελική αξιολόγηση δεν είναι προφανής και προκύπτει από επαναληπτική διαδικασία. Η ιεραρχική δομή είναι πολύτιμη, αφού ο λήπτης αποφάσεων αρχικά ερευνά την τυχόν παράλειψη σημαντικών κριτηρίων στο κορυφαίο επίπεδο και κατόπιν εξετάζει την τυχόν παράλειψη υποκριτηρίων των χαμηλότερων επιπέδων που απαρτίζουν τις σημαντικότερες ομάδες των κορυφαίων επιπέδων.

Ο **μη πλεονασμός (non-redundancy)** αναφέρεται στην αποφυγή συμπερίληψης κριτηρίων που δεν είναι σημαντικά, όπως είναι αυτά που δεν διαφοροποιούν την αξιολόγηση των εναλλακτικών λύσεων. Σε μια τέτοια περίπτωση η απαλοιφή του κριτηρίου δεν αλλάζει την τελική αξιολόγηση και κατά συνέπεια το κριτήριο αυτό αποτελεί πλεονασμό. Η απαλοιφή ενός κριτηρίου δεν μπορεί να γίνει πριν την αξιολόγηση των εναλλακτικών λύσεων και την εύρεση ότι είναι αδιάφορο για την τελική αξιολόγηση. Επίσης η μελλοντική συμμετοχή κάποιας εναλλακτικής λύσης μπορεί να αξιολογείται διαφορετικά ως προς το εν λόγω κριτήριο, οπότε εκείνο διαφοροποιεί την συνολική αξιολόγηση των εναλλακτικών λύσεων και κατά συνέπεια πρέπει να συμπεριληφθεί στα κριτήρια αξιολόγησης.

Η **λειτουργικότητα (operationality)** του κριτηρίου αναφέρεται στην δυνατότητα αξιολόγησης κάθε εναλλακτικής λύσης ως προς το κριτήριο αυτό. Η διαδικασία αυτή συνεπάγεται το στοιχείο της κρίσης (judgement), η οποία μπορεί να είναι αντικειμενική ή υποκειμενική. Η αντικειμενική κρίση συνεπάγεται την ύπαρξη κάποιας κλίμακας μέτρησης, όπως για παράδειγμα το βάρος ή η απόσταση. Στην υποκειμενική κρίση δεν υπάρχει κλίμακα μέτρησης και η αξιολόγηση γίνεται σύμφωνα με την κρίση του λήπτη αποφάσεων.

Η **αμοιβαία ανεξαρτησία των προτιμήσεων (mutual indifference of preferences)** προϋποθέτει ότι οι προτιμήσεις (αξιολογήσεις) των εναλλακτικών λύσεων ως προς ένα κριτήριο δεν επηρεάζονται από την προτίμηση των εναλλακτικών λύσεων ως προς κάποιο άλλο κριτήριο. Αυτό στην πράξη σημαίνει ότι η αξιολόγηση μιας εναλλακτικής λύσης ως προς ένα κριτήριο μπορεί να γίνει ανεξάρτητα από τη γνώση που υπάρχει για τις αξιολογήσεις ως προς όλα τα άλλα κριτήρια. Αν δεν υπάρχει ανεξαρτησία μεταξύ δύο κριτηρίων αυτά μπορούν να συνδυαστούν σε ένα νέο το οποίο θα εμπεριέχει τις έννοιες των δύο κριτηρίων από τα οποία προήλθε, αρκεί να είναι ανεξάρτητο όλων των υπολοίπων.

Η *διπλομέτρηση (double counting)* αναφέρεται στην απεικόνιση της αξιολόγησης κάποιου χαρακτηριστικού των εναλλακτικών λύσεων περισσότερες από μία φορές μέσω διαφορετικών κριτηρίων. Είναι πολλές φορές δυνατό, κριτήρια που αναφέρονται σε διαφορετικές συνιστώσες του ίδιου προβλήματος, στην ουσία να καταγράφουν το ίδιο χαρακτηριστικό, προσμετρώντας το έτσι δύο φορές στην συνολική αξιολόγηση, πράγμα που είναι εσφαλμένο.

Το *μέγεθος (size)* του συνόλου των κριτηρίων αναφέρεται στον συνολικό αριθμό των κριτηρίων αξιολόγησης των εναλλακτικών λύσεων. Μεγάλος αριθμός κριτηρίων συνεπάγεται εκθετική αύξηση του χρόνου ανάλυσης και υπολογισμού και πιθανή δυσχέρεια στην αξιοποίηση των αποτελεσμάτων από το λήπτη αποφάσεων. Επίσης η αύξηση του αριθμού των κριτηρίων δυσχεραίνει την συνεπή (consistent) αξιολόγηση των εναλλακτικών λύσεων. Ο αριθμός των κριτηρίων πρέπει να είναι ο ελάχιστος δυνατός που εξασφαλίζει συμπαγή και αξιόπιστα συμπεράσματα.

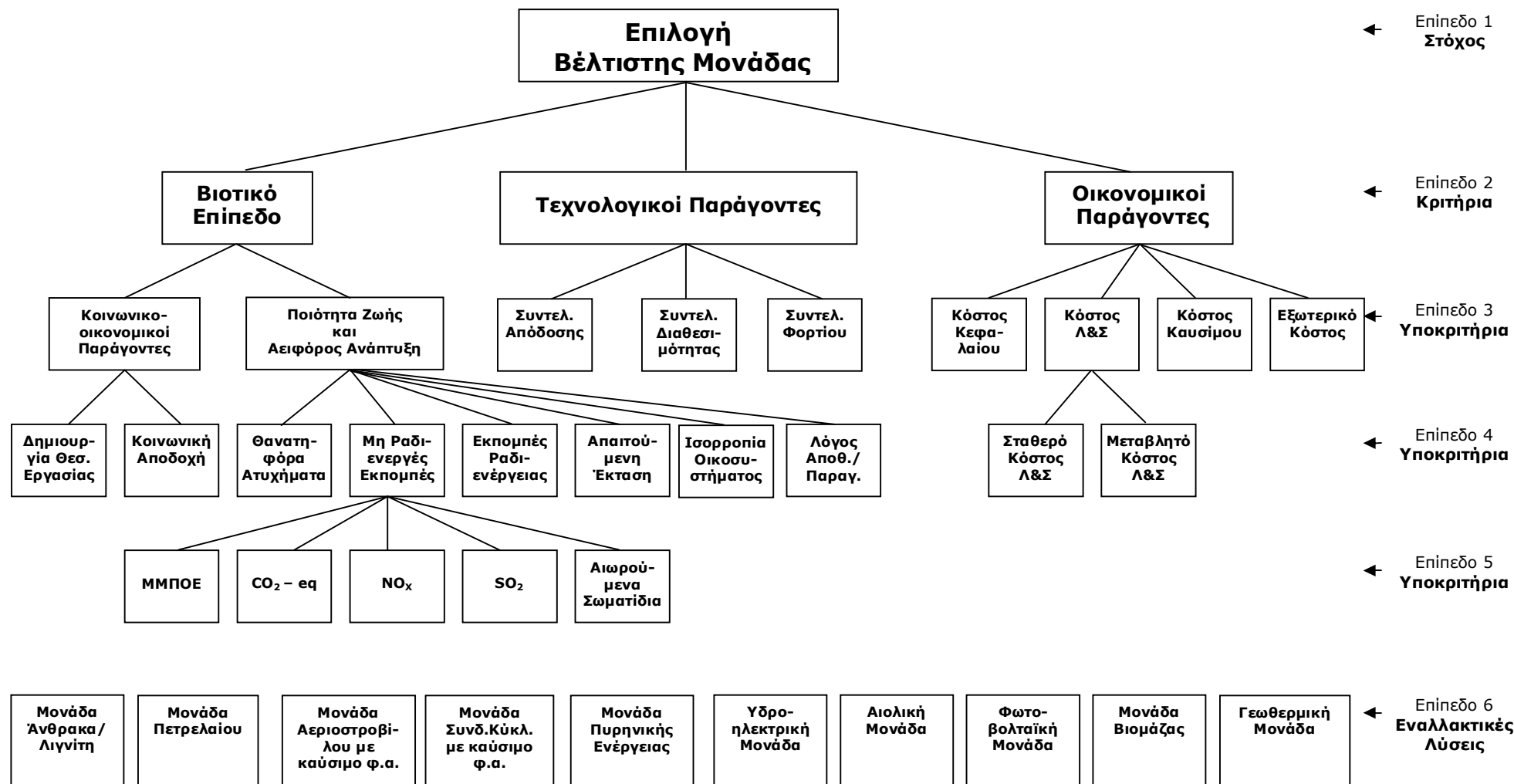
Η *εξάρτηση από τον χρόνο (time dependence)* αναφέρεται στην αλλαγή της αξιολόγησης ως προς κάποιο κριτήριο με βάση το χρόνο. Διαφορές στην αξιολόγηση είναι προφανείς όσον αφορά κριτήρια που εμπεριέχουν οικονομικά μεγέθη καθώς η αξία του χρήματος διαφοροποιείται με τον χρόνο. Κατά συνέπεια η αναγωγή των μεγεθών ως προς ένα κοινό σημείο αναφοράς είναι απαραίτητη προκειμένου να μην υπάρχουν αποκλίσεις που οδηγούν σε εσφαλμένα συμπεράσματα. Έχουν αναπτυχθεί αρκετές μοντελοποιήσεις για την αντιμετώπιση των διαφοροποιήσεων που επιφέρει η παράμετρος του χρόνου στην αξιολόγηση των λύσεων ενός προβλήματος [79, 126, 160, 167, 233].

3.3 Ιεράρχηση και ομαδοποίηση κριτηρίων αξιολόγησης

Η ιεράρχηση και ομαδοποίηση των κριτηρίων αξιολόγησης είναι απαραίτητη για την αποτελεσματικότερη και αξιόπιστη διεκπεραίωση της διαδικασίας λήψης αποφάσεων, όπως αναλύθηκε στην ενότητα 3.1. Η δενδρική ιεραρχική δομή στόχου, κριτηρίων, υποκριτηρίων και εναλλακτικών λύσεων παρουσιάζεται στο Σχήμα 3-1. Η δομή αυτή είναι σύμφωνη με τις προδιαγραφές της Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας (ΑΙΔ).

Στο επίπεδο 1 (Σχήμα 3-1) παρουσιάζεται ο στόχος (goal), ο οποίος είναι η επιλογή της βέλτιστης ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας λαμβάνοντας υπόψη όλες τις συνιστώσες του προβλήματος. Στο επίπεδο 2 εμφανίζονται τα τρία βασικά κριτήρια αξιολόγησης των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων. Τα κριτήρια αυτά είναι:

1. αξιολόγηση της επίδρασης των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων στο βιοτικό επίπεδο κυρίως των κατοίκων της περιοχής αλλά και γενικότερα
2. αξιολόγηση των τεχνολογικών παραγόντων των μονάδων
3. αξιολόγηση των οικονομικών παραγόντων των μονάδων



Σχήμα 3-1

Δενδρική ιεραρχική δομή στόχου, κριτηρίων, υποκριτηρίων και εναλλακτικών λύσεων

Κάθε κριτήριο μπορεί να υποδιαιρείται σε υποκριτήρια τα οποία εμφανίζονται στο αμέσως κατώτερο επίπεδο. Η έννοια του κριτηρίου και του υποκριτηρίου είναι ταυτόσημες όσον αφορά τον τρόπο λειτουργίας και αξιολόγησης και η μόνη διαφορά είναι ότι ένα υποκριτήριο ομαδοποιείται μαζί με άλλα υποκριτήρια σε ένα κριτήριο υψηλότερου επιπέδου, το οποίο μπορεί με τη σειρά του να αποτελεί υποκριτήριο άλλου κριτηρίου σε ανώτερο επίπεδο. Με βάση αυτό τον ορισμό έχουμε τα τρία βασικά κριτήρια στο επίπεδο 2 και ακολουθεί η διαίρεσή τους σε υποκριτήρια στα επίπεδα 3, 4 και 5, όπως απεικονίζονται στο Σχήμα 3-1.

Πρέπει να διευκρινιστεί ότι με τον όρο *κριτήρια τελικού κόμβου (end node criteria)* αναφέρονται τα κριτήρια εκείνα τα οποία δεν υποδιαιρούνται σε άλλα επιμέρους υποκριτήρια. Αυτά είναι τα τελικά κριτήρια² αξιολόγησης όλων των τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων και με βάση τον βαθμό επίτευξης του στόχου ως προς αυτά καθώς και τη βαρύτητά τους θα υπολογισθούν και οι αξιολογήσεις των κριτηρίων ομαδοποίησης των ανώτερων επιπέδων. Υπάρχουν συνολικά 27 κριτήρια και υποκριτήρια σε όλα τα επίπεδα της ιεραρχικής δομής εκ των οποίων 20 είναι κριτήρια τελικού κόμβου.

Στο επίπεδο 6 της δενδρικής ιεραρχικής δομής της ΑΙΔ απεικονίζονται οι 10 τύποι ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων που αξιολογούνται. Συνολικά απαιτούνται 200 αξιολογήσεις (20 κριτήρια τελικού κόμβου και 10 αξιολογούμενες μονάδες) και επιπροσθέτως ο προσδιορισμός των βαρών των κριτηρίων και υποκριτηρίων όλων των επιπέδων. Στο Σχήμα 3-1 δεν έγινε ο σχεδιασμός των 200 γραμμών μεταξύ των κριτηρίων τελικού κόμβου και των εναλλακτικών λύσεων (τύπων αξιολογούμενων μονάδων) προκειμένου να αποφευχθεί η μεγάλη πολυπλοκότητα του σχήματος που θα δυσχέραινε την κατανόησή του.

3.3.1 Κριτήριο «βιοτικού επιπέδου»

Στο επίπεδο 3 παρουσιάζονται τα υποκριτήρια στα οποία υποδιαιρούνται τα 3 βασικά κριτήρια που περιγραφήκανε στο επίπεδο 2. Ειδικότερα το κριτήριο του «βιοτικού επιπέδου» υποδιαιρείται στα εξής 2 υποκριτήρια:

1. το υποκριτήριο των «κοινωνικοοικονομικών παραγόντων»
2. το υποκριτήριο της «ποιότητας ζωής και αειφόρου ανάπτυξης»

Αξίζει να διευκρινιστεί ότι δεν πρέπει να υπάρχει σύγχυση μεταξύ των κοινωνικοοικονομικών παραγόντων του υποκριτηρίου του βιοτικού επιπέδου στο επίπεδο 3 και του κριτηρίου των οικονομικών παραγόντων του επιπέδου 2. Οι πρώτοι παράγοντες αναφέρονται στην βελτίωση των οικονομικών των κατοίκων της περιοχής σαν απόρροια της λειτουργίας μίας ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας καθώς και στη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας ενώ οι δεύτεροι αναφέρονται στα οικονομικά στοιχεία εγκατάστασης και λειτουργίας μίας μονάδας.

² Ο όρος «τελικά κριτήρια» χρησιμοποιείται εναλλακτικά για τον όρο «κριτήρια τελικού κόμβου»

3.3.1.1 Υποκριτήρια των «κοινωνικοοικονομικών παραγόντων»

Το υποκριτήριο των «κοινωνικοοικονομικών παραγόντων» υποδιαιρείται σε δύο υποκριτήρια:

1. το υποκριτήριο της «*δημιουργίας θέσεων εργασίας*»
2. το υποκριτήριο της «*κοινωνικής αποδοχής*»

Είναι αναμφισβήτητο ότι η δημιουργία νέων θέσεων εργασίας δίνει μεγάλη οικονομική ώθηση και βελτιώνει το βιοτικό επίπεδο των κατοίκων της περιοχής, θεωρώντας ότι οι εργαζόμενοι στις μονάδες κατοικούν στην ευρύτερη περιοχή. Η κοινωνική αποδοχή είναι ένα κριτήριο το οποίο βασίζεται στην υποκειμενική κρίση του λήπτη αποφάσεων, ωστόσο είναι δυνατό να γίνει παραδεκτό ότι υπάρχουν πλειοψηφικές τάσεις ως προς τον βαθμό αποδοχής των τύπων μονάδων.

Τα υποκριτήρια της «δημιουργίας θέσεων εργασίας» και της «κοινωνικής αποδοχής» είναι κριτήρια τελικού κόμβου, δεν υποδιαιρούνται δηλαδή περαιτέρω σε άλλα υποκριτήρια και η αναλυτική περιγραφή τους καθώς και η αξιολόγηση των μονάδων ως προς αυτά θα αναλυθούν σε επόμενες ενότητες.

3.3.1.2 Υποκριτήρια της «ποιότητας ζωής και αειφόρου ανάπτυξης»

Το υποκριτήριο της «ποιότητας ζωής και αειφόρου ανάπτυξης» υποδιαιρείται σε έξι υποκριτήρια:

1. το υποκριτήριο των «*θανατηφόρων ατυχημάτων*»
2. το υποκριτήριο των «*μη ραδιενεργών εκπομπών ρύπων*»
3. το υποκριτήριο των «*εκπομπών ραδιενέργειας*»
4. το υποκριτήριο της «*απαιτούμενης έκτασης*»
5. το υποκριτήριο της «*ισορροπίας οικοσυστήματος*»
6. το υποκριτήριο του «*λόγου αποθεμάτων προς παραγωγή*»

Τα θανατηφόρα ατυχήματα αναφέρονται στους άμεσους θανάτους εργαζομένων αλλά και κατοίκων της περιοχής λόγω δυσλειτουργίας της μονάδας, όπως για παράδειγμα η ρήξη ενός φράγματος υδροηλεκτρικής μονάδας και ο πνιγμός εργαζομένων και κατοίκων ή η απελευθέρωση ραδιενέργειας από ένα πυρηνικό ατύχημα.

Οι μη ραδιενεργοί ρύποι υποδιαιρούνται περαιτέρω στα εξής πέντε κριτήρια τελικού κόμβου:

1. *Μη μεθανιούχες πτητικές οργανικές ενώσεις - ΜΜΠΟΕ (Non-methane volatile organic compounds - NMVOC)*
2. *Ισοδύναμο διοξειδίου του άνθρακα (Carbon dioxide equivalent [CO₂-eq])*
3. *Οξείδια του αζώτου (Nitrogen oxides [NO_x])*
4. *Διοξείδιο του θείου (Sulphur dioxide [SO₂])*
5. *Αιωρούμενα σωματίδια (Particulate Matter or Particulates)*

Οι «εκπομπές ραδιενέργειας» και η «απαιτούμενη έκταση» που καταλαμβάνουν οι ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες επηρεάζουν άμεσα την ποιότητα ζωής των κατοίκων και κατά συνέπεια αποτελούν βασικά κριτήρια αξιολόγησής της.

Με το υποκριτήριο της «ισορροπίας του οικοσυστήματος» καλύπτονται παράμετροι αξιολόγησης που δεν συμπεριλαμβάνονταν στα υπόλοιπα κριτήρια. Για παράδειγμα διάφοροι τύποι μονάδων απαιτούν τεράστιες ποσότητες νερού που αποτελεί από τα πολυτιμότερα αγαθά και κατά συνέπεια απαιτείται η χρηστή διαχείριση των υδάτινων πόρων. Η διατάραξη της χλωρίδας και της πανίδας από τη λειτουργία μιας μονάδας μπορεί να αξιολογηθεί με υποκειμενικό τρόπο καθώς δεν είναι μετρήσιμο μέγεθος και να καλυφθεί με την χρήση αυτού του υποκριτηρίου.

Ο «λόγος αποθεμάτων προς παραγωγή» αναφέρεται στην πιθανή χρονική δυνατότητα λειτουργίας των μονάδων που χρησιμοποιούν κάποιου είδους καύσιμο, με βάση τα γνωστά διαθέσιμα και αξιοποιήσιμα αποθέματα αυτού του καυσίμου. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έχουν την θεωρητική δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας για πάντα.

Τα θανατηφόρα ατυχήματα, οι εκπομπές ραδιενέργειας, η απαιτούμενη έκταση για τη λειτουργία των μονάδων, η ισορροπία του οικοσυστήματος μαζί με το λόγο αποθεμάτων προς παραγωγή αποτελούν κριτήρια τελικού κόμβου στην ιεραρχική δομή και θα περιγραφούν αναλυτικά στις ενότητες 3.4.3, 3.4.9, 3.4.10, 3.4.11 και 3.4.12.

3.3.2 Κριτήριο «τεχνολογικών παραγόντων»

Το δεύτερο από τα τρία βασικά κριτήρια αξιολόγησης αναφέρεται στους τεχνολογικούς παράγοντες των μονάδων. Οι τεχνολογικοί παράγοντες αποτελούν βασικό κριτήριο αξιολόγησης των μονάδων αφού αναφέρονται στην αποδοτική λειτουργία τους και στην βέλτιστη δυνατή αξιοποίηση των ενεργειακών πόρων.

Το κριτήριο των «*τεχνολογικών παραγόντων*» υποδιαιρείται στα εξής τρία υποκριτήρια:

1. το υποκριτήριο του «*συντελεστή απόδοσης*»
2. το υποκριτήριο του «*συντελεστή διαθεσιμότητας*»
3. το υποκριτήριο του «*συντελεστή φορτίου*»

Οι τρεις αυτοί συντελεστές δεν υποδιαιρούνται περαιτέρω και αποτελούν κριτήρια τελικού κόμβου. Η αναλυτική περιγραφή τους θα γίνει στις ενότητες 3.4.13, 3.4.14 και 3.4.15.

3.3.3 Κριτήριο «οικονομικών παραγόντων»

Το τρίτο από τα τρία βασικά κριτήρια αξιολόγησης αναφέρεται στις οικονομικές παραμέτρους εγκατάστασης και λειτουργίας των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων. Τα οικονομικά στοιχεία αποτελούν βασική συνιστώσα αξιολόγησης των προβλημάτων, πολύ περισσότερο δε όταν αξιολογούνται μεγάλα έργα, όπως είναι αυτά των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων.

Το κριτήριο των «*οικονομικών παραγόντων*» υποδιαιρείται στα εξής τέσσερα υποκριτήρια:

1. το υποκριτήριο του «κόστους κεφαλαίου»
2. το υποκριτήριο του «κόστους λειτουργίας και συντήρησης»
3. το υποκριτήριο του «κόστους καυσίμου»
4. το υποκριτήριο της «εξωτερικού κόστους»

Το «κόστος κεφαλαίου», το «κόστος καυσίμου» καθώς και το «εξωτερικό κόστος» είναι κριτήρια τελικού κόμβου και περιγράφονται στις ενότητες 3.4.16, 3.4.19 και 3.4.20. Το «κόστος λειτουργίας και συντήρησης» πρέπει να υποδιαιρεθεί περαιτέρω σε δύο επιμέρους συνιστώσες που παρουσιάζονται στην ενότητα 3.3.3.1.

3.3.3.1 Υποκριτήρια του «κόστους λειτουργίας και συντήρησης»

Το υποκριτήριο του «κόστους λειτουργίας και συντήρησης» υποδιαιρείται σε δύο υποκριτήρια:

1. το υποκριτήριο του «σταθερού κόστους λειτουργίας και συντήρησης»
2. το υποκριτήριο του «μεταβλητού κόστους λειτουργίας και συντήρησης»

Κάθε μονάδα ηλεκτροπαραγωγής έχει ένα σταθερό κόστος λειτουργίας και συντήρησης ανεξάρτητα από τον ηλεκτρική ενέργεια που παράγει. Επιπρόσθετα όμως υπάρχει και το μεταβλητό κόστος λειτουργίας και συντήρησης που συνδέεται άμεσα με την ηλεκτροπαραγωγή της μονάδας. Το κόστος αυτό δεν περιλαμβάνει το κόστος καυσίμου αφού αυτό αξιολογείται ξεχωριστά και αποτελεί κριτήριο τελικού κόμβου.

Η δένδρική ιεραρχική δομή καθώς και η ομαδοποίηση των κριτηρίων και υποκριτηρίων που παρουσιάστηκαν, διασφαλίζουν το μέγιστο βαθμό σαφήνειας, αξιοπιστίας και ευχρηστίας των παρεχομένων πληροφοριών στο λήπτη αποφάσεων, βοηθώντας τον να λάβει γρήγορα και αποτελεσματικά τις ορθές αποφάσεις για τα επιμέρους και συνολικά ζητήματα που αφορούν τις ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες.

3.4 Περιγραφή των κριτηρίων τελικού κόμβου

Η ιεράρχηση και ομαδοποίηση των κριτηρίων και υποκριτηρίων απεικονίζουν την ανάλυση του προβλήματος σε απλούστερα και μικρότερα μέρη, τα οποία μπορούν να αξιολογηθούν με μεγαλύτερη ακρίβεια και αξιοπιστία. Η *ανάλυση από πάνω προς τα κάτω (top-down analysis)* οδηγεί σε κριτήρια τα οποία δεν αναλύονται περαιτέρω και αποτελούν τα κριτήρια τελικού κόμβου. Η βαθμολογία των εναλλακτικών λύσεων ως προς αυτά τα κριτήρια είναι άμεση αφού αποτελούν την απλούστερη δυνατή μονάδα αξιολόγησης. Από τα 20 κριτήρια τελικού κόμβου, 7 είναι *κριτήρια επιθυμητής μεγιστοποίησης [KEM]* και 13 είναι *κριτήρια επιθυμητής ελαχιστοποίησης [KEE]*. Αναλυτικά τα κριτήρια και η κατηγορία που ανήκουν είναι τα εξής:

Δημιουργία θέσεων εργασίας (Job creation) – [KEM]

Κοινωνική αποδοχή (Social acceptance) – [KEM]

Θανατηφόρα ατυχήματα (Accident fatalities) – [KEE]

Μη μεθανιούχες πτητικές οργανικές ενώσεις - ΜΜΠΟΕ (Non-methane volatile organic compounds - NMVOC) – [KEE]

Ισοδύναμα διοξειδίου του άνθρακα (Carbon dioxide equivalent [CO₂-eq]) – [KEE]
Οξείδια του αζώτου (Nitrogen oxides [NO_x]) – [KEE]
Διοξείδιο του θείου (Sulphur dioxide [SO₂]) – [KEE]
Αιωρούμενα σωματίδια (Particulate Matter or Particulates) – [KEE]
Εκπομπές ραδιενέργειας (Radioactivity) – [KEE]
Απαιτούμενη έκταση (Land requirement) – [KEE]
Ισορροπία οικοσυστήματος (Ecosystem equilibrium) – [KEM]
Λόγος αποθεμάτων προς παραγωγή (Reserves to production ratio) – [KEM]
Συντελεστής απόδοσης (Efficiency factor) – [KEM]
Συντελεστής διαθεσιμότητας (Availability factor) – [KEM]
Συντελεστής φορτίου (Capacity factor) – [KEM]
Κόστος κεφαλαίου (Capital cost) – [KEE]
Σταθερό κόστος λειτουργίας και συντήρησης (Fixed operation and maintenance cost) – [KEE]
Μεταβλητό κόστος λειτουργίας και συντήρησης (Variable operation and maintenance cost) – [KEE]
Κόστος καυσίμου (Fuel cost) – [KEE]
Εξωτερικό κόστος (External cost) – [KEE]

Ακολουθεί αναλυτική περιγραφή του κάθε κριτηρίου τελικού κόμβου, των μονάδων μέτρησής του, καθώς επίσης και οι βαθμολογίες των 10 εναλλακτικών λύσεων ως προς καθένα από τα 20 αυτά κριτήρια. Πρέπει να διευκρινισθεί ότι υπάρχει ποικιλία στοιχείων που ενδέχεται να διαφοροποιούνται σημαντικά σε διαφορετικά μέρη και ομάδες πληθυσμών. Τα στοιχεία αυτά όπου ήταν εφικτό (στην πλειοψηφία των περιπτώσεων) αναφέρονταν σε όλο τον κύκλο ζωής (life cycle) της μονάδας, δηλαδή από την αρχική της κατασκευή μέχρι και την οριστική απόσυρσή της με ακόλουθη αποκατάσταση του οικοσυστήματος που την περιβάλλει. Οι αξιολογήσεις των μονάδων αναφέρονται στις μέσες τιμές των δημοφιλέστερων λύσεων που επικρατούν σε παγκόσμιο επίπεδο.

Οι επιμέρους πιθανές διαφοροποιήσεις στοιχείων καλύπτονται πλήρως από την ανάλυση ευαισθησίας (sensitivity analysis) που ακολουθεί την αρχική αξιολόγηση και αναφέρεται σε όλα τα υπάρχοντα αλλά και στα μελλοντικά πιθανά σενάρια διαφοροποίησης των εξεταζόμενων δεδομένων.

3.4.1 Δημιουργία θέσεων εργασίας

Η κατασκευή και λειτουργία μιας νέας ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας συνεπάγεται την δημιουργία μεγάλου αριθμού νέων θέσεων εργασίας κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής της. Οι θέσεις αυτές αναφέρονται σε όλο τον κύκλο ζωής της μονάδας, δηλαδή στην κατασκευή της μονάδας, στην λειτουργία της καθώς και στην αποκατάσταση του περιβάλλοντος μετά το σταμάτημα της λειτουργίας της.

Οι τοπικές κοινωνίες στα μέρη όπου είχαν εγκατασταθεί οι μονάδες βάσισαν (και βασίζουν μέχρι και σήμερα) την οικονομική ανάπτυξη και την ευημερία τους στην λειτουργία τους, υποβαθμίζοντας παράλληλα τις σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις που

προκαλούν. Ο Πίνακας 3-1 παρουσιάζει τον μέσο αριθμό νέων θέσεων εργασίας σε ανθρωπο-έτη για σταθμό ισχύος 500MW [95, 259, 287, 315].

Το κριτήριο της «δημιουργίας θέσεων εργασίας» είναι κριτήριο επιθυμητής μεγιστοποίησης, αφού όσο περισσότερες νέες θέσεις εργασίας δημιουργούνται, τόσο ευνοϊκότερες προϋποθέσεις οικονομικής ανάπτυξης δημιουργούνται για τις τοπικές κοινωνίες.

Πίνακας 3-1

Μέσος αριθμός νέων θέσεων εργασίας για σταθμό ισχύος 500 MW στις Ηνωμένες Πολιτείες

Τύπος Μονάδας	Δημιουργία Θέσεων Εργασίας (Νέοι εργαζόμενοι ανά 500 MW) (ανθρωπο-έτη)
Άνθρακα/Λιγνίτη	2500
Πετρελαίου	2500
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	2460
Συνδυασμένου Κύκλου με καύσιμο φ.α.	2460
Πυρηνική	2500
Υδροηλεκτρική	2500
Αιολική	5635
Φωτοβολταϊκή	5370
Βιομάζας	36055
Γεωθερμική	27050

3.4.2 Κοινωνική αποδοχή

Ο βαθμός κοινωνικής αποδοχής μιας μονάδας συγκεκριμένου τύπου δεν είναι μετρήσιμη σε κάποια κλίμακα. Δεν είναι ποσοτικό μέγεθος αλλά ποιοτικό. Κατά συνέπεια για την αξιολόγησή της απαιτείται υποκειμενική κρίση του λήπτη αποφάσεων. Στην προκειμένη περίπτωση για την αξιολόγηση του βαθμού κοινωνικής αποδοχής των διαφόρων τύπων μονάδων από τις τοπικές κοινωνίες θα χρησιμοποιηθεί η Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία. Η ΑΙΔ ενσωματώνει την σύγκριση κατά ζεύγη, μία μέθοδο που δίνει τη δυνατότητα αξιόπιστης καταγραφής των ποιοτικών στοιχείων των διαφόρων τύπων μονάδων. Στις επόμενες παραγράφους περιγράφονται τα βασικά χαρακτηριστικά της ΑΙΔ με βάση τα οποία αξιολογούνται υποκειμενικά κριτήρια όπως η κοινωνική αποδοχή και εξάγονται οι βαρύτητες των κριτηρίων. Πλήρης περιγραφή της ΑΙΔ γίνεται στο κεφάλαιο 4.

Η ΑΙΔ χρησιμοποιεί για την σύγκριση κατά ζεύγη μια αριθμητική κλίμακα από το 1 έως το 9. Η κλίμακα μέτρησης καθώς και η ερμηνεία της απεικονίζονται στον Πίνακα 3-2 [269]. Στην σύγκριση κατά ζεύγη δύο στοιχείων Α και Β ο βαθμός σπουδαιότητας του ενός στοιχείου ως προς το άλλο εκφράζεται είτε αριθμητικά, είτε λεκτικά. Για παράδειγμα, εάν το στοιχείο Α είναι αρκετά πιο σημαντικό από το στοιχείο Β ως προς ένα συγκεκριμένο κριτήριο αξιολόγησης, τότε σύμφωνα με τον Πίνακα 3-2 ο βαθμός

σπουδαιότητας που απεικονίζεται στο κελί της τομής της γραμμής του πίνακα αξιολόγησης που έχει το στοιχείο A με τη στήλη που έχει το στοιχείο B, είναι 5. Αν αντίστροφα, το B είναι αρκετά πιο σημαντικό από το A τότε η αντίστοιχη βαθμολογία είναι 1/5.

Καθώς είναι αυτονόητο ότι κάθε κριτήριο έχει την ίδια σπουδαιότητα με τον εαυτό του, όλα τα στοιχεία της διαγωνίου του πίνακα αξιολόγησης έχουν την τιμή της μονάδας. Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι η ΑΙΔ ελέγχει την συνέπεια των αξιολογήσεων μεταξύ των ζευγών μέσω του ορισμού του *λόγου συνέπειας (consistency ratio)* του οποίου η τιμή δεν πρέπει να υπερβαίνει το 0,1 προκειμένου να θεωρούνται οι αξιολογήσεις συνεπείς [268]. Ο λόγος συνέπειας δίνεται από τη Σχέση 4-11 που αναλύεται στο κεφάλαιο 4.

Πίνακας 3-2

Αναλογική κλίμακα μέτρησης της Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας

Βαθμός Σπουδαιότητας	Ορισμός	Ερμηνεία (Το στοιχείο A σε σύγκριση με το στοιχείο B)
1	Ίδια σπουδαιότητα	Το A έχει την ίδια σπουδαιότητα με το B
3	Μέτρια σπουδαιότητα	Το A είναι μετρίως πιο σημαντικό από το B
5	Μεγάλη σπουδαιότητα	Το A είναι αρκετά πιο σημαντικό από το B
7	Πολύ μεγάλη σπουδαιότητα	Το A είναι πολύ πιο σημαντικό από το B
9	Εξαιρετικά μεγάλη σπουδαιότητα	Το A είναι εξαιρετικά πιο σημαντικό από το B

Στον Πίνακα 3-3 παρουσιάζεται η υποκειμενική αξιολόγηση του βαθμού κοινωνικής αποδοχής των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων κατά ζεύγη. Κάθε τύπος μονάδας σε μια γραμμή του πίνακα συγκρίνεται με ένα τύπο μονάδας σε μία στήλη ως προς το βαθμό κοινωνικής αποδοχής που έχουν από την τοπική κοινωνία, με βάση την κλίμακα μέτρησης που παρουσιάστηκε στον Πίνακα 3-2. Οι αριθμοί στα κελιά του πίνακα δεν απεικονίζουν κάποιο απόλυτο μέγεθος αλλά το κατά πόσο καλύτερη (ή χειρότερη) θεωρείται η μονάδα στη γραμμή του πίνακα σε σχέση με εκείνη στη στήλη, ως προς το κριτήριο της κοινωνικής αποδοχής.

Όταν μία μονάδα στη γραμμή του πίνακα έχει την ίδια κοινωνική αποδοχή με μια μονάδα στη στήλη τότε η αντίστοιχη αξιολόγηση στο κελί της τομής τους είναι 1. Όταν η μονάδα στη γραμμή του πίνακα είναι πιο αποδεκτή από την κοινωνία σε σχέση με την μονάδα στη στήλη τότε η αντίστοιχη αξιολόγηση κυμαίνεται ανάμεσα στο 2 και το 9. Αν η μονάδα της στήλης είναι πιο αποδεκτή από την μονάδα της γραμμής τότε η αντίστοιχη αξιολόγηση κυμαίνεται από το 1/2 έως το 1/9.

Οι πυρηνικές μονάδες είναι οι λιγότερο κοινωνικά αποδεκτές και αυτό απεικονίζεται από τη σύγκρισή τους κατά ζεύγη με τους υπόλοιπους 9 τύπους μονάδων, όπου η αντίστοιχη αξιολόγηση είναι μικρότερη του 1. Στις μονάδες που βασίζονται σε φυσικά καύσιμα οι μονάδες φυσικού αερίου υπερτερούν των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη και πετρελαίου. Ανάμεσα στους τελευταίους δύο τύπους, οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη υπερτερούν ελαφρώς των μονάδων πετρελαίου στο βαθμό κοινωνικής αποδοχής.

Οι μονάδες που βασίζονται σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) είναι πολύ περισσότερο αποδεκτές από τις τοπικές κοινωνίες σε σχέση με τις μονάδες που βασίζονται σε φυσικά καύσιμα (άνθρακα/λιγνίτη, πετρέλαιο, φυσικό αέριο) αλλά και τις πυρηνικές μονάδες. Μεταξύ των μονάδων που βασίζονται σε ΑΠΕ, αυτές της βιομάζας έχουν τον μικρότερο βαθμό αποδοχής αφού είναι και οι πιο επιβλαβείς λόγω της διαδικασίας της καύσης. Οι αιολικές μονάδες υπερτερούν ελαφρώς των υδροηλεκτρικών, της βιομάζας και ελάχιστα των γεωθερμικών, ενώ υστερούν ελάχιστα σε σχέση με τις φωτοβολταϊκές. Οι τελευταίες είναι ελάχιστα πιο κοινωνικά αποδεκτές από τις γεωθερμικές. Συνολικά, δεν υπάρχουν σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των μονάδων που βασίζονται σε ΑΠΕ ως προς το κριτήριο της «κοινωνικής αποδοχής», με τις μονάδες βιομάζας και τις υδροηλεκτρικές μονάδες να υστερούν ελαφρώς σε σχέση με τους υπόλοιπους τρεις τύπους μονάδων ΑΠΕ.

Πίνακας 3-3

Υποκειμενική αξιολόγηση κατά ζεύγη του βαθμού κοινωνικής αποδοχής των δέκα τύπων μονάδων ηλεκτροπαραγωγής στις ανεπτυγμένες χώρες

Τύπος Μονάδας	Άνθρακα/Λιγνίτη	Πετρέλαιου	Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	Συνδυασμένου Κύκλου με καύσιμο φ.α.	Πυρηνική	Υδροηλεκτρική	Αιολική	Φωτοβολταϊκή	Βιομάζας	Γεωθερμική
Άνθρακα/Λιγνίτη	1	3	1/2	1/2	3	1/3	1/5	1/5	1/3	1/5
Πετρέλαιου	1/3	1	1/3	1/3	3	1/3	1/5	1/5	1/3	1/5
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	2	3	1	1/3	3	1/3	1/5	1/5	1/3	1/5
Συνδυασμένου Κύκλου με καύσιμο φ.α.	2	3	3	1	5	1/3	1/5	1/5	1/3	1/5
Πυρηνική	1/3	1/3	1/3	1/5	1	1/5	1/7	1/7	1/5	1/7
Υδροηλεκτρική	3	3	3	3	5	1	1/3	1/3	3	1/3
Αιολική	5	5	5	5	7	3	1	1/2	3	2
Φωτοβολταϊκή	5	5	5	5	7	3	2	1	3	2
Βιομάζας	3	3	3	3	5	1/3	1/3	1/3	1	1/3
Γεωθερμική	5	5	5	5	7	3	1/2	1/2	3	1

Λόγος συνέπειας: 0,06

Από την επεξεργασία των δεδομένων του Πίνακα 3-3 σύμφωνα με την ΑΙΔ, προκύπτει το συνολικό ποσοστό κοινωνικής αποδοχής των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων που παρουσιάζεται στον Πίνακα 3-4. Το κριτήριο της «κοινωνικής αποδοχής» είναι κριτήριο επιθυμητής μεγιστοποίησης, καθώς ο μέγιστος βαθμός κοινωνικής συναίνεσης των τοπικών κοινωνιών είναι επιθυμητός προκειμένου να κατασκευαστεί μία ηλεκτροπαραγωγική μονάδα.

Πίνακας 3-4

Ποσοστό κοινωνικής αποδοχής των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων στις ανεπτυγμένες χώρες

Τύπος Μονάδας	Κοινωνική Αποδοχή (%)
Άνθρακα/Λιγνίτη	3,86%
Πετρελαίου	2,93%
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	4,32%
Συνδυασμένου Κύκλου με καύσιμο φ.α.	5,81%
Πυρηνική	1,78%
Υδροηλεκτρική	10,75%
Αιολική	20,55%
Φωτοβολταϊκή	23,53%
Βιομάζας	8,52%
Γεωθερμική	17,95%

3.4.3 Θανατηφόρα ατυχήματα

Διάφορα ατυχήματα προκαλούνται κατά καιρούς από ανεπαρκή μέτρα ασφαλείας, αστοχίες υλικών και κατασκευών ή φυσικά φαινόμενα και έχουν σαν συνέπεια την απώλεια ζωών εργαζομένων στις μονάδες αλλά και κατοίκων των γύρω περιοχών. Στον Πίνακα 3-5 παρουσιάζονται μερικά από τα πιο χαρακτηριστικά πολύνεκρα θανατηφόρα ατυχήματα στην ιστορία της ηλεκτροπαραγωγικής διαδικασίας [16, 133]. Στην πρώτη στήλη παρουσιάζεται ο τόπος του ατυχήματος, στην δεύτερη η χρονολογία, στην τρίτη ο αριθμός των άμεσων θανάτων εργαζομένων και κατοίκων που προκλήθηκαν από το ατύχημα και στην τέταρτη μια σύντομη περιγραφή του ατυχήματος.

Για την αξιολόγηση των θανατηφόρων ατυχημάτων λήφθηκαν υπόψη τα ιστορικά στοιχεία έρευνας από το 1970 έως το 1992 [16, 133]. Προκειμένου να υπάρχουν αξιόπιστα αποτελέσματα, έγινε αναγωγή των τιμών ανάλογα με την ισχύ και το χρόνο λειτουργίας των μονάδων. Έτσι, οι κανονικοποιημένες τιμές του Πίνακα 3-6 παρουσιάζουν τον αριθμό των θανάτων εργαζομένων και τοπικού πληθυσμού για κάθε ΤW εγκατεστημένης ισχύος, κάθε τύπου ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας ανά έτος. Το κριτήριο των «θανατηφόρων ατυχημάτων», όπως είναι αυτονόητο, είναι κριτήριο επιθυμητής ελαχιστοποίησης.

Πίνακας 3-5

Ενδεικτική λίστα πολύνεκρων ατυχημάτων στην ηλεκτροπαραγωγική διαδικασία

Τόπος ατυχήματος	Χρονο- λογία	Αριθμός θανάτων	Περιγραφή
Machhu II, Ινδία	1979	2500	Αστοχία υδροηλεκτρικού φράγματος
Hirakud, Ινδία	1980	1000	Αστοχία υδροηλεκτρικού φράγματος
Βόρεια Ταϊβάν	1984	314	3 ατυχήματα σε ορυχεία άνθρακα/λιγνίτη
Πόλη του Μεξικού	1984	498	Έκρηξη LPG
Cubatao, Βραζιλία	1984	508	Ανάφλεξη πετρελαίου
Tbilisi, Ρωσία	1984	100	Έκρηξη αερίου
Chernobyl, Ουκρανία	1986	31	Ατύχημα στον πυρηνικό αντιδραστήρα
Kozlu, Τουρκία	1992	272	Έκρηξη μεθανίου σε ορυχείο άνθρακα/λιγνίτη
Durunkha, Αίγυπτος	1994	580	Πτώση κεραυνού σε αποθήκη πετρελαίου
Warri, Νιγηρία	1998	500	Διαρροή και φωτιά σε αγωγό πετρελαίου

Οι αστοχίες υδροηλεκτρικών φραγμάτων και οι επακόλουθες πλημμύρες έχουν προκαλέσει τα μεγαλύτερα σε αριθμό μαζικά θανατηφόρα ατυχήματα, έχουν εκτοπίσει ολόκληρες πόλεις και έχουν δημιουργήσει δυσλειτουργίες στις κοινωνικές και οικονομικές δραστηριότητες των τοπικών κοινωνιών [132, 133, 322]. Πολυπληθή είναι και τα ατυχήματα σε ορυχεία εξόρυξης άνθρακα/λιγνίτη κυρίως λόγω των μεγάλων ποσοτήτων αυτών των καυσίμων που απαιτούνται για την ηλεκτροπαραγωγή. Η εξόρυξη μεγάλων ποσοτήτων πετρελαίου και φυσικού αερίου και η ανάγκη μεταφοράς τους σε μεγάλες αποστάσεις είναι επίσης αιτία πολύνεκρων ατυχημάτων.

Πίνακας 3-6

Θανατηφόρα ατυχήματα ανά τύπο ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας με βάση παγκόσμια ιστορικά στοιχεία από το 1970 έως το 1992

Τύπος Μονάδας	Θανατηφόρα ατυχήματα (αριθμός θανάτων/TWέτος)
Άνθρακα/Λιγνίτη	342
Πετρελαίου	385
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	85
Συνδυασμένου Κύκλου με καύσιμο φ.α.	85
Πυρηνική	8
Υδροηλεκτρική	883
Αιολική	103
Φωτοβολταϊκή	3
Βιομάζας	0
Γεωθερμική	0

Στις μονάδες πυρηνικής ενέργειας, σύμφωνα με την Διεθνή Ένωση Πυρηνικής Ενέργειας (World Nuclear Association - WNA) έχουν σημειωθεί δύο μεγάλα ατυχήματα στην

ιστορία της χρήσης της πυρηνικής ενέργειας για ηλεκτροπαραγωγή και είναι τα ακόλουθα:

- στο Three Mile Island στις Ηνωμένες Πολιτείες το Μάρτιο του 1979, όπου ο πυρηνικός αντιδραστήρας καταστράφηκε λόγω δυσλειτουργίας στο σύστημα ψύξης, αλλά δεν υπήρξε διαρροή ραδιενέργειας λόγω της περιβολής του από την προβλεπόμενη κατασκευή που πληρούσε τις προδιαγραφές ασφαλείας. Δεν υπήρξαν θάνατοι ή περιβαλλοντικά προβλήματα.
- στο Chernobyl της Ουκρανίας τον Απρίλιο του 1986, όπου η καταστροφή του αντιδραστήρα και η μη τήρηση των προδιαγραφών ασφαλείας, οδήγησε σε απελευθέρωση ραδιενέργειας με 31 άμεσους νεκρούς και ανυπολόγιστες μετέπειτα επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων και την διατάραξη του οικοσυστήματος.

Οι άμεσοι θάνατοι από ατυχήματα είναι μετρήσιμο μέγεθος που δεν μπορεί να αμφισβητηθεί και επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την ψυχολογία των τοπικών κοινωνιών, σε αντίθεση με τους μελλοντικούς θανάτους και τη νοσηρότητα, τις κοινωνικοοικονομικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις οι οποίες είναι δύσκολο να εκτιμηθούν και πολλές φορές δεν φαίνεται να λαμβάνουν την βαρύτητα που χρήζει από τις τοπικές κοινωνίες [235]. Η εξέλιξη και ωρίμανση της τεχνολογίας, ο ποιοτικότερος και καλοσυντηρημένος εξοπλισμός και η τήρηση των μέτρων ασφαλείας και των περιβαλλοντικών κανονισμών είναι εξαιρετικής σημασίας στην δραστική μείωση των πολύνεκρων ατυχημάτων στην ηλεκτροπαραγωγή.

3.4.4 Μη μεθανιούχες πτητικές οργανικές ενώσεις

Οι Μη Μεθανιούχες Πτητικές Οργανικές Ενώσεις (ΜΜΠΟΕ) είναι μία από τις πέντε βασικές κατηγορίες μη ραδιενεργών εκπομπών ρύπων των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων. Οι άλλες τέσσερις είναι το διοξείδιο του άνθρακα και τα ισοδύναμά του ($\text{CO}_2\text{-eq}$), τα οξείδια του αζώτου (NO_x), το διοξείδιο του θείου (SO_2) και τα αιωρούμενα σωματίδια. Οι εκπομπές των μη ραδιενεργών ρύπων είτε είναι σε αέρια μορφή είτε σε μορφή μικρών στερεών σωματιδίων, υπολογίζονται για όλο τον κύκλο ζωής των μονάδων και εξαρτώνται κυρίως από την τεχνολογία που χρησιμοποιείται και την ποιότητα των καυσίμων [34, 102, 141, 168]. Οι ρύποι αυτοί επηρεάζουν άμεσα το αναπνευστικό σύστημα του ανθρώπου, προκαλούν καρκίνο, καρδιοαναπνευστικά προβλήματα καθώς επίσης και προβλήματα στην όραση [192, 248]. Επίσης έχουν αρνητικές επιπτώσεις στην ευστάθεια του οικοσυστήματος και στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, προκαλώντας αύξηση της θερμοκρασίας με απρόβλεπτες συνέπειες για τις επόμενες γενιές. Η όξινη βροχή που είναι αποτέλεσμα μερικών από αυτούς τους ρύπους, προκαλεί καταστροφές στις γεωργικές καλλιέργειες και στις κτιριακές κατασκευές, ενώ έχει αρνητικές συνέπειες και στην ανθρώπινη υγεία αλλά και όλων των έμβιων οργανισμών, μέσω του περάσματος δηλητηριωδών ουσιών στην τροφική αλυσίδα.

Οι ΜΜΠΟΕ είναι οργανικές χημικές ενώσεις καθώς περιέχουν το στοιχείο του άνθρακα στην μοριακή τους δομή. Αποτελούν υποκατηγορία των Πτητικών Οργανικών Ενώσεων (Volatile Organic Compounds - VOC) που είναι όλες οι ενώσεις του άνθρακα εξαιρουμένων του μονοξειδίου και του διοξειδίου του άνθρακα, του ανθρακικού οξέος,

και των μεταλλικών καρβιδίων (metallic carbides). Οι ΜΜΠΟΕ υποδιαιρούνται σε δύο βασικές κατηγορίες, τις μεθανιούχες (CH₄) και τις μη μεθανιούχες.

Στις ΜΜΠΟΕ και ειδικότερα στους μη μεθανιούχους υδρογονάνθρακες (ΜΜΥΑ) ανήκει το βενζόλιο (C₆H₆), ένα άχρωμο και εύφλεκτο υγρό το οποίο χρησιμοποιείται ευρέως σαν διαλυτικό μέσο στη βιομηχανία. Το βενζόλιο είναι φυσικό συστατικό του αργού πετρελαίου. Θεωρείται καρκινογόνο και η παρατεταμένη έκθεση σ' αυτό μπορεί να προκαλέσει λευχαιμία. Η εισπνοή ή η κατανάλωση τροφών και ποτών που περιέχουν μεγάλες ποσότητες βενζόλιου προκαλεί ναυτία, ταχυκαρδία και μπορεί να οδηγήσει ακόμα και στο θάνατο. Το 1,3-βουταδιένιο είναι ένα άλλο παράδειγμα υδρογονάνθρακα που είναι μονομερές το οποίο χρησιμοποιείται στην παραγωγή συνθετικού ελαστικού. Αυξημένες συγκεντρώσεις του επηρεάζουν το νευρικό σύστημα ενώ επιδημιολογικές μελέτες έχουν δείξει ότι παρατεταμένες εκθέσεις στο βουταδιένιο προκαλεί καρδιοαγγειακές παθήσεις και καρκίνο. Οι ΜΜΠΟΕ συμβάλλουν στην αύξηση των οξειδωτικών ουσιών στην ατμόσφαιρα και στον περιορισμό του σχηματισμού του όζοντος [293].

Το κριτήριο των ΜΜΠΟΕ είναι κριτήριο επιθυμητής ελαχιστοποίησης και οι μέσες τιμές τους για κάθε τύπο ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας παρουσιάζονται στον Πίνακα 3-7 [166, 207]. Οι τιμές είναι σε milligrams ανά kWh.

Πίνακας 3-7

Μη ραδιενεργές εκπομπές ρύπων κύκλου ζωής ανά ηλεκτροπαραγωγική μονάδα με βάση παγκόσμια δεδομένα

Τύπος Μονάδας	Μη ραδιενεργές εκπομπές ρύπων κύκλου ζωής				
	ΜΜΠΟΕ (mg/kWh)	CO ₂ -eq (mg/kWh)	NO _x (mg/kWh)	SO ₂ (mg/kWh)	Αιωρούμενα Σωματίδια (mg/kWh)
Άνθρακα/Λιγνίτη	24	986000	2986	16511	347
Πετρελαίου	18	1131178	5253	81590	128
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	118	560000	1477	152	34
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	118	450000	756	152	6
Πυρηνική	0	21435	51	27	2
Υδροηλεκτρική	0	22696	23	33	5
Αιολική	0	17652	32	54	20
Φωτοβολταϊκή	70	49174	178	257	101
Βιομάζας	80	58000	1325	76	269
Γεωθερμική	0	18913	280	20	0

3.4.5 Ισοδύναμο διοξειδίου του άνθρακα

Το διοξείδιο του άνθρακα είναι άχρωμο, μη δηλητηριώδες αέριο, με ερεθιστική οσμή και γεύση το οποίο συναντάται στην ατμόσφαιρα σε ποσοστό περίπου 0,038%. Διαλύεται

ελαφρώς στο νερό και σε μεγαλύτερο βαθμό στην αλκοόλη. Το διοξείδιο του άνθρακα αποβάλλεται από τους έμβριους οργανισμούς μέσω της αναπνευστικής λειτουργίας. Επίσης παράγεται κατά την καύση, τη ζύμωση των σακχάρων και την αποικοδόμηση ζωικών και φυσικών συστατικών. Στην αντίθετη διαδικασία προσλαμβάνεται από τα φυτά μέσω της διαδικασίας της χλωροφυλλικής φωτοσύνθεσης για την παραγωγή αμύλου, καθώς επίσης και από πυριτικά και ανθρακικά ορυκτά του γήινου φλοιού τα οποία αντιδρούν με το διοξείδιο του άνθρακα και μετασχηματίζονται.

Αν και δεν είναι δηλητηριώδες, μεγάλες ποσότητές του μπορεί να οδηγήσουν στον θάνατο από ασφυξία. Το διοξείδιο του άνθρακα και τα ισοδύναμά του είναι ενώσεις που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Με τον όρο **ισοδύναμα του διοξειδίου του άνθρακα (carbon dioxide equivalent)** εννοούνται εκείνες οι ποσότητες ενώσεων που έχουν την ίδια αρνητική επίδραση στο φαινόμενο του θερμοκηπίου με συγκεκριμένη ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα.

Για την σύγκριση της επικινδυνότητας των αερίων του θερμοκηπίου ως προς τον εγκλωβισμό θερμότητας στην ατμόσφαιρα και την επακόλουθη αύξηση της θερμοκρασίας, χρησιμοποιείται ένας δείκτης που ονομάζεται Δυναμικό Θέρμανσης του Πλανήτη - ΔΘΠ (Global Warming Potential – GWP). Ο δείκτης αυτός αναφέρεται τόσο στην δυνατότητα απορρόφησης της θερμότητας από το συγκεκριμένο αέριο, όσο και στο χρόνο εξάλειψής του από την ατμόσφαιρα σε σχέση με το διοξείδιο του άνθρακα. Σύμφωνα με τις εκθέσεις του Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) το 1996 και το 2001, τα ισοδύναμα διοξειδίου του άνθρακα με βάση το δείκτη ΔΘΠ παρουσιάζονται στον Πίνακα 3-8.

Πίνακας 3-8

Ισοδύναμα του διοξειδίου του άνθρακα με βάση το δείκτη ΔΘΠ (GWP) για χρονική περίοδο 100 ετών, σύμφωνα με τις εκθέσεις του IPCC το 1996 και το 2001

Αέριο	1996 IPCC GWP	2001 IPCC GWP
Διοξείδιο του άνθρακα (CO ₂)	1	1
Μεθάνιο (CH ₄)	21	23
Υποξείδιο του αζώτου (N ₂ O)	310	296
HFC-23	11700	12000
HFC-125	2800	3400
HFC-134a	1300	1300
HFC-143a	3800	4300
HFC-152a	140	120
HFC-227ea	2900	3500
HFC-236fa	6300	9400
Υπερφθορομεθάνιο (CF ₄)	6500	5700
Υπερφθοροαιθάνιο (C ₂ F ₆)	9200	11900
Εξαφθοριούχο θείο (SF ₆)	23900	22200

Εκτός από την περιβαλλοντική και κοινωνική, τα ισοδύναμα του διοξειδίου του άνθρακα έχουν και οικονομική διάσταση, είτε με την μορφή αποζημιώσεων για την εκπομπή τους, είτε με τη μορφή δαπανών για τον προληπτικό περιορισμό τους με την ανάπτυξη ανάλογων πολιτικών [111]. Για παράδειγμα, για τον περιορισμό των ποσοτήτων διοξειδίου του άνθρακα και των ισοδυνάμων του από τη λειτουργία των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων αναπτύχθηκαν τεχνολογίες συνδυασμένου κύκλου που χρησιμοποιούν ως καύσιμο φυσικό αέριο και μειώνουν έως και 33% τις εκπομπές αυτές σε σχέση με τις αντίστοιχες των συμβατικών κύκλων [31]. Το κριτήριο των ισοδυνάμων του διοξειδίου του άνθρακα είναι κριτήριο επιθυμητής ελαχιστοποίησης και οι τιμές τους για κάθε τύπο ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας παρουσιάζεται στον Πίνακα 3-7, σε milligrams ανά kWh.

3.4.6 Οξείδια του αζώτου

Τα οξείδια του αζώτου (NO_x) απελευθερώνονται κυρίως κατά την διαδικασία της καύσης των φυσικών καυσίμων και της βιομάζας. Υπάρχουν τρία είδη οξειδίων του αζώτου:

- το μονοξείδιο του αζώτου (nitric oxide – NO)
- το διοξείδιο του αζώτου (nitrogen dioxide – NO_2)
- το υποξείδιο του αζώτου (nitrous oxide - N_2O)

Τα οξείδια του αζώτου επιδεινώνουν ασθματικές ασθένειες, ενώ όταν αναμιχθούν με νερό δημιουργούν νιτρικό οξύ (nitric acid - HNO_3). Η ανάμειξή τους με την υγρασία της ατμόσφαιρας οδηγεί σε όξινη βροχή που μπορεί να καταστρέψει ολόκληρα δάση και οικοσυστήματα. Το μονοξείδιο και το διοξείδιο του αζώτου καταστρέφουν το όζον. Η εισπνοή διοξειδίου του αζώτου προκαλεί δηλητηρίαση και οίδημα των πνευμόνων. Το υποξείδιο του αζώτου (N_2O) είναι γνωστό σαν το αέριο του γέλιου αφού προκαλεί άμεσα γέλιο ενώ παράλληλα χρησιμοποιείται σε χειρουργικές επεμβάσεις σαν αναισθητικό. Δυστυχώς όμως αποτελεί και ένα από τα επιβλαβέστερα αέρια του θερμοκηπίου με αρνητικές επιπτώσεις που είναι 296 φορές χειρότερες από εκείνες του διοξειδίου του άνθρακα. Οι δυσάρεστες αυτές επιπτώσεις των οξειδίων του αζώτου έχουν οδηγήσει σε ανάπτυξη μοντέλων πρόβλεψης των ποσοτήτων των ρύπων αυτών στο μέλλον, σε μεγάλες χώρες όπως η Κίνα [298, 337].

Οι τιμές των οξειδίων του αζώτου που απελευθερώνονται εξαρτώνται από την ποιότητα των καυσίμων και τα είδη της βιομάζας που χρησιμοποιούνται. Για παράδειγμα οι εκπομπές που προέρχονται από την χρήση ξύλου ιτιάς (συμπεριλαμβανομένων της καλλιέργειας και της διαδικασίας της καύσης της) ενδέχεται να είναι χαμηλότερες από εκείνες των μονάδων που βασίζονται στην καύση άνθρακα/λιγνίτη και φυσικού αερίου, ανάλογα με τα εδάφη καλλιέργειας της ιτιάς και τις συνθήκες που επικρατούν [257]. Εδάφη με πολλά οργανικά στοιχεία έχουν σαν αποτέλεσμα υψηλότερες εκπομπές N_2O σε σχέση με εδάφη που περιέχουν πολλά ανόργανα στοιχεία. Χαμηλότερη λίπανση του εδάφους προκαλεί μικρότερες εκπομπές οξειδίων του αζώτου. Η εναλλαγή καλλιεργειών και οι περίοδοι αγρανάπαυσης επηρεάζουν επίσης σημαντικά την ολική εκπομπή οξειδίων του αζώτου. Το κριτήριο των οξειδίων του αζώτου είναι κριτήριο επιθυμητής ελαχιστοποίησης και οι τιμές τους για κάθε τύπο ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας παρουσιάζεται στον Πίνακα 3-7, σε milligrams ανά kWh.

3.4.7 Διοξείδιο του θείου

Το διοξείδιο του θείου είναι άχρωμο αέριο με έντονη ερεθιστική μυρωδιά. Είναι διαλυτό στο νερό και όταν έρθει σε επαφή με σταγονίδια στην ατμόσφαιρα, δίδει θειικό οξύ (H_2SO_4). Το θειικό οξύ συμβάλλει στην δημιουργία όξινης βροχής με pH μικρότερο του 4, η οποία μπορεί να προκαλέσει μεγάλες οικολογικές καταστροφές και φθορές στο εξωτερικό μέρος των κτιρίων. Η εισπνοή διοξειδίου του θείου μπορεί να προκαλέσει αναπνευστικά προβλήματα και να οδηγήσει σε άσθμα και χρόνια βρογχίτιδα. Επίσης προκαλεί ερεθισμό των ματιών όταν έρθει σε επαφή με αυτά.

Το διοξείδιο του θείου παράγεται κατά την καύση των φυσικών καυσίμων και η ποσότητά του συνδέεται άμεσα με την περιεκτικότητα του καυσίμου σε θείο. Για παράδειγμα εάν καεί άνθρακας/λιγνίτης με 2,5% περιεκτικότητα σε θείο, τότε παράγονται περίπου 9 τόνοι διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) και 120 κιλά διοξειδίου του θείου (SO_2), για να παραχθεί η ηλεκτρική ενέργεια που απαιτείται για ένα άτομο σε μια βιομηχανική χώρα για ένα έτος. Παρόλο που υπάρχουν γνωστές τεχνολογίες για την αφαίρεση του θείου από τα καύσιμα, το κόστος τους είναι σημαντικό και συνήθως αρκετές φορές απαγορευτικό.

Το κριτήριο του διοξειδίου του θείου είναι κριτήριο επιθυμητής ελαχιστοποίησης και οι τιμές του για κάθε τύπο ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας παρουσιάζεται στον Πίνακα 3-7, σε milligrams ανά kWh.

3.4.8 Αιωρούμενα σωματίδια

Κατά την διάρκεια της ηλεκτροπαραγωγικής διαδικασίας απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα αιωρούμενα σωματίδια (particulates or particulate matter), τα οποία ανάλογα με τη διάμετρό τους διαχωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες, τα $PM_{2,5}$ και τα PM_{10} αν έχουν διάμετρο μικρότερη των 2,5 μm και των 10 μm αντίστοιχα. Τα σωματίδια αυτά αποτελούνται από διάφορα συστατικά, όπως νιτρικά και θειικά άλατα, μέταλλα και σκόνη.

Ο κίνδυνος για την ανθρώπινη υγεία εξαρτάται από το μέγεθος, τη διασπορά, τη δομή και τη σύσταση των σωματιδίων που απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα [42, 251, 355]. Πρόσφατη έρευνα [248] έδειξε ότι τα σωματίδια $PM_{2,5}$ επικάθονται στις αρτηρίες, προκαλώντας τη δημιουργία πλάκας με συνεπακόλουθα την πρόκληση φλεγμονών, αρτηριοσκλήρωσης (αρτηριοσκλήρυνσης) και την αύξηση της αρτηριακής πίεσης. Η σκλήρυνση των αρτηριών και η μείωση της ελαστικότητάς τους προκαλεί καρδιακές ανακοπές και άλλα καρδιαγγειακά προβλήματα αυξάνοντας κατακόρυφα τη νοσηρότητα και τη θνησιμότητα των πληθυσμών που περιβάλλουν τις ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες [241, 336]. Ακόμα και σύντομη έκθεση σε σωματίδια αυτής της μορφής προκαλεί σοβαρές παθήσεις.

Οι ολέθριες συνέπειες των αιωρούμενων σωματιδίων και της μόλυνσης του περιβάλλοντος στην ανθρώπινη υγεία παρουσιάστηκαν επίσημα για πρώτη φορά μέσα από έρευνες τη δεκαετία του 1970 [171, 187]. Πρόσφατες έρευνες υπολογίζουν τον

αριθμό των θανάτων που προκαλούνται κάθε χρόνο από τα αιωρούμενα σωματίδια σε 20000 έως 50000 στις Ηνωμένες Πολιτείες και σε 200000 στην Ευρώπη [215].

Το κριτήριο των αιωρούμενων σωματιδίων είναι κριτήριο επιθυμητής ελαχιστοποίησης και οι τιμές τους για κάθε τύπο ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας παρουσιάζεται στον Πίνακα 3-7, σε milligrams ανά kWh.

Οι δυσάρεστες συνέπειες των αιωρούμενων σωματιδίων οδήγησαν την Ευρωπαϊκή Ένωση στην έκδοση των οδηγιών 1996/62/EC και 1999/30/EC που θέτουν συγκεκριμένα όρια στις συγκεντρώσεις σωματιδίων PM₁₀ στην ατμόσφαιρα [99, 100]. Οι οδηγίες αυτές συνοψίζονται στον Πίνακα 3-9.

3.4.9 Εκπομπές ραδιενέργειας

Μεγαλύτερες ποσότητες ραδιενέργειας απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα από την λειτουργία των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη και μικρότερες από τη λειτουργία των πυρηνικών μονάδων [222, 223]. Αυτό συμβαίνει γιατί αν και η περιεκτικότητα του άνθρακα σε ουράνιο (uranium), θόριο (thorium), ράδιο (radium), ραδόνιο (radon), πολώνιο (polonium), βισμούθιο (bismuth) και μόλυβδο (lead) είναι μικρή, ωστόσο η καύση μεγάλων ποσοτήτων του στις ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες απελευθερώνει αντίστοιχες ποσότητες των παραπάνω στοιχείων υπό τη μορφή ραδιενεργής ιπτάμενης τέφρας.

Οι πυρηνικοί σταθμοί απελευθερώνουν μικρές ποσότητες ραδιενεργών αερίων όπως είναι το Κρυπτό-85 (krypton-85), το Ξένο-133 (xenon-133) και το Ιώδιο-131 (iodine-131) τα οποία μπορούν να ανιχνευθούν στην ατμόσφαιρα με τη χρήση προηγμένου εξοπλισμού [322].

Σύμφωνα με το National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP), η έκθεση του πληθυσμού σε ραδιενεργές ακτινοβολίες από τη λειτουργία μίας πυρηνικής μονάδας με ισχύ 1000 MW ισοδυναμεί με 4,8 person-rem/έτος ενώ η αντίστοιχη τιμή για μία μονάδα άνθρακα/λιγνίτη με την ίδια ισχύ είναι 490 person-rem/έτος [222, 223]. Δηλαδή η έκθεση του πληθυσμού σε ραδιενεργές ακτινοβολίες κοντά σε μονάδες άνθρακα/λιγνίτη είναι περίπου 100 φορές μεγαλύτερη από εκείνη του πληθυσμού δίπλα σε πυρηνικές μονάδες.

Για όλο τον κύκλο ζωής της πυρηνικής μονάδας που περιλαμβάνει την εξόρυξη καυσίμου, τη λειτουργία της μονάδας μέχρι και την διαχείριση των αποβλήτων η αντίστοιχη τιμή είναι 136 person-rem/έτος. Επειδή δεν υπάρχουν διαθέσιμα ανάλογα στοιχεία για όλο τον κύκλο ζωής της μονάδας άνθρακα/λιγνίτη, η αξιολόγηση των αρνητικών επιπτώσεων των εκπομπών ραδιενέργειας στην ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον πραγματοποιείται με την χρήση των τιμών εκείνων που προκύπτουν κατά την λειτουργία των μονάδων.

Πίνακας 3-9

Σύνοψη των οδηγιών 1996/62/EC και 1999/30/EC της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τα όρια στις συγκεντρώσεις σωματιδίων PM₁₀ στην ατμόσφαιρα

Ευρωπαϊκές Οδηγίες	Μέση χρονική περίοδος	Τιμή ορίου	Περιθώρια αποδεκτών αποκλίσεων	Ημερομηνία ισχύος της τιμής του ορίου
ΦΑΣΗ 1				
1. 24ωρη τιμή ορίου για την προστασία της ανθρώπινης υγείας	24 ώρες	50 μg/m ³ PM ₁₀ , δεν πρέπει να υπερβληθεί περισσότερες από 35 φορές μέσα σε κάθε ημερολογιακό έτος	50% κατά την έναρξη εφαρμογής της οδηγίας, μειούμενη από 1 ^{ης} Ιανουαρίου 2001 και κάθε 12 μήνες κατά ίσο ποσοστό μέχρι να μηδενιστεί την 1 ^η Ιανουαρίου 2005	1 ^η Ιανουαρίου 2005
2. Ετήσια τιμή ορίου για την προστασία της ανθρώπινης υγείας	Ημερολογιακό έτος	40 μg/m ³ PM ₁₀	20% κατά την έναρξη εφαρμογής της οδηγίας, μειούμενη από 1 ^{ης} Ιανουαρίου 2001 και κάθε 12 μήνες κατά ίσο ποσοστό μέχρι να μηδενιστεί την 1 ^η Ιανουαρίου 2005	1 ^η Ιανουαρίου 2005
ΦΑΣΗ 2⁽¹⁾				
1. 24ωρη τιμή ορίου για την προστασία της ανθρώπινης υγείας	24 ώρες	50 μg/m ³ PM ₁₀ , δεν πρέπει να υπερβληθεί περισσότερες από 7 φορές μέσα σε κάθε ημερολογιακό έτος	Θα υπολογιστεί με βάση τα δεδομένα και θα είναι ισοδύναμη με το όριο της Φάσης 1	1 ^η Ιανουαρίου 2010
2. Ετήσια τιμή ορίου για την προστασία της ανθρώπινης υγείας	Ημερολογιακό έτος	20 μg/m ³ PM ₁₀	50% την 1 ^η Ιανουαρίου 2005, μειούμενη μετά κάθε 12 μήνες κατά ίσο ποσοστό μέχρι να μηδενιστεί την 1 ^η Ιανουαρίου 2010	1 ^η Ιανουαρίου 2010
⁽¹⁾ Ενδεικτικά όρια τιμών προς αναθεώρηση με την λήψη πρόσθετων πληροφοριών για την υγεία και το περιβάλλον, τις τεχνολογικές δυνατότητες και την εμπειρία από την εφαρμογή των ορίων της Φάσης 1 στα Κράτη Μέλη.				

Οι τιμές των εκπομπών ραδιενέργειας από τη λειτουργία των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων παρουσιάζεται στον Πίνακα 3-10 σε person-rem/έτος.

Πίνακας 3-10

Εκπομπές ραδιενέργειας από τη λειτουργία μονάδων ηλεκτροπαραγωγής με ισχύ 1000 MW στις Ηνωμένες Πολιτείες

Τύπος Μονάδας	Εκπομπές ραδιενέργειας (person-rem/έτος)
Άνθρακα/Λιγνίτη	490
Πετρελαίου	0
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	0
Συνδυασμένου Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0
Πυρηνική	4,8
Υδροηλεκτρική	0
Αιολική	0
Φωτοβολταϊκή	0
Βιομάζας	0
Γεωθερμική	0

3.4.10 Απαιτούμενη έκταση

Κάθε ηλεκτροπαραγωγική μονάδα απαιτεί συγκεκριμένες εκτάσεις για τη λειτουργία της. Εκτός από τις κτιριακές εγκαταστάσεις της μονάδας, μεγάλες εκτάσεις μπορεί να απαιτηθούν για την τροφοδοσία των μονάδων με το απαραίτητο καύσιμο ή και λόγω της ίδιας της φύσης της μονάδας. Για παράδειγμα οι μονάδες βιομάζας απαιτούν πολύ μεγάλες εκτάσεις για την καλλιέργεια των απαιτούμενων φυτών που θα αποτελέσουν την πρώτη ύλη για την παραγωγή του καυσίμου τους. Οι υδροηλεκτρικές μονάδες απαιτούν μεγάλες εκτάσεις με την κατασκευή των φραγμάτων και την συγκέντρωση μεγάλων ποσοτήτων νερού. Η εγκατάσταση ανεμογεννητριών για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε αιολικές μονάδες απαιτεί επίσης τη χρήση σημαντικών εκτάσεων. Αντίθετα, οι μονάδες που βασίζονται σε φυσικά καύσιμα έχουν συγκριτικά πολύ μικρότερες απαιτήσεις σε γη.

Οι καταλαμβανόμενες εκτάσεις για την λειτουργία των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων υποβαθμίζουν την ποιότητα ζωής των κατοίκων με ποικίλους τρόπους. Πρέπει να διευκρινιστεί ότι δεν αξιολογείται σε αυτό το κριτήριο το κόστος της γης, το οποίο όμως ενσωματώνεται σε άλλα τελικά κριτήρια, όπως είναι το κόστος κεφαλαίου και το κόστος καυσίμου. Σε αυτό το κριτήριο αξιολογείται ο βαθμός υποβάθμισης της ποιότητας ζωής που προκαλείται από την διατάραξη της οπτικής του τοπίου και τη μη δυνατότητα χρήσης του για πιο δημιουργικές δραστηριότητες των κατοίκων της περιοχής. Οι εκτάσεις αυτές θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για γεωργικές και κτηνοτροφικές δραστηριότητες, τη δημιουργία χώρων αναψυχής ή να αξιοποιηθούν με ποικίλους άλλους τρόπους ανάλογα με τις ιδιαιτερότητες της κάθε περιοχής.

Ο Πίνακας 3-11 παρουσιάζει τις μέσες τιμές των απαιτούμενων εκτάσεων για την εγκατάσταση και λειτουργία των διαφόρων τύπων μονάδων, εκφρασμένες σε τετραγωνικά χιλιόμετρα ανά 1000 MW εγκατεστημένης ισχύος [235, 244, 278, 332].

Πίνακας 3-11

Απαιτούμενη έκταση ανά τύπο ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας με βάση παγκόσμια στοιχεία

Τύπος Μονάδας	Απαιτούμενη έκταση (km ² /1000MW)
Άνθρακα/Λιγνίτη	2,5
Πετρελαίου	2,5
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	2,5
Συνδυασμένου Κύκλου με καύσιμο φ.α.	2,5
Πυρηνική	2,5
Υδροηλεκτρική	750
Αιολική	100
Φωτοβολταϊκή	35
Βιομάζας	5000
Γεωθερμική	18

Οι μονάδες βιομάζας απαιτούν κατά μέσο όρο 5000 km²/1000MW ενώ οι μονάδες που βασίζονται σε φυσικά καύσιμα και οι πυρηνικές μονάδες απαιτούν μόλις 2,5 km²/1000MW.

3.4.11 Ισορροπία οικοσυστήματος

Η ισορροπία του οικοσυστήματος είναι ένα τελικό κριτήριο που καλύπτει παραμέτρους που δεν είναι δυνατό να καλυφθούν από τα υπόλοιπα κριτήρια και σχετίζονται με την ομαλή εξέλιξη του οικοσυστήματος, ιδιαίτερα σε περιοχές που γειτνιάζουν με μονάδες ηλεκτροπαραγωγής αλλά και γενικότερα.

Μία από τις πιο σημαντικές αυτές παραμέτρους που πρέπει να αξιολογηθεί είναι οι τεράστιες ποσότητες νερού που απαιτούνται για τη λειτουργία συγκεκριμένων μονάδων και κυρίως εκείνων που βασίζονται στην τεχνολογία του αμοστροβίλου. Η αλόγιστη κατανάλωση νερού μπορεί να έχει ολέθρια αποτελέσματα για την χλωρίδα και πανίδα σε μεγάλες περιοχές του πλανήτη και να απειλήσει ακόμα και την ίδια την ανθρώπινη ζωή στο μέλλον.

Η μεταφορά καυσίμων σε μεγάλες αποστάσεις με πιθανές διαρροές και ατυχήματα καθώς και η διαχείριση επικίνδυνων αποβλήτων όπως τα πυρηνικά επηρεάζουν αρνητικά το οικοσύστημα. Η πανίδα μιας περιοχής μπορεί να επηρεαστεί από τη λειτουργία ανεμογεννητριών που ενδεχομένως να αποτρέψει πτηνά ή άλλα ζώα να επιβιώσουν στην συγκεκριμένη περιοχή. Ο θόρυβος από τη λειτουργία μονάδων και ανεμογεννητριών είναι επίσης ένας σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την ισορροπία του οικοσυστήματος.

Οι συγκεντρώσεις μεγάλων ποσοτήτων νερού με τεχνητά φράγματα για τη λειτουργία υδροηλεκτρικών μονάδων αλλάζει τις ισορροπίες της φύσης και προκαλεί τον εκτοπισμό ανθρώπων και ζώων. Η χρησιμοποίηση της θερμότητας στο εσωτερικό της γης για τη λειτουργία γεωθερμικών μονάδων είναι επίσης άγνωστο πως θα επηρεάσει στο μακροπρόθεσμο μέλλον τον πλανήτη.

Η ανασκαφή μεγάλων εκτάσεων για την εξόρυξη φυσικών καυσίμων και κυρίως η μη επαρκής αποκατάσταση του φυσικού περιβάλλοντος, διαταράσσει το οικοσύστημα με ολέθριες συνέπειες για τα έμβια ζώα αλλά και το περιβάλλον.

Η λειτουργία κατά συνέπεια των μονάδων έχουν ποικίλες βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες αρνητικές συνέπειες στο οικοσύστημα που μπορούν να υπονομεύσουν ακόμα και την ίδια την ανθρώπινη ζωή, γι' αυτό θα πρέπει και να αξιολογηθούν με ιδιαίτερη προσοχή.

Η υποκειμενική αξιολόγηση κατά ζεύγη του βαθμού (θετικής) συμβολής στην ισορροπία του οικοσυστήματος των δέκα τύπων μονάδων ηλεκτροπαραγωγής απεικονίζεται στον Πίνακα 3-12.

Πίνακας 3-12

Υποκειμενική αξιολόγηση κατά ζεύγη του βαθμού συμβολής στην ισορροπία του οικοσυστήματος των δέκα τύπων μονάδων ηλεκτροπαραγωγής στις ανεπτυγμένες χώρες

Τύπος Μονάδας	Άνθρακα/Λιγνίτη	Πετρελαίου	Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	Συνδυασμένου Κύκλου με καύσιμο φ.α.	Πυρηνική	Υδροηλεκτρική	Αιολική	Φωτοβολταϊκή	Βιομάζας	Γεωθερμική
Άνθρακα/Λιγνίτη	1	1/3	1/3	1/4	2	1/3	1/3	1/6	1/4	1/3
Πετρελαίου	3	1	1/2	1/3	2	1/2	1/2	1/5	1/3	1/2
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	3	2	1	1/2	3	2	2	1/3	1/2	1
Συνδυασμένου Κύκλου με καύσιμο φ.α.	4	3	2	1	4	3	3	1/2	1	2
Πυρηνική	1/2	1/2	1/3	1/4	1	1/3	1/3	1/6	1/5	1/3
Υδροηλεκτρική	3	2	1/2	1/3	3	1	1/2	1/5	1/3	1/2
Αιολική	3	2	1/2	1/3	3	2	1	1/4	1/2	1
Φωτοβολταϊκή	6	5	3	2	6	5	4	1	3	3
Βιομάζας	4	3	2	1	5	3	2	1/3	1	3
Γεωθερμική	3	2	1	1/2	3	2	1	1/3	1/3	1

Λόγος συνέπειας: 0,03

Με βάση αυτές τις συγκρίσεις, προκύπτουν τα ποσοστά συμβολής των μονάδων στην ισορροπία του οικοσυστήματος που παρουσιάζονται στον Πίνακα 3-13.

Πίνακας 3-13

Ποσοστό συμβολής στην ισορροπία του οικοσυστήματος των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων στις ανεπτυγμένες χώρες

Τύπος Μονάδας	Ισορροπία Οικοσυστήματος (%)
Άνθρακα/Λιγνίτη	3,19
Πετρελαίου	4,96
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	9,39
Συνδυασμένου Κύκλου με καύσιμο φ.α.	15,40
Πυρηνική	2,77
Υδροηλεκτρική	6,00
Αιολική	7,73
Φωτοβολταϊκή	26,86
Βιομάζας	15,30
Γεωθερμική	8,40

3.4.12 Λόγος αποθεμάτων προς παραγωγή

Ο λόγος αποθεμάτων προς παραγωγή (Α/Π) αναφέρεται στην διαθεσιμότητα (σε έτη) ενός συγκεκριμένου τύπου καυσίμου σύμφωνα με την τρέχουσα κατανάλωση του καυσίμου για ηλεκτροπαραγωγή και τα γνωστά αξιοποιήσιμα αποθέματα. Στην ουσία, καταγράφει τον αριθμό ετών που θα μπορούν να λειτουργούν οι μονάδες που βασίζονται σε αυτό το καύσιμο. Στον υπολογισμό των διαθέσιμων ποσοτήτων καταγράφονται μόνο οι γνωστές καταγεγραμμένες πηγές που είναι δυνατό πρακτικά να αξιοποιηθούν με τις υπάρχουσες τεχνολογίες.

Για την εκτίμηση των αποθεμάτων και την πρόβλεψη της παραγωγής πετρελαίου και φυσικού αερίου έχουν αναπτυχθεί ποικίλα μοντέλα όπως το εκθετικό (exponential model), το αρμονικό μοντέλο (harmonic model) και το μηχανιστικό του Li-Home (mechanistic Li-Home model) [183]. Αποθέματα που είναι γνωστά αλλά δεν είναι οικονομική η εξόρυξη και εκμετάλλευσή τους με τις τρέχουσες τεχνολογίες δεν συνυπολογίζονται γιατί είναι οικονομικά ασύμφορα.

Ο Πίνακας 3-14 παρουσιάζει τη μέση τιμή αναλογίας των αποθεμάτων προς την τρέχουσα παραγωγή [40, 346]. Για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που μπορούν θεωρητικά να διαρκέσουν για πάντα, έχει χρησιμοποιηθεί η τιμή των 10000 ετών που αναπαριστά συγκριτικά αυτή τη διαφορά τάξεων μεγέθους με τα υπάρχοντα αποθέματα φυσικών καυσίμων.

Πίνακας 3-14

Μέση τιμή αναλογίας αποθεμάτων προς παραγωγή με βάση παγκόσμια στοιχεία

Τύπος Μονάδας	Αποθέματα προς παραγωγή (έτη)
Άνθρακα/Λιγνίτη	164
Πετρελαίου	40,5
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	66,7
Συνδυασμένου Κύκλου με καύσιμο φ.α.	66,7
Πυρηνική	70
Υδροηλεκτρική	10000
Αιολική	10000
Φωτοβολταϊκή	10000
Βιομάζας	10000
Γεωθερμική	10000

Η τιμή των 10000 ετών στους πέντε τύπους ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων που βασίζονται σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας δηλώνει τη διαφορά τάξεων μεγέθους ως προς τα αποθέματα προς παραγωγή με τις αντίστοιχες μονάδες ορυκτών καυσίμων και τις πυρηνικές μονάδες. Η χρησιμοποίησή αυτής της τιμής αντί του «άπειρου» έγινε προκειμένου να είναι δυνατοί οι αντίστοιχοι υπολογισμοί στις τρεις πολυκριτηριακές μεθόδους, χωρίς αλλοίωση των αποτελεσμάτων.

3.4.13 Συντελεστής απόδοσης

Ο συντελεστής απόδοσης (efficiency factor) είναι ο λόγος, εκφρασμένος επί τοις εκατό, της ενέργειας εξόδου σαν συνάρτηση της ενέργειας εισόδου. Στην ουσία η αποδοτικότητα αναφέρεται στην ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας που μπορεί να παραχθεί από κάποιο συγκεκριμένο ενεργειακό πόρο. Είναι γενικά αποδεκτό ότι αύξηση της απόδοσης που συνοδεύεται από υψηλή αξιοπιστία και χαμηλό κόστος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας έχει σημαντικά οικονομικά οφέλη [22]. Έχουν αναπτυχθεί ποικίλα ιεραρχικά μοντέλα που διερευνούν τις σχετικές αποδόσεις των διαφόρων τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων [65]. Τεχνολογίες συνδυασμένου κύκλου που έχουν αναπτυχθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας έχουν οδηγήσει σε σημαντική αύξηση του συντελεστή απόδοσης των μονάδων που τις χρησιμοποιούν [106].

Μια θεωρητική μηχανή που θα είχε 100% συντελεστή απόδοσης θα μετέτρεπε όλη την ενέργεια εισόδου σε χρήσιμη ενέργεια εξόδου. Στην πράξη όμως δεν είναι ποτέ δυνατό να υπάρξει συντελεστής απόδοσης 100%, αφού ένα μέρος της ενέργειας εισόδου χάνεται σε μη αξιοποιήσιμες μορφές ενέργειας, όπως για παράδειγμα η θερμότητα που δεν είναι δυνατό να αξιοποιηθεί και απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα. Κατά συνέπεια καμία μονάδα δεν μπορεί να έχει 100% συντελεστή απόδοσης και ιδιαίτερα στις μονάδες φυσικών καυσίμων και στις πυρηνικές μονάδες ο συντελεστής αυτός είναι πολύ χαμηλός και κυμαίνεται μεταξύ 33% και 40%.

Για παράδειγμα εάν ένα λέβητας παράγει ατμό που περιέχει 80% της θερμότητας που περιεχόταν αρχικά στο καύσιμο που χρησιμοποιήθηκε τότε αυτός ο λέβητας έχει συντελεστή απόδοσης 80%. Παρόμοια, οι μηχανές των αυτοκινήτων έχουν πολύ χαμηλούς συντελεστές απόδοσης καθώς το μεγαλύτερο ενεργειακό περιεχόμενο του καυσίμου απελευθερώνεται υπό την μορφή μη αξιοποιήσιμης θερμότητας και μόνο ένα μικρό μέρος αξιοποιείται για την κίνηση του οχήματος. Οι μέσες τιμές των συντελεστών απόδοσης των διαφόρων τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων παρουσιάζονται στον Πίνακα 3-15 [142].

3.4.14 Συντελεστής διαθεσιμότητας

Ο συντελεστής διαθεσιμότητας (availability factor) μιας ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας προκύπτει από το λόγο του χρόνου τον οποίο αυτή η μονάδα μπορεί να παράγει ηλεκτρική ενέργεια προς το σύνολο του χρόνου τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Για παράδειγμα αν μία μονάδα μπορεί να παράγει ηλεκτρική ενέργεια (είναι διαθέσιμη για λειτουργία) για 11 μήνες σε ένα χρόνο και ένας μήνας απαιτείται για τη συντήρησή και επισκευή της, τότε η διαθεσιμότητά της είναι $11/12$ ή 91,67%. Μία μονάδα μπορεί να μην είναι διαθέσιμη για ποικίλους λόγους, μεταξύ των οποίων πιο σημαντικοί είναι λόγοι συντήρησης και επισκευών [227] ή αιτίες που οφείλονται σε φυσικά φαινόμενα και τον καιρό, όπως για παράδειγμα η έλλειψη ηλιοφάνειας ή ανέμου [242]. Στο συντελεστή διαθεσιμότητας δεν λαμβάνονται υπόψη οι περιπτώσεις εκείνες όπου η μονάδα μπορεί να παρέχει μέρος μόνο της μέγιστης ισχύος της.

Πίνακας 3-15

Μέσοι συντελεστές απόδοσης, διαθεσιμότητας και φορτίου ανά τύπο ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας με βάση παγκόσμια στοιχεία

Τύπος Μονάδας	Συντελεστής απόδοσης (%)	Συντελεστής διαθεσιμότητας (%)	Συντελεστής φορτίου (%)
Άνθρακα/Λιγνίτη	39,4	85,4	70,8
Πετρελαίου	37,5	92	26,2
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	39	91	16,6
Συνδυασμένου Κύκλου με καύσιμο φ.α.	54,8	91	38,2
Πυρηνική	33,5	96	90,5
Υδροηλεκτρική	80	50	29,6
Αιολική	35	38	32,1
Φωτοβολταϊκή	9,4	20	22,4
Βιομάζας	28	80	70
Γεωθερμική	6	95	82,5

Η ποιότητα του χρησιμοποιούμενου εξοπλισμού, το είδος, ο τρόπος και η συχνότητα των συντηρήσεων, ο τύπος και η ποιότητα του καυσίμου, ο σχεδιασμός της μονάδας και ο τρόπος λειτουργίας της, καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό την διαθεσιμότητά της. Οι περισσότερες μονάδες που εξυπηρετούν φορτίο βάσης, όπως για παράδειγμα οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη, φυσικού αερίου, πετρελαίου και οι πυρηνικές μονάδες έχουν μεγάλους συντελεστές διαθεσιμότητας που κυμαίνονται μεταξύ 85% και 96%. Τους μικρότερους συντελεστές διαθεσιμότητας έχουν οι φωτοβολταϊκές, οι αιολικές και οι υδροηλεκτρικές μονάδες που η λειτουργία τους μεταξύ άλλων εξαρτάται και από απρόβλεπτους παράγοντες, όπως είναι οι καιρικές συνθήκες. Οι νεότερες μονάδες έχουν αυξημένες τιμές διαθεσιμότητας, ωστόσο η προληπτική συντήρηση είναι εξίσου σημαντική με την πρόοδο του σχεδιασμού και της τεχνολογίας. Οι μέσες τιμές των συντελεστών διαθεσιμότητας των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων προέρχονται από την [142] και απεικονίζονται στον Πίνακα 3-15.

3.4.15 Συντελεστής φορτίου

Ο συντελεστής φορτίου (capacity factor) μιας ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας υπολογίζεται ως ο λόγος της ποσότητας ηλεκτρικής ενέργειας που έχει παράγει σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο προς την ποσότητα την οποία θα μπορούσε να είχε παράγει εάν λειτουργούσε στην ονομαστική ισχύ της για αυτήν την περίοδο. Οι συντελεστές φορτίου διαφέρουν σημαντικά ανάλογα με το είδος του καυσίμου, το σχεδιασμό και την πολιτική λειτουργίας της μονάδας. Υβριδικές μονάδες μπορούν να αυξήσουν τον συντελεστή φορτίου [174].

Ο συντελεστής φορτίου δεν μπορεί να είναι 100% για τρεις κυρίως λόγους. Ο πρώτος και κυριότερος είναι ότι ο εξοπλισμός της μονάδας μπορεί να παρουσιάσει κάποια βλάβη ή να βρίσκεται σε συντήρηση. Οι μονάδες με χαμηλό κόστος παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιούνται για την εξυπηρέτηση του φορτίου βάσης και κατά συνέπεια

παρουσιάζουν υψηλούς συντελεστές φορτίου, αφού λειτουργούν κοντά στο μέγιστο των δυνατοτήτων τους για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Σε αυτές τις μονάδες ανήκουν οι πυρηνικές, οι γεωθερμικές, οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη καθώς και εκείνες που καταναλώνουν στερεά βιομάζα.

Ο δεύτερος λόγος για τον περιορισμό του φορτίου είναι ο περιορισμός της ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας ή η υψηλή τιμή της παραγόμενης κιλοβατώρας. Μονάδες που καλύπτουν φορτία αιχμής λειτουργούν μόνο συγκεκριμένες χρονικές περιόδους και όχι συνεχώς, αφού η λειτουργία τους είναι αντιοικονομική και επιβάλλεται μόνο όταν οι υπόλοιπες μονάδες δεν καλύπτουν την ζητούμενη ενέργεια.

Ο τρίτος λόγος αφορά παράγοντες που δεν ελέγχονται από τον άνθρωπο και μπορούν να περιορίσουν την παραγόμενη ενέργεια. Οι καιρικές συνθήκες που δεν είναι δυνατό να προβλεφθούν για μεγάλα χρονικά διαστήματα μπορούν να μειώσουν ή και να σταματήσουν τη λειτουργία διαφόρων τύπων μονάδων όπως οι φωτοβολταϊκές και οι αιολικές. Σε αυτές τις περιπτώσεις ο συντελεστής φορτίου είναι δυνατό να υπολογιστεί με την ανάπτυξη μοντέλων [290] ή την εφαρμογή στοχαστικών μεθόδων για την ταχύτητα του ανέμου [53]. Οι μέσες τιμές του συντελεστή φορτίου ανά ηλεκτροπαραγωγική μονάδα παρουσιάζονται στον Πίνακα 3-15 [142, 317].

3.4.16 Κόστος κεφαλαίου

Το κόστος κεφαλαίου (capital cost) το οποίο πολλές φορές αναφέρεται και σαν κόστος εγκατάστασης (installation cost), περιλαμβάνει το κόστος της γης για την εγκατάσταση της μονάδας, το κόστος κατασκευής όλων των κτιρίων και το κόστος προμήθειας και εγκατάστασης όλου του απαραίτητου εξοπλισμού για τη λειτουργία της μονάδας. Το κόστος εργασίας δεν συμπεριλαμβάνεται στο κόστος κεφαλαίου καθώς ενσωματώνεται στο κόστος λειτουργίας και συντήρησης της μονάδας που περιγράφεται στις επόμενες ενότητες. Το κόστος κεφαλαίου έχει μεγάλη σημασία ιδιαίτερα για τους υποψήφιους επενδυτές, καθώς μεγάλο κόστος κεφαλαίου και περιόδου απόσβεσης μπορεί να λειτουργήσει αποτρεπτικά για εκείνους, ιδιαίτερα σε περιοχές που δεν χαρακτηρίζονται από πολιτική και οικονομική σταθερότητα.

Οι πυρηνικές μονάδες καθώς και εκείνες που βασίζονται στον άνθρακα/λιγνίτη χαρακτηρίζονται από τα υψηλά κόστη κεφαλαίου και το χαμηλό κόστος λειτουργίας και καυσίμου συγκρινόμενες με τις υπόλοιπες μονάδες που βασίζονται στα φυσικά καύσιμα. Για τους λόγους αυτούς χρησιμοποιούνται μόνο για την κάλυψη του βασικού φορτίου. Η ηλεκτροπαραγωγή από φυσικό αέριο χαρακτηρίζεται από χαμηλότερο κόστος κεφαλαίου και υψηλότερο κόστος λειτουργίας, προδιαγραφές που κάνουν αυτές τις μονάδες κατάλληλες για κάλυψη του φορτίου αιχμής αλλά και για κάλυψη του βασικού φορτίου. Όλες οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και ιδιαίτερα οι φωτοβολταϊκές μονάδες έχουν πολύ υψηλά κόστη κεφαλαίου.

Οι πετρελαϊκές μονάδες έχουν το χαμηλότερο κόστος κεφαλαίου και ο συνδυασμός τους με αιολικές σε υβριδικές πετρελαιο-αιολικές μονάδες αποτελεί μία από τις πιο ικανοποιητικές λύσεις κόστους-απόδοσης, που ταυτόχρονα είναι και φιλικές προς το

περιβάλλον. Τέτοιες λύσεις είναι ιδανικές για καταναλωτές σε απομονωμένες περιοχές με υψηλό αιολικό δυναμικό, όπως για παράδειγμα τα νησιά του Αιγαίου [150, 157].

Τα κόστη κεφαλαίου υπολογίζονται ανάλογα με την ισχύ των μονάδων σε €/kW και μπορεί να παρουσιάζουν σημαντικές διαφοροποιήσεις ιδιαίτερα για ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες που βασίζονται σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Οι μέσες τιμές για τα κόστη κεφαλαίου των μονάδων παρουσιάζονται στον Πίνακα 3-16 [142, 243].

Πίνακας 3-16

Μέσο κόστος κεφαλαίου ανά τύπο ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας με βάση παγκόσμια στοιχεία

Τύπος Μονάδας	Κόστος κεφαλαίου (€/kW)
Άνθρακα/Λιγνίτη	975
Πετρελαίου	483
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	612
Συνδυασμένου Κύκλου με καύσιμο φ.α.	587
Πυρηνική	1590
Υδροηλεκτρική	2417
Αιολική	1250
Φωτοβολταϊκή	4167
Βιομάζας	1667
Γεωθερμική	2158

3.4.17 Σταθερό κόστος λειτουργίας και συντήρησης

Τα λειτουργικά κόστη και τα κόστη συντήρησης περιλαμβάνουν τους μισθούς των εργαζομένων και τα απαιτούμενα κονδύλια για τα υλικά, τις υπηρεσίες και την ενέργεια που απαιτούνται για την λειτουργία και συντήρηση των μονάδων. Για την παράταση της ζωής των μονάδων και την αποφυγή δυσλειτουργιών που μπορεί να οδηγήσουν έως και την αναστολή της λειτουργίας των μονάδων απαιτείται τακτική και επαρκής συντήρηση. Τα κονδύλια που δαπανώνται για προληπτική συντήρηση των μονάδων είναι λιγότερα από τα διαφυγόντα κέρδη και την μείωση της αξιοπιστίας που προκαλείται στην κοινή γνώμη από κάποια δυσλειτουργία τους.

Τα κόστη λειτουργίας και συντήρησης (Λ&Σ) υποδιαιρούνται σε δύο κατηγορίες, το σταθερό κόστος Λ&Σ και το μεταβλητό κόστος Λ&Σ. Το σταθερό κόστος Λ&Σ αναφέρεται στο ετήσιο κόστος για την λειτουργία και συντήρηση της μονάδας ανεξάρτητα από την ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας που θα παράγει. Για παράδειγμα, ακόμα κι αν η μονάδα είναι εκτός λειτουργίας οι εργαζόμενοι θα πρέπει να πληρωθούν και αυτό αποτελεί αναπόφευκτο κόστος, ανεξάρτητα από την ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας που θα παραχθεί. Το σταθερό κόστος λειτουργίας και συντήρησης υπολογίζεται σε € ανά kW ισχύος για κάθε έτος. Οι τιμές για το μέσο σταθερό ετήσιο

κόστος λειτουργίας και συντήρησης ανά ηλεκτροπαραγωγική μονάδα παρουσιάζονται στον Πίνακα 3-17 [142].

Πίνακας 3-17

Μέσο σταθερό ετήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης ανά τύπο ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας με βάση παγκόσμια στοιχεία

Τύπος Μονάδας	Σταθερό κόστος λειτουργίας και συντήρησης (€/kWέτος)
Άνθρακα/Λιγνίτη	19
Πετρελαίου	6,25
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	10,83
Συνδυασμένου Κύκλου με καύσιμο φ.α.	10
Πυρηνική	30
Υδροηλεκτρική	72,5
Αιολική	25
Φωτοβολταϊκή	16,67
Βιομάζας	60,83
Γεωθερμική	83,33

3.4.18 Μεταβλητό κόστος λειτουργίας και συντήρησης

Το μεταβλητό κόστος λειτουργίας και συντήρησης, σε αντίθεση με το σταθερό, συνδέεται άμεσα με την ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται. Αποτελείται από το πρόσθετο κόστος ενέργειας, υλικών και εργασίας που απαιτούνται για την λειτουργία και συντήρηση της μονάδας ανάλογα με την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια. Για το λόγο αυτό η μέτρηση γίνεται σε €cents ανά παραγόμενη kWh.

Σε μερικές περιπτώσεις, όπως για παράδειγμα στις ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες που εξυπηρετούν φορτίο βάσης, η ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας που θα παραχθεί θεωρείται δεδομένη, με τιμές που προσεγγίζουν τις μέγιστες δυνατές. Για το λόγο αυτό σε αρκετές έρευνες ενσωματώνεται το σταθερό στο μεταβλητό κόστος δίνοντας μία συνολική τιμή για το κόστος λειτουργίας και συντήρησης που μετριέται σε €cents/kWh.

Στην παρούσα έρευνα γίνεται διαχωρισμός του σταθερού από το μεταβλητό κόστος λειτουργίας και συντήρησης, πολύ περισσότερο καθώς στην αξιολόγηση συμμετέχουν τύποι μονάδων που δεν εξυπηρετούν φορτίο βάσης και μπορεί να λειτουργούν μόνο για λίγες ώρες ή μέρες το χρόνο. Το μέσο μεταβλητό κόστος λειτουργίας και συντήρησης ανά ηλεκτροπαραγωγική μονάδα με βάση παγκόσμια στοιχεία παρουσιάζεται στον Πίνακα 3-18 [142].

Πίνακας 3-18

Μέσο μεταβλητό κόστος λειτουργίας και συντήρησης ανά τύπο ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας με βάση παγκόσμια στοιχεία

Τύπος Μονάδας	Μεταβλητό κόστος λειτουργίας και συντήρησης (€cents/kWh)
Άνθρακα/Λιγνίτη	0,183
Πετρελαίου	0,233
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	0,27
Συνδυασμένου Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,233
Πυρηνική	0,033
Υδροηλεκτρική	0,486
Αιολική	0,417
Φωτοβολταϊκή	1,667
Βιομάζας	0,708
Γεωθερμική	0,025

3.4.19 Κόστος καυσίμου

Καύσιμο αποτελεί κάθε στοιχείο το οποίο έχει τη δυνατότητα απελευθέρωσης ενέργειας κατά την αλλαγή ή μετατροπή της χημικής ή της φυσικής του δομής και σύστασης. Το καύσιμο μπορεί να απελευθερώσει την ενέργειά του μέσω της πρόκλησης χημικών αντιδράσεων που προκαλούνται λόγω καύσης, ή μέσω πυρηνικών αντιδράσεων, όπως είναι η πυρηνική σχάση κατά την οποία υπάρχει διάσπαση του αρχικού πυρήνα σε μικρότερους πυρήνες. Σημαντικός παράγοντας για τη χρησιμότητα του καυσίμου αποτελεί η δυνατότητα αποθήκευσης της ενέργειάς του και η απελευθέρωσή της όταν απαιτηθεί, καθώς επίσης και η δυνατότητα ελέγχου της απελευθερωμένης ενέργειας προκειμένου να αποδώσει ωφέλιμο έργο.

Το κόστος καυσίμου αναφέρεται στο χρηματικό ποσό που πρέπει να πληρωθεί για την πρώτη ύλη τροφοδοσίας μιας ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας. Το κόστος αυτό μπορεί να αποτελείται από επιμέρους κόστη, όπως το κόστος εξόρυξης, το κόστος μεταφοράς και το κόστος επεξεργασίας της πρώτης ύλης προκειμένου να λάβει την κατάλληλη μορφή για την τροφοδοσία της μονάδας. Στο κόστος καυσίμου περιλαμβάνεται και το κόστος διαχείρισης και διάθεσης των αποβλήτων που προκύπτουν από την επεξεργασία του. Αντίθετα, στο κόστος καυσίμου δεν περιλαμβάνεται το κοινωνικό και περιβαλλοντικό κόστος καθώς και το κόστος στην ανθρώπινη υγεία το οποίο προκαλείται από τις παρενέργειες της λειτουργίας των μονάδων. Αυτό το κόστος υπολογίζεται χωριστά και αποτελεί το εξωτερικό κόστος που θα αναλυθεί στην ενότητα 3.4.20.

Το κόστος καυσίμου διαφοροποιείται σημαντικά σε διαφορετικές χρονικές περιόδους και σε διαφορετικά μέρη σαν αποτέλεσμα διαφόρων παραγόντων που σχετίζονται με την ζήτηση και την παραγωγή καθώς και με θέματα πολιτικής. Για την πρόβλεψη του

κόστους καυσίμου έχουν αναπτυχθεί μοντέλα που βασίζονται στην στοχαστική ανάλυση [103].

Το κόστος καυσίμου για τις πυρηνικές μονάδες ενσωματώνει και την επανεπεξεργασία του χρησιμοποιημένου καυσίμου, ενώ ανάλογη κοστολογική μελέτη έχει γίνει και σε νεοκατασκευαζόμενες πυρηνικές μονάδες για την κάλυψη του κυρίου φορτίου στην Φινλανδία [307]. Παρόλες τις επιμέρους ενσωματώσεις, το κόστος του πυρηνικού καυσίμου παραμένει εξαιρετικά χαμηλότερο από εκείνο των φυσικών καυσίμων. Το κόστος της βιομάζας αναφέρεται στο μέσο κόστος φυτάνθρακα (τύρφης) και ξύλου σύμφωνα με έρευνα που διεξήχθη σε Πανεπιστήμιο της Φινλανδίας [306].

Το μέσο κόστος καυσίμου ανά παραγόμενη κιλοβατώρα για τους δέκα τύπους ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων εκφράζεται σε €cents/kWh και παρουσιάζεται στον Πίνακα 3-19 [306, 316].

Πίνακας 3-19

Μέσο κόστος καυσίμου ανά παραγόμενη κιλοβατώρα για τους δέκα τύπους ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με βάση παγκόσμια στοιχεία

Τύπος Μονάδας	Κόστος καυσίμου (€cents/kWh)
Άνθρακα/Λιγνίτη	1,31
Πετρελαίου	1,84
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	2,34
Συνδυασμένου Κύκλου με καύσιμο φ.α.	2,34
Πυρηνική	0,27
Υδροηλεκτρική	0
Αιολική	0
Φωτοβολταϊκή	0
Βιομάζας	2,05
Γεωθερμική	0

3.4.20 Εξωτερικό κόστος

Το εξωτερικό κόστος (external cost) είναι το κόστος για την αποκατάσταση των ζημιών στην υγεία και το περιβάλλον, το οποίο προκαλείται ως απόρροια της λειτουργίας των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων, μπορεί να μετρηθεί και δεν συμπεριλαμβάνεται στο κόστος παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας. Το εξωτερικό κόστος αναφέρεται σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων και αποτελεί αντιστάθμισμα της υποβάθμισης της ποιότητας ζωής των ανθρώπων αλλά και του οικοσυστήματος γενικότερα [234]. Η ενσωμάτωση του εξωτερικού κόστους στο κόστος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να εκτιμηθεί με διάφορα μοντέλα και η πραγματοποίησή της αναμένεται να αυξήσει την ανταγωνιστικότητα των μονάδων που δεν βασίζονται σε φυσικά καύσιμα ή των μονάδων που βασίζονται σε φυσικά καύσιμα αλλά εφαρμόζουν τεχνολογίες περιορισμού των εκπεμπόμενων ρύπων [164, 252].

Το εξωτερικό κόστος μπορεί να προσδιοριστεί σαν ένα είδος αρνητικής *εξωγενούς συνέπειας (externality)*, η οποία ορίζεται σαν το κόστος το οποίο δεν συμπεριλαμβάνεται στο κόστος ενός αγαθού ή υπηρεσίας. Η εκτίμηση των εξωτερικών συνεπειών της ηλεκτρικής ενέργειας παρουσιάζει διακυμάνσεις λόγω των διαφορετικών συνιστωσών αξιολόγησής τους από διάφορους λήπτες αποφάσεων [300]. Μία εξωγενής συνέπεια προκαλείται όταν η οικονομική δραστηριότητα ενός ατόμου ή μίας ομάδας ατόμων έχει θετικό ή αρνητικό αντίκτυπο στην ευημερία ενός άλλου ατόμου ή μίας άλλης ομάδας ατόμων και όταν η πρώτη πλευρά δεν αποζημιώνει ή δεν αποζημιώνεται από τη δεύτερη πλευρά για αυτήν την θετική ή αρνητική επίδραση αντίστοιχα. Σύμφωνα με αυτό τον ορισμό, η περιβαλλοντική ρύπανση θα πάψει να είναι μία αρνητική εξωγενής επίδραση εάν αυτοί που βλάπτονται από την μόλυνση του περιβάλλοντος αποζημιωθούν πλήρως [262, 294, 329]. Το μέσο εξωτερικό κόστος ανά τύπο ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας με βάση στοιχεία στην Ευρωπαϊκή Ένωση των 15 παρουσιάζεται στον Πίνακα 3-20 [234].

Πίνακας 3-20

Μέσο εξωτερικό κόστος ανά τύπο ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας με βάση στοιχεία στην Ευρωπαϊκή Ένωση των 15

Τύπος Μονάδας	Εξωτερικό κόστος (€cents/kWh)
Άνθρακα/Λιγνίτη	8,40
Πετρελαίου	6,75
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	2,00
Συνδυασμένου Κύκλου με καύσιμο φ.α.	1,33
Πυρηνική	0,49
Υδροηλεκτρική	0,56
Αιολική	0,16
Φωτοβολταϊκή	0,24
Βιομάζας	2,65
Γεωθερμική	0,20

Το εξωτερικό κόστος πρέπει να ενσωματωθεί στο κόστος παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας προκειμένου να υπάρχει κοινή βάση σύγκρισης για το συνολικό κόστος παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας μεταξύ των διάφορων τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων.

3.5 Βαρύτητα των κριτηρίων

Η βαρύτητα των κριτηρίων (criteria weights) αποτελεί το μέτρο της σπουδαιότητας κάθε κριτηρίου και υποκριτηρίου κατά την σύνθεση των επιμέρους βαθμολογιών (scores) των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων ως προς κάθε ένα από αυτά. Η βαρύτητα της σπουδαιότητας των κριτηρίων υπολογίζεται με βάση το γονικό κριτήριο, δηλαδή η βαρύτητα των κριτηρίων μιας ομάδας υπολογίζεται με βάση τη σπουδαιότητά τους ως προς το άμεσα γονικό κριτήριο που βρίσκεται στο αμέσως ανώτερο επίπεδο της δενδρικής ιεραρχικής δομής που παρουσιάστηκε στο Σχήμα 3-1.

Στις περισσότερες περιπτώσεις τα βάρη των κριτηρίων εξάγονται με υποκειμενικό τρόπο, αν και σε ορισμένες περιπτώσεις υπάρχουν εμπειρικά δεδομένα που επιβάλλουν την αντικειμενική αξιολόγηση. Υπάρχει και η δυνατότητα συνδυασμού υποκειμενικής και αντικειμενικής αξιολόγησης που παρέχει πιο συμπαγή και αξιόπιστα αποτελέσματα, όπως για παράδειγμα η αντικειμενική και υποκειμενική αξιολόγηση των μη ραδιενεργών εκπομπών ρύπων σύμφωνα με την Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία [54]. Η υποκειμενική αξιολόγηση της βαρύτητας των κριτηρίων μπορεί να είναι άμεση, σύμφωνα με την κρίση του λήπτη αποφάσεων, είτε έμμεση με την χρήση της ΑΙΔ, οπότε επιτυγχάνονται πιο αξιόπιστα συμπεράσματα αφού είναι δυσκολότερο να παρασυρθεί ο λήπτης αποφάσεων σε εσφαλμένες κρίσεις. Αυτό οφείλεται σε δύο κυρίως λόγους. Ο πρώτος είναι ότι με την κρίση κατά ζεύγη απλουστεύεται η διαδικασία και η σκέψη προσανατολίζεται σε δύο μόνο στοιχεία κάθε φορά. Ο δεύτερος είναι ότι η ΑΙΔ παρέχει μέσω του λόγου συνέπειας τη δυνατότητα ελέγχου ασυνεπών κρίσεων που οδηγούν σε εσφαλμένα συμπεράσματα.

Η δενδρική ιεραρχική δομή που παρουσιάστηκε στο Σχήμα 3-1 έχει οκτώ ομάδες κριτηρίων και υποκριτηρίων των οποίων τα βάρη θα προσδιοριστούν μέσω συγκρίσεων κατά ζεύγη σύμφωνα με την ΑΙΔ. Αναλυτικά αυτές οι ομάδες κατά επίπεδο έχουν ως εξής:

Στο *επίπεδο 2* υπάρχει μία μόνο ομάδα που περιλαμβάνει τα τρία βασικά κριτήρια αξιολόγησης της βέλτιστης ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας:

Ομάδα 1: Βασικά κριτήρια αξιολόγησης

- Βιοτικό επίπεδο
- Τεχνολογικοί παράγοντες
- Οικονομικοί παράγοντες

Στο *επίπεδο 3* υπάρχουν 3 ομάδες υποκριτηρίων των βασικών κριτηρίων του επιπέδου 2. Αυτές είναι:

Ομάδα 2: Υποκριτήρια «βιοτικού επιπέδου»

Ομάδα 3: Υποκριτήρια «τεχνολογικών παραγόντων»

Ομάδα 4: Υποκριτήρια «οικονομικών παραγόντων»

Στο *επίπεδο 4* υπάρχουν 3 ομάδες υποκριτηρίων. Αυτές είναι:

Ομάδα 5: Υποκριτήρια «κοινωνικοοικονομικών παραγόντων»

Ομάδα 6: Υποκριτήρια «ποιότητας ζωής και αειφόρου ανάπτυξης»

Ομάδα 7: Υποκριτήρια «κόστους λειτουργίας και συντήρησης»

Στο *επίπεδο 5* υπάρχει μία ομάδα υποκριτηρίων. Αυτή είναι:

Ομάδα 8: Υποκριτήρια «μη ραδιενεργών εκπομπών»

Τα στοιχεία κάθε μίας από τις παραπάνω ομάδες θα συγκριθούν κατά ζεύγη σύμφωνα με την κλίμακα μέτρησης της ΑΙΔ (Πίνακας 3-2). Με βάση αυτές τις συγκρίσεις θα εξαχθούν *τα καθολικά και τοπικά βάρη των κριτηρίων και υποκριτηρίων (global and local criteria and subcriteria weights)*. Οι υποκειμενικές κρίσεις αξιολόγησης των

βαρών των κριτηρίων ενδέχεται να ποικίλουν ανάμεσα σε διαφορετικούς λήπτες αποφάσεων ή ακόμα και από τον ίδιο λήπτη αποφάσεων σε διαφορετικές χρονικές περιόδους. Για να υπερνικηθεί αυτό το εμπόδιο, θα πραγματοποιηθεί ανάλυση ευαισθησίας (sensitivity analysis) η οποία θα εξετάσει πώς όλες οι πιθανές διαφοροποιήσεις των βαρών των κριτηρίων ενδέχεται να επηρεάσουν τις μερικές και ολικές αξιολογήσεις. Η ανάλυση ευαισθησίας σε συνδυασμό με τις τρεις μεθόδους που θα χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση, θα αποτελέσουν ένα ολοκληρωμένο σύστημα υποστήριξης αποφάσεων που θα παρέχει στο λήπτη ή τους λήπτες αποφάσεων κάθε δυνατή πληροφορία για την λήψη της πιο αξιόπιστης απόφασης, σύμφωνα με τις προδιαγραφές και τις εκτιμήσεις του προβλήματος σε κάθε περίπτωση.

3.5.1 Βάρη κριτηρίων «βιοτικού επιπέδου», «τεχνολογικών παραγόντων» και «οικονομικών παραγόντων»

Η ανάλυση της βαρύτητας των κριτηρίων ξεκινά από πάνω προς τα κάτω, δηλαδή από τα πιο σημαντικά κριτήρια και ακολουθεί ο υπολογισμός της βαρύτητας των υποκριτηρίων τα οποία αναλύονται στα διαδοχικά επίπεδα της δενδρικής δομής. Τα τρία βασικά κριτήρια είναι αυτά του «βιοτικού επιπέδου», των «τεχνολογικών παραγόντων» και των «οικονομικών παραγόντων». Η αξιολογήσή της σπουδαιότητάς τους κατά ζεύγη, σύμφωνα με την κλίμακα μέτρησης της ΑΙΔ, απεικονίζεται στον Πίνακα 3-21.

Πίνακας 3-21

Αξιολόγηση κατά ζεύγη της βαρύτητας των κριτηρίων του επιπέδου 2 της δενδρικής ιεραρχικής δομής

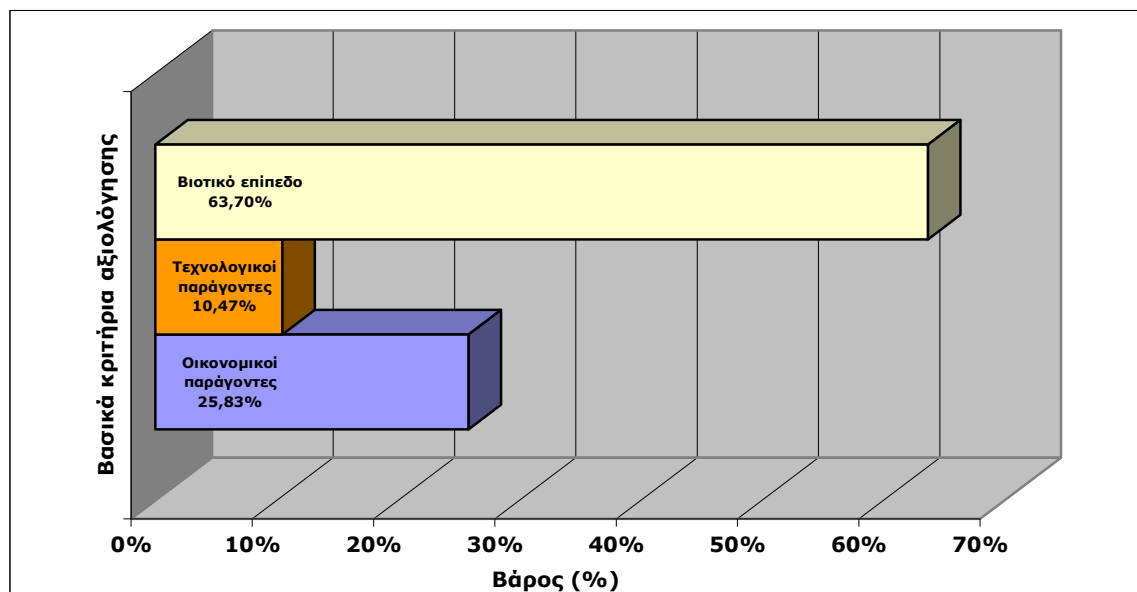
Βασικά κριτήρια 2 ^{ου} επιπέδου δενδρικής ιεραρχικής δομής	Βιοτικό επίπεδο	Τεχνολογικοί παραγόντες	Οικονομικοί παραγόντες
Βιοτικό επίπεδο	1	5	3
Τεχνολογικοί παράγοντες	1/5	1	1/3
Οικονομικοί παράγοντες	1/3	3	1

Λόγος συνέπειας: 0,04

Σύμφωνα με τον Πίνακα 3-21 το κριτήριο του «βιοτικού επιπέδου» είναι πολύ πιο σημαντικό από το κριτήριο των «τεχνολογικών παραγόντων» και αρκετά πιο σημαντικό από το κριτήριο των «οικονομικών παραγόντων». Μεταξύ των κριτηρίων των «τεχνολογικών παραγόντων» και των «οικονομικών παραγόντων», το δεύτερο είναι ελαφρώς πιο σημαντικό από το πρώτο. Οι παραπάνω αξιολογήσεις βασίζονται στην προτεραιότητα που πρέπει να δοθεί στο βιοτικό επίπεδο των τοπικών κοινωνιών χωρίς να αγνοούνται βέβαια οι οικονομικοί και τεχνολογικοί παράγοντες. Όσον αφορά τη σύγκριση μεταξύ βιοτικού επιπέδου και οικονομικών παραγόντων είναι σαφές ότι η υποβάθμιση του βιοτικού επιπέδου δεν αντισταθμίζεται από την οικονομική ευημερία. Οι

καταναλωτές ενδιαφέρονται για φθηνή ηλεκτρική ενέργεια παρά για την τεχνολογική απόδοση των μονάδων και κατά συνέπεια δίνεται ελαφρά προτεραιότητα στις οικονομικές συνιστώσες του προβλήματος έναντι των τεχνολογικών. Στην ανάλυση ευαισθησίας θα εξετασθούν διαφορετικές βαρύτητες των κριτηρίων και υποκριτηρίων για τις εναλλακτικές περιπτώσεις αξιολόγησης.

Τα βάρη των τριών βασικών κριτηρίων όπως υπολογίζονται με βάση τις συγκρίσεις κατά ζεύγη του Πίνακα 3-21, απεικονίζονται στο Σχήμα 3-2.



Σχήμα 3-2

Βάρη των τριών βασικών κριτηρίων αξιολόγησης με βάση τις συγκρίσεις κατά ζεύγη

Την μεγαλύτερη βαρύτητα έχει το κριτήριο του βιοτικού επιπέδου με 63,70% και ακολουθεί το κριτήριο των οικονομικών παραγόντων με βάρος 25,83% ενώ οι τεχνολογικοί παράγοντες συμμετέχουν στην συνολική αξιολόγηση των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με βάρος 10,47%.

3.5.2 Βάρη υποκριτηρίων «βιοτικού επιπέδου»

Οι «κοινωνικοοικονομικοί παράγοντες» και η «ποιότητα ζωής και αειφόρος ανάπτυξη» αποτελούν τα δύο υποκριτήρια του «βιοτικού επιπέδου». Η συγκριτική τους βαρύτητα σύμφωνα με αυτό το γονικό κριτήριο εξαρτάται από τις προτεραιότητες, τις αξίες και την κουλτούρα των ανθρώπων που τα αξιολογούν. Αρχικά, η ποιότητα ζωής και η αειφόρος ανάπτυξη αξιολογούνται ως αρκετά πιο σημαντικά από τα κοινωνικοοικονομικά θέματα και αυτό απεικονίζεται στον Πίνακα 3-22 με την τιμή 3 στο αντίστοιχο κελί.

Πίνακας 3-22

Αξιολόγηση κατά ζεύγη της βαρύτητας των υποκριτηρίων του «βιοτικού επιπέδου»

Υποκριτήρια του «βιοτικού επιπέδου»	Κοινωνικοοικονομικοί παράγοντες	Ποιότητα ζωής και αιφόρος ανάπτυξη
Κοινωνικοοικονομικοί παράγοντες	1	1/3
Ποιότητα ζωής και αιφόρος ανάπτυξη	3	1

Λόγος συνέπειας: 0,00

Με βάση την σύγκριση του ζεύγους των υποκριτηρίων των «κοινωνικοοικονομικών παραγόντων» και της «ποιότητας ζωής και αιφόρου ανάπτυξης» στον Πίνακα 3-22 προκύπτει βάρος 25% για το πρώτο και 75% για το δεύτερο.

3.5.3 Βάρη υποκριτηρίων «τεχνολογικών παραγόντων»

Το κριτήριο των «τεχνολογικών παραγόντων» έχει τρία υποκριτήρια, τον «συντελεστή απόδοσης», τον «συντελεστή διαθεσιμότητας» και τον «συντελεστή φορτίου». Μεταξύ των τριών συντελεστών ο συντελεστής απόδοσης θεωρείται εξίσου σημαντικός με τον συντελεστή διαθεσιμότητας αφού ο πρώτος αναπαριστά την αποτελεσματική διαχείριση της ενέργειας και ο δεύτερος την δυνατότητα χρήσης της μονάδας ανά πάσα στιγμή, ανάλογα με την ζήτηση. Ο συντελεστής φορτίου είναι λιγότερο σημαντικός από τους άλλους δύο γιατί αναπαριστά περισσότερο θέματα πολιτικής στη διαχείριση της μονάδας και όχι κάποια τεχνολογική υπεροχή ή υστέρηση αυτής. Οι παραπάνω συσχετίσεις παρουσιάζονται σύμφωνα με την κλίμακα μέτρησης της ΑΙΔ στον Πίνακα 3-23.

Πίνακας 3-23

Αξιολόγηση κατά ζεύγη της βαρύτητας των υποκριτηρίων των «τεχνολογικών παραγόντων»

Υποκριτήρια των «τεχνολογικών παραγόντων»	Συντελεστής απόδοσης	Συντελεστής διαθεσιμότη τας	Συντελεστής φορτίου
Συντελεστής απόδοσης	1	1	3
Συντελεστής διαθεσιμότητας	1	1	2
Συντελεστής φορτίου	1/3	1/2	1

Λόγος συνέπειας: 0,02

Σύμφωνα με τις συσχετίσεις του Πίνακα 3-23, το κριτήριο του συντελεστή απόδοσης έχει βάρος 44,34%, το κριτήριο του συντελεστή διαθεσιμότητας έχει βάρος 38,74% και το κριτήριο του συντελεστή φορτίου 16,92%.

3.5.4 Βάρη υποκριτηρίων «οικονομικών παραγόντων»

Οι οικονομικοί παράγοντες αναφέρονται στα τέσσερα είδη κόστους κάθε μονάδας, δηλαδή το «κόστος κεφαλαίου», το «κόστος λειτουργίας και συντήρησης», το «κόστος καυσίμου» και το «εξωτερικό κόστος». Τα κόστη αυτά διαφοροποιούνται σημαντικά ανά τύπο μονάδας αλλά και ανά χρονικό σημείο αναφοράς.

Το κόστος κεφαλαίου παίζει σημαντικό ρόλο στο συνολικό κόστος της ηλεκτροπαραγωγής καθώς ένα υψηλό κόστος κεφαλαίου μπορεί να λειτουργήσει αποτρεπτικά σε υποψήφιους επενδυτές, λόγω της μεγάλης χρονικής περιόδου απόσβεσης. Το κόστος καυσίμου είναι επίσης σημαντικό για το συνολικό κόστος της παραγόμενης κιλοβατώρας. Αντίθετα, τα κόστη λειτουργίας και συντήρησης (σταθερό και μεταβλητό) έχουν μικρότερη βαρύτητα συγκριτικά με το κόστος κεφαλαίου και το κόστος καυσίμου. Τέλος, το εξωτερικό κόστος αυξάνει δραματικά τα τελευταία χρόνια και η ενσωμάτωση του στο συνολικό κόστος παραγωγής μπορεί να αλλάξει σε μεγάλο βαθμό τις διαμορφωμένες ισορροπίες στην ηλεκτρική ενέργεια. Οι συσχετίσεις αυτές μεταξύ των τεσσάρων ειδών κόστους απεικονίζονται σύμφωνα με την κλίμακα μέτρησης της ΑΙΔ στον Πίνακα 3-24.

Οι συσχετίσεις του Πίνακα 3-24 οδηγούν στην εξαγωγή των βαρών των υποκριτηρίων των οικονομικών παραγόντων. Το κόστος κεφαλαίου έχει το μεγαλύτερο μερίδιο βαρύτητας με 46%, το κόστος λειτουργίας και συντήρησης έχει βάρος 6,65%, το κόστος καυσίμου 14,86% και το εξωτερικό κόστος 32,49%.

Πίνακας 3-24

Αξιολόγηση κατά ζεύγη της βαρύτητας των υποκριτηρίων των «οικονομικών παραγόντων»

Υποκριτήρια των «οικονομικών παραγόντων»	Κόστος κεφαλαίου	Κόστος λειτουργίας και συντήρησης	Κόστος καυσίμου	Εξωτερικό κόστος
Κόστος κεφαλαίου	1	5	3	2
Κόστος λειτουργίας και συντήρησης	1/5	1	1/3	1/5
Κόστος καυσίμου	1/3	3	1	1/3
Εξωτερικό κόστος	1/2	5	3	1

Λόγος συνέπειας: 0,04

3.5.5 Βάρη υποκριτηρίων «κοινωνικοοικονομικών παραγόντων»

Οι «κοινωνικοοικονομικοί παράγοντες» χαρακτηρίζονται από δύο επιμέρους συνιστώσες, τη «δημιουργία θέσεων εργασίας» και την «κοινωνική αποδοχή». Η πιθανή μη αποδοχή από τις τοπικές κοινωνίες μιας ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας μπορεί να ακυρώσει την κατασκευή της, ακόμα και αν όλα τα υπόλοιπα επιμέρους στοιχεία της είναι θετικά. Η δημιουργία νέων θέσεων εργασίας είναι κι αυτή σημαντική για τις τοπικές κοινωνίες αλλά ίσως δεν έχει την ίδια βαρύτητα για τον επενδυτή.

Είναι σαφές ότι διαφορετικά εμπλεκόμενα συμφέροντα έχουν διαφορετική θεώρηση της βαρύτητας των υποκριτηρίων αυτών. Θεωρώντας ότι ο λήπτης αποφάσεων εκφράζει την αναζήτηση της βέλτιστης επένδυσης θα δοθεί αρχικά ελαφρά προτεραιότητα στο κριτήριο της «κοινωνικής αποδοχής» έναντι της «δημιουργίας νέων θέσεων εργασίας». Η απεικόνιση της αρχικής αυτής συσχέτισης της βαρύτητας των δύο υποκριτηρίων των κοινωνικοοικονομικών παραγόντων παρουσιάζεται στον Πίνακα 3-25. Στην ανάλυση ευαισθησίας που θα ακολουθήσει την αρχική αξιολόγηση της κάθε μεθόδου θα παρουσιαστούν οι πιθανές διαφοροποιήσεις των αποτελεσμάτων, όταν τροποποιούνται οι αρχικές βαρύτητες αυτών των κριτηρίων.

Πίνακας 3-25

Αξιολόγηση της βαρύτητας του ζεύγους των υποκριτηρίων των «κοινωνικοοικονομικών παραγόντων»

Υποκριτήρια των «κοινωνικοοικονομικών παραγόντων»	Δημιουργία θέσεων εργασίας	Κοινωνική αποδοχή
Δημιουργία θέσεων εργασίας	1	1/2
Κοινωνική αποδοχή	2	1

Λόγος συνέπειας: 0,00

3.5.6 Βάρη υποκριτηρίων «ποιότητας ζωής και αειφόρου ανάπτυξης»

Η «ποιότητα ζωής και αειφόρος ανάπτυξη» έχει έξι υποκριτήρια, τα «θανατηφόρα ατυχήματα», τις «μη ραδιενεργές εκπομπές», τις «εκπομπές ραδιενέργειας», την «απαιτούμενη έκταση», την «ισορροπία οικοσυστήματος» και το «λόγο αποθεμάτων προς παραγωγή». Η αξιολόγηση της βαρύτητας κατά ζεύγη μεταξύ των έξι αυτών υποκριτηρίων παρουσιάζεται στο Πίνακα 3-26.

Τα «θανατηφόρα ατυχήματα» έχουν πιο μικρή βαρύτητα από τις «μη ραδιενεργές εκπομπές» καθώς και τις «εκπομπές ραδιενέργειας». Αυτό συμβαίνει γιατί παρόλο που

τα θανατηφόρα ατυχήματα επηρεάζουν άμεσα την ψυχολογία των κατοίκων, ωστόσο είναι πολύ λιγότερα από τις μακροπρόθεσμες απώλειες που προκαλούνται από ασθένειες όπως ο καρκίνος ή τα καρδιοαναπνευστικά προβλήματα που προέρχονται από μη ραδιενεργούς ρύπους αλλά και την ραδιενέργεια που απελευθερώνεται κατά τη λειτουργία των μονάδων. Τα «θανατηφόρα ατυχήματα» έχουν πολύ μεγαλύτερη σημασία από την πιθανή έκταση που θα απαιτηθεί για την εγκατάσταση και τη λειτουργία μίας μονάδας. Τέλος η «ισορροπία του οικοσυστήματος» θεωρείται πιο σημαντική από τους άμεσους θανάτους των ατυχημάτων αφού υπονόμωσή της θα σημάνει την υπονόμωση πολλαπλάσιων ζώων στο μέλλον.

Οι «μη ραδιενεργές εκπομπές», οι «εκπομπές ραδιενέργειας», η «ισορροπία οικοσυστήματος» και ο «λόγος αποθεμάτων προς παραγωγή» έχουν εξαιρετικά μεγαλύτερη σημασία από την «απαιτούμενη έκταση» αφού οι βλάβες στην ανθρώπινη υγεία και στο οικοσύστημα δεν είναι δυνατό να συγκριθούν με την έκταση της γης που απαιτείται από κάθε τύπο μονάδας. Επίσης ο «λόγος αποθεμάτων προς παραγωγή» είναι εξαιρετικά σημαντικός αφού αντιπροσωπεύει τον χρονικό ορίζοντα δυνατότητας λειτουργίας της μονάδας.

Οι μη ραδιενεργές και οι ραδιενεργές εκπομπές θεωρούνται ίσης βαρύτητας με την ισορροπία του οικοσυστήματος και τον λόγο αποθεμάτων προς παραγωγή. Τέλος μεταξύ των μη ραδιενεργών και των ραδιενεργών εκπομπών, οι πρώτες έχουν ελαφρά προτεραιότητα κυρίως λόγω των μεγαλύτερων αρνητικών επιπτώσεων που προκαλούν σε καθημερινή βάση. Πρέπει να διευκρινιστεί ότι δεν εξετάζεται η επικινδυνότητα μεταξύ των δύο αυτών ειδών εκπομπών αλλά οι συνέπειες από το μέγεθος των ποσοτήτων που απελευθερώνονται καθημερινά από αυτές.

Πίνακας 3-26

Αξιολόγηση κατά ζεύγη της βαρύτητας των υποκριτηρίων της «ποιότητας ζωής και αειφόρου ανάπτυξης»

Υποκριτήριο της «ποιότητας ζωής και αειφόρου ανάπτυξης»	Θανατηφόρα ατυχήματα	Μη ραδιενεργές εκπομπές	Εκπομπές ραδιενέργειας	Απαιτούμενη έκταση	Ισορροπία οικοσυστήματος	Λόγος αποθεμάτων προς παραγωγή
Θανατηφόρα ατυχήματα	1	1/3	1/3	5	1/3	1/5
Μη ραδιενεργές εκπομπές	3	1	2	9	1	1
Εκπομπές ραδιενέργειας	3	1/2	1	9	1	1
Απαιτούμενη έκταση	1/5	1/9	1/9	1	1/9	1/7
Ισορροπία οικοσυστήματος	3	1	1	9	1	1
Λόγος αποθεμάτων προς παραγωγή	5	1	1	7	1	1

Λόγος συνέπειας: 0,02

3.5.7 Βάρη υποκριτηρίων «κόστους λειτουργίας και συντήρησης»

Το «κόστος λειτουργίας και συντήρησης» αποτελείται από το σταθερό ετήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης ανά kW εγκατεστημένης ισχύος και από το μεταβλητό αντίστοιχο κόστος ανά παραγόμενη kWh. Το μεταβλητό κόστος είναι αρκετά πιο σημαντικό από το σταθερό αφού συνδέεται άμεσα με την ποσότητα της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Μία μονάδα που παράγει μεγάλες ποσότητες ενέργειας εξυπηρετώντας το φορτίο βάσης πρέπει να έχει χαμηλό μεταβλητό κόστος προκειμένου να είναι ανταγωνιστική. Η συσχέτιση αυτή μεταξύ των δύο ειδών κόστους λειτουργίας και συντήρησης απεικονίζεται στον Πίνακα 3-27.

Πίνακας 3-27

Αξιολόγηση της βαρύτητας του ζεύγους των υποκριτηρίων του «κόστους λειτουργίας και συντήρησης»

Υποκριτήρια του «κόστους λειτουργίας και συντήρησης»	Σταθερό κόστος Λ&Σ	Μεταβλητό κόστος Λ&Σ
Σταθερό κόστος Λ&Σ	1	1/4
Μεταβλητό κόστος Λ&Σ	4	1

Λόγος συνέπειας: 0,00

3.5.8 Βάρη υποκριτηρίων «μη ραδιενεργών εκπομπών»

Υπάρχουν πέντε κατηγορίες μη ραδιενεργών εκπομπών ρύπων, των οποίων η αξιολόγηση της βαρύτητας μπορεί να γίνει τόσο με αντικειμενικό όσο και υποκειμενικό τρόπο [54]. Στις επόμενες ενότητες παρουσιάζονται η αντικειμενική και υποκειμενική αξιολόγηση της βαρύτητας των πέντε τύπων μη ραδιενεργών ρύπων καθώς και η συνολική εξαγόμενη βαρύτητα που προκύπτει από τις συνθέσεις των επιμέρους αξιολογήσεων.

3.5.8.1 Αντικειμενική αξιολόγηση της βαρύτητας των «μη ραδιενεργών εκπομπών»

Η αντικειμενική αξιολόγηση βασίζεται στην τιμή που πρέπει να πληρωθεί για κάθε χιλιόγραμμο ρύπου που απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα και αποτελεί την αποζημίωση για την καταστροφή που προκαλεί στην ανθρώπινη υγεία αλλά και στο περιβάλλον [101]. Οι τιμές αυτές και οι αντίστοιχες ποσοστιαίες αντικειμενικές αξιολογήσεις που προκύπτουν, απεικονίζονται στον Πίνακα 3-28.

Σύμφωνα με τη αντικειμενική αξιολόγηση που βασίζεται στο κόστος ανά χιλιόγραμμο εκπεμπόμενου ρύπου, τα αιωρούμενα σωματίδια έχουν την μεγαλύτερη βαρύτητα με 65,86%. Αυτό το ποσοστό ισοδυναμεί με τα δύο τρίτα της ολικής βαρύτητας των πέντε μη ραδιενεργών ρύπων, κάτι που είναι αντιπροσωπευτικό και της επικινδυνότητάς τους αφού ιδιαίτερα τα σωματίδια με διάμετρο μικρότερη των 2,5 μm προκαλούν σοβαρές ασθένειες με την είσοδό τους στο αναπνευστικό σύστημα [42, 248, 251, 355].

Στην αντικειμενική αξιολόγηση με βάση το κόστος δεν αντανακλάται ο βαθμός επικινδυνότητας του διοξειδίου του άνθρακα και των ισοδυνάμων του με τη συμβολή τους στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Αυτό αντισταθμίζεται από την υποκειμενική αξιολόγηση που ακολουθεί.

Πίνακας 3-28

Αντικειμενική αξιολόγηση της βαρύτητας των μη ραδιενεργών εκπομπών με βάση το κόστος τους για τον κύκλο ζωής των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων

Μη ραδιενεργές εκπομπές	Κόστος (Euro/kg)	Ποσοστιαία αντικειμενική αξιολόγηση (%)
ΜΜΠΟΕ	1124	5,04
CO ₂ -eq	0,019	0,00
NO _x	3054	13,68
SO ₂	3442	15,42
Αιωρούμενα σωματίδια	14698	65,86

3.5.8.2 Υποκειμενική αξιολόγηση της βαρύτητας των «μη ραδιενεργών εκπομπών»

Η υποκειμενική αξιολόγηση βασίζεται στις γνώμες ειδικών που εκτιμούν τις αρνητικές συνέπειες των πέντε κατηγοριών μη ραδιενεργών ρύπων στην ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον. Η σύνθεση των δύο υποκειμενικών αξιολογήσεων για την υγεία και το περιβάλλον γίνεται με την παραδοχή ότι και οι δύο αυτές συνιστώσες έχουν την ίδια βαρύτητα, δηλαδή η κάθε μία έχει 50% βαρύτητα στην συνολική υποκειμενική αξιολόγηση. Οι επιμέρους και η συνολική υποκειμενική αξιολόγηση παρουσιάζονται στον Πίνακα 3-29.

Σύμφωνα με την υποκειμενική αξιολόγηση τη μεγαλύτερη βλάβη στην ανθρώπινη υγεία προκαλούν τα αιωρούμενα σωματίδια, επιβεβαιώνοντας έτσι σε μεγάλο βαθμό και το αντίστοιχο αποτέλεσμα της αντικειμενικής αξιολόγησης. Τη μεγαλύτερη βλάβη στο περιβάλλον μέσω του φαινομένου του θερμοκηπίου προκαλούν τα ισοδύναμα του διοξειδίου του άνθρακα, κάτι που δεν καταγράφεται στην αντικειμενική αξιολόγηση. Οι συνολικές υποκειμενικές αξιολογήσεις των τριών υπολοίπων μη ραδιενεργών εκπομπών δεν αποκλίνουν περισσότερο του 5% από τις αντίστοιχες αντικειμενικές αξιολογήσεις βοηθώντας έτσι στην εξαγωγή πιο αξιόπιστων συμπερασμάτων.

Πίνακας 3-29

Ποσοστιαίες επιμέρους υποκειμενικές αξιολογήσεις της βλάβης των μη ραδιενεργών εκπομπών στην ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον και συνολική υποκειμενική αξιολόγηση

Μη ραδιενεργές εκπομπές	Βλάβη στην ανθρώπινη υγεία (%)	Βλάβη στο περιβάλλον (%)	Συνολική υποκειμενική αξιολόγηση (%)
ΜΜΠΟΕ	20	0	10
CO ₂ -eq	0	70	35
NO _x	20	15	17,5
SO ₂	10	15	12,5
Αιωρούμενα σωματίδια	50	0	25

3.5.8.3 Συνολική αξιολόγηση της βαρύτητας των «μη ραδιενεργών εκπομπών»

Η συνολική αξιολόγηση προκύπτει από τη σύνθεση της αντικειμενικής και υποκειμενικής αξιολόγησης θεωρώντας ότι έχουν την ίδια βαρύτητα. Ο Πίνακας 3-30 συνοψίζει τις επιμέρους και την συνολική αξιολόγηση της βαρύτητας των πέντε μη ραδιενεργών εκπομπών ρύπων.

Πίνακας 3-30

Αντικειμενική, υποκειμενική και συνολική αξιολόγηση της βαρύτητας των πέντε μη ραδιενεργών εκπομπών ρύπων

Μη ραδιενεργές εκπομπές	Αντικειμενική αξιολόγηση (%)	Υποκειμενική αξιολόγηση (%)	Συνολική Αξιολόγηση (%)
ΜΜΠΟΕ	5,04	10	7,52
CO ₂ -eq	0,00	35	17,50
NO _x	13,68	17,5	15,59
SO ₂	15,42	12,5	13,96
Αιωρούμενα σωματίδια	65,86	25	45,43

3.5.9 Τοπικά και καθολικά βάρη κριτηρίων και υποκριτηρίων

Σύμφωνα με τις επιμέρους αξιολογήσεις των οκτώ ομάδων κριτηρίων και υποκριτηρίων της ιεραρχικής δένδρικής δομής του Σχήματος 3-1 υπολογίζονται τα τοπικά και καθολικά βάρη των κριτηρίων και υποκριτηρίων που παρουσιάζονται στα Σχήματα 3-3 και 3-4.

Τα τοπικά βάρη αναφέρονται στην επιμέρους σπουδαιότητα του κάθε κριτηρίου όσον αφορά το γονικό κόμβο στην ιεραρχική δομή, δηλαδή τη σπουδαιότητα του κριτηρίου μεταξύ των κριτηρίων που έχουν το ίδιο γονικό κριτήριο. Τα καθολικά βάρη αναφέρονται στην σπουδαιότητα των κριτηρίων όσον αφορά το συνολικό στόχο, δηλαδή στην επιλογή της βέλτιστης ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας.

Η ταξινόμηση των κριτηρίων τελικού κόμβου κατά φθίνουσα τιμή βάρους απεικονίζεται στο Σχήμα 3-5. Το σημαντικότερο κριτήριο τελικού κόμβου είναι αυτό του «κόστους κεφαλαίου» με βάρος 11,88% και αντιπροσωπεύει την αβεβαιότητα των επενδύτων για τον χρόνο και το ρυθμό απόσβεσής του, ιδιαίτερα σε ασταθείς οικονομίες. Ακολουθεί ο λόγος των αποθεμάτων προς παραγωγή με βαρύτητα 11,22% κάτι που δικαιολογείται από το γεγονός της ανησυχίας διαθεσιμότητας καυσίμων για την λειτουργία των μονάδων. Το πρόβλημα αυτό δεν υφίσταται για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, οι οποίες μπορούν να λειτουργούν θεωρητικά για πάντα.

Στην τρίτη και τέταρτη θέση της βαρύτητας των κριτηρίων τελικού κόμβου είναι τα κριτήρια της κοινωνικής αποδοχής με 10,61% και της ισορροπίας του οικοσυστήματος με 10,42%. Η μεγάλη βαρύτητα του κριτηρίου της κοινωνικής αποδοχής δικαιολογείται πλήρως από το γεγονός ότι η αποδοχή των τοπικών κοινωνιών παίζει πολύ σημαντικό ρόλο για την εγκατάσταση και εύρυθμη λειτουργία μίας μονάδας. Επίσης η ισορροπία του οικοσυστήματος είναι ιδιαίτερα σημαντική, αφού αρνητικές επιδόσεις ως προς αυτό το κριτήριο υπονομεύουν το μέλλον των επόμενων γενεών.

Στην πέμπτη θέση από άποψη σπουδαιότητας των κριτηρίων τελικού κόμβου βρίσκονται οι εκπομπές ραδιενέργειας με 9,45%. Οι συνέπειες των εκπομπών ραδιενέργειας στην ανθρώπινη υγεία είναι πολύ γνωστές και κατά συνέπεια το βάρος του κριτηρίου αυτού αντιπροσωπεύει την κοινή πεποίθηση της ανάγκης ελάττωσης και εξάλειψής της. Έκτο είναι το κριτήριο του εξωτερικού κόστους με 8,39% καταδεικνύοντας την ανάγκη περιορισμού των αρνητικών συνεπειών της λειτουργίας των μονάδων. Οι άνθρωποι στις ανεπτυγμένες χώρες προτιμούν τον περιορισμό των αρνητικών επιδράσεων της εγκατάστασης και λειτουργίας των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων παρά την αποζημίωσή τους για τις αρνητικές αυτές συνέπειες.

Στην έβδομη και όγδοη θέση βρίσκονται τα κριτήρια των αιωρούμενων σωματιδίων και της δημιουργίας θέσεων εργασίας, με βαρύτητες 5,43% και 5,31% αντίστοιχα. Η επικινδυνότητα των αιωρούμενων σωματιδίων για την ανθρώπινη υγεία παρουσιάστηκε εκτενώς και δικαιολογεί την σχετικά αυξημένη βαρύτητα του κριτηρίου αυτού. Επίσης οι νέες θέσεις εργασίας είναι ιδιαίτερα σημαντικές, ιδιαίτερα στις σύγχρονες κοινωνίες που μαστίζονται από μεγάλα ποσοστά ανεργίας.

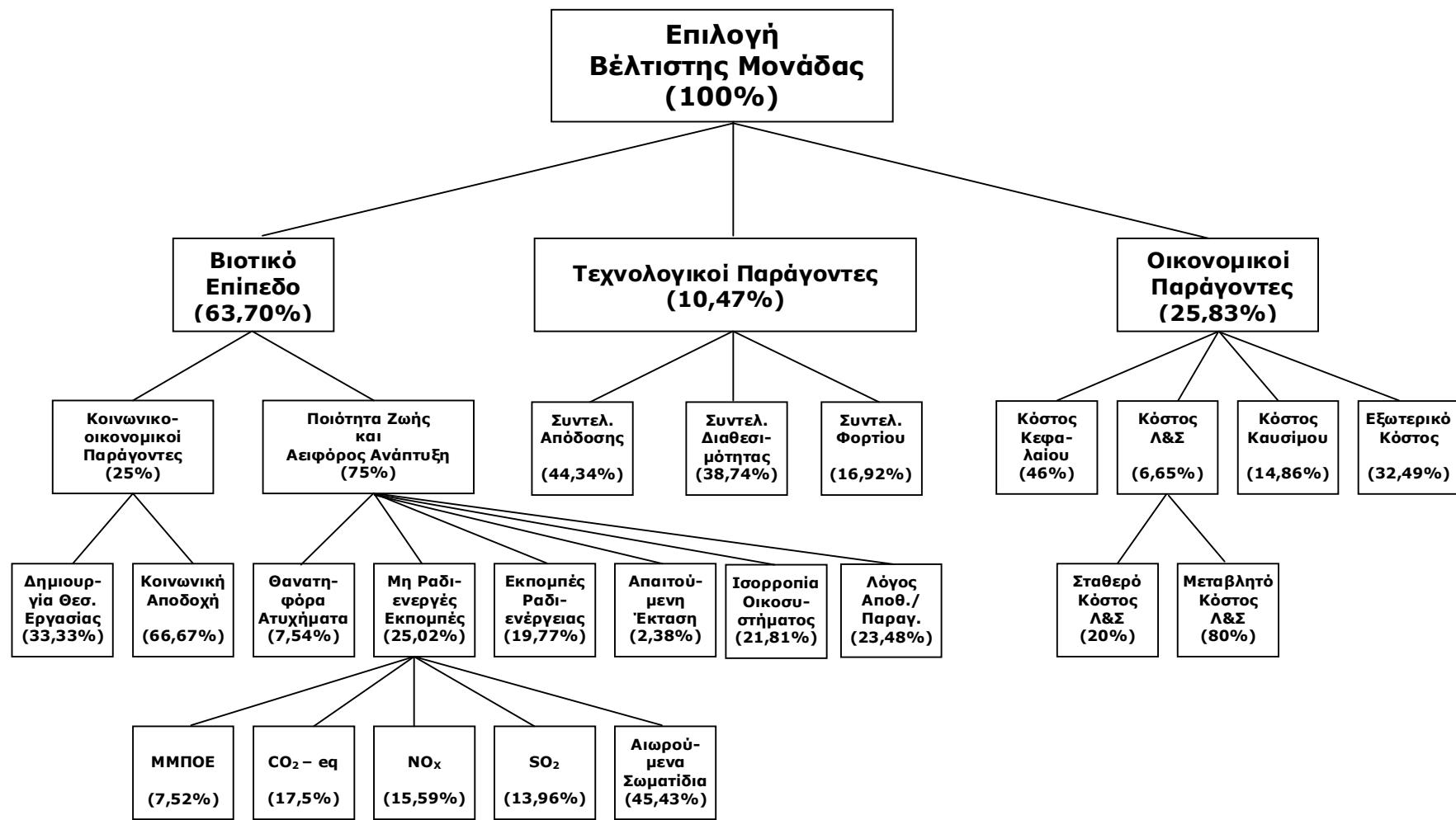
Τα υπόλοιπα 12 κριτήρια τελικού κόμβου έχουν βάρος το οποίο δεν ξεπερνά το 5%. Αυτό δεν σημαίνει ότι δεν παίζουν καθοριστικό ρόλο στην συνολική αξιολόγηση των μονάδων, αφού συνδυασμός καλών ή κακών επιδόσεων σε μεγάλη πλειοψηφία αυτών μπορεί να τροποποιήσει σε μεγάλο βαθμό την εικόνα μίας ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας.

Δύο από τα υποκριτήρια των τεχνολογικών παραγόντων, ο συντελεστής απόδοσης και ο συντελεστής διαθεσιμότητας έχουν μέση βαρύτητα με 4,64% και 4,06% αντίστοιχα. Είναι σημαντικό για κάθε μονάδα να ανταποκρίνεται ικανοποιητικά στις τεχνολογικές απαιτήσεις που θέτει το ευρύτερο περιβάλλον λήψης της απόφασης σε κάθε περίπτωση. Το κόστος καυσίμου έχει βάρος 3,84% και οι μονάδες που βασίζονται σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και δεν απαιτούν καύσιμη ύλη (υδροηλεκτρικές, αιολικές, φωτοβολταϊκές, γεωθερμικές), έχουν συγκριτικό πλεονέκτημα στον τομέα αυτό.

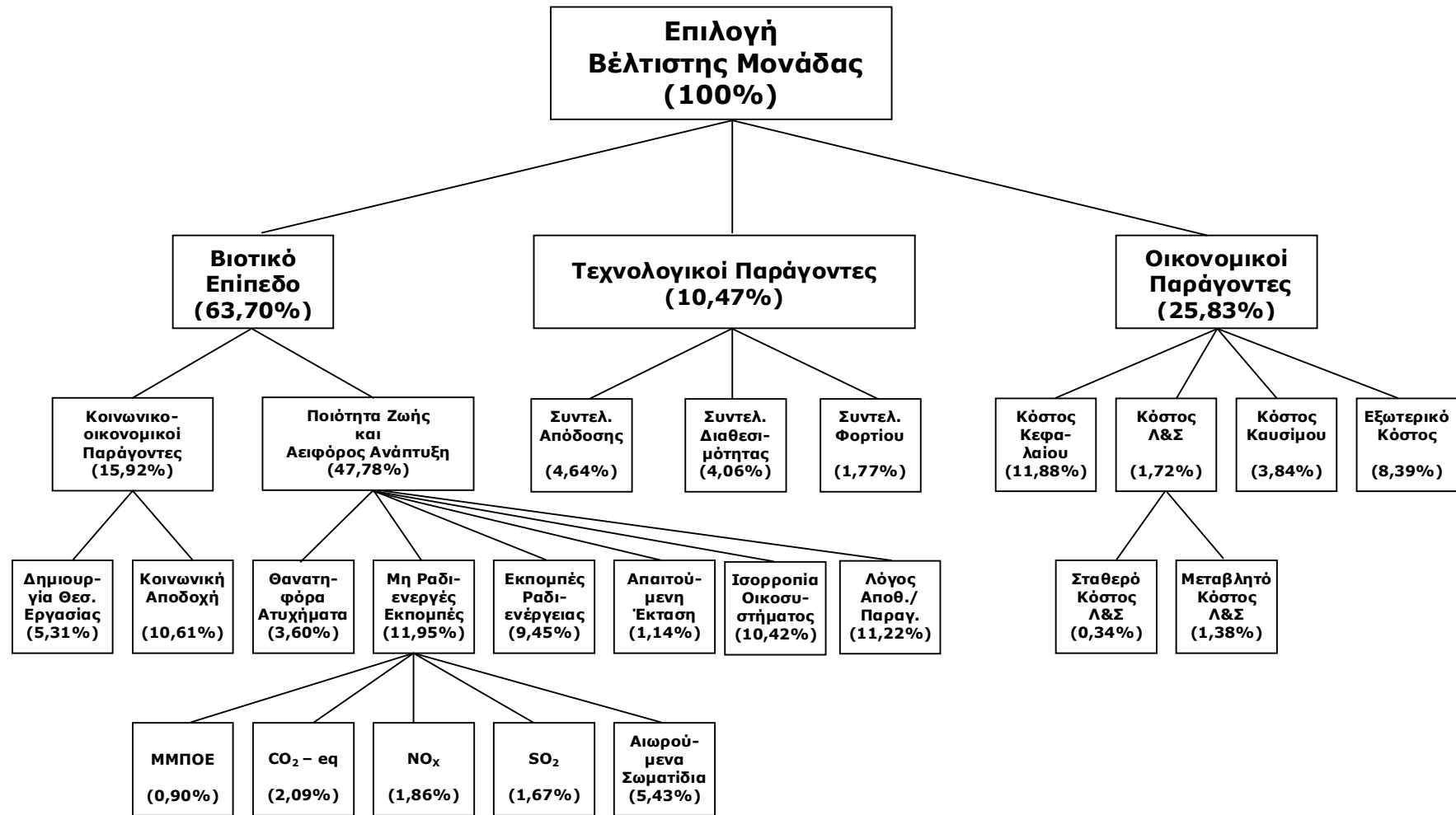
Τα θανατηφόρα ατυχήματα που αποτελούν υποκριτήριο του βιοτικού επιπέδου έχει βαρύτητα 3,60%, καθώς κάθε απώλεια ζωής είναι σημαντική και δύσκολα μπορεί να αντισταθμιστεί από τρίτα οφέλη. Τα ισοδύναμα του διοξειδίου του άνθρακα μαζί με τα οξείδια του αζώτου αποτελούν μη ραδιενεργούς ρύπους με βαρύτητα 2,09% και 1,86% αντίστοιχα. Οι αρνητικές συνέπειες των αέριων αυτών ρύπων στο περιβάλλον, αλλά και η αύξηση της νοσηρότητας που προκαλούν καλύπτονται από τα παραπάνω μέτρια ποσοστά βαρύτητας.

Στα έξι κριτήρια τελικού κόμβου με την μικρότερη βαρύτητα (Σχήμα 3-5) παρατηρείται μία εναλλαγή υποκριτηρίων και των τριών βασικών κριτηρίων, δηλαδή του βιοτικού επιπέδου, των τεχνολογικών και των οικονομικών παραγόντων. Πιο συγκεκριμένα, ο συντελεστής φορτίου είναι το υποκριτήριο των τεχνολογικών παραγόντων με τη μικρότερη βαρύτητα 1,77%. Ακολουθεί το διοξείδιο του θείου, το οποίο ανήκει στην ομάδα των πέντε μη ραδιενεργών ρύπων με 1,67%. Το μεταβλητό κόστος λειτουργίας και συντήρησης ανήκει στους οικονομικούς παράγοντες και έχει βάρος 1,38%. Η απαιτούμενη έκταση έχει βαρύτητα 1,14%, ενώ στις τελευταίες δύο θέσεις με βαρύτητα μικρότερη του 1% είναι οι ΜΜΠΟΕ και το σταθερό κόστος λειτουργίας και συντήρησης.

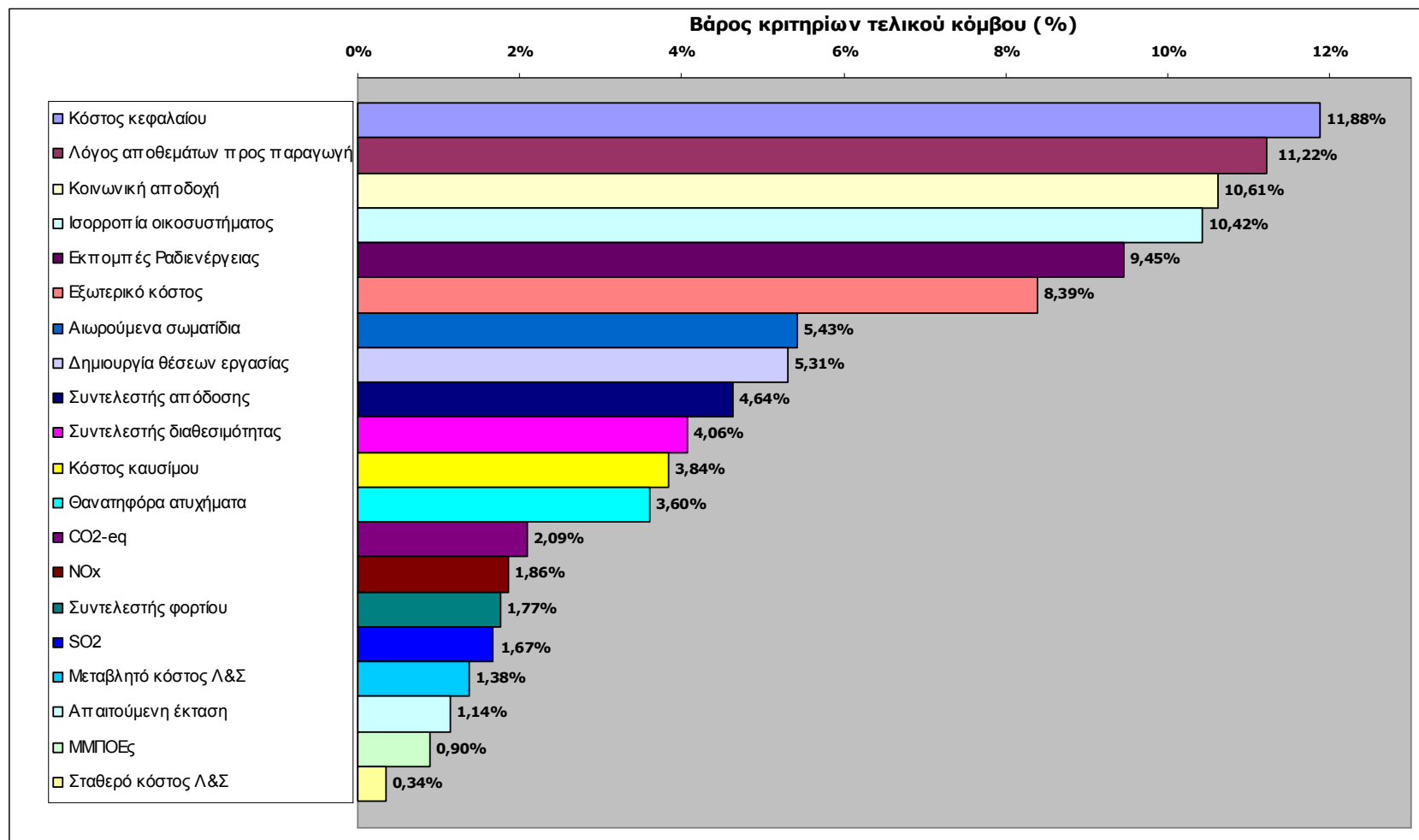
Συμπερασματικά, κριτήρια τελικού κόμβου που είναι υποκριτήρια και των τριών βασικών κριτηρίων του βιοτικού επιπέδου, των τεχνολογικών και των οικονομικών παραγόντων εναλλάσσονται στην κατάταξη βαρύτητας, καταδεικνύοντας έτσι την σπουδαιότητα όλων των επιμέρους συνιστωσών στην επίλυση του προβλήματος επιλογής της βέλτιστης ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας στην εκάστοτε περίπτωση.



Σχήμα 3-3
Τοπικά βάρη κριτηρίων και υποκριτηρίων



Σχήμα 3-4
Καθολικά βάρη κριτηρίων και υποκριτηρίων



Σχήμα 3-5
Καθολικά βάρη κριτηρίων τελικού κόμβου

Κεφάλαιο 4

Analytic Hierarchy Process

Στο κεφάλαιο 4 παρουσιάζεται η Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία η οποία δίνει τη δυνατότητα δόμησης του προβλήματος στην κατάλληλη δενδρική ιεραρχική δομή με βάση την οποία θα πραγματοποιηθεί η πολυκριτηριακή αξιολόγηση των μονάδων. Η Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία ενσωματώνει ισχυρά χαρακτηριστικά μεταξύ των οποίων είναι οι συγκρίσεις κατά ζεύγη και ο έλεγχος συνέπειας των κρίσεων παρέχοντας στον λήπτη αποφάσεων τα απαραίτητα εργαλεία για να πραγματοποιήσει αξιόπιστες ποσοτικές και ποιοτικές αξιολογήσεις.

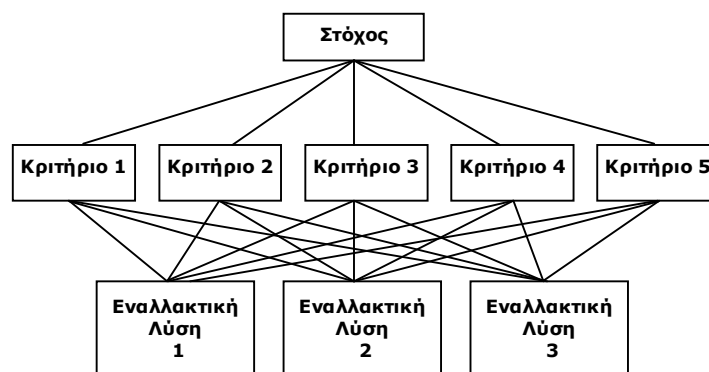
4.1 Περιγραφή της μεθόδου

Η Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία - ΑΙΔ (Analytic Hierarchy Process – AHP) είναι μία μέθοδος η οποία αναπτύχθηκε από τον Thomas Saaty στο τέλος της δεκαετίας του 70 και σκοπό έχει να αναλύσει ένα σύνθετο πολυκριτηριακό πρόβλημα απόφασης σε απλούστερα προβλήματα μέσα από τη δημιουργία μιας ιεραρχικής δομής [185, 266-270]. Η ΑΙΔ είναι επιστημονικά τεκμηριωμένη και παρουσιάζει μεγάλο βαθμό ευελιξίας καθώς βασίζεται σε τρία κύρια βήματα:

- στην αποδόμηση του σύνθετου προβλήματος σε απλούστερα
- στην συγκριτική αξιολόγηση κατά ζεύγη των επιμέρους συνιστωσών του προβλήματος
- στην σύνθεση των επιμέρους αξιολογήσεων για την εξαγωγή των τελικών συμπερασμάτων

Η διαδικασία της αποδόμησης του εξεταζόμενου πολυκριτηριακού προβλήματος περιλαμβάνει πρωταρχικά τον καθορισμό μιας ιεραρχικής δομής στο πρώτο επίπεδο της οποίας ορίζεται με σαφήνεια και ακρίβεια ο στόχος (goal) που επιδιώκεται, δηλαδή τι θα

επιτευχθεί από τη λύση του εξεταζόμενου προβλήματος. Στα επόμενα επίπεδα παρουσιάζονται τα κριτήρια και τα υποκριτήρια με βάση τα οποία αξιολογούνται οι εξεταζόμενες λύσεις ως προς το βαθμό επίτευξης του επιδιωκόμενου στόχου. Τέλος στο τελευταίο επίπεδο της ιεραρχικής δομής παρουσιάζονται οι εξεταζόμενες εναλλακτικές λύσεις. Ένα μοντέλο ιεραρχικής δομής με πέντε κριτήρια και τρεις εναλλακτικές λύσεις παρουσιάζεται στο Σχήμα 4-1. Η κατασκευή της ιεραρχικής δομής είναι μία σχετικά υποκειμενική διαδικασία που βασίζεται στην εμπειρία και τις γνώσεις του λήπτη αποφάσεων. Επιστημονικές μελέτες έχουν αποδείξει ότι ο ανθρώπινος εγκέφαλος αδυνατεί να επεξεργαστεί αποτελεσματικά πάνω από 9 αντικείμενα ταυτόχρονα και κατά συνέπεια οι κλάδοι ενός κόμβου σε μια δενδρική ιεραρχική δομή δεν θα πρέπει να είναι πάνω από εννέα [266].



Σχήμα 4-1

Μοντέλο ιεραρχικής δομής με πέντε κριτήρια και τρεις εναλλακτικές λύσεις στην Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία

Αρχικά αξιολογείται ο βαθμός επίτευξης του στόχου από κάθε εναλλακτική λύση με βάση κάθε κριτήριο. Στη συνέχεια υπολογίζεται η σχετική βαρύτητα του κάθε κριτηρίου ως προς την επίτευξη του στόχου. Η σύνθεση των δύο παραπάνω αξιολογήσεων δίνει την τελική κατάταξη των εναλλακτικών λύσεων ως προς την επίτευξη του επιθυμητού στόχου.

Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της ΑΙΔ είναι ότι δεν απαιτεί την απόλυτη αξιολόγηση μιας εναλλακτικής λύσης ως προς ένα κριτήριο, π.χ. δεν είναι απαραίτητο να είναι γνωστό το απόλυτο κόστος εγκατάστασης μίας μονάδας. Αντιθέτως η ΑΙΔ προϋποθέτει *σχετικές αξιολογήσεις κατά ζεύγη (relative pairwise comparisons)* μεταξύ των συνιστωσών του προβλήματος. Για παράδειγμα ενώ δεν απαιτείται η απόλυτη αξιολόγηση του κόστους εγκατάστασης δύο ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων, πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα να αξιολογείται ποια μονάδα έχει μεγαλύτερο κόστος εγκατάστασης από την άλλη και σε ποιο βαθμό. Το ερώτημα θα ήταν «πόσο μεγαλύτερο είναι το κόστος εγκατάστασης της μονάδας τύπου Α σε σχέση με τη μονάδα τύπου Β;» και η απάντηση θα ήταν μία τιμή με βάση την *αναλογική κλίμακα μέτρησης (ratio scale measurement)* που παρουσιάστηκε στον Πίνακα 3-2. Ωστόσο έχει προταθεί και

παραλλαγή της μεθόδου AHP η οποία χρησιμοποιεί αρνητικές τιμές για την δήλωση της αρνητικής προτίμησης (αποφυγής) μίας λύσης [210].

Η αξιολόγηση κατά ζεύγη, εκτός από το παραπάνω πλεονέκτημα, δίνει τη δυνατότητα στο λήπτη αποφάσεων να αποφύγει αυθαίρετες και πιθανόν λανθασμένες αξιολογήσεις όλων των εναλλακτικών λύσεων ταυτόχρονα, αφού επικεντρώνει την προσοχή σε μόνο δύο στοιχεία κάθε φορά. Επιπλέον η μέθοδος αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την εξαγωγή της σχετικής σπουδαιότητας (βαρών) των κριτηρίων, μία διαδικασία ιδιαίτερα δύσκολη και προβληματική για τους περισσότερους λήπτες αποφάσεων, ανεξαρτήτως της πολυκριτηριακής μεθόδου που χρησιμοποιείται [52, 96, 104, 220, 239, 254, 274, 339]. Οι συγκρίσεις δύο στοιχείων της ιεραρχικής δομής κατά ζεύγη γίνεται με αναφορά στο στοιχείο που αναφέρεται στο αμέσως ανώτερο επίπεδο. Έτσι η σύγκριση δύο κριτηρίων γίνεται με αναφορά στο «γονικό» τους κριτήριο που βρίσκεται στο αμέσως ανώτερο επίπεδο.

Η ΑΙΔ βασίζεται σε ισχυρή θεωρητική τεκμηρίωση [266, 268, 270]. Έστω ότι υπάρχουν n διαφορετικές και ανεξάρτητες εναλλακτικές λύσεις A_1, A_2, \dots, A_n των οποίων τα βάρη είναι w_1, w_2, \dots, w_n αντίστοιχα. Τα βάρη w_i ($i=1, 2, \dots, n$) δεν θεωρούνται γνωστά, ωστόσο υπάρχει δυνατότητα αξιολόγησης των εναλλακτικών λύσεων κατά ζεύγη. Έστω A ο $n \times n$ πίνακας αξιολόγησης των ζευγών των εναλλακτικών λύσεων, δηλαδή

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix} \quad (4-1)$$

όπου το στοιχείο a_{ij} ($i, j=1, 2, \dots, n$) αποτελεί τη σύγκριση της εναλλακτικής λύσης A_i ως προς την εναλλακτική λύση A_j . Κατά συνέπεια η τιμή του στοιχείου a_{ij} απεικονίζει τη σχετική σπουδαιότητα των δύο εναλλακτικών λύσεων A_i και A_j , δηλαδή των βαρών των δύο εναλλακτικών λύσεων και άρα θεωρείται ότι $a_{ij} \approx w_i/w_j$. Η γενίκευση της υπόθεσης αυτής οδηγεί στα ακόλουθα συμπεράσματα [148, 266]:

1. $a_{ij} \approx w_i/w_j > 0, i, j = 1, 2, \dots, n$
2. $a_{ij} = a_{ik} a_{kj}, i, k, j = 1, 2, \dots, n$
3. $a_{ii} = 1, i = 1, 2, \dots, n$
4. Εάν $a_{ij} = x, x \neq 0$, τότε $a_{ji} = 1/x, i, j = 1, 2, \dots, n$
5. Εάν το A_i είναι πιο σημαντικό από το A_j , τότε $a_{ij} \cong (w_i/w_j) > 1$

Σύμφωνα με τα παραπάνω συμπεράσματα προκύπτει ότι όλα τα στοιχεία του Πίνακα A έχουν θετικές τιμές ενώ εκείνα στην κύρια διαγώνιο του έχουν τιμή ίση με τη μονάδα. Ο λήπτης αποφάσεων αρκεί να αξιολογήσει μόνο τα ζεύγη στο πάνω δεξιά τρίγωνο του Πίνακα A . Οι τιμές αυτές κυμαίνονται από 1 έως 9 εάν η εναλλακτική λύση A είναι καλύτερη από τη B (ανάλογα με το βαθμό προτίμησης της A ως προς την B) ή τις αντίστροφες των τιμών αυτών εάν η εναλλακτική λύση B είναι καλύτερη από την A ,

σύμφωνα με την αναλογική κλίμακα μετρήσεων του Saaty (Πίνακας 3-2). Ο αριθμός των απαιτούμενων αξιολογήσεων L στο πάνω τρίγωνο του Πίνακα A ($n \times n$) δίνεται από τη σχέση

$$L = n(n - 1)/2 \quad (4-2)$$

όπου n είναι ο βαθμός του Πίνακα A .

Η σχέση 4-1 μπορεί να ξαναγραφτεί ως

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nn} \end{pmatrix} \approx \begin{pmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \cdots & w_1/w_n \\ & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \cdots & w_n/w_n \end{pmatrix} \quad (4-3)$$

Οπότε εάν πολλαπλασιάσουμε και τα δύο σκέλη της εξίσωσης 4-3 με το διάνυσμα στήλη των βαρών $W = (W_1, W_2, \dots, W_n)^T$ τότε προκύπτει η ακόλουθη σχέση

$$\begin{pmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} w_1 \\ \vdots \\ w_n \end{pmatrix} \approx \begin{pmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \cdots & w_1/w_n \\ & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \cdots & w_n/w_n \end{pmatrix} \begin{pmatrix} w_1 \\ \vdots \\ w_n \end{pmatrix} \Leftrightarrow AW \approx nW \quad (4-4)$$

ή

$$(A - nI)W \approx 0 \quad (4-5)$$

Η παραπάνω σχέση αποτελεί σύστημα γραμμικών εξισώσεων το οποίο έχει μία μοναδική μη τετριμμένη λύση εάν και μόνο εάν η ορίζουσα $A - nI = 0$, δηλαδή το n είναι μια **ιδιοτιμή (eigenvalue)** του Πίνακα A και το W το αντίστοιχο **ιδιοδιάνυσμα (eigenvector)**. Ο I είναι ο μοναδιαίος $n \times n$ πίνακας. Η ΑΙΔ υπολογίζει το διάνυσμα των βαρών W ως το κύριο δεξιό ιδιοδιάνυσμα του πίνακα A , δηλαδή

$$AW = \lambda_{\max} W \quad (4-6)$$

όπου λ_{\max} είναι η μέγιστη ιδιοτιμή του πίνακα A . Για το λ_{\max} ισχύουν τα εξής θεωρήματα του Saaty [266]:

$$\lambda_{\max} > 0 \quad (4-7)$$

$$\lambda_{\max} \geq n \quad (4-8)$$

Οι αξιολογήσεις κατά ζεύγη του λήπτη αποφάσεων είναι συνεπείς (consistent) εάν ισχύει:

$$a_{ij} = a_{ik} a_{kj} = (w_i/w_k)(w_k/w_j) = (w_i/w_j), \quad i, k, j = 1, 2, \dots, n \quad (4-9)$$

Ο Saaty όρισε τον *δείκτη συνέπειας (consistency index - CI)* ως:

$$CI = (\lambda_{max} - n)/(n - 1) \quad (4-10)$$

Στη συνέχεια δημιουργούνται τυχαίοι πίνακες βαθμού n και υπολογίζεται η μέση τιμή τους CI , η οποία αποκαλείται *τυχαίος δείκτης (random index - RI)*. Κατόπιν σύμφωνα με τη θεωρία του Saaty ορίζεται ο *λόγος συνέπειας (consistency ratio - CR)*

$$CR = CI/RI \quad (4-11)$$

Ο λόγος συνέπειας αποτελεί μέτρο σύγκρισης των δεικτών συνέπειας του εξεταζόμενου πίνακα με τους αντίστοιχους δείκτες τυχαίων πινάκων. Αποδεκτές τιμές του λόγου συνέπειας είναι εκείνες οι οποίες είναι μικρότερες του 10% [266, 268], δηλαδή

$$CR \leq 10\% \quad (4-12)$$

Η διαχείριση της ασυνέπειας στην ΑΙΔ είναι πρωτεύουσας σημασίας αφού ασυνεπείς κρίσεις ενδεχομένως να οδηγήσουν σε εσφαλμένα αποτελέσματα. Για το λόγο αυτό έχουν αναπτυχθεί μοντέλα εύρεσης των ασυνεπειών στις αξιολογήσεις και των προτεινόμενων τρόπων αντιμετώπισής τους [70, 82, 169, 182, 236, 286].

Η διαδικασία εφαρμογής της ΑΙΔ σύμφωνα με τον Saaty [148, 266] έχει ως εξής:

1. Καταγραφή του στόχου που επιδιώκεται με την επίλυση του προβλήματος, εύρεση των εναλλακτικών λύσεων και των κατάλληλων κριτηρίων αξιολόγησής τους.
2. Δόμηση του προβλήματος σε ιεραρχική δομή η οποία περιλαμβάνει τον στόχο, τα κριτήρια, τα υποκριτήρια και τις εναλλακτικές λύσεις.
3. Ξεκινώντας από το δεύτερο επίπεδο της ιεραρχικής δομής:
 - Αξιολόγηση όλων των στοιχείων του δευτέρου επιπέδου κατά ζεύγη και καταχώρηση των αποτελεσμάτων σε πίνακα $n \times n$
 - Εύρεση των βαρών που είναι ο μέσος όρος των στοιχείων κάθε γραμμής του κανονικοποιημένου πίνακα που προκύπτει διαιρώντας κάθε στοιχείο της στήλης του πίνακα αξιολόγησης $n \times n$ με το άθροισμα όλων των στοιχείων της ίδιας στήλης
 - Υπολογισμός του λόγου συνέπειας του πίνακα αξιολογήσεων προκειμένου να διαπιστωθεί εάν οι αξιολογήσεις είναι συνεπείς
4. Επανάληψη του βήματος 3 για όλα τα στοιχεία του επόμενου επιπέδου αλλά με αναφορά στο κριτήριο του αμέσως ανώτερου επιπέδου
5. Σύνθεση των τοπικών προτεραιοτήτων της ιεραρχικής δομής για την εξαγωγή της ολικής αξιολόγησης κάθε εναλλακτικής λύσης

Η ΑΙΔ έχει εφαρμογή σχεδόν σε κάθε τομέα της σύγχρονης ζωής όπως για παράδειγμα σε ενεργειακά και περιβαλλοντικά θέματα [22, 54, 65, 78, 93, 151, 207, 359], στη δρομολόγηση σε δίκτυα επικοινωνιών [6], στην αξιολόγηση βιομηχανιών υψηλής τεχνολογίας [57], σε βιομηχανικές διαδικασίες [310], στο σχεδιασμό πανεπιστημιακών μονάδων [282], σε ζητήματα διαχείρισης υγειονομικών αποβλήτων [45], στη διαχείριση έργων [195], στην επιλογή της καλύτερης τοποθεσίας ανέγερσης νοσοκομείου [348], στην αξιολόγηση αρδευτικών συστημάτων [154], στην βελτίωση του ελέγχου ασφαλείας

των επιβατών στα αεροδρόμια [352], στην πρόβλεψη φαινομένων χρεοκοπίας και στην αξιολόγηση της επίδρασης των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων στο βιοτικό επίπεδο των κατοίκων [55]. Η ΑΙΔ μπορεί να ενσωματώσει αντικειμενικά και υποκειμενικά κριτήρια καθώς και ποσοτικές και ποιοτικές αξιολογήσεις [17, 54, 139, 255, 342].

Όταν απαιτείται ομαδική λήψη αποφάσεων οι κρίσεις των επιμέρους ομάδων πρέπει να συνδυαστούν σε μια συνολική απόφαση. Ο συνδυασμός αυτός μπορεί να γίνει με το γεωμετρικό μέσο όρο των ατομικών αξιολογήσεων ή με διάφορες μεθοδολογίες που έχουν αναπτυχθεί ανάλογα με τη φύση και τις ιδιαιτερότητες του εκάστοτε προβλήματος αλλά και τα χαρακτηριστικά των ομάδων λήψης αποφάσεων [8, 20, 28, 208, 275].

Άλλα ζητήματα που σχετίζονται με την ΑΙΔ είναι η αβεβαιότητα στις αξιολογήσεις των εναλλακτικών λύσεων κατά ζεύγη. Τέτοια ζητήματα αβεβαιότητας μπορεί για παράδειγμα να αντιμετωπισθούν με την εύρεση των πιθανοτήτων αλλαγής της συνολικής κατάταξης μιας εναλλακτικής λύσης [276]. Η αβεβαιότητα μπορεί να σχετίζεται και με το μελλοντικό περιβάλλον λήψης της απόφασης που προϋποθέτει την ανάπτυξη ανάλογων σεναρίων καθώς και την εφαρμογή μεθόδων προσομοίωσης [176]. Σε άλλες περιπτώσεις η αβεβαιότητα αντιμετωπίζεται με μαθηματικές και στατιστικές μεθόδους [70, 82], την προσέγγιση διαστήματος (interval approach) [96, 299] ή με στοιχεία από τη θεωρία της ασαφούς λογικής (fuzzy logic) [39, 173, 184, 208, 333, 335, 339, 350, 353].

Έχουν αναπτυχθεί και αξιολογηθεί αρκετές εναλλακτικές λύσεις ως προς την αριθμητική κλίμακα αξιολόγησης της ΑΙΔ καθώς και των μεθόδων εξαγωγής των ολικών προτεραιοτήτων (prioritization methods) [39, 83, 98, 208, 296, 312, 341]. Ωστόσο η αξιοπιστία της κατάταξης με βάση τις μεθόδους αυτές έναντι της κλασικής μεθόδου με την χρήση ιδιοδιανυσμάτων αμφισβητείται από τον Saaty, κυρίως όταν ο βαθμός ασυνέπειας των κρίσεων (judgment inconsistency) αυξάνει [271-273].

4.2 Αξιολόγηση ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με την Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία για το σενάριο αναφοράς

Η συνολική αξιολόγηση των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με την Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία προκύπτει από την σύνθεση των επιμέρους αξιολογήσεων των μονάδων ως προς τα κριτήρια και την βαρύτητα αυτών των κριτηρίων (Σχήματα 3-3, 3-4 και 3-5), με βάση την περιγραφή της μεθόδου στην ενότητα 4.1. Συνοπτικά οι αξιολογήσεις των μονάδων ως προς τα κριτήρια τελικού κόμβου, το είδος του κριτηρίου (αν είναι κριτήριο επιθυμητής μεγιστοποίησης ή επιθυμητής ελαχιστοποίησης) και τα βάρη τους απεικονίζονται στον Πίνακα 4-1.

Οι αξιολογήσεις των εναλλακτικών λύσεων ως προς τα κριτήρια είναι στην πλειοψηφία τους αντικειμενική, με εξαίρεση τα κριτήρια «κοινωνικής αποδοχής» και «ισορροπίας οικοσυστήματος», των οποίων η εκτίμηση είναι καθαρά υποκειμενική, ενώ συνδυασμός αντικειμενικής και υποκειμενικής αξιολόγησης έχει εφαρμοσθεί στις αξιολογήσεις των «μη ραδιενεργών εκπομπών» των μονάδων.

Αντίθετα, όλες οι εκτιμήσεις των βαρών των κριτηρίων είναι καθαρά υποκειμενικές. Διαφορετικές ομάδες ληπτών αποφάσεων ενδεχομένως να έχουν διαφορετικές εκτιμήσεις για τη σπουδαιότητα (βαρύτητα) των κριτηρίων στην συνολική αξιολόγηση και την κατάταξη των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων. Για την κάλυψη αυτών των εναλλακτικών σεναρίων εφαρμόζεται *ανάλυση ευαισθησίας (sensitivity analysis)*. Πιο συγκεκριμένα η αρχική αξιολόγηση χαρακτηρίζεται σαν *σενάριο αναφοράς (reference scenario)* με το οποίο συγκρίνονται και αναλύονται μετέπειτα όλα τα υπόλοιπα σενάρια που βασίζονται σε εναλλακτικά σύνολα βαρών κριτηρίων. Η διαδικασία αυτή εφαρμόζεται τόσο στην ΑΙΔ, όσο και στις μεθόδους PROMETHEE και ELECTRE.

Στον Πίνακα 4-2 απεικονίζεται η συμβολή κάθε κριτηρίου τελικού κόμβου στην συνολική αξιολόγηση κάθε τύπου μονάδας με βάση την ΑΙΔ. Το άθροισμα κάθε γραμμής αποτελεί τη συνολική αξιολόγηση της μονάδας στην αντίστοιχη γραμμή ενώ το άθροισμα κάθε στήλης αποτελεί τη συνολική βαρύτητα κάθε κριτηρίου τελικού κόμβου. Για παράδειγμα οι γεωθερμικές μονάδες έχουν 2,01 μονάδες από το κριτήριο δημιουργίας θέσεων εργασίας, 1,9 μονάδες από το κριτήριο της κοινωνικής αποδοχής κ.ο.κ. και η συνολική τους βαθμολογία είναι 14,12%. Αντίστοιχα το κριτήριο της δημιουργίας θέσεων εργασίας συμβάλλει 0,01 μονάδες στις μονάδες άνθρακα/λιγνίτη και πετρελαίου, ενώ το άθροισμα όλων των επιμέρους βαθμολογιών στην στήλη αυτή δίνει το ποσοστό συνολικής βαρύτητας του κριτηρίου αυτού, δηλαδή 5,31%.

Στον Πίνακα 4-3 παρουσιάζεται το ποσοστό συμβολής κάθε κριτηρίου τελικού κόμβου στην συνολική αξιολόγηση κάθε τύπου ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας. Για παράδειγμα το κριτήριο της δημιουργίας θέσεων εργασίας συμβάλλει 0,01 μονάδες στην συνολική αξιολόγηση των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη, η οποία είναι 4,92 μονάδες. Κατά συνέπεια η ποσοστιαία συμμετοχή του κριτηρίου δημιουργίας θέσεων εργασίας στην συνολική βαθμολογία των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη είναι $0,01/4,92$ ή 0,20%. Άλλο παράδειγμα αποτελεί το ποσοστό συμβολής του κριτηρίου αυτού στην αξιολόγηση των μονάδων βιομάζας, το οποίο είναι $2,76/13,13$ ή 21,02%, λόγω του μεγάλου αριθμού θέσεων εργασίας που δημιουργούνται από τις μονάδες αυτές.

Στον Πίνακα 4-4 εμφανίζεται το ποσοστό επιμερισμού της βαρύτητας κάθε κριτηρίου τελικού κόμβου στους δέκα τύπους ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων. Για παράδειγμα το κριτήριο της δημιουργίας θέσεων εργασίας συμβάλλει κατά 0,01 μονάδες στην βαθμολογία των μονάδων άνθρακα λιγνίτη ενώ η συνολική βαρύτητά του είναι 5,31 μονάδες. Κατά συνέπεια το ποσοστό της βαρύτητας του κριτηρίου δημιουργίας θέσεων εργασίας που δίνεται στις μονάδες άνθρακα/λιγνίτη είναι $0,01/5,31$ ή 0,19%. Για το ίδιο κριτήριο της δημιουργίας θέσεων εργασίας το ποσοστό της βαρύτητάς του που κατανέμεται στις μονάδες βιομάζας είναι $2,76/5,31$ ή 51,98%.

Πίνακας 4-1

Αξιολογήσεις ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων, είδη και βάρη κριτηρίων τελικών κόμβων

Τύπος Μονάδας	Δημιουργία θέσεων Εργασίας (Νέοι εργαζόμενοι ανά 500 MW)	Κανονική Αποδοχή (%)	Θανατηφόρα ατυχήματα (αριθμός θανάτων/ΓWέτος)	MMPOE (mg/kWh)	CO ₂ -eq (mg/kWh)	NO _x (mg/kWh)	SO ₂ (mg/kWh)	Αιωρούμενα Σωματίδια (mg/kWh)	Εκπομπές ραδιενέργειας (person-rem/έτος)	Απορριπτήρια έκταση (km ² /1000MW)	Ισορροπία Οικουσιμότητας (%)	Απεβλήματα προς παραγωγή (έτη)	Συντελεστής απόδοσης (%)	Συντελεστής διαθεσιμότητας (%)	Συντελεστής φορτίου (%)	Κόστος κεφαλαίου (€/kW)	Σταθερό κόστος λειτουργίας και συντήρησης (€/kWέτος)	Μεταβλητό κόστος λειτουργίας και συντήρησης (cents/kWh)	Κόστος καυσίμου (cents/kWh)	Εξωτερικό κόστος (cents/kWh)
Άνθρακα/ Λιγνίτη	2500	3,86	342	24	986000	2986	16511	347	490	2,5	3,19	164	39,4	85,4	70,8	975	19	0,183	1,31	8,40
Πετρελαίου	2500	2,93	385	18	1131178	5253	81590	128	0	2,5	4,96	40,5	37,5	92	26,2	483	6,25	0,233	1,84	6,75
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	2460	4,32	85	118	560000	1477	152	34	0	2,5	9,39	66,7	39	91	16,6	612	10,83	0,27	2,34	2,00
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	2460	5,81	85	118	450000	756	152	6	0	2,5	15,40	66,7	54,8	91	38,2	587	10	0,233	2,34	1,33
Πυρηνική	2500	1,78	8	0	21435	51	27	2	4,8	2,5	2,77	70	33,5	96	90,5	1590	30	0,033	0,27	0,49
Υδροηλεκτρική	2500	10,75	883	0	22696	23	33	5	0	750	6,00	10000	80	50	29,6	2417	72,5	0,486	0	0,56
Αιολική	5635	20,55	103	0	17652	32	54	20	0	100	7,73	10000	35	38	32,1	1250	25	0,417	0	0,16
Φωτοβολταϊκή	5370	23,53	3	70	49174	178	257	101	0	35	26,86	10000	9,4	20	22,4	4167	16,67	1,667	0	0,24
Βιομάζας	36055	8,52	0	80	58000	1325	76	269	0	5000	15,30	10000	28	80	70	1667	60,83	0,708	2,05	2,65
Γεωθερμική	27050	17,95	0	0	18913	280	20	0	0	18	8,40	10000	6	95	82,5	2158	83,33	0,025	0	0,20
Ελαχιστοποίηση /Μεγιστοποίηση	max	max	min	min	min	min	min	min	min	min	max	max	max	max	max	min	min	min	min	min
Βάρος Κριτηρίου	5,31	10,61	3,60	0,90	2,09	1,86	1,67	5,43	9,45	1,14	10,42	11,22	4,64	4,06	1,77	11,88	0,34	1,38	3,84	8,39

Πίνακας 4-2

Επιμέρους συμβολή κριτηρίων τελικών κόμβων στην συνολική αξιολόγηση κάθε ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας

Τύπος Μονάδας	Δημιουργία Θέσεων Εργασίας	Κανονική Απόδοχή	Θανατηφόρα σπυρίσματα	ΜΜΠΟΕ	CO ₂ -εξ	NO _x	SO ₂	Αιωρούμενα Σωματίδια	Εκπομπές ραδιενέργειας	Απατούμενη έκταση	Ισορροπία Οικουσιμότητας	Απεβλήματα προς παραγωγή	Συντελεστής απόδοσης	Συντελεστής διαθεσιμότητας	Συντελεστής φορτίου	Κόστος κεφαλαίου	Σταθερό κόστος λειτουργίας και συντήρησης	Μεταβλητό κόστος λειτουργίας και συντήρησης	Κόστος καυσίμου	Εξωτερικό κόστος	Σύνολο
Άνθρακα/ Λιγνίτη	0,01	0,41	0,28	0,11	0,04	0,11	0,15	0	0	0,13	0,33	0,03	0,56	0,49	0,31	1,46	0,04	0,16	0,3	0	4,92
Πετρελαίου	0,01	0,31	0,26	0,12	0	0	0	0,47	1,05	0,13	0,51	0,01	0,52	0,54	0,05	1,69	0,05	0,16	0,14	0,23	6,25
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	0	0,46	0,41	0	0,15	0,18	0,19	0,66	1,05	0,13	0,98	0,01	0,55	0,54	0	1,63	0,05	0,15	0	0,88	8,02
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0	0,62	0,41	0	0,18	0,21	0,19	0,72	1,05	0,13	1,6	0,01	0,81	0,54	0,12	1,65	0,05	0,16	0	0,97	9,42
Πυρηνική	0,01	0,19	0,45	0,14	0,29	0,24	0,19	0,73	1,05	0,13	0,29	0,01	0,46	0,57	0,42	1,19	0,04	0,18	0,6	1,08	8,26
Υδροηλεκτρική	0,01	1,14	0	0,14	0,29	0,24	0,19	0,73	1,05	0,11	0,62	2,23	0,81	0,23	0,08	0,81	0,01	0,13	0,68	1,07	10,57
Αιολική	0,26	2,18	0,41	0,14	0,29	0,24	0,19	0,69	1,05	0,12	0,81	2,23	0,49	0,14	0,09	1,35	0,04	0,14	0,68	1,13	12,67
Φωτοβολταϊκή	0,24	2,5	0,46	0,06	0,28	0,23	0,19	0,52	1,05	0,13	2,8	2,23	0,06	0	0,03	0	0,05	0,01	0,68	1,12	12,64
Βιομάζας	2,76	0,9	0,46	0,05	0,28	0,18	0,19	0,17	1,05	0	1,59	2,23	0,37	0,45	0,3	1,16	0,01	0,11	0,08	0,79	13,13
Γεωθερμική	2,01	1,9	0,46	0,14	0,29	0,23	0,19	0,74	1,05	0,13	0,89	2,23	0,01	0,56	0,37	0,94	0	0,18	0,68	1,12	14,12
Σύνολο	5,31	10,61	3,60	0,90	2,09	1,86	1,67	5,43	9,45	1,14	10,42	11,22	4,64	4,06	1,77	11,88	0,34	1,38	3,84	8,39	100

Πίνακας 4-3
Ποσοστό συμβολής κάθε κριτηρίου τελικού κόμβου στην συνολική αξιολόγηση κάθε ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας

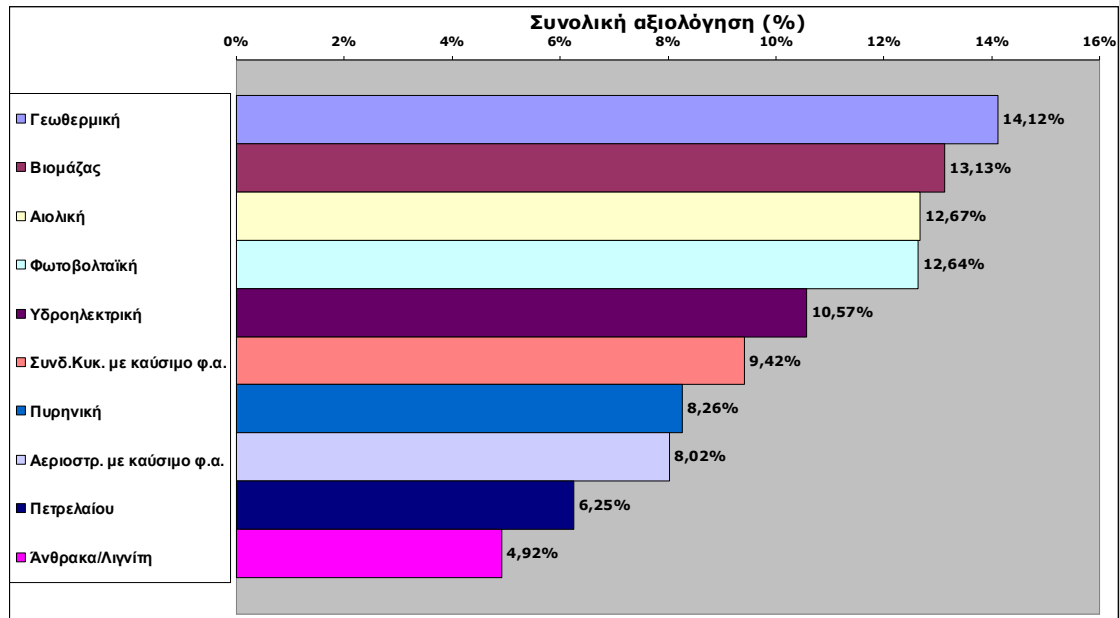
Τύπος Μονάδας	Δημιουργία θέσεων Εργασίας (%)	Κανονική Αποδοχή (%)	Θανατηφόρα σπυρίγματα (%)	ΜΜΠΟΕ (%)	CO ₂ -εξ (%)	NO _x (%)	SO _x (%)	Αιωρούμενα Σωματίδια (%)	Εκπομπές ραδιενέργειας (%)	Απατούμενη έκταση (%)	Ισορροπία Οικουσιτίματος (%)	Αποβέματα προς παραγωγή (%)	Συντελεστής απόδοσης (%)	Συντελεστής διαθεσιμότητας (%)	Συντελεστής φορτίου (%)	Κόστος κεφαλαίου (%)	Σταθερό κόστος λειτουργίας και συντήρησης (%)	Μεταβλητό κόστος λειτουργίας και συντήρησης (%)	Κόστος καυσίμου (%)	Εξωτερικό κόστος (%)	Σύνολο (%)
Άνθρακα/ Λιγνίτη	0,20%	8,33%	5,69%	2,24%	0,81%	2,24%	3,05%	0,00%	0,00%	2,64%	6,71%	0,61%	11,38%	9,96%	6,30%	29,67%	0,81%	3,25%	6,10%	0,00%	100%
Πετρελαίου	0,16%	4,96%	4,16%	1,92%	0,00%	0,00%	0,00%	7,52%	16,80%	2,08%	8,16%	0,16%	8,32%	8,64%	0,80%	27,04%	0,80%	2,56%	2,24%	3,68%	100%
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	0,00%	5,74%	5,11%	0,00%	1,87%	2,24%	2,37%	8,23%	13,09%	1,62%	12,22%	0,12%	6,86%	6,73%	0,00%	20,32%	0,62%	1,87%	0,00%	10,97%	100%
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,00%	6,58%	4,35%	0,00%	1,91%	2,23%	2,02%	7,64%	11,15%	1,38%	16,99%	0,11%	8,60%	5,73%	1,27%	17,52%	0,53%	1,70%	0,00%	10,30%	100%
Πυρηνική	0,12%	2,30%	5,45%	1,69%	3,51%	2,91%	2,30%	8,84%	12,71%	1,57%	3,51%	0,12%	5,57%	6,90%	5,08%	14,41%	0,48%	2,18%	7,26%	13,08%	100%
Υδροηλεκτρική	0,09%	10,79%	0,00%	1,32%	2,74%	2,27%	1,80%	6,91%	9,93%	1,04%	5,87%	21,10%	7,66%	2,18%	0,76%	7,66%	0,09%	1,23%	6,43%	10,12%	100%
Αιολική	2,05%	17,21%	3,24%	1,10%	2,29%	1,89%	1,50%	5,45%	8,29%	0,95%	6,39%	17,60%	3,87%	1,10%	0,71%	10,66%	0,32%	1,10%	5,37%	8,92%	100%
Φωτοβολταϊκή	1,90%	19,78%	3,64%	0,47%	2,22%	1,82%	1,50%	4,11%	8,31%	1,03%	22,15%	17,64%	0,47%	0,00%	0,24%	0,00%	0,40%	0,08%	5,38%	8,86%	100%
Βιομάζας	21,02%	6,85%	3,50%	0,38%	2,13%	1,37%	1,45%	1,29%	8,00%	0,00%	12,11%	16,98%	2,82%	3,43%	2,28%	8,83%	0,08%	0,84%	0,61%	6,02%	100%
Γεωθερμική	14,24%	13,46%	3,26%	0,99%	2,05%	1,63%	1,35%	5,24%	7,44%	0,92%	6,30%	15,79%	0,07%	3,97%	2,62%	6,66%	0,00%	1,27%	4,82%	7,93%	100%

Πίνακας 4-4

Ποσοστό επιμερισμού της βαρύτητας κάθε κριτηρίου τελικού κόμβου στους δέκα τύπους ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων

Τύπος Μονάδας	Διμιοργία θέσεων Εργασίας (%)	Κανονική Αποδοχή (%)	Θανασιφόρα σπυρίσματα (%)	ΜΜΠΟΕ (%)	CO ₂ -εξ (%)	NO _x (%)	SO _x (%)	Αιωρούμενα Σωματίδια (%)	Εκπομπές ραδιενέργειας (%)	Αποσπώμενη έκταση (%)	Ισορροπία Οικολογικού Πρωτόκολλου (%)	Απεβλήματα προς παραγωγή (%)	Συντελεστής απόδοσης (%)	Συντελεστής διαθεσιμότητας (%)	Συντελεστής φορτίου (%)	Κόστος κεφαλαίου (%)	Στεγνό κόστος λειτουργίας και συντήρησης (%)	Μεταβλητό κόστος λειτουργίας και συντήρησης (%)	Κόστος καυσίμου (%)	Εξοπλιστικό κόστος (%)
Άνθρακα/Λιγνίτη	0,19%	3,86%	7,78%	12,22%	1,91%	5,91%	8,98%	0,00%	0,00%	11,40%	3,17%	0,27%	12,07%	12,07%	17,51%	12,29%	11,76%	11,59%	7,81%	0,00%
Πετρελαίου	0,19%	2,92%	7,22%	13,33%	0,00%	0,00%	0,00%	8,66%	11,11%	11,40%	4,89%	0,09%	11,21%	13,30%	2,82%	14,23%	14,71%	11,59%	3,65%	2,74%
Αεριοστρόβιλου με καύσιμο φ.α.	0,00%	4,34%	11,39%	0,00%	7,18%	9,68%	11,38%	12,15%	11,11%	11,40%	9,40%	0,09%	11,85%	13,30%	0,00%	13,72%	14,71%	10,87%	0,00%	10,49%
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,00%	5,84%	11,39%	0,00%	8,61%	11,29%	11,38%	13,26%	11,11%	11,40%	15,36%	0,09%	17,46%	13,30%	6,78%	13,89%	14,71%	11,59%	0,00%	11,56%
Πυρηνική	0,19%	1,79%	12,50%	15,56%	13,88%	12,90%	11,38%	13,44%	11,11%	11,40%	2,78%	0,09%	9,91%	14,04%	23,73%	10,02%	11,76%	13,04%	15,63%	12,87%
Υδροηλεκτρική	0,19%	10,74%	0,00%	15,56%	13,88%	12,90%	11,38%	13,44%	11,11%	9,65%	5,95%	19,88%	17,46%	5,67%	4,52%	6,82%	2,94%	9,42%	17,71%	12,75%
Αιολική	4,90%	20,55%	11,39%	15,56%	13,88%	12,90%	11,38%	12,71%	11,11%	10,53%	7,77%	19,88%	10,56%	3,45%	5,08%	11,36%	11,76%	10,14%	17,71%	13,47%
Φωτοβολταϊκή	4,52%	23,56%	12,78%	6,67%	13,40%	12,37%	11,38%	9,58%	11,11%	11,40%	26,87%	19,88%	1,29%	0,00%	1,69%	0,00%	14,71%	0,72%	17,71%	13,35%
Βιομάζας	51,98%	8,48%	12,78%	5,56%	13,40%	9,68%	11,38%	3,13%	11,11%	0,00%	15,26%	19,88%	7,97%	11,08%	16,95%	9,76%	2,94%	7,97%	2,08%	9,42%
Γεωθερμική	37,85%	17,91%	12,78%	15,56%	13,88%	12,37%	11,38%	13,63%	11,11%	11,40%	8,54%	19,88%	0,22%	13,79%	20,90%	7,91%	0,00%	13,04%	17,71%	13,35%
Σύνολα (%)	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Με βάση τις παραδοχές που έχουν γίνει για το σενάριο αναφοράς και τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν στον Πίνακα 4-2 προκύπτει η αξιολόγηση και κατάταξη των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με βάση την Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία που απεικονίζεται στο Σχήμα 4-2.



Σχήμα 4-2

Συνολική αξιολόγηση ανά τύπο ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας με βάση την Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία

Στις πέντε πρώτες θέσεις της συνολικής κατάταξης είναι οι πέντε τύποι μονάδων που βασίζονται σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Πρώτες στην κατάταξη είναι οι γεωθερμικές μονάδες με 14,12%, ακολουθούν οι μονάδες βιομάζας, οι αιολικές και οι φωτοβολταϊκές με μικρές διαφοροποιήσεις στα συνολικά ποσοστά τους, τα οποία είναι 13,13%, 12,67% και 12,64% αντίστοιχα. Οι αξιολογήσεις των τριών αυτών τύπων μονάδων απέχουν 1%-1,5% σε απόλυτες τιμές από αυτή των γεωθερμικών μονάδων. Στην πέμπτη θέση βρίσκονται οι υδροηλεκτρικές μονάδες με ποσοστό 10,57% και διαφορά 3,5% περίπου από την πρώτη θέση και 2%-2,5% από τις υπόλοιπες τρεις μονάδες στις θέσεις δύο έως τέσσερα.

Ο καλύτερος τύπος μονάδας εκτός εκείνων που βασίζονται σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι αυτός του φυσικού αερίου με τεχνολογία συνδυασμένου κύκλου και συνολική αξιολόγηση 9,42%. Οι πυρηνικές μονάδες βρίσκονται στην έβδομη θέση με ποσοστό 8,26%, ενώ πολύ κοντά τους είναι οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο και αξιολόγηση 8,02%. Στις δύο τελευταίες θέσεις κατατάσσονται οι μονάδες πετρελαίου και άνθρακα/λιγνίτη (με ποσοστά 6,25% και 4,92% αντίστοιχα) που αποτέλεσαν τον βασικό κορμό της ηλεκτροπαραγωγικής διαδικασίας για πολλές δεκαετίες, ωστόσο υστερούν σημαντικά συγκρινόμενες με τους υπόλοιπους τύπους μονάδων ως προς τα προτεινόμενα κριτήρια αξιολόγησης.

4.2.1 Ανάλυση αξιολόγησης ανά ηλεκτροπαραγωγική μονάδα

Στην ανάλυση αξιολόγησης ανά ηλεκτροπαραγωγική μονάδα εξετάζεται η ποσοστιαία συμβολή κάθε κριτηρίου τελικού κόμβου καθώς και η συμβολή των τριών βασικών κριτηρίων αξιολόγησης στην τελική βαθμολογία της μονάδας. Εξετάζεται δηλαδή σε ποια κριτήρια υπερτερεί και σε ποια κριτήρια υστερεί κάθε τύπος μονάδας. Τα συμπεράσματα αυτά είναι ιδιαίτερα σημαντικά για τους λήπτες αποφάσεων προκειμένου να γνωρίζουν εάν ενδεχόμενες διαφοροποιήσεις στα δεδομένα στο μέλλον θα επηρεάσουν θετικά ή αρνητικά την συνολική εκτίμηση κάθε τύπου μονάδας.

Πρέπει να διευκρινισθούν δύο σημαντικά στοιχεία προκειμένου να κατανοηθούν καλύτερα τα αποτελέσματα της αξιολόγησης. Σε κριτήριο επιθυμητής ελαχιστοποίησης, αύξηση των τιμών της αξιολόγησης ενός τύπου μονάδας ως προς αυτό το κριτήριο οδηγεί σε ελαχιστοποίηση ή και μηδενισμό της αντίστοιχης αξιολόγησης. Για παράδειγμα η εκπομπή μεγάλων ποσοτήτων ισοδυνάμων διοξειδίου του άνθρακα από μονάδες πετρελαίου (Πίνακας 4-1), οδηγεί σε μηδενισμό της αξιολόγησης της μονάδας αυτού του τύπου ως προς το αντίστοιχο κριτήριο (Πίνακας 4-2).

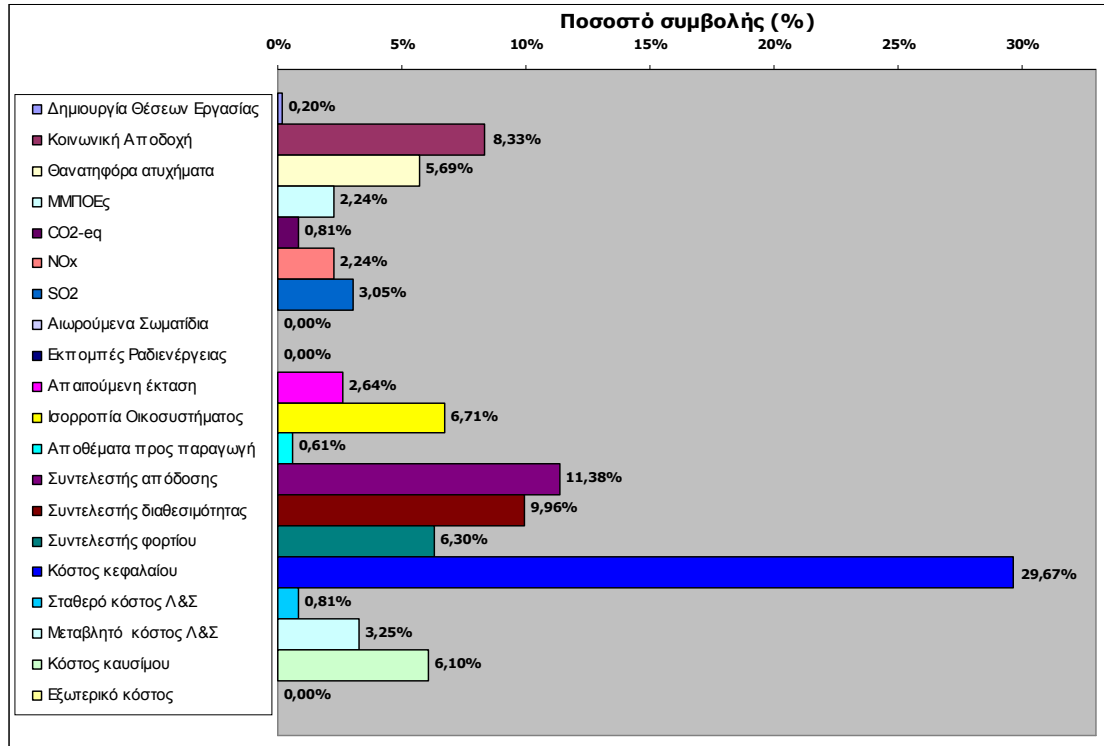
Η δεύτερη διευκρίνιση που πρέπει να γίνει είναι ότι ακόμα κι αν μια μονάδα έχει χαμηλή επίδοση σε κάποιο κριτήριο ενδέχεται αυτό το κριτήριο να συμβάλει σε σημαντικό ποσοστό στην συνολική της αξιολόγηση. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε δύο λόγους. Ο πρώτος είναι η μεγάλη βαρύτητα του κριτηρίου αυτού και ο δεύτερος είναι ότι παρόλο που μία μονάδα δεν έχει καλή επίδοση σε κάποιο κριτήριο, ωστόσο η κακή της επίδοση σε αυτό το κριτήριο είναι μικρότερη αναλογικά από την κακή της επίδοση ως προς κάποιο άλλο κριτήριο. Για παράδειγμα, οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη είναι όγδοες ως προς την κοινωνική αποδοχή με 3,86% (Πίνακας 4-1), ωστόσο το ποσοστό συμβολής του κριτηρίου στην συνολική αξιολόγηση αυτού του τύπου μονάδων είναι 8,33% (Πίνακας 4-3), δηλαδή το πέμπτο καλύτερο μεταξύ των δέκα τύπων μονάδων. Αυτό αποτελεί συνδυασμό της μεγάλης βαρύτητας του κριτηρίου της κοινωνικής αποδοχής με 10,61% (Σχήμα 3-5) και της χειρότερης επίδοσης των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη στα υπόλοιπα κριτήρια τελικού κόμβου.

4.2.1.1 Ανάλυση αξιολόγησης μονάδων άνθρακα/λιγνίτη

Οι μονάδες τύπου άνθρακα/λιγνίτη κατατάσσονται τελευταίες στην ιεράρχηση των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με συνολική αξιολόγηση 4,92%. Στο Σχήμα 4-3 παρουσιάζονται τα ποσοστά συμβολής των κριτηρίων τελικού κόμβου στην αξιολόγηση των μονάδων τύπου άνθρακα/λιγνίτη.

Το κόστος κεφαλαίου είναι το σημαντικότερο κριτήριο τελικού κόμβου για τις μονάδες άνθρακα/λιγνίτη συμβάλλοντας σε ποσοστό 29,67%, δηλαδή περίπου στο 1/3 της συνολικής τους αξιολόγησης. Το κόστος κεφαλαίου των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη είναι σημαντικά χαμηλότερο από εκείνο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και των πυρηνικών μονάδων, είναι όμως υψηλότερο των αντίστοιχων μονάδων πετρελαίου και φυσικού αερίου (Πίνακας 4-1). Σημαντική συμβολή στην συνολική αξιολόγηση των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη έχουν και οι τρεις τεχνολογικοί συντελεστές, δηλαδή οι

συντελεστές απόδοσης, διαθεσιμότητας και φορτίου, με ποσοστά 11,38%, 9,96% και 6,30% αντίστοιχα.



Σχήμα 4-3

Ποσοστά συμβολής κριτηρίων τελικού κόμβου στην συνολική αξιολόγηση των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη

Τα κριτήρια της κοινωνικής αποδοχής και της ισορροπίας οικοσυστήματος συμβάλουν το 8,33% και το 6,71% της βαθμολογίας των μονάδων αυτού του τύπου. Η κοινωνική αποδοχή των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη είναι 3,86% και η συμβολή τους στην ισορροπία του οικοσυστήματος είναι 3,19% (Πίνακας 4-1). Αν και τα ποσοστά αυτά δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλα, ωστόσο η μεγάλη βαρύτητα των κριτηρίων της κοινωνικής αποδοχής και της ισορροπίας του οικοσυστήματος έχουν σαν αποτέλεσμα τη σημαντική συμμετοχή τους στην αξιολόγηση των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη.

Τα ποσοστά συμβολής των δύο αυτών κριτηρίων στην συνολική βαθμολογία των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη δικαιολογούνται, όπως αναλύθηκε και στην ενότητα 4.2.1, από το γεγονός ότι η αρνητική επίδοση των μονάδων αυτών ως προς τις υπόλοιπες για αυτά τα δύο κριτήρια δεν είναι τόσο άσχημη συγκρινόμενη αναλογικά με τις αρνητικές επιδόσεις των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη ως προς κάποια άλλα κριτήρια. Επίσης τα δύο αυτά κριτήρια έχουν μεγάλες βαρύτητες και κατά συνέπεια είναι αναμενόμενο να έχουν σημαντική συμβολή στην βαθμολογία ακόμα και εκείνων των μονάδων οι οποίες δεν έχουν πολύ καλές αξιολογήσεις ως προς αυτά.

Το κόστος καυσίμου και τα θανατηφόρα ατυχήματα είναι δύο άλλα κριτήρια με μεγάλη σχετικά συμμετοχή (6,10% και 5,69% αντίστοιχα) στην βαθμολογία των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη. Τα οκτώ κριτήρια που προαναφέρθηκαν αποτελούν το 84,14% της συνολικής αξιολόγησης των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη πράγμα που σημαίνει ότι αποτελούν βρόμικο για τις μονάδες αυτές και οποιαδήποτε διαφοροποίηση των δεδομένων που αφορούν τα κριτήρια αυτά θα αλλάξει σημαντικά την συνολική βαθμολογία των μονάδων αυτού του τύπου.

Όλα τα υπόλοιπα κριτήρια έχουν συμμετοχή μικρότερη του 3,25% ενώ τρία κριτήρια, αυτά των αιωρούμενων σωματιδίων, της εκπεμπόμενης ραδιενέργειας και του εξωτερικού κόστους έχουν μηδενική συμβολή στην αξιολόγηση των μονάδων αυτού του τύπου. Τα τρία αυτά κριτήρια έχουν σχετικά μεγάλα βάρη (Σχήμα 3-5) που κυμαίνονται από 8,39% έως 10,42% και κατά συνέπεια ο μηδενισμός τους συνεπάγεται ιδιαίτερα αρνητικές επιδόσεις των μονάδων αυτού του τύπου ως προς τα κριτήρια αυτά. Η εκπεμπόμενη ραδιενέργεια κατά τη διάρκεια λειτουργίας των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη είναι εκατονταπλάσια των αντίστοιχων πυρηνικών μονάδων ενώ τα εκπεμπόμενα αιωρούμενα σωματίδια και το εξωτερικό κόστος είναι πολλαπλάσια σε σχέση με τους υπόλοιπους τύπους μονάδων.

Το ποσοστό συμβολής κάθε κριτηρίου τελικού κόμβου προκύπτει από την σύνθεση του βάρους του κάθε κριτηρίου και της επίδοσης του κάθε τύπου μονάδας ως προς αυτό το κριτήριο. Αν όλες οι μονάδες είχαν ίσες επιδόσεις τότε οι συνολικές αξιολογήσεις τους θα ταυτιζόταν με τα αντίστοιχα βάρη των κριτηρίων. Κατά συνέπεια για να αξιολογηθούν τα δυνατά και αδύνατα σημεία των μονάδων δεν αρκούν μόνο τα απόλυτα ποσοστά συμβολής των κριτηρίων στη συνολική αξιολόγηση αλλά πρέπει να εξετασθεί και η ποσοστιαία διαφορά του βάρους κάθε κριτηρίου και του ποσοστού συμβολής του στην αξιολόγηση της μονάδας. Οι ποσοστιαίες αυτές διαφορές ταξινομημένες κατά φθίνουσα σειρά παρουσιάζονται στον Πίνακα 4-5.

Η μεγαλύτερη ποσοστιαία διαφορά είναι 255,98% και αντιστοιχεί στο κριτήριο του συντελεστή φορτίου. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι η συνολική συμβολή στην αξιολόγηση του συντελεστή φορτίου είναι 2,55 φορές περίπου μεγαλύτερη από τη βαρύτητά του, λόγω της εξαιρετικής επίδοσης των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη ως προς αυτό το κριτήριο σε σχέση με τους υπόλοιπους τύπους μονάδων.

Ακολουθούν επτά κριτήρια στα οποία το ποσοστό συμβολής στην συνολική αξιολόγηση είναι υπερδιπλάσιο του βάρους του αντίστοιχου κριτηρίου. Το ποσοστό συμβολής του κόστους κεφαλαίου είναι 1,5 φορές μεγαλύτερο του βάρους του. Αυτό είναι απόρροια του χαμηλού κόστους κεφαλαίου αυτού του τύπου μονάδων. Στα υπόλοιπα έξι κριτήρια με ποσοστά συνολικής αξιολόγησης μεγαλύτερα από 1,3 έως 1,5 φορές του αρχικού τους βάρους ανήκουν δύο οικονομικά κριτήρια (το σταθερό και το μεταβλητό κόστος λειτουργίας και συντήρησης), οι συντελεστές απόδοσης και διαθεσιμότητας, οι μη μεθαινούχες πτητικές οργανικές ενώσεις και η απαιτούμενη έκταση.

Αρνητική ποσοστιαία διαφορά έχουν οκτώ κριτήρια. Πιο εντυπωσιακές οι διαφορές -100% των τριών κριτηρίων των εκπομπών ραδιενέργειας, του εξωτερικού κόστους και

των αιωρούμενων σωματιδίων που έχουν μηδενική συμβολή παρά τη μεγάλη βαρύτητά τους. Αυτό καταδεικνύει τους χειρότερους τομείς απόδοσης των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη που τις οδηγούν και στην τελευταία θέση της συνολικής κατάταξης. Πολύ αρνητικές επιδόσεις και για τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας και του λόγου αποθεμάτων προς παραγωγή. Αν και τα αποθέματα του άνθρακα/λιγνίτη είναι τα μεγαλύτερα σε σχέση με τα υπόλοιπα αποθέματα φυσικών καυσίμων, ωστόσο η σύγκρισή τους με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας οδηγεί σε αυτή την ιδιαίτερα αρνητική επίδοση. Τα ισοδύναμα του διοξειδίου του άνθρακα είναι επίσης ένα αρνητικό στοιχείο των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη με ποσοστιαία διαφορά μεταξύ ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και βάρους κριτηρίου -61,10%.

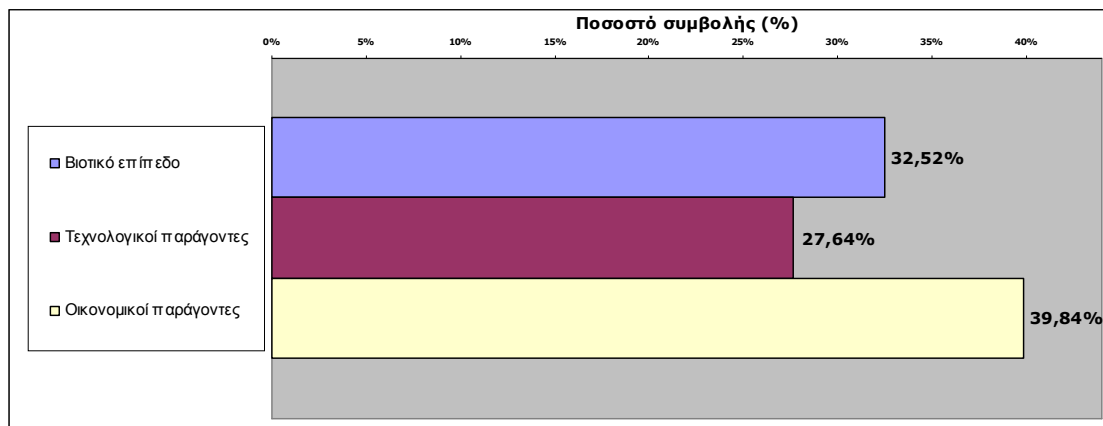
Πίνακας 4-5

Ποσοστιαία διαφορά μεταξύ ποσοστών συμβολής στην συνολική αξιολόγηση των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη και βάρους κριτηρίων τελικού κόμβου

Κριτήριο τελικού κόμβου	Βάρος κριτηρίου	Ποσοστό συμβολής στην συνολική αξιολόγηση	Ποσοστιαία διαφορά μεταξύ ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και βάρους κριτηρίου
Συντελεστής φορτίου	1,77%	6,30%	255,98%
Κόστος κεφαλαίου	11,88%	29,67%	149,79%
ΜΜΠΟΕ	0,90%	2,24%	148,42%
Συντελεστής απόδοσης	4,64%	11,38%	145,30%
Συντελεστής διαθεσιμότητας	4,06%	9,96%	145,30%
Σταθερό κόστος Λ&Σ	0,34%	0,81%	139,12%
Μεταβλητό κόστος Λ&Σ	1,38%	3,25%	135,65%
Απαιτούμενη έκταση	1,14%	2,64%	131,78%
SO ₂	1,67%	3,05%	82,56%
Κόστος καυσίμου	3,84%	6,10%	58,79%
Θανατηφόρα ατυχήματα	3,60%	5,69%	58,08%
NO _x	1,86%	2,24%	20,20%
Κοινωνική αποδοχή	10,61%	8,33%	-21,46%
Ισορροπία οικοσυστήματος	10,42%	6,71%	-35,63%
CO ₂ -eq	2,09%	0,81%	-61,10%
Αποθέματα προς παραγωγή	11,22%	0,61%	-94,57%
Δημιουργία θέσεων εργασίας	5,31%	0,20%	-96,17%
Αιωρούμενα σωματίδια	5,43%	0,00%	-100,00%
Εκπομπές ραδιενέργειας	9,45%	0,00%	-100,00%
Εξωτερικό κόστος	8,39%	0,00%	-100,00%

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει και η ανάλυση με αριθμητικά στοιχεία των δύο κριτηρίων της κοινωνικής αποδοχής και της ισορροπίας οικοσυστήματος που εξετάστηκαν παραπάνω. Στον Πίνακα 4-5 είναι φανερό ότι οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη έχουν αρνητική κοινωνική αποδοχή και δεν συμβάλλουν στην ισορροπία του οικοσυστήματος. Λόγω της υψηλής βαρύτητας των κριτηρίων, τα δύο αυτά κριτήρια συμβάλλουν σημαντικά στην συνολική αξιολόγηση των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη.

Πέρα από τα κριτήρια τελικού κόμβου, σημαντική είναι η αξιολόγηση των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη ως προς τα τρία βασικά κριτήρια, δηλαδή το βιοτικό επίπεδο, τους τεχνολογικούς παράγοντες και τους οικονομικούς παράγοντες. Στο Σχήμα 4-4 παρουσιάζεται η αξιολόγηση των μονάδων τύπου άνθρακα/λιγνίτη ως προς τα τρία βασικά κριτήρια αξιολόγησης, ενώ στον Πίνακα 4-6 αναλύονται οι ποσοστιαίες διαφορές μεταξύ του ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και του βάρους κάθε βασικού κριτηρίου.



Σχήμα 4-4

Ποσοστά συμβολής των τριών βασικών κριτηρίων στην συνολική αξιολόγηση των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη

Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 4-6 το κριτήριο των τεχνολογικών παραγόντων είναι εκείνο στο οποίο υπερτερούν οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη σε σύγκριση με τα δύο άλλα βασικά κριτήρια του βιοτικού επιπέδου και των οικονομικών παραγόντων. Το κριτήριο των τεχνολογικών παραγόντων έχει συμβολή στην συνολική αξιολόγηση αυτού του τύπου μονάδων 27,64%, δηλαδή περίπου 1,64 φορές μεγαλύτερη από το βάρος του το οποίο είναι 10,47%.

Οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη παρουσιάζουν πολύ καλά οικονομικά στοιχεία, γεγονός που τις καθιστά υπολογίσιμες σε μεσοπρόθεσμο ορίζοντα παρά τις σημαντικές αρνητικές τους επιδόσεις κυρίως σε περιβαλλοντικά ζητήματα. Πιο συγκεκριμένα το βασικό κριτήριο των οικονομικών παραγόντων έχει ποσοστό συμβολής στην αξιολόγηση των μονάδων κατά 54,24% μεγαλύτερο από το βάρος του, καταδεικνύοντας τα πολύ καλά οικονομικά στοιχεία των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη. Από τα οικονομικά στοιχεία το μόνο αρνητικό είναι το εξωτερικό κόστος ενώ εξαιρετικές είναι οι επιδόσεις των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη σε κόστος κεφαλαίου, κόστος λειτουργίας και συντήρησης και κόστος καυσίμου (Πίνακας 4-5). Τα πολύ καλά οικονομικά στοιχεία καθιστούν τις μονάδες άνθρακα/λιγνίτη δελεαστικές επιλογές τόσο για επενδυτικά κεφάλαια όσο και για το καταναλωτικό κοινό ακόμα κι αν συμπεριληφθεί το υψηλό εξωτερικό τους κόστος.

Πίνακας 4-6

Ποσοστιαία διαφορά μεταξύ ποσοστών συμβολής στην συνολική αξιολόγηση των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη και βάρους βασικών κριτηρίων

Κριτήριο τελικού κόμβου	Βάρος κριτηρίου	Ποσοστό συμβολής στην συνολική αξιολόγηση	Ποσοστιαία διαφορά μεταξύ ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και βάρους κριτηρίου
Βιοτικό επίπεδο	63,70%	32,52%	-48,95%
Τεχνολογικοί παράγοντες	10,47%	27,64%	163,99%
Οικονομικοί παράγοντες	25,83%	39,84%	54,24%

Το κριτήριο του βιοτικού επιπέδου συμβάλλει συνολικά κατά 32,52% στην αξιολόγηση των μονάδων αυτού του τύπου, ποσοστό που αντιστοιχεί περίπου στο 50% του βάρους αυτού του κριτηρίου. Αυτό καταδεικνύει τις έντονα αρνητικές επιδόσεις των μονάδων αυτών ως προς το βιοτικό επίπεδο των κατοίκων των περιοχών όπου είναι εγκατεστημένες. Είναι χαρακτηριστικό ότι επτά από τα οκτώ κριτήρια τελικού κόμβου με αρνητική ποσοστιαία διαφορά μεταξύ ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και βάρους κριτηρίου (Πίνακας 4-5) είναι υποκριτήρια του βασικού κριτηρίου του βιοτικού επιπέδου. Στα θετικά υποκριτήρια του βιοτικού επιπέδου ανήκουν οι μη μεθανιούχες πτητικές οργανικές ενώσεις και η απαιτούμενη έκταση που καταλαμβάνεται για τη λειτουργία των μονάδων αυτών.

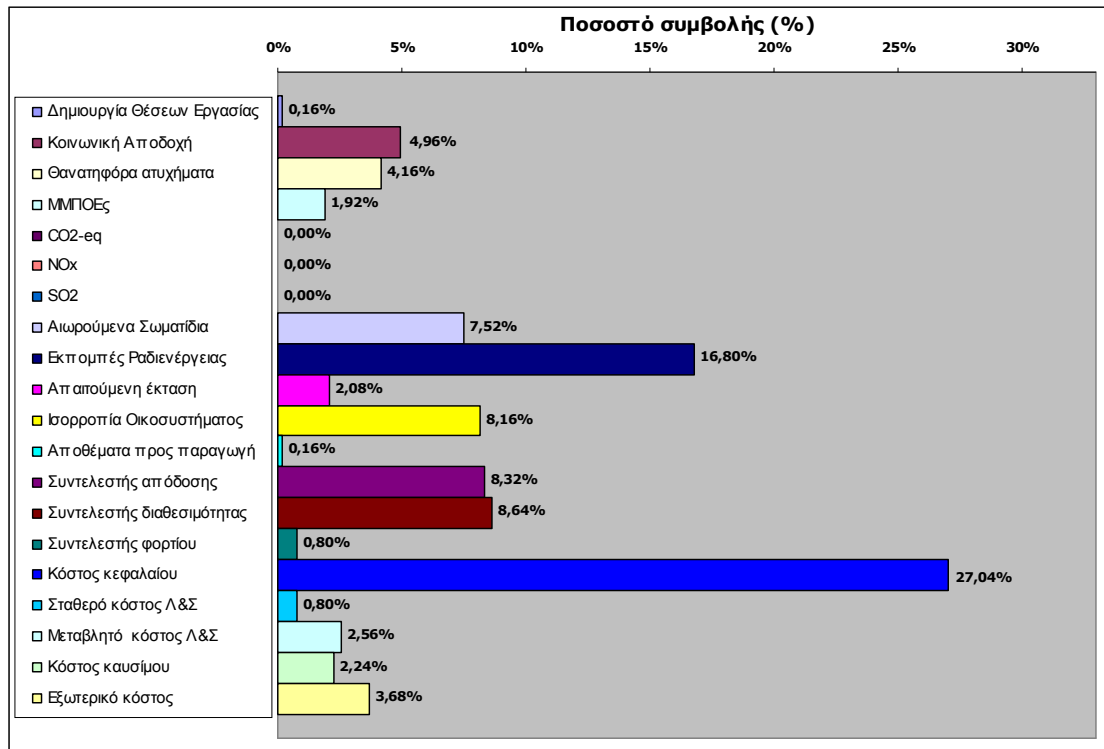
4.2.1.2 Ανάλυση αξιολόγησης μονάδων πετρελαίου

Οι μονάδες πετρελαίου έχουν συνολική αξιολόγηση 6,25% και κατατάσσονται προτελευταίες στην ιεράρχηση των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων (Σχήμα 4-2). Στο Σχήμα 4-5 παρουσιάζονται τα ποσοστά συμβολής των κριτηρίων τελικού κόμβου στην συνολική αξιολόγηση των μονάδων πετρελαίου.

Όπως και στις μονάδες άνθρακα/λιγνίτη, το κόστος κεφαλαίου είναι το κριτήριο τελικού κόμβου με το μεγαλύτερο ποσοστό συμβολής, το οποίο είναι 27,04% στην συνολική αξιολόγηση των μονάδων πετρελαίου. Αυτό είναι άμεση απόρροια του γεγονότος ότι οι μονάδες πετρελαίου έχουν το χαμηλότερο κόστος κεφαλαίου μεταξύ όλων των τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων (Πίνακας 4-1). Είναι ενδιαφέρον να τονιστεί ότι οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη με κόστος κεφαλαίου 975€/kW, αριθμό περίπου διπλάσιο του αντίστοιχου κόστους κεφαλαίου των μονάδων πετρελαίου (483€/kW), έχουν ποσοστό συμβολής του κριτηρίου αυτού στην συνολική τους αξιολόγηση 29,67% ενώ οι μονάδες πετρελαίου έχουν 27,04%, όπως αναφέρθηκε πιο πάνω.

Η μη εκπομπή ραδιενέργειας από τις μονάδες πετρελαίου έχει σαν αποτέλεσμα το αντίστοιχο κριτήριο να συμβάλει κατά 16,80% στην βαθμολογία των μονάδων αυτού του τύπου. Δύο από τους τρεις τεχνολογικούς συντελεστές, οι συντελεστές διαθεσιμότητας και απόδοσης έχουν υψηλά ποσοστά συμβολής 8,64% και 8,32% αντίστοιχα στη συνολική βαθμολογία των μονάδων πετρελαίου. Το κριτήριο της ισορροπίας οικοσυστήματος συμβάλλει κατά 8,16% και εκείνο των αιωρούμενων σωματιδίων 7,52%. Τα έξι αυτά κριτήρια συνολικά αποτελούν το 76,48% της συνολικής βαθμολογίας

των μονάδων πετρελαίου ενώ αποτελούν υποκριτήρια και των τριών βασικών κριτηρίων του βιοτικού επιπέδου, των τεχνολογικών παραγόντων και των οικονομικών παραγόντων, καταδεικνύοντας την πολύπλευρη προέλευση των επιμέρους βαθμολογιών των μονάδων αυτών.



Σχήμα 4-5

Ποσοστά συμβολής κριτηρίων τελικού κόμβου στην συνολική αξιολόγηση των μονάδων πετρελαίου

Εκτός από τα έξι κριτήρια που επισημάνθηκαν, επτά κριτήρια τελικού κόμβου έχουν ποσοστό συμβολής μεταξύ 1,92% και 4,96% και αθροιστική συμβολή 21,6% (Σχήμα 4-5). Είναι επίσης εντυπωσιακό ότι τα υπόλοιπα επτά κριτήρια τελικού κόμβου έχουν επιμέρους ποσοστά συμβολής από 0%-0,80% και συνολικό ποσοστό συμβολής μόλις 1,92%. Μηδενικά ποσοστά συμβολής στην συνολική αξιολόγηση των μονάδων πετρελαίου εμφανίζουν τα ισοδύναμα του διοξειδίου του άνθρακα, τα οξείδια του αζώτου και το διοξείδιο του θείου αφού οι ποσότητες των εκπομπών αυτών των ρύπων από τις αντίστοιχες μονάδες είναι εξαιρετικά υψηλές (Πίνακας 4-1).

Πέρα από τα απόλυτα ποσοστά συμβολής των κριτηρίων τελικού κόμβου, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η εξέταση των ποσοστιαίων διαφορών μεταξύ των βαρών των κριτηρίων τελικού κόμβου και του αντίστοιχου ποσοστού συμβολής τους στην συνολική αξιολόγηση που παρουσιάζεται στον Πίνακα 4-7. Η μεγαλύτερη ποσοστιαία διαφορά είναι της τάξης του 135,29% και αντιστοιχεί στο κριτήριο του σταθερού κόστους λειτουργίας και συντήρησης, ωστόσο λόγω της μικρής βαρύτητας του κριτηρίου αυτού (0,34%) η διαφορά αυτή δεν προκαλεί αξιοσημείωτη αλλαγή στην ολική αξιολόγηση των

μονάδων πετρελαίου. Σε περίπτωση διαφοροποίησης της βαρύτητας του κριτηρίου αυτού από το λήπτη αποφάσεων, οι μονάδες πετρελαίου θα βελτιώσουν σημαντικά την συνολική βαθμολογία τους.

Πίνακας 4-7

Ποσοστιαία διαφορά μεταξύ ποσοστών συμβολής στην συνολική αξιολόγηση των μονάδων πετρελαίου και βάρους κριτηρίων τελικού κόμβου

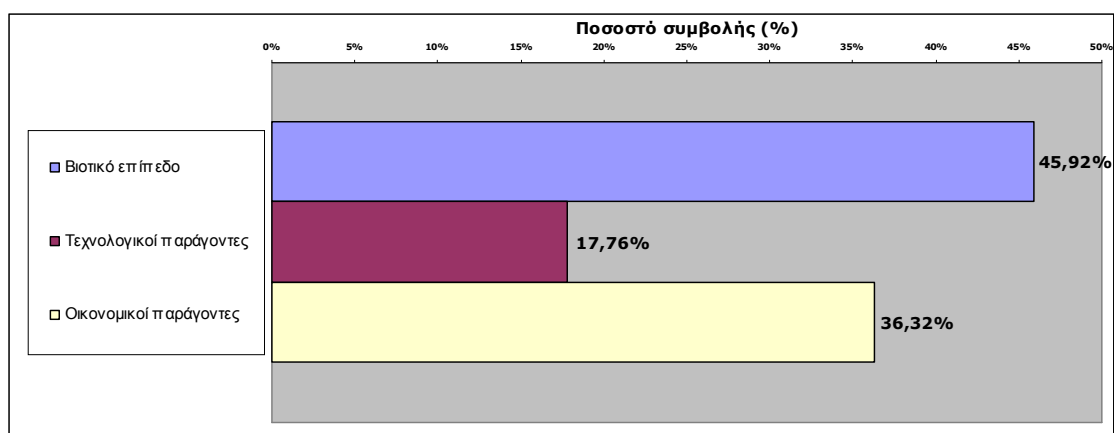
Κριτήριο τελικού κόμβου	Βάρος κριτηρίου	Ποσοστό συμβολής στην συνολική αξιολόγηση	Ποσοστιαία διαφορά μεταξύ ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και βάρους κριτηρίου
Σταθερό κόστος Λ&Σ	0,34%	0,80%	135,29%
Κόστος κεφαλαίου	11,88%	27,04%	127,61%
ΜΜΠΟΕ	0,90%	1,92%	113,33%
Συντελεστής διαθεσιμότητας	4,06%	8,64%	112,81%
Μεταβλητό κόστος Λ&Σ	1,38%	2,56%	85,51%
Απαιτούμενη έκταση	1,14%	2,08%	82,46%
Συντελεστής απόδοσης	4,64%	8,32%	79,31%
Εκπομπές ραδιενέργειας	9,45%	16,80%	77,78%
Αιωρούμενα σωματίδια	5,43%	7,52%	38,49%
Θανατηφόρα ατυχήματα	3,60%	4,16%	15,56%
Ισορροπία οικοσυστήματος	10,42%	8,16%	-21,69%
Κόστος καυσίμου	3,84%	2,24%	-41,67%
Κοινωνική αποδοχή	10,61%	4,96%	-53,25%
Συντελεστής φορτίου	1,77%	0,80%	-54,80%
Εξωτερικό κόστος	8,39%	3,68%	-56,14%
Δημιουργία θέσεων εργασίας	5,31%	0,16%	-96,99%
Αποθέματα προς παραγωγή	11,22%	0,16%	-98,57%
CO ₂ -eq	2,09%	0,00%	-100,00%
NO _x	1,86%	0,00%	-100,00%
SO ₂	1,67%	0,00%	-100,00%

Το κόστος κεφαλαίου είναι επίσης ένα από τα δυνατά σημεία των μονάδων αυτού του τύπου, όπως ήταν και για τις μονάδες άνθρακα/λιγνίτη. Το κριτήριο του κόστους κεφαλαίου έχει και μεγάλη βαρύτητα (11,88%) και συνεπώς φθάνει να συμβάλει περίπου το 1/3 (27,04%) της ολικής αξιολόγησης των μονάδων πετρελαίου. Οι μονάδες αυτές έχουν χαμηλές σχετικά εκπομπές ΜΜΠΟΕ και τον τρίτο καλύτερο συντελεστή διαθεσιμότητας με αποτέλεσμα τα αντίστοιχα ποσοστά συμβολής των κριτηρίων αυτών στην συνολική τους αξιολόγηση να είναι υπερδιπλάσια των αντίστοιχων βαρών τους.

Στα πιο αρνητικά στοιχεία των μονάδων πετρελαίου οι εκπομπές ισοδυνάμων διοξειδίου του άνθρακα, οξειδίων του αζώτου και οξειδίου του θείου. Τα τρία αυτά κριτήρια έχουν -100% ποσοστιαία διαφορά μεταξύ του μηδενικού ποσοστού συμβολής τους στην βαθμολογία των μονάδων πετρελαίου και του βάρους τους. Πολύ αρνητικά κριτήρια αποτελούν και τα αποθέματα προς παραγωγή καθώς και η δημιουργία νέων θέσεων

εργασίας με αντίστοιχα ποσοστά μεγαλύτερα του -96,99%. Άλλα πέντε κριτήρια (συνολικά δέκα) εμφανίζουν αρνητικές ποσοστιαίες διαφορές μεταξύ του ποσοστού συμβολής τους στην συνολική αξιολόγηση των μονάδων πετρελαίου και του βάρους τους.

Όσον αφορά τα τρία βασικά κριτήρια τα αντίστοιχα ποσοστά συμβολής των κριτηρίων αυτών στην συνολική βαθμολογία των μονάδων πετρελαίου απεικονίζονται στο Σχήμα 4-6 ενώ οι ποσοστιαίες διαφορές μεταξύ του ποσοστού συμβολής και του βάρους του κάθε κριτηρίου εμφανίζονται στον Πίνακα 4-8. Σε απόλυτα μεγέθη το βιοτικό επίπεδο εμφανίζει το μεγαλύτερο ποσοστό συμβολής με 45,92% ακολουθούν οι οικονομικοί παράγοντες με 36,22% και τέλος οι τεχνολογικοί παράγοντες με 17,76%.



Σχήμα 4-6

Ποσοστά συμβολής των τριών βασικών κριτηρίων στην συνολική αξιολόγηση των μονάδων πετρελαίου

Η σύγκριση των βαρών των κριτηρίων με τα αντίστοιχα ποσοστά συμβολής αποδεικνύει ότι οι μονάδες πετρελαίου εμφανίζουν πολύ καλές τεχνολογικές επιδόσεις πάντα σε σύγκριση με τα υπόλοιπα βασικά κριτήρια. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι αύξηση της βαρύτητας του κριτηρίου των τεχνολογικών παραγόντων που στο σενάριο αναφοράς είναι 10,47% (Πίνακας 4-8), θα προκαλέσει σημαντική αύξηση της συνολικής βαθμολογίας των μονάδων πετρελαίου. Αυτό θα γίνει ακόμα πιο ξεκάθαρο στην ανάλυση ευαισθησίας που θα ακολουθήσει και θα εξετάσει διαφορετικά σύνολα βαρών των βασικών κριτηρίων. Μοναδικό αρνητικό τεχνολογικό στοιχείο αποτελεί ο συντελεστής φορτίου. Οι συντελεστές διαθεσιμότητας και απόδοσης είναι οι δύο βασικές θετικές συνιστώσες της πολύ καλής τεχνολογικής αξιολόγησης των μονάδων αυτών (Πίνακας 4-7).

Πάνω από το μέσο όρο είναι και οι οικονομικοί παράγοντες των μονάδων πετρελαίου αφού η ποσοστιαία διαφορά μεταξύ του ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και του βάρους του κριτηρίου είναι 40,61% (Πίνακας 4-8). Βασική συνιστώσα αυτής της θετικής επίδοσης είναι το κόστος κεφαλαίου, τόσο λόγω της μεγάλης θετικής ποσοστιαίας διαφοράς μεταξύ ποσοστού συμβολής και βάρους κριτηρίου της τάξης του 135,29% (Πίνακας 4-7) όσο και της μεγάλης βαρύτητάς του (11,88%). Άλλη συνιστώσα

της θετικής επίδοσης των οικονομικών παραγόντων είναι το σταθερό και μεταβλητό κόστος λειτουργίας και συντήρησης που έχουν επίσης μεγάλες θετικές ποσοστιαίες διαφορές, ωστόσο τα βάρη τους είναι εξαιρετικά χαμηλά. Στις αρνητικές οικονομικές συνιστώσες ανήκουν το κόστος καυσίμου και το εξωτερικό κόστος των μονάδων πετρελαίου.

Στον αντίποδα οι μονάδες πετρελαίου αξιολογούνται αρνητικά ως προς τον τρόπο και το βαθμό που επηρεάζουν το βιοτικό επίπεδο αφού παρόλο που το κριτήριο αυτό έχει το μεγαλύτερο ποσοστό συμβολής με 45,92%, ωστόσο η ποσοστιαία διαφορά μεταξύ του ποσοστού συμβολής του στην συνολική αξιολόγηση και του βάρους του είναι -27,91%. Αυτό είναι απόρροια του γεγονότος ότι επτά από τα δέκα κριτήρια τελικού κόμβου με αρνητικές ποσοστιαίες διαφορές μεταξύ συμβολής στην αξιολόγηση και βάρους κριτηρίου είναι υποκριτήρια του βιοτικού επιπέδου (Πίνακας 4-7). Τα πέντε από αυτά τα κριτήρια έχουν σχεδόν μηδενική συμβολή ($\leq 0,16\%$) στην ολική βαθμολογία των μονάδων πετρελαίου.

Πίνακας 4-8

Ποσοστιαία διαφορά μεταξύ ποσοστών συμβολής στην συνολική αξιολόγηση των μονάδων πετρελαίου και βάρους βασικών κριτηρίων

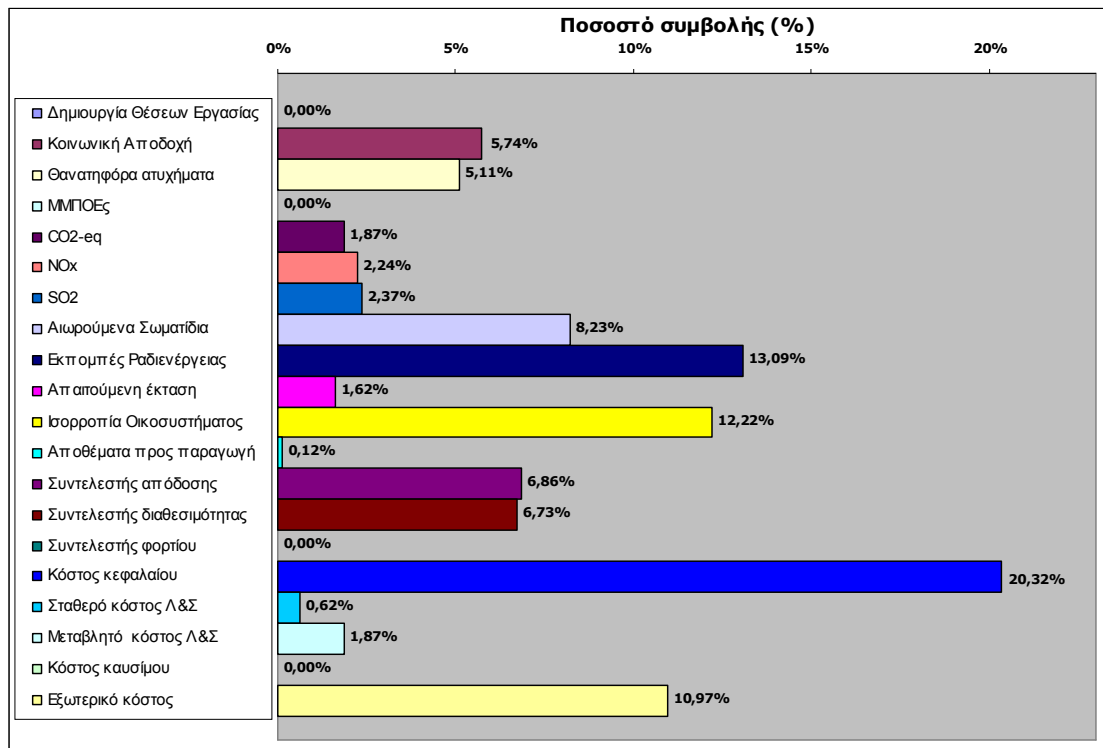
Κριτήριο τελικού κόμβου	Βάρος κριτηρίου	Ποσοστό συμβολής στην συνολική αξιολόγηση	Ποσοστιαία διαφορά μεταξύ ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και βάρους κριτηρίου
Βιοτικό επίπεδο	63,70%	45,92%	-27,91%
Τεχνολογικοί παράγοντες	10,47%	17,76%	69,63%
Οικονομικοί παράγοντες	25,83%	36,32%	40,61%

4.2.1.3 Ανάλυση αξιολόγησης μονάδων αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο

Οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο κατατάσσονται όγδοες με συνολική βαθμολογία 8,02%, ξεπερνώντας τις μονάδες πετρελαίου και άνθρακα/λιγνίτη. Για την ανάλυση της συνολικής αξιολόγησης είναι απαραίτητη η απεικόνιση των επιμέρους συμβολών σε αυτή των είκοσι κριτηρίων τελικού κόμβου. Το ποσοστό συμβολής κάθε κριτηρίου τελικού κόμβου στην συνολική αξιολόγηση των μονάδων αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο απεικονίζεται στο Σχήμα 4-7.

Το κόστος κεφαλαίου είναι το κριτήριο με το μεγαλύτερο ποσοστό συμβολής (20,32%) στη συνολική βαθμολογία και για τις μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο. Ακολουθεί το κριτήριο των εκπομπών ραδιενέργειας με 13,09%, της ισορροπίας οικοσυστήματος με 12,22% και του εξωτερικού κόστους με 10,97%. Στα θετικά των μονάδων αυτού του τύπου είναι ο σχετικά χαμηλός αριθμός εκπεμπόμενων αιωρούμενων σωματιδίων και οι καλές επιδόσεις των συντελεστών απόδοσης και διαθεσιμότητας. Το κριτήριο της κοινωνικής αποδοχής συμβάλλει κατά 5,74% στην βαθμολογία των μονάδων αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο κυρίως λόγω της μεγάλης βαρύτητάς του (10,61%). Η ποσοστιαία διαφορά μεταξύ ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και βάρους του κριτηρίου της κοινωνικής αποδοχής για τις μονάδες αυτές

είναι -45,94%, όπως αναλύεται στον Πίνακα 4-9. Σχετικά χαμηλός είναι ο αριθμός των θανατηφόρων ατυχημάτων στις μονάδες αυτού του τύπου και κατά συνέπεια το ποσοστό συμβολής του αντίστοιχου κριτηρίου είναι 5,11%. Τα εννέα κριτήρια τελικού κόμβου που προαναφέρθηκαν συνεισφέρουν συνολικά 89,27% στην ολική βαθμολογία των μονάδων ενώ τα υπόλοιπα έντεκα μόλις το 10,73%.



Σχήμα 4-7

Ποσοστά συμβολής κριτηρίων τελικού κόμβου στην συνολική αξιολόγηση των μονάδων αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο

Μηδενικά ποσοστά συμβολής έχουν τα κριτήρια της δημιουργίας νέων θέσεων εργασίας, των ΜΜΠΟΕ, του συντελεστή φορτίου και του κόστους καυσίμου. Τα δύο πρώτα είναι υποκριτήρια του βασικού κριτηρίου του βιοτικού επιπέδου, το τρίτο είναι υποκριτήριο των τεχνολογικών παραγόντων και το τέταρτο των οικονομικών παραγόντων.

Σημαντικότερη ίσως διαφοροποίηση των μονάδων αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο σε σχέση με τις μονάδες πετρελαίου και άνθρακα/λιγνίτη είναι το μικρότερο εξωτερικό τους κόστος (2,00 €cents/kWh έναντι 6,75 €cents/kWh και 8,40 €cents/kWh αντίστοιχα) που οδηγεί σε ποσοστό συμβολής αυτού του κριτηρίου κατά 10,97% στη συνολική αξιολόγηση για τις μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο έναντι 3,68% για τις μονάδες πετρελαίου και 0% για τις μονάδες άνθρακα/λιγνίτη.

Η ανάλυση της ποσοστιαίας διαφοράς μεταξύ του ποσοστού συμβολής στη συνολική αξιολόγηση και του βάρους κάθε κριτηρίου τελικού κόμβου για τις μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο απεικονίζεται στον Πίνακα 4-9. Τα κύρια

συμπεράσματα από την ανάλυση του Πίνακα 4-9 είναι ότι καμία ποσοστιαία διαφορά δεν ξεπερνά το 100%, 13 διαφορές είναι θετικές και 7 αρνητικές. Πιο θετικές επιδόσεις για τις μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο εμφανίζονται στα κριτήρια σταθερού κόστους λειτουργίας και συντήρησης καθώς και του κόστους κεφαλαίου ακολουθούμενα από το συντελεστή διαθεσιμότητας και τις μικρές σχετικά ποσότητες εκπεμπόμενων αιωρούμενων σωματιδίων.

Πίνακας 4-9

Ποσοστιαία διαφορά μεταξύ ποσοτών συμβολής στην συνολική αξιολόγηση των μονάδων αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο και βάρους κριτηρίων τελικού κόμβου

Κριτήριο τελικού κόμβου	Βάρος κριτηρίου	Ποσοστό συμβολής στην συνολική αξιολόγηση	Ποσοστιαία διαφορά μεταξύ ποσοτού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και βάρους κριτηρίου
Σταθερό κόστος Λ&Σ	0,34%	0,62%	83,37%
Κόστος κεφαλαίου	11,88%	20,32%	71,08%
Συντελεστής διαθεσιμότητας	4,06%	6,73%	65,84%
Αιωρούμενα σωματίδια	5,43%	8,23%	51,55%
Συντελεστής απόδοσης	4,64%	6,86%	47,80%
Απαιτούμενη έκταση	1,14%	1,62%	42,19%
Θανατηφόρα ατυχήματα	3,60%	5,11%	42,01%
SO ₂	1,67%	2,37%	41,86%
Εκπομπές ραδιενέργειας	9,45%	13,09%	38,54%
Μεταβλητό κόστος Λ&Σ	1,38%	1,87%	35,53%
Εξωτερικό κόστος	8,39%	10,97%	30,78%
NO _x	1,86%	2,24%	20,67%
Ισορροπία οικοσυστήματος	10,42%	12,22%	17,27%
CO ₂ -eq	2,09%	1,87%	-10,51%
Κοινωνική αποδοχή	10,61%	5,74%	-45,94%
Αποθέματα προς παραγωγή	11,22%	0,12%	-98,89%
Δημιουργία θέσεων εργασίας	5,31%	0,00%	-100,00%
ΜΜΠΟΕ	0,90%	0,00%	-100,00%
Συντελεστής φορτίου	1,77%	0,00%	-100,00%
Κόστος καυσίμου	3,84%	0,00%	-100,00%

Στα πιο αρνητικά στοιχεία των μονάδων αυτού του τύπου το κόστος καυσίμου το οποίο είναι το υψηλότερο μεταξύ όλων των τύπων μονάδων (Πίνακας 4-1), γεγονός που οδηγεί σε μηδενική συμβολή του αντίστοιχου κριτηρίου στην συνολική βαθμολογία των μονάδων αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο (Πίνακας 4-9).

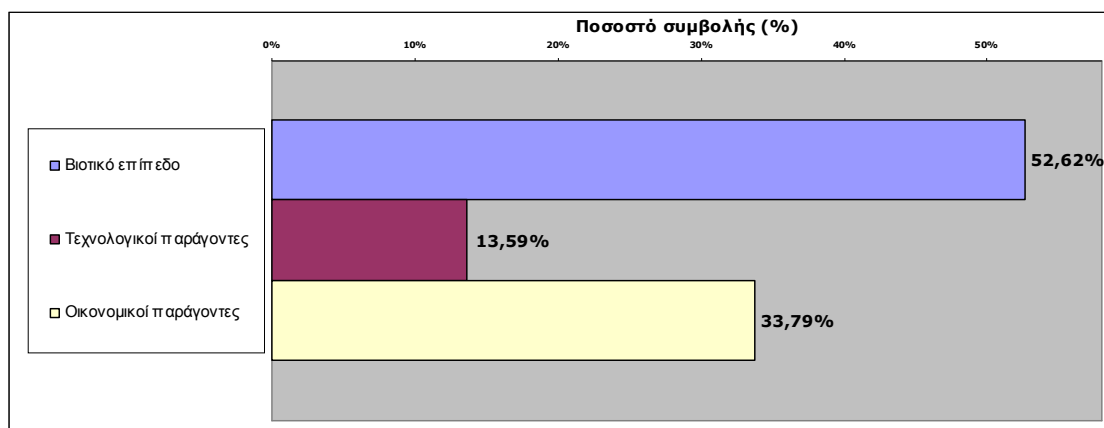
Ανάλογα στοιχεία ισχύουν για το συντελεστή φορτίου ο οποίος είναι ο μικρότερος μεταξύ όλων των μονάδων καθώς και οι εκπεμπόμενες ποσότητες ΜΜΠΟΕ οι οποίες είναι οι μεγαλύτερες μεταξύ όλων των μονάδων (Πίνακας 4-1). Ο ελάχιστος αριθμός δημιουργούμενων νέων θέσεων εργασίας και τα ελάχιστα αποθέματα σε σχέση με την

παραγωγή συμπληρώνουν την πεντάδα των πιο αδύνατων σημείων των μονάδων φασικού αερίου στροβίλου με μηδενική συμβολή στην συνολική αξιολόγησή τους.

Όσον αφορά τα τρία βασικά κριτήρια, τα ποσοστά συμβολής τους στην βαθμολογία των μονάδων αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο απεικονίζονται στο Σχήμα 4-8. Το βιοτικό επίπεδο συμβάλλει κατά 52,62%, οι οικονομικοί παράγοντες κατά 33,79% και οι τεχνολογικοί παράγοντες κατά 13,59%. Συγκριτικά με τις μονάδες άνθρακα/λιγνίτη και πετρελαίου οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο συμβάλλουν πολύ περισσότερο στο καλύτερο βιοτικό επίπεδο των κατοίκων αλλά υστερούν τόσο στα οικονομικά όσο και στα τεχνολογικά στοιχεία αν και τα τρία πιο θετικά κριτήρια τελικού κόμβου (Πίνακας 4-9) είναι υποκριτήρια των δύο τελευταίων βασικών κριτηρίων.

Γενικά στις μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο υπάρχουν υποκριτήρια των βασικών κριτηρίων με αντιδιαμετρικές επιδόσεις και η τελική στάθμιση των επιμέρους επιδόσεων και βαρών είναι αυτή που απεικονίζεται στο Σχήμα 4-8. Για παράδειγμα μπορεί το κόστος κεφαλαίου και το σταθερό κόστος λειτουργίας και συντήρησης να είναι εξαιρετικά για τις μονάδες αυτού του τύπου, ωστόσο το κόστος καυσίμου είναι το χειρότερο μεταξύ όλων των τύπων μονάδων.

Για την εξαγωγή του συνολικού οικονομικού δείκτη μαζί με τα τρία παραπάνω υποκριτήρια συνυπολογίζονται και εκείνα του εξωτερικού κόστους και του μεταβλητού κόστους λειτουργίας και συντήρησης με βάση τη θεωρία της Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας, όπως άλλωστε συμβαίνει και σε όλες τις υπόλοιπες περιπτώσεις.



Σχήμα 4-8

Ποσοστά συμβολής των τριών βασικών κριτηρίων στην συνολική αξιολόγηση των μονάδων αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο

Οι μικρές σχετικά ποσοστιαίες διαφορές μεταξύ των βαρών των κριτηρίων και των ποσοστών συμβολής τους στην συνολική αξιολόγηση των μονάδων αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο (σε σχέση με τις αντίστοιχες των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη και πετρελαίου), οδηγούν σε ποσοστιαίες διαφορές που κυμαίνονται από -17,40% έως 30,82% για τα τρία βασικά κριτήρια, όπως φαίνεται στον Πίνακα 4-10. Η μεγαλύτερη θετική ποσοστιαία διαφορά αναφέρεται στους οικονομικούς παράγοντες και είναι

30,82% ακολουθούμενη από εκείνη των τεχνολογικών παραγόντων με 29,81%. Τα ποσοστά αυτά καθιστούν τις μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο ελκυστικές επενδυτικές επιλογές με τεχνολογική υπεροχή.

Πίνακας 4-10

Ποσοστιαία διαφορά μεταξύ ποσοστών συμβολής στην συνολική αξιολόγηση των μονάδων αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο και βάρους βασικών κριτηρίων

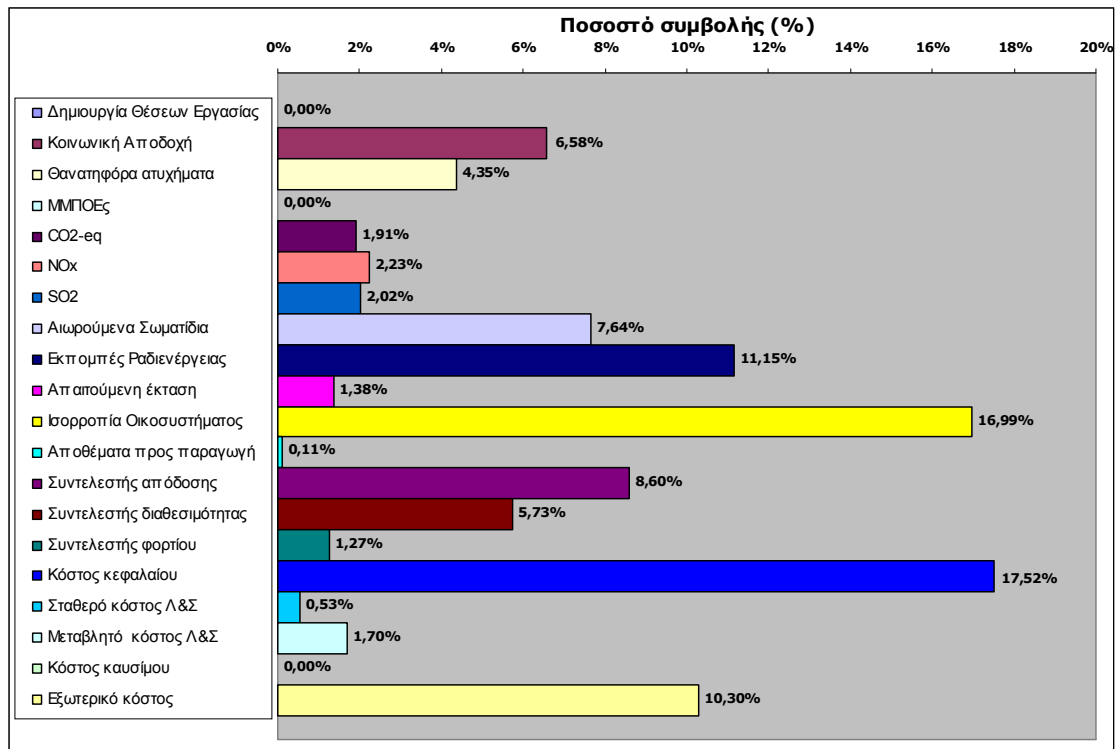
Κριτήριο τελικού κόμβου	Βάρος κριτηρίου	Ποσοστό συμβολής στην συνολική αξιολόγηση	Ποσοστιαία διαφορά μεταξύ ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και βάρους κριτηρίου
Βιοτικό επίπεδο	63,70%	52,62%	-17,40%
Τεχνολογικοί παράγοντες	10,47%	13,59%	29,81%
Οικονομικοί παράγοντες	25,83%	33,79%	30,82%

Αντίθετα οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο επηρεάζουν αρνητικά το βιοτικό επίπεδο, το ποσοστό όμως της αρνητικής τους αξιολόγησης (-17,40%) είναι αναλογικά μικρότερο από εκείνο των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη (-48,95%) καθώς και των μονάδων πετρελαίου (-27,91%). Συμπερασματικά οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο αν και υπερτερούν σε σχέση με τις μονάδες άνθρακα/λιγνίτη και πετρελαίου στην επίδραση στο βιοτικό επίπεδο, συνολικά έχουν αρνητική επίδραση σε αυτό. Παρόμοια αν και η επίδοσή τους στον τομέα των τεχνολογικών και οικονομικών παραγόντων είναι συνολικά θετική, ο βαθμός υπεροχής τους στους τομείς αυτούς είναι μικρότερος από τον αντίστοιχο των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη και πετρελαίου.

4.2.1.4 Ανάλυση αξιολόγησης μονάδων συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο

Οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο αξιολογούνται ως οι καλύτερες μονάδες εξαιρουμένων εκείνων οι οποίες βασίζονται σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ξεπερνώντας ακόμα και τις πυρηνικές μονάδες (Σχήμα 4-2). Καταλαμβάνουν την έκτη θέση στην συνολική κατάταξη με ποσοστό αξιολόγησης 9,42%.

Η ανάλυση της ποσοστιαίας συμβολής των είκοσι κριτηρίων τελικού κόμβου στην συνολική αξιολόγηση των μονάδων συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο παρουσιάζεται στο Σχήμα 4-9. Το κόστος κεφαλαίου έχει κι εδώ το μεγαλύτερο ποσοστό συμβολής 17,52%, όπως και στους προηγούμενους τρεις τύπους μονάδων που παρουσιάστηκαν, αν και το ποσοστό αυτό είναι μικρότερο από το αντίστοιχο εκείνων των τύπων μονάδων. Οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο συμβάλλουν σημαντικά στην ισορροπία του οικοσυστήματος και έχουν μηδενικές εκπομπές ραδιενέργειας. Τα παραπάνω κριτήρια αποτελούν τον 16,99% και 11,15% της συνολικής αξιολόγησης των μονάδων αυτού του τύπου.



Σχήμα 4-9

Ποσοστά συμβολής κριτηρίων τελικού κόμβου στην συνολική αξιολόγηση των μονάδων συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο

Σημαντική συμβολή έχουν και το εξωτερικό κόστος με 10,30%, ο συντελεστής απόδοσης με 8,60%, τα αιωρούμενα σωματίδια με 7,64%, η κοινωνική αποδοχή με 6,58% και ο συντελεστής διαθεσιμότητας με 5,73%. Τα οκτώ αυτά κριτήρια αποτελούν το 84,51% της συνολικής αξιολόγησης των μονάδων συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο. Πρέπει να διευκρινιστεί ότι το κριτήριο της κοινωνικής αποδοχής, παρόλο που έχει σχετικά υψηλή συμμετοχή στην βαθμολογία των μονάδων αυτού του τύπου με 6,58%, έχει μικρότερη ποσοστιαία συμβολή από τη βαρύτητά του, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 4-11.

Όπως και οι αντίστοιχες μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο, οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου έχουν τις χειρότερες επιδόσεις από όλες τις υπόλοιπες όσον αφορά το κόστος καυσίμου, τις εκπεμπόμενες ΜΜΠΟΕ και τις δημιουργούμενες νέες θέσεις εργασίας. Επίσης το κριτήριο των αποθεμάτων προς παραγωγή συμβάλλει μόλις 0,11% στην ολική βαθμολογία. Αντίθετα με τις μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου έχουν καλύτερο συντελεστή φορτίου, ο οποίος συμβάλλει κατά 1,27% στην βαθμολογία των μονάδων αυτών έναντι μηδενικής συμβολής στις μονάδες στροβίλου.

Οι ποσοστιαίες διαφορές μεταξύ των ποσοστών συμβολής στην συνολική αξιολόγηση των μονάδων συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο και των βαρών των κριτηρίων που απεικονίζονται στον Πίνακα 4-11, καταδεικνύουν τα σημεία υπεροχής και

τα σημεία υστέρησης των μονάδων αυτού του τύπου. Αν και καμία θετική ποσοστιαία διαφορά δεν ξεπερνά το 100%, ο συντελεστής απόδοσης και η ισορροπία οικοσυστήματος εμφανίζουν τις μεγαλύτερες θετικές ποσοστιαίες διαφορές (85,32% και 63,01% αντίστοιχα) για τις μονάδες αυτές. Ακολουθούν το σταθερό κόστος λειτουργίας και συντήρησης το οποίο συμβάλλει στην συνολική αξιολόγηση 56,11% περισσότερο από το βάρος του και το κόστος κεφαλαίου με συνεισφορά στην συνολική βαθμολογία των μονάδων συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο κατά 47,44% μεγαλύτερη της βαρύτητάς του.

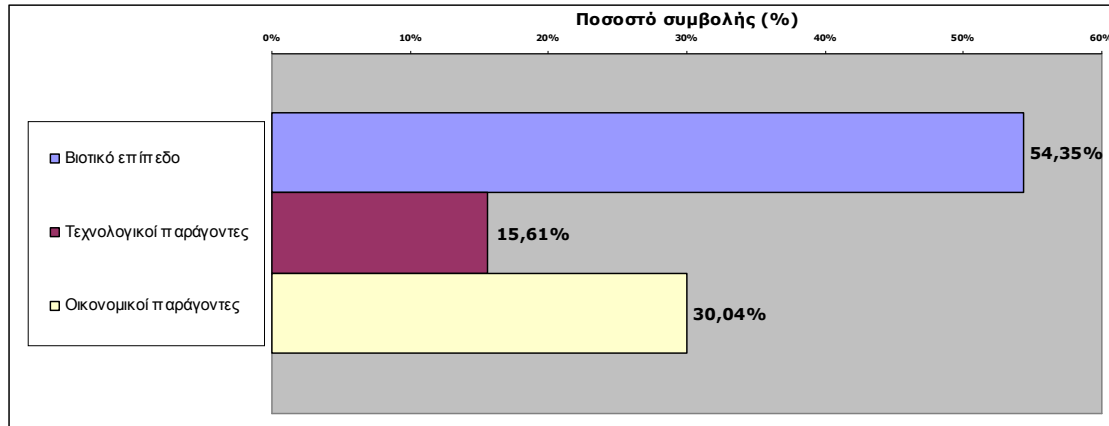
Πίνακας 4-11

Ποσοστιαία διαφορά μεταξύ ποσοστών συμβολής στην συνολική αξιολόγηση των μονάδων συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο και βάρους κριτηρίων τελικού κόμβου

Κριτήριο τελικού κόμβου	Βάρος κριτηρίου	Ποσοστό συμβολής στην συνολική αξιολόγηση	Ποσοστιαία διαφορά μεταξύ ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και βάρους κριτηρίου
Συντελεστής απόδοσης	4,64%	8,60%	85,32%
Ισορροπία οικοσυστήματος	10,42%	16,99%	63,01%
Σταθερό κόστος Λ&Σ	0,34%	0,53%	56,11%
Κόστος κεφαλαίου	11,88%	17,52%	47,44%
Συντελεστής διαθεσιμότητας	4,06%	5,73%	41,19%
Αιωρούμενα σωματίδια	5,43%	7,64%	40,76%
Μεταβλητό κόστος Λ&Σ	1,38%	1,70%	23,08%
Εξωτερικό κόστος	8,39%	10,30%	22,73%
Απαιτούμενη έκταση	1,14%	1,38%	21,06%
Θανατηφόρα ατυχήματα	3,60%	4,35%	20,90%
SO ₂	1,67%	2,02%	20,78%
NO _x	1,86%	2,23%	19,85%
Εκπομπές ραδιενέργειας	9,45%	11,15%	17,95%
CO ₂ -eq	2,09%	1,91%	-8,57%
Συντελεστής φορτίου	1,77%	1,27%	-28,03%
Κοινωνική αποδοχή	10,61%	6,58%	-37,97%
Αποθέματα προς παραγωγή	11,22%	0,11%	-99,05%
Δημιουργία θέσεων εργασίας	5,31%	0,00%	-100,00%
ΜΜΠΟΕ	0,90%	0,00%	-100,00%
Κόστος καυσίμου	3,84%	0,00%	-100,00%

Στον αντίποδα με διαφορές μεγαλύτερες του -99% τα τέσσερα κριτήρια που αναλύθηκαν και πιο πάνω, δηλαδή αυτά του κόστους καυσίμου, των εκπεμπόμενων ΜΜΠΟΕ, της δημιουργίας νέων θέσεων εργασίας και των αποθεμάτων προς παραγωγή. Αρνητική είναι και η κοινωνική αποδοχή με ποσοστιαία διαφορά -37,97% μεταξύ ποσοστού συμβολής και βάρους του αντίστοιχου κριτηρίου.

Σε επίπεδο βασικών κριτηρίων τα ποσοστά συμβολής τους στη συνολική αξιολόγηση των μονάδων συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο είναι αυτά που απεικονίζονται στο Σχήμα 4-10, ενώ η ανάλυση των ποσοστιαίων διαφορών τους με τα βάρη τους παρουσιάζεται στον Πίνακα 4-12.



Σχήμα 4-10

Ποσοστά συμβολής των τριών βασικών κριτηρίων στην συνολική αξιολόγηση των μονάδων συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο

Τα ποσοστά των βασικών κριτηρίων για τις μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο είναι παρόμοια με εκείνα των αντίστοιχων μονάδων στροβίλου με μικρές διαφοροποιήσεις. Πιο συγκεκριμένα οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο εμφανίζουν ελαφρά υπεροχή 1,73 μονάδων σε σχέση με τις μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο όσον αφορά το βιοτικό επίπεδο και 2,02 μονάδων όσον αφορά τους τεχνολογικούς παράγοντες ενώ αντίστοιχα υστερούν κατά 3,75 μονάδες στα οικονομικά στοιχεία. Αυτό δικαιολογείται από το γεγονός ότι τα κριτήρια της ισορροπίας οικοσυστήματος και του συντελεστή απόδοσης συμβάλλουν κατά 16,99% και 8,60% αντίστοιχα στις μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο ενώ μόλις κατά 12,22% και 6,86% στις μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο.

Πίνακας 4-12

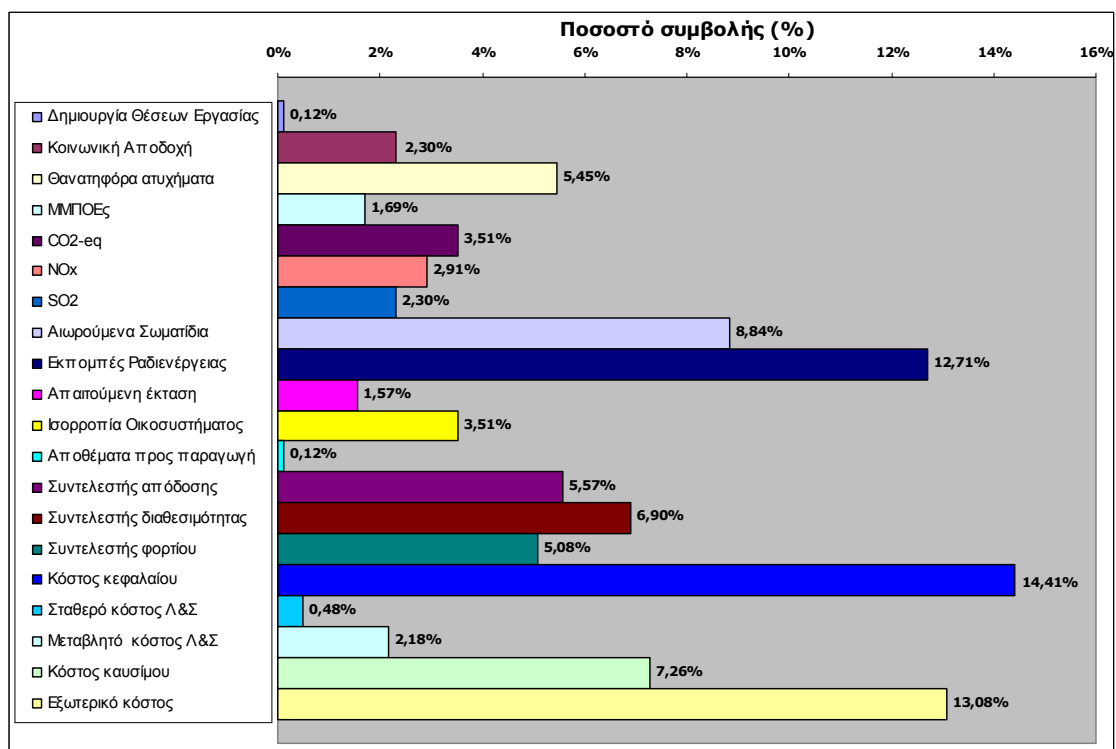
Ποσοστιαία διαφορά μεταξύ ποσοστών συμβολής στην συνολική αξιολόγηση των μονάδων συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο και βάρους βασικών κριτηρίων

Κριτήριο τελικού κόμβου	Βάρος κριτηρίου	Ποσοστό συμβολής στην συνολική αξιολόγηση	Ποσοστιαία διαφορά μεταξύ ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και βάρους κριτηρίου
Βιοτικό επίπεδο	63,70%	54,35%	-14,67%
Τεχνολογικοί παράγοντες	10,47%	15,61%	49,05%
Οικονομικοί παράγοντες	25,83%	30,04%	16,31%

Αντίστοιχα το κόστος κεφαλαίου εμφανίζεται με μειωμένο ποσοστό συμβολής στην συνολική αξιολόγηση των μονάδων συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο με 17,52%, ποσοστό κατά 2,8 μονάδες μικρότερο από το αντίστοιχο για τις μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο (20,32%). Αυτός είναι και ο κύριος λόγος για την ελαφρά υστέρηση του βασικού κριτηρίου των οικονομικών παραγόντων για τις μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο έναντι των αντίστοιχων που βασίζονται στην τεχνολογία στροβίλου.

4.2.1.5 Ανάλυση αξιολόγησης πυρηνικών μονάδων

Οι πυρηνικές μονάδες έχουν συνολική αξιολόγηση 8,26% και κατατάσσονται έβδομες ανάμεσα στους δέκα αξιολογούμενους τύπους ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων, μπαίνοντας εμβόλιμα ανάμεσα στους δύο τύπους μονάδων φυσικού αερίου, δηλαδή σε εκείνες που βασίζονται στην τεχνολογία συνδυασμένου κύκλου με συνολική αξιολόγηση 9,42% και σε εκείνες που βασίζονται στην τεχνολογία στροβίλου με 8,02%. Τα δυνατά και αδύνατα χαρακτηριστικά των πυρηνικών μονάδων προκύπτουν ευθέως από τα ποσοστά συμβολής των είκοσι κριτηρίων τελικού κόμβου στην συνολική αξιολόγησή τους που απεικονίζονται στο Σχήμα 4-11, καθώς και των συγκρίσεων των ποσοστών συμβολής με την βαρύτητα των κριτηρίων που παρουσιάζονται στον Πίνακα 4-13.



Σχήμα 4-11

Ποσοστά συμβολής κριτηρίων τελικού κόμβου στην συνολική αξιολόγηση των πυρηνικών μονάδων

Το κόστος κεφαλαίου είναι και για τις πυρηνικές μονάδες το κριτήριο τελικού κόμβου με το μεγαλύτερο ποσοστό συμβολής στην συνολική αξιολόγηση με 14,41%, ωστόσο το ποσοστό αυτό είναι αισθητά μικρότερο του αντίστοιχου για τις τέσσερις μονάδες που βασίζονται σε φυσικά καύσιμα και αναλύθηκαν στις προηγούμενες ενότητες. Δεύτερο πιο σημαντικό τελικό κριτήριο είναι αυτό του εξωτερικού κόστους με 13,08%, ποσοστό μεγαλύτερο από εκείνο όλων των μονάδων φυσικών καυσίμων.

Πίνακας 4-13

Ποσοστιαία διαφορά μεταξύ ποσοστών συμβολής στην συνολική αξιολόγηση των πυρηνικών μονάδων και βάρους κριτηρίων τελικού κόμβου

Κριτήριο τελικού κόμβου	Βάρος κριτηρίου	Ποσοστό συμβολής στην συνολική αξιολόγηση	Ποσοστιαία διαφορά μεταξύ ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και βάρους κριτηρίου
Συντελεστής φορτίου	1,77%	5,08%	187,27%
Κόστος καυσίμου	3,84%	7,26%	89,16%
ΜΜΠΟΕ	0,90%	1,69%	88,32%
Συντελεστής διαθεσιμότητας	4,06%	6,90%	69,97%
CO ₂ -eq	2,09%	3,51%	67,99%
Αιωρούμενα σωματίδια	5,43%	8,84%	62,76%
Μεταβλητό κόστος Λ&Σ	1,38%	2,18%	57,91%
NO _x	1,86%	2,91%	56,21%
Εξωτερικό κόστος	8,39%	13,08%	55,84%
Θανατηφόρα ατυχήματα	3,60%	5,45%	51,33%
Σταθερό κόστος Λ&Σ	0,34%	0,48%	42,43%
Απαιτούμενη έκταση	1,14%	1,57%	38,06%
SO ₂	1,67%	2,30%	37,74%
Εκπομπές ραδιενέργειας	9,45%	12,71%	34,52%
Κόστος κεφαλαίου	11,88%	14,41%	21,27%
Συντελεστής απόδοσης	4,64%	5,57%	20,02%
Ισορροπία οικοσυστήματος	10,42%	3,51%	-66,31%
Κοινωνική αποδοχή	10,61%	2,30%	-78,32%
Δημιουργία θέσεων εργασίας	5,31%	0,12%	-97,72%
Αποθέματα προς παραγωγή	11,22%	0,12%	-98,92%

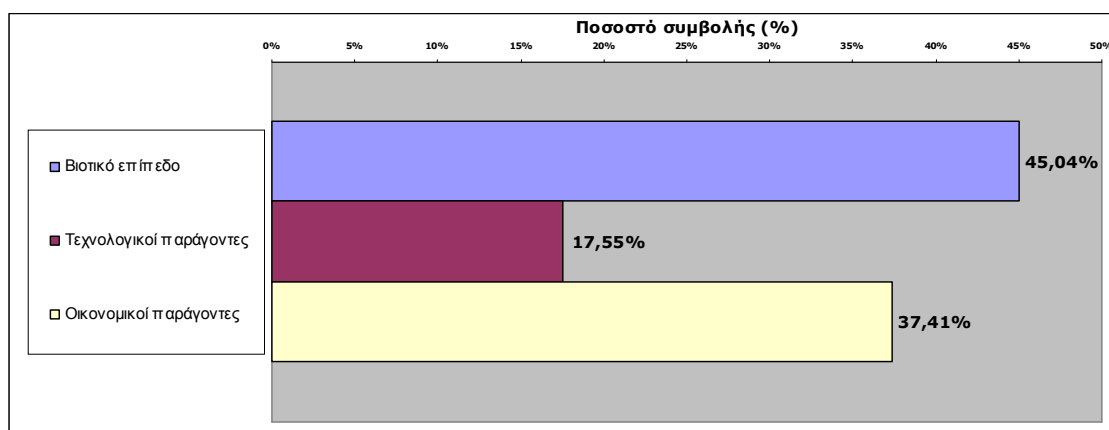
Οι πυρηνικές μονάδες σε κανονική λειτουργία έχουν ελάχιστες εκπομπές ραδιενέργειας (Πίνακας 4-1) και κατά συνέπεια το κριτήριο αυτό έχει σημαντική συμβολή στην βαθμολογία των μονάδων αυτού του τύπου με ποσοστό 12,71%. Τα εκπεμπόμενα αιωρούμενα σωματίδια από τις πυρηνικές μονάδες είναι πρακτικά μηδενικά και κατά συνέπεια το αντίστοιχο κριτήριο συμβάλλει κατά 8,84%. Το κόστος καυσίμου που είναι μικρότερο από όλα τα φυσικά καύσιμα καθώς και από εκείνο της βιομάζας συμβάλλει το 7,26% της συνολικής βαθμολογίας των πυρηνικών μονάδων. Εντυπωσιακά είναι και τα ποσοστά των τριών τεχνολογικών συντελεστών με συμβολή άνω του 5% και πιο συγκεκριμένα από 5,08% έως 6,90%. Τέλος τα σχετικά λίγα θανατηφόρα ατυχήματα με

ποσοστό συμβολής 5,45% συμπληρώνουν τα εννέα πιο σημαντικά κριτήρια τελικού κόμβου, τα οποία έχουν αθροιστικό ποσοστό συμβολής 79,3%.

Στα αρνητικά στοιχεία των πυρηνικών μονάδων, όπως προκύπτει και από τον Πίνακα 4-13 ο οποίος απεικονίζει την ποσοστιαία διαφορά μεταξύ του ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και του βάρους κάθε κριτηρίου τελικού κόμβου, ανήκουν τα ελάχιστα αποθέματα προς παραγωγή καθώς και ο μικρός αριθμός νέων θέσεων εργασίας που προκύπτουν από τις μονάδες αυτού του τύπου. Την τετράδα των αρνητικών κριτηρίων συμπληρώνουν εκείνο της ελάχιστης κοινωνικής αποδοχής των πυρηνικών μονάδων καθώς και της αρνητικής συμβολής τους στην ισορροπία του οικοσυστήματος αφού η αποτελεσματική διαχείριση των πυρηνικών αποβλήτων αποτελεί σημείο τριβής και αντικρουόμενων απόψεων μεταξύ κυβερνήσεων και επιστημονικών επιτροπών.

Στο Σχήμα 4-12 και τον Πίνακα 4-14 παρουσιάζονται τόσο τα απόλυτα ποσοστά συμβολής των τριών βασικών κριτηρίων στην συνολική αξιολόγηση των πυρηνικών μονάδων όσο και η ποσοστιαία διαφορά μεταξύ του ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και του βάρους κάθε κριτηρίου για τις μονάδες αυτές.

Από τα τρία βασικά κριτήρια το βιοτικό επίπεδο συμβάλει κατά 45,04% στην συνολική αξιολόγηση των πυρηνικών μονάδων, οι οικονομικοί παράγοντες κατά 37,41% και οι τεχνολογικοί παράγοντες κατά 17,55%. Οι πυρηνικές μονάδες εμφανίζουν κατά συνέπεια θετική εικόνα στους τεχνολογικούς παράγοντες η οποία οφείλεται στις πολύ καλές επιδόσεις των τριών επιμέρους συντελεστών φορτίου, διαθεσιμότητας και απόδοσης. Επίσης τα οικονομικά τους μεγέθη είναι πολύ αξιόλογα, αφού η ποσοστιαία διαφορά μεταξύ του ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και του βάρους του κριτηρίου των οικονομικών παραγόντων είναι 44,83%. Υστερούν ωστόσο στον τομέα του βιοτικού επιπέδου σε σύγκριση με τους υπόλοιπους τύπους μονάδων (Πίνακας 4-13), αφού οι τέσσερις αρνητικές ποσοστιαίες διαφορές μεταξύ των ποσοστών συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και των βαρών των αντίστοιχων κριτηρίων αφορούν υποκριτήρια του βασικού κριτηρίου του βιοτικού επιπέδου.



Σχήμα 4-12

Ποσοστά συμβολής των τριών βασικών κριτηρίων στην συνολική αξιολόγηση των πυρηνικών μονάδων

Σε σύγκριση με τις μονάδες που βασίζονται στα φυσικά καύσιμα, οι πυρηνικές μονάδες παρουσιάζουν σχεδόν ταυτόσημο ποσοστό κατανομής της συνολικής βαθμολογίας τους μεταξύ των τριών βασικών κριτηρίων με τις μονάδες πετρελαίου. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι οι δύο τύποι μονάδων έχουν αθροιστικά για κάθε βασικό κριτήριο περίπου το ίδιο συνολικό ποσοστό, ωστόσο ο επιμέρους καταμερισμός του ποσοστού κάθε βασικού κριτηρίου στα κριτήρια τελικού κόμβου είναι τελείως διαφορετικός για τους δύο τύπους μονάδων. Για παράδειγμα ο οικονομικός επιμερισμός για τις μονάδες πετρελαίου είναι 27,04% στο κόστος κεφαλαίου, 3,68% στο εξωτερικό κόστος και 2,24% στο κόστος καυσίμου, ενώ ο αντίστοιχος επιμερισμός για τις πυρηνικές μονάδες είναι 14,41% για το κόστος κεφαλαίου, 13,08% για το εξωτερικό κόστος και 7,26% για το κόστος καυσίμου.

Πίνακας 4-14

Ποσοστιαία διαφορά μεταξύ ποσοστών συμβολής στην συνολική αξιολόγηση των πυρηνικών μονάδων και βάρους βασικών κριτηρίων

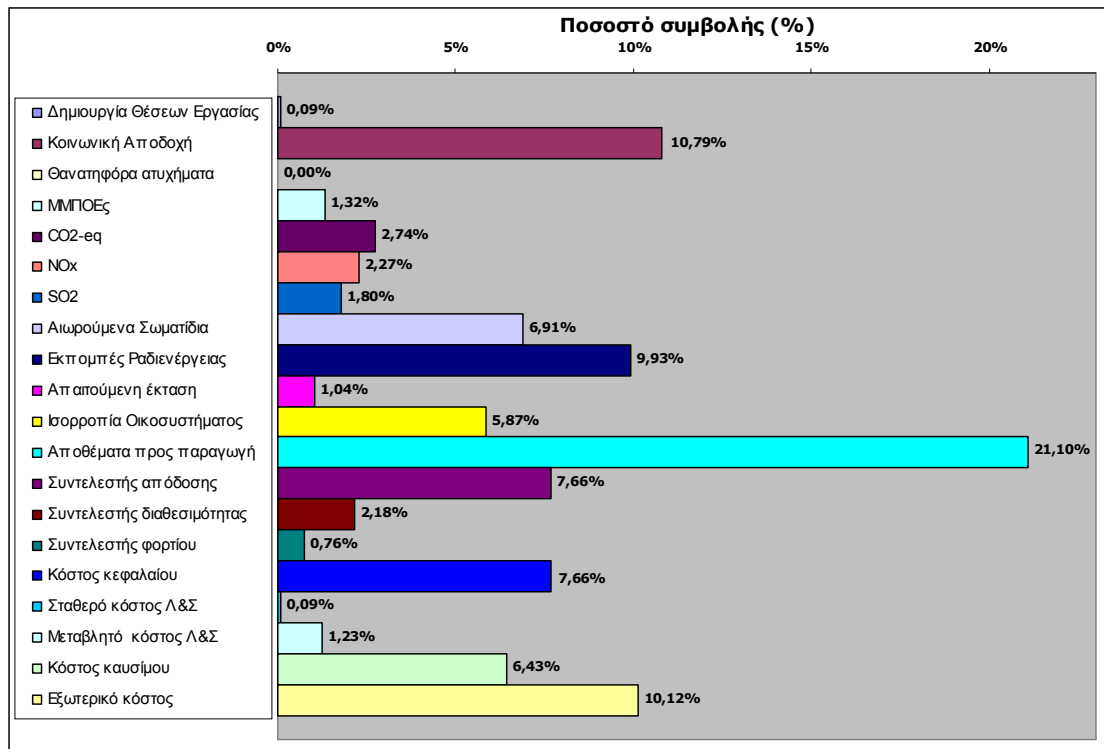
Κριτήριο τελικού κόμβου	Βάρος κριτηρίου	Ποσοστό συμβολής στην συνολική αξιολόγηση	Ποσοστιαία διαφορά μεταξύ ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και βάρους κριτηρίου
Βιοτικό επίπεδο	63,70%	45,04%	-29,30%
Τεχνολογικοί παράγοντες	10,47%	17,55%	67,66%
Οικονομικοί παράγοντες	25,83%	37,41%	44,83%

Σε σχέση με τις μονάδες άνθρακα/λιγνίτη, οι πυρηνικές μονάδες εμφανίζονται να υπερτερούν (επηρεάζουν λιγότερο αρνητικά) στον τομέα του βιοτικού επιπέδου ενώ υστερούν των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη σε τεχνολογικά και οικονομικά στοιχεία. Συγκρινόμενες με τους δύο τύπους μονάδων φυσικού αερίου, οι πυρηνικές μονάδες (αντίστροφα με ότι ισχύει για τις μονάδες άνθρακα/λιγνίτη) υστερούν σε θέματα βιοτικού επιπέδου και υπερτερούν εκείνων σε τεχνολογικά και οικονομικά θέματα.

Αναλυτική σύγκριση μεταξύ όλων των τύπων μονάδων παρουσιάζεται στην ενότητα 4.2.1.11, ωστόσο το βασικό συμπέρασμα που προκύπτει από την μέχρι στιγμής ανάλυση των τεσσάρων τύπων μονάδων που βασίζονται σε φυσικά καύσιμα και των πυρηνικών μονάδων είναι ότι όλοι αυτοί οι τύποι μονάδων έχουν συνολικά αρνητική επίδραση στο βιοτικό επίπεδο και θετικές επιδόσεις στον τεχνολογικό και οικονομικό τομέα, με τα επιμέρους ποσοστά να διαφοροποιούνται ανάλογα με τον κάθε τύπο μονάδας.

4.2.1.6 Ανάλυση αξιολόγησης υδροηλεκτρικών μονάδων

Οι υδροηλεκτρικές μονάδες είναι με συνολικό ποσοστό αξιολόγησης 10,57% στην πέμπτη θέση της συνολικής κατάταξης υπερτερώντας όλων των μονάδων φυσικών καυσίμων καθώς και των πυρηνικών μονάδων ενώ παράλληλα είναι η χειρότερη από τους πέντε τύπους μονάδων που βασίζονται σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Η απεικόνιση του ποσοστού συμβολής κάθε κριτηρίου τελικού κόμβου στην συνολική αξιολόγηση των υδροηλεκτρικών μονάδων γίνεται στο Σχήμα 4-13 ενώ οι ποσοστιαίες διαφορές μεταξύ των ποσοστών συμβολής και της βαρύτητας των κριτηρίων παρουσιάζονται στον Πίνακα 4-15.

**Σχήμα 4-13**

Ποσοστά συμβολής κριτηρίων τελικού κόμβου στην συνολική αξιολόγηση των υδροηλεκτρικών μονάδων

Όπως είναι αναμενόμενο για όλες τις μονάδες που βασίζονται σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, το κριτήριο των αποθεμάτων προς παραγωγή έχει για τις υδροηλεκτρικές μονάδες το μεγαλύτερο ποσοστό συμβολής στην συνολική βαθμολογία των μονάδων αυτών με 21,10%. Ακολουθούν τα κριτήρια της κοινωνικής αποδοχής με ποσοστό συμβολής στην συνολική αξιολόγηση 10,79% και του εξωτερικού κόστους με 10,12%. Σημαντική και η συμβολή της μηδενικής εκπεμπόμενης ραδιενέργειας με ποσοστό 9,93%. Ο συντελεστής απόδοσης των υδροηλεκτρικών μονάδων ο οποίος είναι ο καλύτερος μεταξύ όλων των τύπων μονάδων οδηγεί σε ποσοστό συμβολής αυτού του κριτηρίου κατά 7,66%, ποσοστό ταυτόσημο με εκείνο του κόστους κεφαλαίου. Η ποσοστιαία διαφορά μεταξύ του ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και του βάρους του κριτηρίου του κόστους κεφαλαίου (Πίνακας 4-15) είναι ωστόσο αρνητική καταδεικνύοντας ότι οι μονάδες αυτές έχουν σχετικά υψηλές τιμές για αυτό το κριτήριο. Το ίδιο ισχύει και για το κριτήριο της ισορροπίας οικοσυστήματος το οποίο έχει ποσοστό συμβολής 5,87%, η ποσοστιαία διαφορά όμως αυτού του ποσοστού από το βάρος του κριτηρίου είναι -43,71% (Πίνακας 4-15).

Αντίθετα, το κριτήριο των αιωρούμενων σωματιδίων έχει ποσοστό συμβολής 6,91% και ποσοστιαία διαφορά 27,19% που αντιπροσωπεύει την καλή επίδοση των υδροηλεκτρικών μονάδων ως προς το κριτήριο αυτό. Ανάλογα είναι και τα συμπεράσματα για το (μηδενικό) κόστος καυσίμου με ποσοστό συμβολής 6,43% και ποσοστιαία διαφορά μεταξύ του ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και του

βάρους του κριτηρίου που είναι της τάξης του 67,53%. Συνολικά τα εννέα παραπάνω κριτήρια τελικού κόμβου αντιπροσωπεύουν το 86,47% της συνολικής αξιολόγησης των υδροηλεκτρικών μονάδων.

Πίνακας 4-15

Ποσοστιαία διαφορά μεταξύ ποσοστών συμβολής στην συνολική αξιολόγηση των υδροηλεκτρικών μονάδων και βάρους κριτηρίων τελικού κόμβου

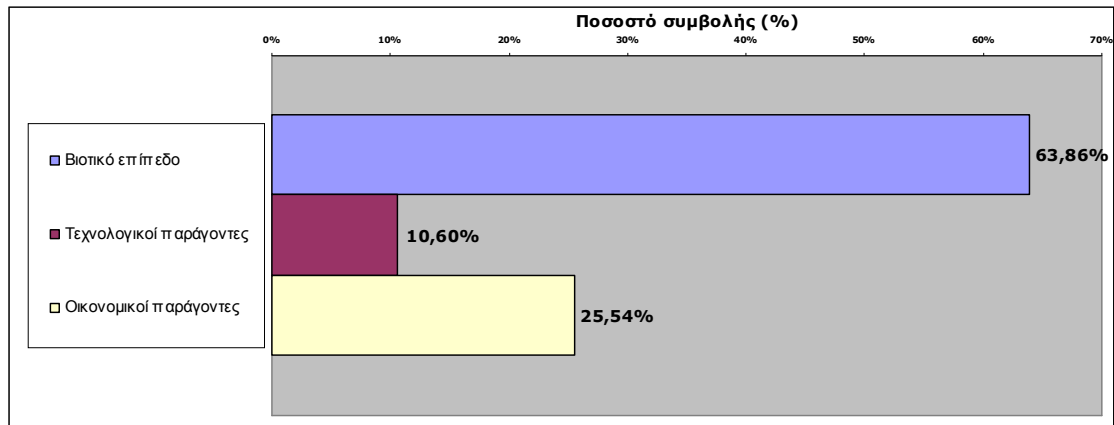
Κριτήριο τελικού κόμβου	Βάρος κριτηρίου	Ποσοστό συμβολής στην συνολική αξιολόγηση	Ποσοστιαία διαφορά μεταξύ ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και βάρους κριτηρίου
Αποθέματα προς παραγωγή	11,22%	21,10%	88,03%
Κόστος καυσίμου	3,84%	6,43%	67,53%
Συντελεστής απόδοσης	4,64%	7,66%	65,16%
ΜΜΠΟΕ	0,90%	1,32%	47,17%
CO ₂ -eq	2,09%	2,74%	31,27%
Αιωρούμενα σωματίδια	5,43%	6,91%	27,19%
NO _x	1,86%	2,27%	22,07%
Εξωτερικό κόστος	8,39%	10,12%	20,66%
SO ₂	1,67%	1,80%	7,64%
Εκπομπές ραδιενέργειας	9,45%	9,93%	5,12%
Κοινωνική αποδοχή	10,61%	10,79%	1,65%
Απαιτούμενη έκταση	1,14%	1,04%	-8,71%
Μεταβλητό κόστος Λ&Σ	1,38%	1,23%	-10,88%
Κόστος κεφαλαίου	11,88%	7,66%	-35,49%
Ισορροπία οικοσυστήματος	10,42%	5,87%	-43,71%
Συντελεστής διαθεσιμότητας	4,06%	2,18%	-46,40%
Συντελεστής φορτίου	1,77%	0,76%	-57,24%
Σταθερό κόστος Λ&Σ	0,34%	0,09%	-72,17%
Δημιουργία θέσεων εργασίας	5,31%	0,09%	-98,22%
Θανατηφόρα ατυχήματα	3,60%	0,00%	-100,00%

Στα αρνητικά στοιχεία των υδροηλεκτρικών μονάδων ο υψηλός αριθμός θανάτων από ατυχήματα στις μονάδες αυτού του τύπου ο οποίος είναι ο μεγαλύτερος μεταξύ όλων των τύπων μονάδων και οδηγεί σε μηδενική συμβολή αυτού του κριτηρίου στην βαθμολογία τους.

Αντίστοιχα συμπεράσματα και για το κριτήριο των σχετικά λίγων δημιουργούμενων νέων θέσεων εργασίας καθώς και του σταθερού κόστους λειτουργίας και συντήρησης των μονάδων αυτών, το οποίο είναι εξαιρετικά υψηλό. Τα δύο αυτά κριτήρια έχουν πρακτικά μηδενική συμβολή (0,09%) στην βαθμολογία των υδροηλεκτρικών μονάδων.

Στο Σχήμα 4-14 παρουσιάζονται τα συνολικά ποσοστά των τριών βασικών κριτηρίων για τις υδροηλεκτρικές μονάδες ενώ στον Πίνακα 4-16 απεικονίζονται οι ποσοστιαίες διαφορές μεταξύ του ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και του βάρους

κάθε βασικού κριτηρίου. Το συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι τα ποσοστά συμβολής των βασικών κριτηρίων σχεδόν ταυτίζονται με τα αντίστοιχα βάρη τους οδηγώντας τις μονάδες αυτού του τύπου σε μια ουδέτερη συμπεριφορά τόσο ως προς το βιοτικό επίπεδο, όσο και ως προς τις τεχνολογικές και οικονομικές συνιστώσες.



Σχήμα 4-14

Ποσοστά συμβολής των τριών βασικών κριτηρίων στην συνολική αξιολόγηση των υδροηλεκτρικών μονάδων

Αν και συνολικά οι υδροηλεκτρικές μονάδες φαίνεται να μην υπερέχουν αλλά ούτε και να υστερούν στα τρία βασικά κριτήρια, ωστόσο στα επιμέρους κριτήρια τελικού κόμβου που συνθέτουν τα τρία βασικά κριτήρια υπάρχουν έντονες διαφοροποιήσεις των αντίστοιχων επιδόσεων των μονάδων αυτών.

Για παράδειγμα το κριτήριο των αποθεμάτων προς παραγωγή έχει ποσοστιαία διαφορά μεταξύ του ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και του βάρους κριτηρίου 88,03% και συμβολή κατά 21,10% στην βαθμολογία των μονάδων ενώ αντίθετα το κριτήριο των θανατηφόρων ατυχημάτων έχει ποσοστιαία διαφορά μεταξύ του ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και του βάρους κριτηρίου -100% και μηδενική συμβολή στην συνολική αξιολόγηση των υδροηλεκτρικών μονάδων.

Πίνακας 4-16

Ποσοστιαία διαφορά μεταξύ ποσοστών συμβολής στην συνολική αξιολόγηση των υδροηλεκτρικών μονάδων και βάρους βασικών κριτηρίων

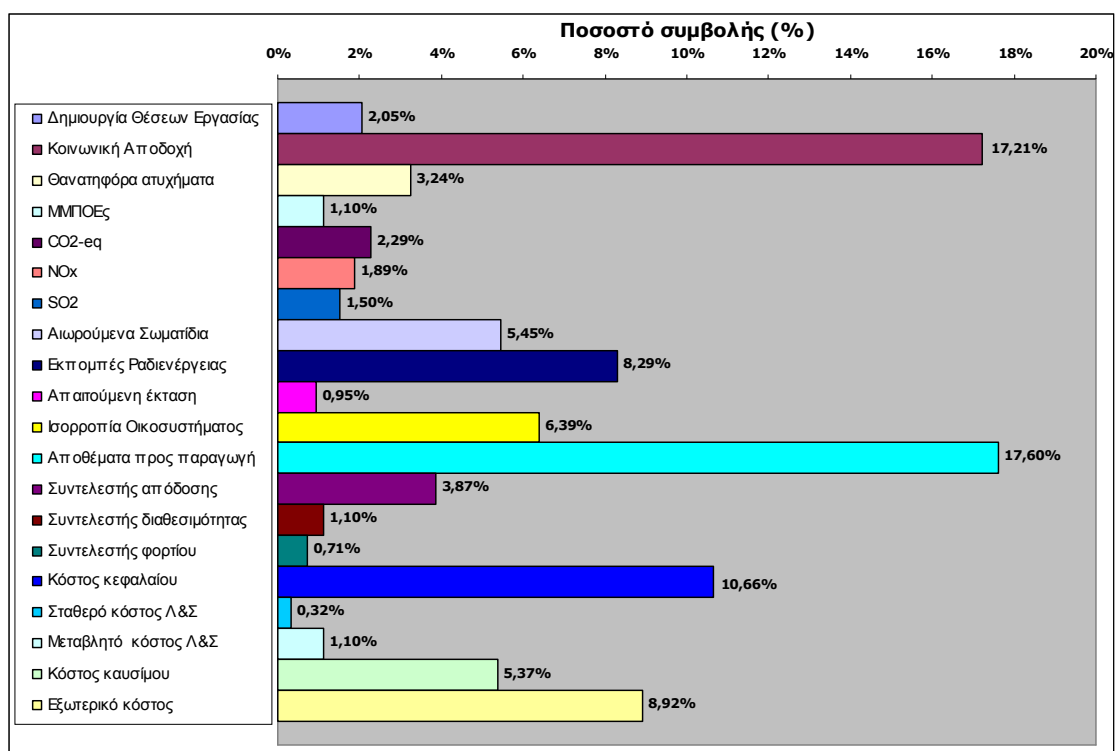
Κριτήριο τελικού κόμβου	Βάρος κριτηρίου	Ποσοστό συμβολής στην συνολική αξιολόγηση	Ποσοστιαία διαφορά μεταξύ ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και βάρους κριτηρίου
Βιοτικό επίπεδο	63,70%	63,86%	0,25%
Τεχνολογικοί παράγοντες	10,47%	10,60%	1,20%
Οικονομικοί παράγοντες	25,83%	25,54%	-1,11%

Και τα δύο παραπάνω αποτελούν υποκριτήρια του βασικού κριτηρίου του βιοτικού επιπέδου και κατά συνέπεια η ουδέτερη συνολική απόδοση ως προς το βασικό κριτήριο

του βιοτικού επιπέδου (όπως και για τα άλλα δύο βασικά κριτήρια των τεχνολογικών και οικονομικών παραγόντων) δεν συνεπάγεται ανάλογες επιδόσεις ως προς τα επιμέρους κριτήρια τελικού κόμβου τα οποία συνθέτουν το κριτήριο αυτό.

4.2.1.7 Ανάλυση αξιολόγησης αιολικών μονάδων

Οι αιολικές μονάδες έχουν ποσοστό συνολικής αξιολόγησης 12,67% και καταλαμβάνουν την τρίτη μεταξύ των δέκα θέσεων στην κατάταξη των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με βάση το σενάριο αναφοράς (Σχήμα 4-2). Στο Σχήμα 4-15 απεικονίζονται τα ποσοστά συμβολής των κριτηρίων τελικού κόμβου στην συνολική αξιολόγηση των αιολικών μονάδων ενώ οι ποσοστιαίες διαφορές μεταξύ των ποσοστών συμβολής και της βαρύτητας των κριτηρίων παρουσιάζονται στον Πίνακα 4-17.



Σχήμα 4-15

Ποσοστά συμβολής κριτηρίων τελικού κόμβου στην συνολική αξιολόγηση των αιολικών μονάδων

Όπως και στις υδροηλεκτρικές μονάδες τα αποθέματα προς παραγωγή παίζουν τον καθοριστικότερο ρόλο στην συνολική βαθμολογία των αιολικών μονάδων με ποσοστό συμβολής 17,60%. Ελαφρώς μικρότερο (17,21%) είναι το ποσοστό συμβολής της κοινωνικής αποδοχής, αφού οι μονάδες αυτού του τύπου αντιμετωπίζονται θετικά από την κοινή γνώμη. Τρίτο σημαντικότερο κριτήριο για τις αιολικές μονάδες το κριτήριο του κόστους κεφαλαίου με ποσοστό συμβολής 10,66%, ποσοστό όμως που είναι μικρότερο από το βάρος του αντίστοιχου κριτηρίου (11,88%) και κατά συνέπεια αρνητική ποσοστιαία διαφορά μεταξύ του ποσοστού συμβολής στην συνολική

αξιολόγηση και του βάρους του κριτηρίου (Πίνακας 4-17). Το εξωτερικό κόστος με ποσοστό συμβολής 8,92% και εκείνο των (μηδενικών) εκπομπών ραδιενέργειας με 8,29% είναι αντίστοιχα το τέταρτο και πέμπτο σημαντικότερα κριτήρια τελικού κόμβου όσον αφορά τα ποσοστά συμμετοχής τους στην συνολική βαθμολογία των αιολικών μονάδων. Άλλα κριτήρια με ποσοστά συμβολής μεγαλύτερα του 5% είναι εκείνα της ισορροπίας οικοσυστήματος με 6,39%, των αιωρούμενων σωματιδίων με 5,45% και του κόστους καυσίμου με 5,37%. Τα οκτώ αυτά κριτήρια αθροιστικά παράγουν το 79,89% της συνολικής αξιολόγησης των αιολικών μονάδων.

Πίνακας 4-17

Ποσοστιαία διαφορά μεταξύ ποσοστών συμβολής στην συνολική αξιολόγηση των αιολικών μονάδων και βάρους κριτηρίων τελικού κόμβου

Κριτήριο τελικού κόμβου	Βάρος κριτηρίου	Ποσοστό συμβολής στην συνολική αξιολόγηση	Ποσοστιαία διαφορά μεταξύ ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και βάρους κριτηρίου
Κοινωνική αποδοχή	10,61%	17,21%	62,17%
Αποθέματα προς παραγωγή	11,22%	17,60%	56,87%
Κόστος καυσίμου	3,84%	5,37%	39,77%
ΜΜΠΟΕ	0,90%	1,10%	22,77%
CO ₂ -eq	2,09%	2,29%	9,52%
Εξωτερικό κόστος	8,39%	8,92%	6,30%
NO _x	1,86%	1,89%	1,84%
Αιωρούμενα σωματίδια	5,43%	5,45%	0,29%
Σταθερό κόστος Λ&Σ	0,34%	0,32%	-7,15%
Θανατηφόρα ατυχήματα	3,60%	3,24%	-10,11%
SO ₂	1,67%	1,50%	-10,20%
Κόστος κεφαλαίου	11,88%	10,66%	-10,31%
Εκπομπές ραδιενέργειας	9,45%	8,29%	-12,30%
Συντελεστής απόδοσης	4,64%	3,87%	-16,65%
Απαιτούμενη έκταση	1,14%	0,95%	-16,92%
Μεταβλητό κόστος Λ&Σ	1,38%	1,10%	-19,93%
Ισορροπία οικοσυστήματος	10,42%	6,39%	-38,65%
Συντελεστής φορτίου	1,77%	0,71%	-59,87%
Δημιουργία θέσεων εργασίας	5,31%	2,05%	-61,35%
Συντελεστής διαθεσιμότητας	4,06%	1,10%	-72,78%

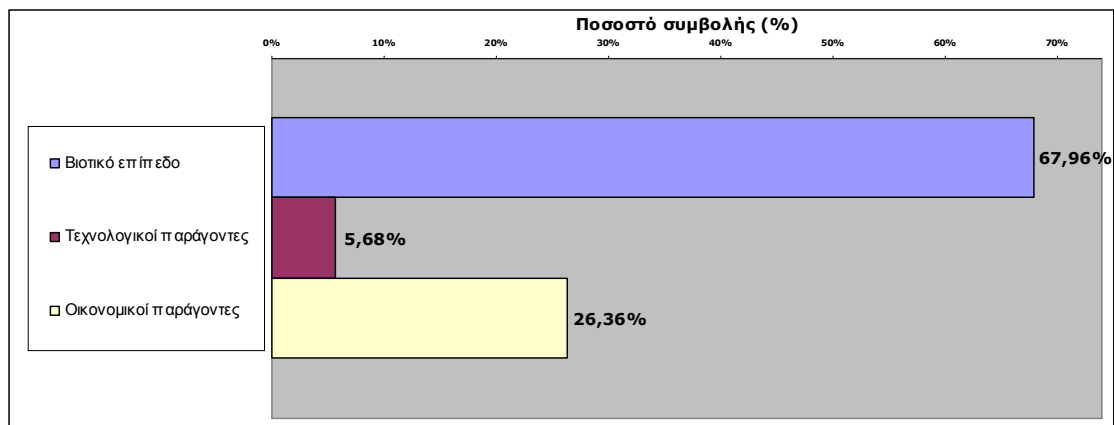
Οι αιολικές μονάδες δεν έχουν κανένα κριτήριο τελικού κόμβου με μηδενική συμβολή, ενώ τα λιγότερα σημαντικά σε σχέση με την συμβολή τους στην συνολική βαθμολογία είναι τα κριτήρια του σταθερού κόστους Λ&Σ με 0,32%, του συντελεστή φορτίου με 0,71% και της απαιτούμενης έκτασης με 0,95%.

Είναι χαρακτηριστικό ότι μόνο οκτώ ποσοστιαίες διαφορές μεταξύ του ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και του βάρους του αντίστοιχου κριτηρίου είναι θετικές ενώ δώδεκα είναι αρνητικές. Δύο κριτήρια με μεγάλο βάρος, αυτά της

κοινωνικής αποδοχής και των αποθεμάτων προς παραγωγή παρουσιάζουν μεγάλες ποσοστιαίες διαφορές μεταξύ του ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και του βάρους κριτηρίου, δηλαδή 62,17% και 56,87% αντίστοιχα (Πίνακας 4-17). Για τα άλλα δύο κριτήρια με μεγάλο βάρος (κόστος κεφαλαίου και ισορροπία οικοσυστήματος) οι αντίστοιχες ποσοστιαίες διαφορές είναι αρνητικές. Πιο συγκεκριμένα το κόστος κεφαλαίου με βάρος 11,88% έχει αρνητική ποσοστιαία διαφορά -10,31% και μόνο το κριτήριο της ισορροπίας οικοσυστήματος με βάρος 10,42% έχει λίγο μεγαλύτερη αρνητική ποσοστιαία διαφορά με -38,65%.

Συμπερασματικά οι αιολικές μονάδες έχουν αρκετά μεγάλη θετική απόδοση στα περισσότερα κριτήρια μεγάλης βαρύτητας και αυτός είναι ο κύριος λόγος της μεγάλης συνολικής αξιολόγησής τους (12,67%) που τις ανεβάζει στην τρίτη θέση της κατάταξης. Επίσης οι διακυμάνσεις τόσο των θετικών όσο και των αρνητικών ποσοστιαίων διαφορών μεταξύ του ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και του βάρους κάθε κριτηρίου τελικού κόμβου είναι σχετικά μικρές, κυμαινόμενες μεταξύ -72,78% και 62,17%. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την σχετική σταθερότητα στην αξιολόγηση των μονάδων αυτών, αφού μεταβολές στις βαρύτητες των κριτηρίων δεν προκαλούν ακραίες μεταβολές στις αξιολογήσεις των μονάδων. Η ανάλυση ευαισθησίας παρουσιάζει τις μεταβολές στις αξιολογήσεις και τις κατατάξεις των μονάδων σε σχέση με το σενάριο αναφοράς για διάφορα σύνολα βαρών των βασικών κριτηρίων.

Στο Σχήμα 4-16 παρουσιάζονται τα ποσοστά συμβολής των τριών βασικών κριτηρίων στην συνολική αξιολόγηση των αιολικών μονάδων ενώ στον Πίνακα 4-18 οι ποσοστιαίες διαφορές μεταξύ του ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και του βάρους κάθε βασικού κριτηρίου.



Σχήμα 4-16

Ποσοστά συμβολής των τριών βασικών κριτηρίων στην συνολική αξιολόγηση των αιολικών μονάδων

Οι αιολικές μονάδες έχουν θετικό αντίκτυπο στο βιοτικό επίπεδο των κατοίκων αφού το αντίστοιχο ποσοστό συμβολής του κριτηρίου αυτού στην αξιολόγηση των αιολικών μονάδων είναι 67,96%, δηλαδή 6,68% μεγαλύτερο της βαρύτητας του κριτηρίου. Αυτό είναι απόρροια κυρίως της μεγάλης κοινωνικής αποδοχής και των απεριόριστων

αποθεμάτων προς παραγωγή, δηλαδή της αέναης δυνατότητας λειτουργίας των μονάδων αυτών.

Πίνακας 4-18

Ποσοστιαία διαφορά μεταξύ ποσοστών συμβολής στην συνολική αξιολόγηση των αιολικών μονάδων και βάρους βασικών κριτηρίων

Κριτήριο τελικού κόμβου	Βάρος κριτηρίου	Ποσοστό συμβολής στην συνολική αξιολόγηση	Ποσοστιαία διαφορά μεταξύ ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και βάρους κριτηρίου
Βιοτικό επίπεδο	63,70%	67,96%	6,68%
Τεχνολογικοί παράγοντες	10,47%	5,68%	-45,72%
Οικονομικοί παράγοντες	25,83%	26,36%	2,06%

Οι οικονομικοί παράγοντες έχουν συνολικό ποσοστό συμβολής 26,36%, ποσοστό 2,06% μεγαλύτερο του βάρους του αντίστοιχου κριτηρίου. Βασικές συνιστώσες των ελαφρώς θετικών οικονομικών στοιχείων αποτελούν το (μηδενικό) κόστος καυσίμου και το χαμηλό εξωτερικό κόστος, γεγονός που έχει σαν αποτέλεσμα σχετικά υψηλά ποσοστά συμβολής των κριτηρίων αυτών στην συνολική βαθμολογία των αιολικών μονάδων.

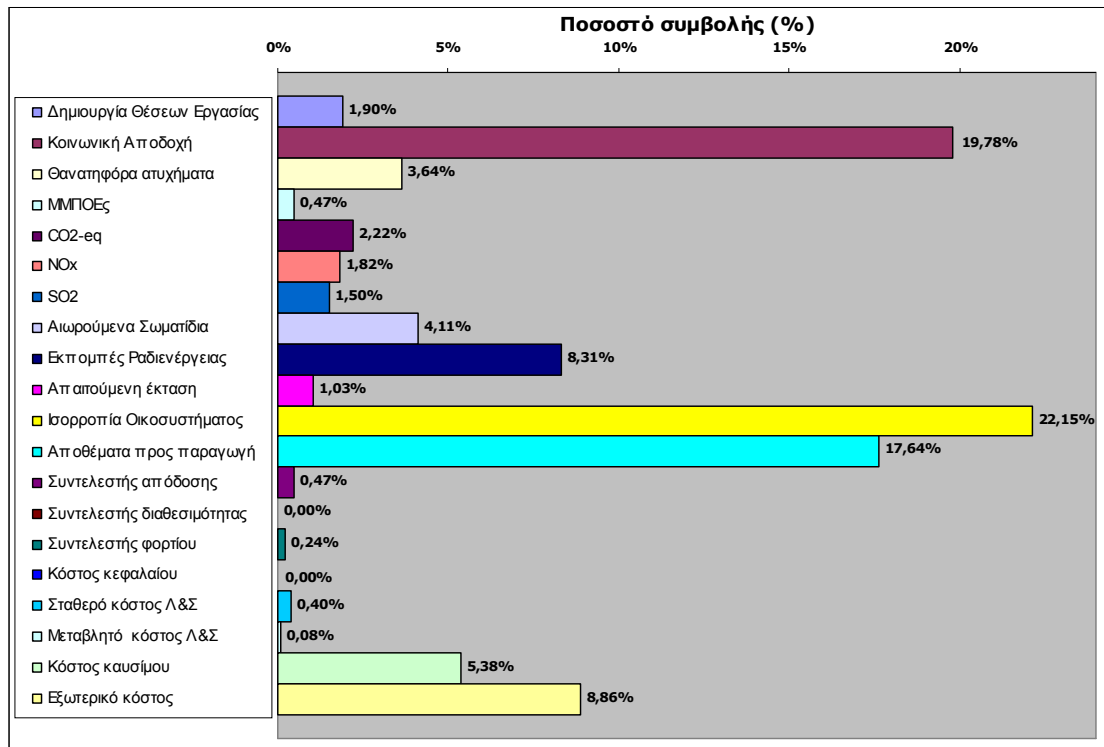
Αντίθετα από τα δύο άλλα βασικά κριτήρια αξιολόγησης, οι τεχνολογικοί παράγοντες παρουσιάζουν σημαντική υστέρηση για τις αιολικές μονάδες με ποσοστό συμβολής μόλις 5,68% σχεδόν το μισό της βαρύτητας του αντίστοιχου κριτηρίου. Όπως φαίνεται και στον Πίνακα 4-17 και οι τρεις τεχνολογικοί συντελεστές έχουν αρνητικές ποσοστιαίες διαφορές μεταξύ του ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και του βάρους του αντίστοιχου κριτηρίου. Μάλιστα οι συντελεστές φορτίου και διαθεσιμότητας παρουσιάζουν από τις πιο αρνητικές ποσοστιαίες διαφορές με ποσοστά -59,87% και -72,78% αντίστοιχα.

4.2.1.8 Ανάλυση αξιολόγησης φωτοβολταϊκών μονάδων

Οι φωτοβολταϊκές μονάδες κατατάσσονται στην τέταρτη θέση με συνολική αξιολόγηση 12,64%, βαθμολογία σχεδόν ταυτόσημη με εκείνη των αιολικών μονάδων που είναι στην τρίτη θέση με 12,67%. Τα επιμέρους ποσοστά συμβολής των κριτηρίων τελικού κόμβου στην συνολική αξιολόγηση των φωτοβολταϊκών μονάδων παρουσιάζονται στο Σχήμα 4-17 ενώ οι ποσοστιαίες διαφορές μεταξύ των ποσοστών συμβολής και της βαρύτητας των κριτηρίων παρουσιάζονται στον Πίνακα 4-19.

Οι φωτοβολταϊκές μονάδες είναι οι μόνες ανάμεσα στους πέντε τύπους μονάδων που βασίζονται σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στις οποίες το μεγαλύτερο ποσοστό συμβολής στην βαθμολογία τους δεν προέρχεται από το κριτήριο τελικού κόμβου των αποθεμάτων προς παραγωγή. Τη μεγαλύτερη συμβολή στην αξιολόγησή τους δίνει το κριτήριο της ισορροπίας οικοσυστήματος με 22,15% και ακολουθεί αυτό της κοινωνικής αποδοχής με 19,78% ενώ το κριτήριο των αποθεμάτων προς παραγωγή συμβάλλει κατά 17,64%. Μόνο αυτά τα τρία κριτήρια αποτελούν το 59,57% της συνολικής βαθμολογίας των φωτοβολταϊκών μονάδων. Το ελάχιστο εξωτερικό κόστος των φωτοβολταϊκών

μονάδων έχει σαν αποτέλεσμα την συμβολή αυτού του κριτηρίου κατά 8,86% ενώ η μηδενική εκπεμπόμενη ραδιενέργεια συμβάλλει κατά 8,31%.



Σχήμα 4-17

Ποσοστά συμβολής κριτηρίων τελικού κόμβου στην συνολική αξιολόγηση των φωτοβολταϊκών μονάδων

Αντίθετα δώδεκα κριτήρια τελικού κόμβου εμφανίζουν ελάχιστα ποσοστά συμβολής στην αξιολόγηση των φωτοβολταϊκών μονάδων με ποσοστά μικρότερα του 2,22%. Ανάμεσα στα πιο αρνητικά στοιχεία των φωτοβολταϊκών μονάδων σε σχέση πάντα με τους υπόλοιπους τύπους αξιολογούμενων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων είναι οι τρεις τεχνολογικοί συντελεστές με ποσοστά συμβολής από 0% έως 0,47%. Αρνητικά και τα τρία από τα πέντε οικονομικά κριτήρια αφού το κόστος κεφαλαίου, το σταθερό και μεταβλητό κόστος λειτουργίας και συντήρησης είναι ιδιαίτερα υψηλά και η αντίστοιχη συμβολή τους στην βαθμολογία των φωτοβολταϊκών μονάδων σχεδόν μηδενική. Από τα υποκριτήρια του βιοτικού επιπέδου χειρότερα εμφανίζονται αυτά των ΜΜΠΟΕ με 0,47% και της απαιτούμενης έκτασης με 1,03%.

Οκτώ από τις ποσοστιαίες διαφορές μεταξύ του ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και του βάρους κάθε κριτηρίου τελικού κόμβου είναι θετικές και δώδεκα αρνητικές. Από τις θετικές ποσοστιαίες διαφορές οι πιο σημαντικές είναι αυτές των κριτηρίων με τη μεγαλύτερη συμβολή στην συνολική αξιολόγηση και κυρίως της ισορροπίας του οικοσυστήματος και της κοινωνικής αποδοχής. Η δυνατότητα απεριόριστης λειτουργίας των μονάδων (αποθέματα προς παραγωγή) και το ανύπαρκτο

κόστος καυσίμου συμπληρώνουν την τετράδα των πιο θετικών στοιχείων των φωτοβολταϊκών μονάδων.

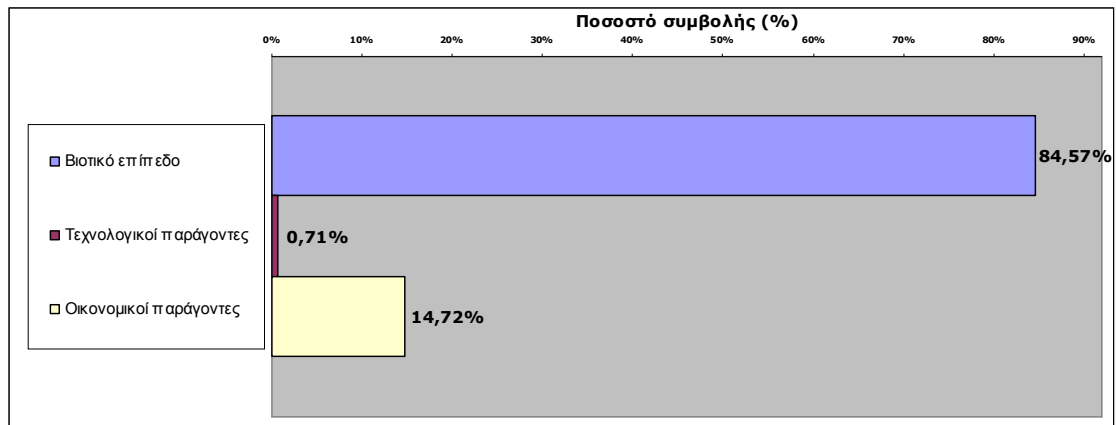
Πίνακας 4-19

Ποσοστιαία διαφορά μεταξύ ποσοστών συμβολής στην συνολική αξιολόγηση των φωτοβολταϊκών μονάδων και βάρους κριτηρίων τελικού κόμβου

Κριτήριο τελικού κόμβου	Βάρος κριτηρίου	Ποσοστό συμβολής στην συνολική αξιολόγηση	Ποσοστιαία διαφορά μεταξύ ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και βάρους κριτηρίου
Ισορροπία οικοσυστήματος	10,42%	22,15%	112,59%
Κοινωνική αποδοχή	10,61%	19,78%	86,41%
Αποθέματα προς παραγωγή	11,22%	17,64%	57,24%
Κόστος καυσίμου	3,84%	5,38%	40,10%
Σταθερό κόστος Λ&Σ	0,34%	0,40%	16,34%
CO ₂ -eq	2,09%	2,22%	5,99%
Εξωτερικό κόστος	8,39%	8,86%	5,61%
Θανατηφόρα ατυχήματα	3,60%	3,64%	1,09%
NO _x	1,86%	1,82%	-2,17%
Απαιτούμενη έκταση	1,14%	1,03%	-9,78%
SO ₂	1,67%	1,50%	-9,99%
Εκπομπές ραδιενέργειας	9,45%	8,31%	-12,10%
Αιωρούμενα σωματίδια	5,43%	4,11%	-24,24%
ΜΜΠΟΕ	0,90%	0,47%	-47,26%
Δημιουργία θέσεων εργασίας	5,31%	1,90%	-64,24%
Συντελεστής φορτίου	1,77%	0,24%	-86,59%
Συντελεστής απόδοσης	4,64%	0,47%	-89,77%
Μεταβλητό κόστος Λ&Σ	1,38%	0,08%	-94,27%
Συντελεστής διαθεσιμότητας	4,06%	0,00%	-100,00%
Κόστος κεφαλαίου	11,88%	0,00%	-100,00%

Τις μεγαλύτερες αρνητικές ποσοστιαίες διαφορές μεταξύ του ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και του βάρους κριτηρίου παρουσιάζουν το κόστος κεφαλαίου και ο συντελεστής διαθεσιμότητας με -100%. Πολύ αρνητικές και οι διαφορές των άλλων δύο τεχνολογικών συντελεστών φορτίου και απόδοσης με ποσοστά -86,59% και -89,77% ενώ και το μεταβλητό κόστος λειτουργίας και συντήρησης έχει ποσοστιαία διαφορά -94,27%. Αντίθετα το σταθερό κόστος λειτουργίας και συντήρησης έχει ποσοστό συμβολής στην συνολική αξιολόγηση 0,40%, ποσοστό κατά 16,34% μεγαλύτερο από το βάρος του που είναι 0,34%.

Η συμβολή των τριών βασικών κριτηρίων των φωτοβολταϊκών μονάδων παρουσιάζεται στο Σχήμα 4-18 ενώ οι ποσοστιαίες διαφορές μεταξύ του ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και του βάρους κάθε βασικού κριτηρίου παρουσιάζεται στον Πίνακα 4-20.

**Σχήμα 4-18**

Ποσοστά συμβολής των τριών βασικών κριτηρίων στην συνολική αξιολόγηση των φωτοβολταϊκών μονάδων

Το πιο εντυπωσιακό στοιχείο των φωτοβολταϊκών μονάδων είναι η συμβολή τους στο καλύτερο βιοτικό επίπεδο των κατοίκων της περιοχής. Οι φωτοβολταϊκές μονάδες έχουν το καλύτερο ποσοστό συμβολής ως προς αυτό το κριτήριο (84,57%) μεταξύ όλων των τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων. Αυτό οφείλεται στην πολύ καλή επίδοσή τους ως προς τρία κριτήρια τελικού κόμβου τα οποία έχουν μεγάλη βαρύτητα και αποτελούν υποκριτήρια του βιοτικού επιπέδου, δηλαδή ως προς την ισορροπία οικοσυστήματος, την κοινωνική αποδοχή και τον λόγο αποθεμάτων προς παραγωγή.

Πίνακας 4-20

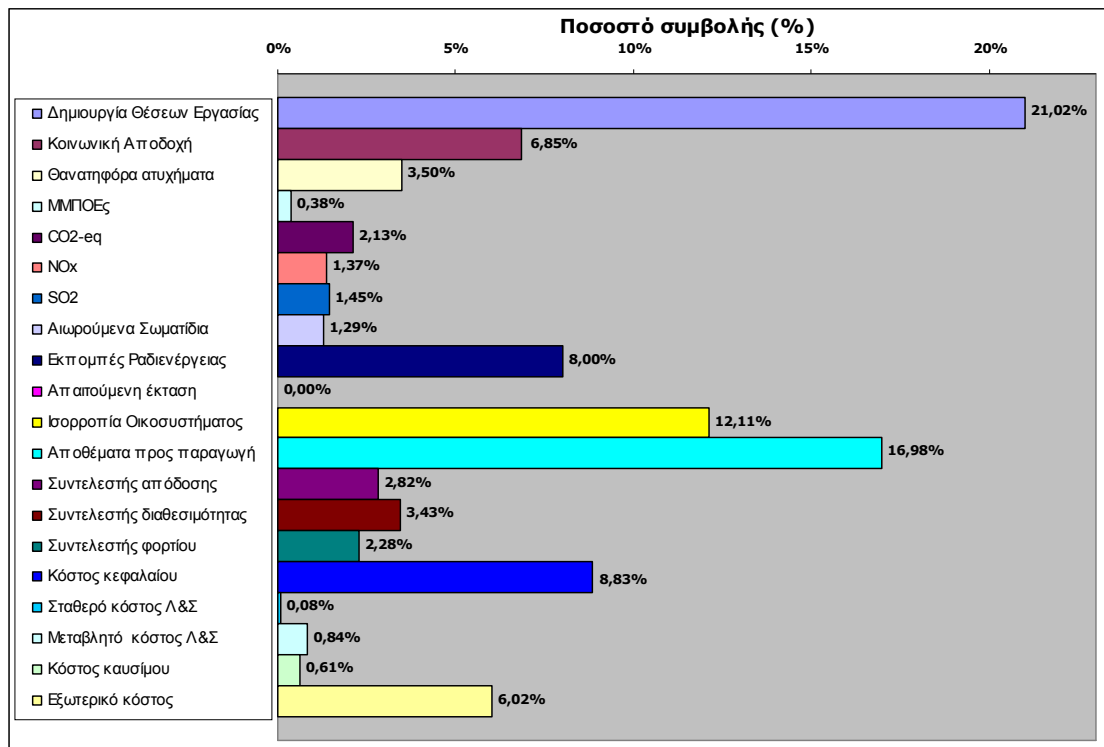
Ποσοστιαία διαφορά μεταξύ ποσοστών συμβολής στην συνολική αξιολόγηση των φωτοβολταϊκών μονάδων και βάρους βασικών κριτηρίων

Κριτήριο τελικού κόμβου	Βάρος κριτηρίου	Ποσοστό συμβολής στην συνολική αξιολόγηση	Ποσοστιαία διαφορά μεταξύ ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και βάρους κριτηρίου
Βιοτικό επίπεδο	63,70%	84,57%	32,77%
Τεχνολογικοί παράγοντες	10,47%	0,71%	-93,20%
Οικονομικοί παράγοντες	25,83%	14,72%	-43,03%

Αντίθετα με το βιοτικό επίπεδο η επίδοση των φωτοβολταϊκών μονάδων ως προς τα άλλα δύο βασικά κριτήρια είναι αρνητική και κυρίως ως προς το κριτήριο των τεχνολογικών παραγόντων. Πιο συγκεκριμένα οι τεχνολογικοί παράγοντες αποτελούν μόλις το 0,71% της συνολικής βαθμολογίας των φωτοβολταϊκών μονάδων αφού ο συντελεστής απόδοσης έχει ποσοστό 0,47% και ο συντελεστής φορτίου 0,24%. Αρνητικοί και οι οικονομικοί παράγοντες με ποσοστό συμβολής 14,72%, ποσοστό χαμηλότερο κατά 43,03% της βαρύτητας του αντίστοιχου κριτηρίου (25,83%). Θετικά στους οικονομικούς παράγοντες συμβάλλουν το μηδενικό κόστος καυσίμου και το ελάχιστο εξωτερικό κόστος ενώ ασήμαντα έως μηδαμινά είναι τα ποσοστά συμβολής στην αξιολόγηση του σταθερού και μεταβλητού κόστους Λ&Σ καθώς και του κόστους κεφαλαίου (Πίνακας 4-19).

4.2.1.9 Ανάλυση αξιολόγησης μονάδων βιομάζας

Οι μονάδες βιομάζας με ποσοστό 13,13% καταλαμβάνουν την δεύτερη θέση της συνολικής κατάταξης, ποσοστό κατά μία μονάδα περίπου λιγότερο από την βαθμολογία των γεωθερμικών μονάδων που είναι στην πρώτη θέση. Η ανάλυση των επιμέρους κριτηρίων τελικού κόμβου που οδηγούν στην αξιολόγηση αυτή των μονάδων βιομάζας απεικονίζεται στο Σχήμα 4-19 ενώ οι ποσοστιαίες διαφορές μεταξύ των ποσοστών συμβολής στην συνολική βαθμολογία και της βαρύτητας των κριτηρίων παρουσιάζονται στον Πίνακα 4-21.



Σχήμα 4-19

Ποσοστά συμβολής κριτηρίων τελικού κόμβου στην συνολική αξιολόγηση των μονάδων βιομάζας

Περισσότερο από το 1/5 της συνολικής βαθμολογίας των μονάδων βιομάζας προέρχεται από τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας (ποσοστό 21,02%). Ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας η βιομάζα είναι ανεξάντλητη και το κριτήριο των αποθεμάτων προς παραγωγή έχει το δεύτερο μεγαλύτερο ποσοστό συμβολής με 16,98%. Η ισορροπία του οικοσυστήματος είναι το τρίτο σημαντικότερο κριτήριο με 12,11%. Ακολουθεί το κόστος κεφαλαίου με ποσοστό συμβολής 8,83% ποσοστό κατά 25,63% μικρότερο της βαρύτητας αυτού του κριτηρίου όπως απεικονίζεται στον Πίνακα 4-21. Την επτάδα των πιο σημαντικών κριτηρίων αξιολόγησης των μονάδων βιομάζας με ποσοστά συμβολής στην συνολική αξιολόγηση μεγαλύτερα του 6% συμπληρώνουν τα κριτήρια των εκπομπών ραδιενέργειας με 8%, της κοινωνικής αποδοχής με 6,85% και του εξωτερικού

κόστους με 6,02%. Αθροιστικά τα επτά αυτά κριτήρια αποτελούν το 79,81% της βαθμολογίας των μονάδων βιομάζας.

Στα πιο αδύναμα χαρακτηριστικά των μονάδων βιομάζας οι μεγάλες εκτάσεις που απαιτούνται, με συνέπεια τη μηδενική συμβολή του αντίστοιχου κριτηρίου στην βαθμολογία των μονάδων αυτών. Πολύ αρνητικά και τρία από τα πέντε οικονομικά κριτήρια και πιο συγκεκριμένα το σταθερό και μεταβλητό κόστος λειτουργίας και συντήρησης καθώς και το κόστος καυσίμου τα οποία είναι ιδιαίτερα υψηλά και οδηγούν σε πολύ χαμηλές αντίστοιχες αξιολογήσεις για τις μονάδες βιομάζας. Οι υψηλές εκπομπές ΜΜΠΟΕ, οι οποίες είναι οι μεγαλύτερες μετά από εκείνες των μονάδων φυσικού αερίου έχουν σαν αποτέλεσμα το κριτήριο αυτό να συμβάλει μόλις κατά 0,38% στην βαθμολογία των μονάδων βιομάζας.

Πίνακας 4-21

Ποσοστιαία διαφορά μεταξύ ποσοστών συμβολής στην συνολική αξιολόγηση των μονάδων βιομάζας και βάρους κριτηρίων τελικού κόμβου

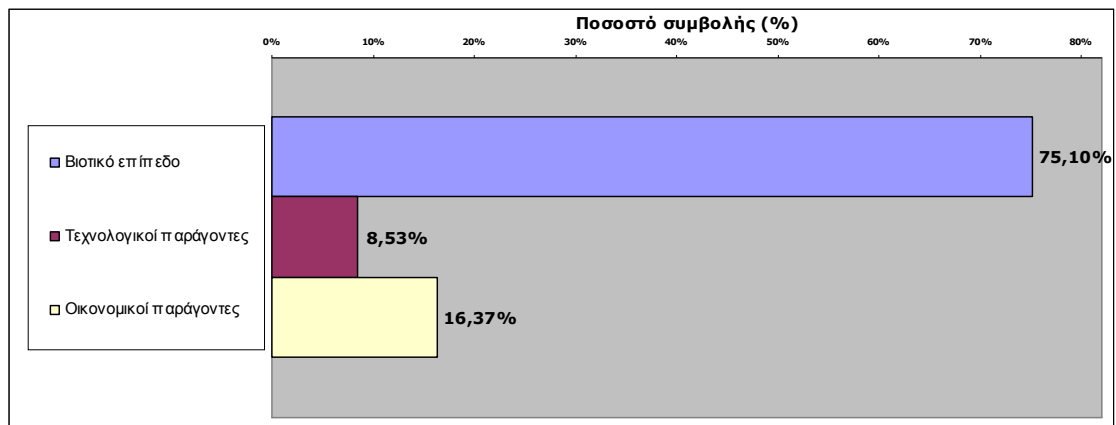
Κριτήριο τελικού κόμβου	Βάρος κριτηρίου	Ποσοστό συμβολής στην συνολική αξιολόγηση	Ποσοστιαία διαφορά μεταξύ ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και βάρους κριτηρίου
Δημιουργία θέσεων εργασίας	5,31%	21,02%	295,87%
Αποθέματα προς παραγωγή	11,22%	16,98%	51,37%
Συντελεστής φορτίου	1,77%	2,28%	29,09%
Ισορροπία οικοσυστήματος	10,42%	12,11%	16,22%
CO ₂ -eq	2,09%	2,13%	2,03%
Θανατηφόρα ατυχήματα	3,60%	3,50%	-2,68%
SO ₂	1,67%	1,45%	-13,35%
Εκπομπές ραδιενέργειας	9,45%	8,00%	-15,38%
Συντελεστής διαθεσιμότητας	4,06%	3,43%	-15,58%
Κόστος κεφαλαίου	11,88%	8,83%	-25,63%
NO _x	1,86%	1,37%	-26,30%
Εξωτερικό κόστος	8,39%	6,02%	-28,29%
Κοινωνική αποδοχή	10,61%	6,85%	-35,40%
Συντελεστής απόδοσης	4,64%	2,82%	-39,27%
Μεταβλητό κόστος Λ&Σ	1,38%	0,84%	-39,29%
ΜΜΠΟΕ	0,90%	0,38%	-57,69%
Αιωρούμενα σωματίδια	5,43%	1,29%	-76,16%
Σταθερό κόστος Λ&Σ	0,34%	0,08%	-77,60%
Κόστος καυσίμου	3,84%	0,61%	-84,13%
Απαιτούμενη έκταση	1,14%	0,00%	-100,00%

Αξίζει να σημειωθεί ότι μόλις πέντε από τα είκοσι κριτήρια τελικού κόμβου έχουν θετικές ποσοστιαίες διαφορές μεταξύ του ποσοστού συμβολής τους στην συνολική αξιολόγηση των μονάδων βιομάζας και του βάρους τους, εκ των οποίων δύο είναι άνω του 50%. Πιο εντυπωσιακό το σχεδόν τετραπλάσιο ποσοστό συμβολής του κριτηρίου

δημιουργίας θέσεων εργασίας σε σχέση με τη βαρύτητά του. Η ποσοστιαία διαφορά της τάξης του 295,87% είναι η μεγαλύτερη ποσοστιαία διαφορά που συναντάται στην ανάλυση όλων των τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων και όλων των κριτηρίων τελικού κόμβου. Δεύτερη μεγαλύτερη ποσοστιαία διαφορά για τις μονάδες βιομάζας αυτή του 51,37% που αφορά τα αποθέματα προς παραγωγή, ενώ μικρότερες είναι οι θετικές διαφορές του συντελεστή φορτίου, της ισορροπίας οικοσυστήματος και των ισοδυνάμων του διοξειδίου του άνθρακα.

Το πιο αρνητικό κριτήριο τελικού κόμβου είναι αυτό της απαιτούμενης έκτασης με ποσοστιαία διαφορά μεταξύ του ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και του βάρους κριτηρίου της τάξης του -100%. Ακολουθούν το κόστος καυσίμου με ποσοστό -84,13%, αφού είναι το δεύτερο υψηλότερο μετά από εκείνο των μονάδων φυσικού αερίου (Πίνακας 4-1). Το σταθερό και μεταβλητό κόστος λειτουργίας και συντήρησης έχουν αντίστοιχες ποσοστιαίες διαφορές -77,60% και -39,29%. Τα αιωρούμενα σωματίδια είναι επίσης αυξημένα στις μονάδες βιομάζας, οι οποίες είναι οι μόνες από τις μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που χρησιμοποιούν τη διαδικασία της καύσης και έχουν τα περισσότερα αιωρούμενα σωματίδια μετά τις μονάδες άνθρακα/λιγνίτη μεταξύ όλων των τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων. Οι ΜΜΠΟΕ συμπληρώνουν την ομάδα των πιο αρνητικών κριτηρίων τελικού κόμβου αφού όπως αναφέρθηκε οι εκπομπές τους από τις μονάδες βιομάζας είναι οι δεύτερες χειρότερες μετά από εκείνες των μονάδων φυσικού αερίου.

Η αξιολόγηση των μονάδων βιομάζας όσον αφορά τα τρία βασικά κριτήρια παρουσιάζεται στο Σχήμα 4-20 ενώ η ποσοστιαία διαφορά μεταξύ του ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και του βάρους κάθε βασικού κριτηρίου απεικονίζεται στον Πίνακα 4-22.



Σχήμα 4-20

Ποσοστά συμβολής των τριών βασικών κριτηρίων στην συνολική αξιολόγηση των μονάδων βιομάζας

Το κριτήριο του βιοτικού επιπέδου παρέχει τα 3/4 της συνολικής βαθμολογίας των μονάδων βιομάζας, ποσοστό κατά 17,89% μεγαλύτερο του βάρους αυτού του κριτηρίου που είναι 63,70%. Αυτό είναι σε μεγάλο βαθμό αποτέλεσμα της πολύ καλής επίδοσης

των δύο επιμέρους κριτηρίων τελικού κόμβου της δημιουργίας θέσεων εργασίας και των αποθεμάτων προς παραγωγή που αποτελούν υποκριτήρια του βιοτικού επιπέδου. Κατά συνέπεια οι μονάδες βιομάζας συμβάλλουν θετικά στο βιοτικό επίπεδο και υστερούν ως προς το κριτήριο αυτό μόνο έναντι των φωτοβολταϊκών μονάδων, ενώ υπερτερούν όλων των υπολοίπων τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων.

Πίνακας 4-22

Ποσοστιαία διαφορά μεταξύ ποσοστών συμβολής στην συνολική αξιολόγηση των μονάδων βιομάζας και βάρους βασικών κριτηρίων

Κριτήριο τελικού κόμβου	Βάρος κριτηρίου	Ποσοστό συμβολής στην συνολική αξιολόγηση	Ποσοστιαία διαφορά μεταξύ ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και βάρους κριτηρίου
Βιοτικό επίπεδο	63,70%	75,10%	17,89%
Τεχνολογικοί παράγοντες	10,47%	8,53%	-18,53%
Οικονομικοί παράγοντες	25,83%	16,37%	-36,61%

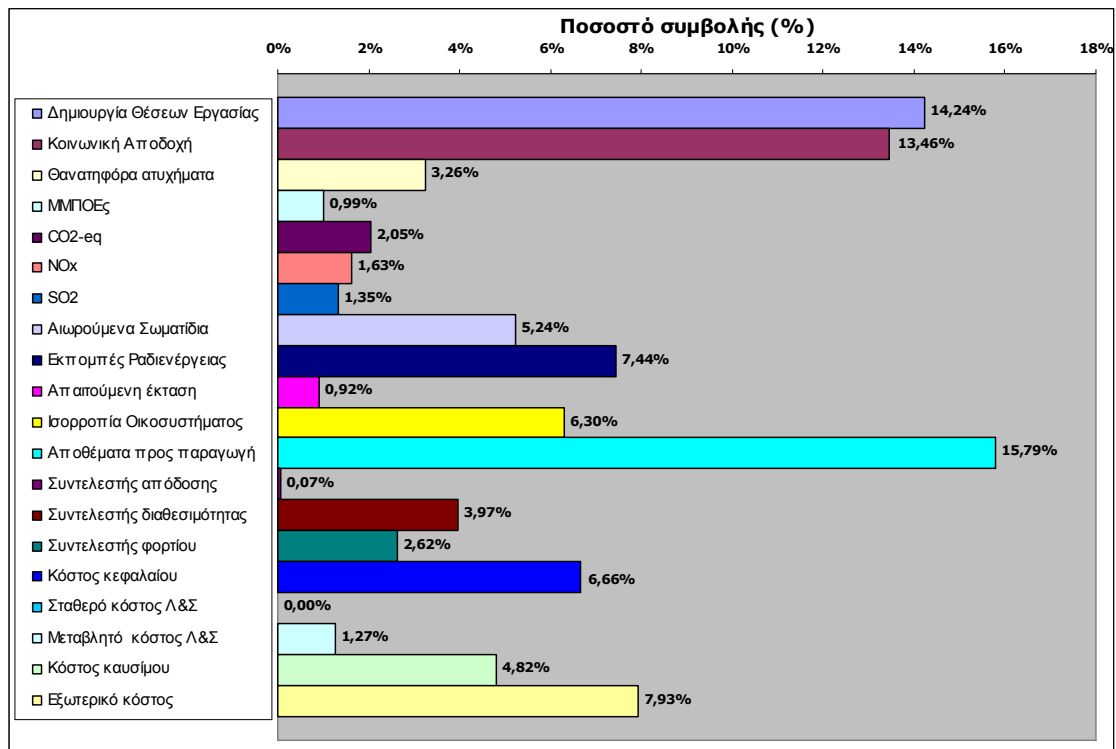
Οι μονάδες βιομάζας εμφανίζουν ελαφρά υστέρηση ως προς τους τεχνολογικούς παράγοντες που οφείλεται στις αρνητικές επιδόσεις των συντελεστών απόδοσης και διαθεσιμότητας, οι οποίες μετριάζονται από την θετική επίδοση του συντελεστή φορτίου. Περισσότερο αρνητικές είναι οι επιδόσεις των μονάδων βιομάζας στον οικονομικό τομέα, με το κόστος καυσίμου να αποτελεί τον κυριότερο παράγοντα που οδηγεί σε αυτό το αποτέλεσμα ενώ και τα υπόλοιπα τέσσερα κριτήρια τελικού κόμβου που αποτελούν υποκριτήρια των οικονομικών παραγόντων έχουν αρνητικές ποσοστιαίες διαφορές μεταξύ του ποσοστού συμβολής τους στην συνολική αξιολόγηση και του βάρους τους.

4.2.1.10 Ανάλυση αξιολόγησης γεωθερμικών μονάδων

Οι γεωθερμικές μονάδες αποτελούν σύμφωνα με τις παραδοχές που έχουν γίνει στο σενάριο αναφοράς τις καλύτερες ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες με ποσοστό 14,12%. Η ανάλυση του αποτελέσματος αυτού θα γίνει με την εξέταση του ποσοστού συμβολής κάθε κριτηρίου τελικού κόμβου στην συνολική αξιολόγηση των μονάδων αυτών, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4-21, καθώς και με την σύγκριση των ποσοστών αυτών με τα βάρη των αντίστοιχων κριτηρίων που παρουσιάζεται στον Πίνακα 4-23.

Το κριτήριο των αποθεμάτων προς παραγωγή είναι το πιο σημαντικό στην αξιολόγηση των γεωθερμικών μονάδων με ποσοστό 15,79%. Οι μονάδες αυτές είναι οι δεύτερες καλύτερες στον τομέα της δημιουργίας θέσεων εργασίας μετά από εκείνες της βιομάζας και το αντίστοιχο κριτήριο έχει το δεύτερο μεγαλύτερο ποσοστό συμβολής στην βαθμολογία των γεωθερμικών μονάδων με 14,24%. Ακολουθεί η κοινωνική αποδοχή με 13,46%, το εξωτερικό κόστος με 7,93% και το κριτήριο των εκπομπών ραδιενέργειας με 7,44%. Το κόστος κεφαλαίου συμβάλλει κατά 6,66% ποσοστό που αντιστοιχεί περίπου στο μισό του βάρους του αντίστοιχου κριτηρίου (Πίνακας 4-23). Το κριτήριο της ισορροπίας του οικοσυστήματος έχει συμμετοχή 6,30% ποσοστό πολύ μικρότερο του βάρους του κριτηρίου αυτού (10,42%). Τέλος τα αιωρούμενα σωματίδια με ποσοστό 5,24% συμπληρώνουν την οκτάδα των πιο σημαντικών κριτηρίων όσον αφορά την

κατανομή της βαθμολογίας των γεωθερμικών μονάδων. Συνολικά τα οκτώ αυτά κριτήρια τελικού κόμβου συντελούν στο 77,06% της συνολικής αξιολόγησης των γεωθερμικών μονάδων.



Σχήμα 4-21

Ποσοστά συμβολής κριτηρίων τελικού κόμβου στην συνολική αξιολόγηση των γεωθερμικών μονάδων

Στα κριτήρια με μηδενική ή ελάχιστη συμβολή στην βαθμολογία των γεωθερμικών μονάδων ανήκουν το σταθερό κόστος λειτουργίας και συντήρησης αφού η τιμή του είναι η μεγαλύτερη μεταξύ όλων των τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων καθώς και ο συντελεστής απόδοσης του οποίου η τιμή είναι επίσης η μικρότερη μεταξύ όλων των τύπων μονάδων (Πίνακας 4-1). Ποσοστά συμβολής της τάξεως του 1% έχουν επίσης τα κριτήρια της απαιτούμενης έκτασης και των εκπεμπόμενων ΜΜΠΟΕ.

Η εξέταση των ποσοστιαίων διαφορών μεταξύ του ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και του βάρους κάθε κριτηρίου τελικού κόμβου που παρουσιάζονται στον Πίνακα 4-23 δείχνει ότι μόνο έξι από αυτές είναι θετικές ενώ οι υπόλοιπες είναι αρνητικές.

Το πιο θετικό κριτήριο τελικού κόμβου είναι αυτό της δημιουργίας θέσεων εργασίας, όπως και για τις μονάδες βιομάζας. Η ποσοστιαία διαφορά ωστόσο μεταξύ του ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και του βάρους κριτηρίου για τις γεωθερμικές μονάδες είναι 168,08% αρκετά μικρότερη της αντίστοιχης των μονάδων βιομάζας με 295,87%. Ο συντελεστής φορτίου, ο οποίος είναι ο δεύτερος καλύτερος μετά από εκείνο

των πυρηνικών μονάδων (Πίνακας 4-1), συμβάλλει κατά 2,62% στην βαθμολογία των γεωθερμικών μονάδων, ποσοστό 48,05% μεγαλύτερο του βάρους του κριτηρίου. Θετικές είναι οι ποσοστιαίες διαφορές και για το κριτήριο των αποθεμάτων προς παραγωγή, την κοινωνική αποδοχή, το κόστος καυσίμου και τις εκπεμπόμενες ΜΜΠΟΕ.

Πίνακας 4-23

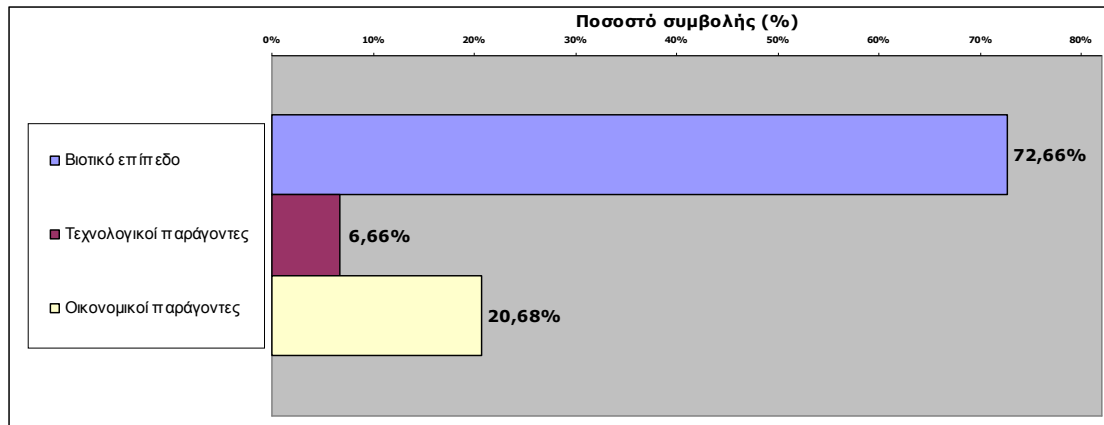
Ποσοστιαία διαφορά μεταξύ ποσοστών συμβολής στην συνολική αξιολόγηση των γεωθερμικών μονάδων και βάρους κριτηρίων τελικού κόμβου

Κριτήριο τελικού κόμβου	Βάρος κριτηρίου	Ποσοστό συμβολής στην συνολική αξιολόγηση	Ποσοστιαία διαφορά μεταξύ ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και βάρους κριτηρίου
Δημιουργία θέσεων εργασίας	5,31%	14,24%	168,08%
Συντελεστής φορτίου	1,77%	2,62%	48,05%
Αποθέματα προς παραγωγή	11,22%	15,79%	40,76%
Κοινωνική αποδοχή	10,61%	13,46%	26,82%
Κόστος καυσίμου	3,84%	4,82%	25,41%
ΜΜΠΟΕ	0,90%	0,99%	10,17%
CO ₂ -eq	2,09%	2,05%	-1,73%
Συντελεστής διαθεσιμότητας	4,06%	3,97%	-2,32%
Αιωρούμενα σωματίδια	5,43%	5,24%	-3,48%
Εξωτερικό κόστος	8,39%	7,93%	-5,46%
Μεταβλητό κόστος Λ&Σ	1,38%	1,27%	-7,62%
Θανατηφόρα ατυχήματα	3,60%	3,26%	-9,51%
NO _x	1,86%	1,63%	-12,42%
Απαιτούμενη έκταση	1,14%	0,92%	-19,24%
SO ₂	1,67%	1,35%	-19,42%
Εκπομπές ραδιενέργειας	9,45%	7,44%	-21,31%
Ισορροπία οικοσυστήματος	10,42%	6,30%	-39,51%
Κόστος κεφαλαίου	11,88%	6,66%	-43,96%
Συντελεστής απόδοσης	4,64%	0,07%	-98,47%
Σταθερό κόστος Λ&Σ	0,34%	0,00%	-100,00%

Το χειρότερο κριτήριο, όπως ήδη αναφέρθηκε, είναι αυτό του σταθερού κόστους λειτουργίας και συντήρησης με μηδενική συμβολή και ποσοστιαία διαφορά μεταξύ του ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και του βάρους κριτηρίου της τάξης του -100%. Η αντίστοιχη ποσοστιαία διαφορά για το συντελεστή απόδοσης είναι -98,47%, αφού αυτός είναι ο χειρότερος μεταξύ όλων των τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων. Ιδιαίτερα αρνητικό είναι και το κόστος κεφαλαίου για τις γεωθερμικές μονάδες αφού το ποσοστό συμβολής του στην συνολική αξιολόγηση των μονάδων αυτών είναι περίπου το μισό της βαρύτητάς του.

Στο επίπεδο των βασικών κριτηρίων η εικόνα είναι αυτή που απεικονίζεται στο Σχήμα 4-22. Συγκεντρωτικά το βιοτικό επίπεδο αποτελεί το 72,66% της βαθμολογίας των γεωθερμικών μονάδων, οι οικονομικοί παράγοντες το 20,68% και οι τεχνολογικοί το

6,66%. Κατά συνέπεια και οι γεωθερμικές μονάδες, όπως και όλοι οι υπόλοιποι τέσσερις τύποι μονάδων που βασίζονται σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, έχουν θετική συμβολή σε επίπεδο βιοτικού επιπέδου ενώ υστερούν σε τεχνολογικά και οικονομικά στοιχεία, στην συνολική αξιολόγησή τους σε σχέση με τους υπόλοιπους τύπους ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων.



Σχήμα 4-22

Ποσοστά συμβολής των τριών βασικών κριτηρίων στην συνολική αξιολόγηση των γεωθερμικών μονάδων

Στον Πίνακα 4-24 παρουσιάζονται οι ποσοστιαίες διαφορές μεταξύ του ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και του βάρους κάθε βασικού κριτηρίου. Σε σχέση με τις μονάδες βιομάζας οι γεωθερμικές έχουν περίπου το ίδιο ποσοστό θετικής επίδρασης στο βιοτικό επίπεδο. Στα επιμέρους υποκριτήρια του βιοτικού επιπέδου οι γεωθερμικές μονάδες εμφανίζουν πολύ μεγαλύτερο ποσοστό συμβολής στην βαθμολογία τους από το κριτήριο της κοινωνικής αποδοχής σε σχέση με τις μονάδες βιομάζας ενώ εμφανίζουν μικρότερο ποσοστό συμβολής από το κριτήριο της δημιουργίας νέων θέσεων εργασίας.

Πίνακας 4-24

Ποσοστιαία διαφορά μεταξύ ποσοστών συμβολής στην συνολική αξιολόγηση των γεωθερμικών μονάδων και βάρους βασικών κριτηρίων

Κριτήριο τελικού κόμβου	Βάρος κριτηρίου	Ποσοστό συμβολής στην συνολική αξιολόγηση	Ποσοστιαία διαφορά μεταξύ ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και βάρους κριτηρίου
Βιοτικό επίπεδο	63,70%	72,66%	14,07%
Τεχνολογικοί παράγοντες	10,47%	6,66%	-36,42%
Οικονομικοί παράγοντες	25,83%	20,68%	-19,94%

Αντίθετα οι γεωθερμικές μονάδες υστερούν περισσότερο από τις μονάδες βιομάζας σε τεχνολογικά στοιχεία ενώ υπερτερούν εκείνων σε οικονομικά στοιχεία. Η ποσοστιαία διαφορά μεταξύ του ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και του βάρους του κριτηρίου των οικονομικών παραγόντων είναι -19,94% για τις γεωθερμικές μονάδες και

-36,61% για τις μονάδες βιομάζας, ενώ για το κριτήριο των τεχνολογικών παραγόντων τα αντίστοιχα ποσοστά είναι -36,42% για τις γεωθερμικές μονάδες και -18,53% για τις μονάδες βιομάζας.

4.2.1.11 Σύγκριση αξιολογήσεων ανά ηλεκτροπαραγωγική μονάδα

Οι δέκα τύποι ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων μπορούν να χωριστούν σε τρεις βασικές κατηγορίες:

- στις μονάδες που βασίζονται σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας
- στις μονάδες που βασίζονται σε φυσικά καύσιμα
- στις πυρηνικές μονάδες

Οι μονάδες που βασίζονται σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μπορούν θεωρητικά να δουλεύουν για πάντα, παρέχοντας την απαιτούμενη ενέργεια για την ανάπτυξη και την πρόοδο των κοινωνιών. Και μόνο αυτό το γεγονός τους δίνει σημαντική προτεραιότητα στον μελλοντικό ενεργειακό σχεδιασμό των κυβερνήσεων σε ολόκληρο τον κόσμο. Η προοπτική της αέναης ανάπτυξης που φαίνεται να διασφαλίζουν, τόσο με την αδιάλειπτη παροχή της απαιτούμενης ηλεκτρικής ενέργειας όσο και με την συμβολή τους στην ισορροπία του οικοσυστήματος είναι δύσκολο να αντισταθμιστεί από πιθανές επιμέρους αδυναμίες, κάτι που προκύπτει και από την αξιολόγησή τους με την Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία που τις οδηγεί στις πέντε πρώτες θέσεις στην συνολική κατάταξη μεταξύ των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων που αξιολογούνται. Απόρροια των παραπάνω είναι και τα μεγάλα ποσοστά κοινωνικής αποδοχής που τυγχάνουν οι τύποι αυτών των μονάδων, συμπληρώνοντας έτσι την δυναμική τους. Είναι χαρακτηριστικό ότι το ποσοστό συμβολής του κριτηρίου του βιοτικού επιπέδου στην αξιολόγηση και των πέντε μονάδων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι υψηλότερο από όλες τις μονάδες φυσικών καυσίμων και τις πυρηνικές μονάδες.

Αντίθετα, στους τεχνολογικούς παράγοντες οι μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας υστερούν έναντι όλων των μονάδων φυσικών καυσίμων και των πυρηνικών μονάδων. Ανάλογα συμπεράσματα προκύπτουν και για τους οικονομικούς παράγοντες στους οποίους οι μονάδες φυσικών καυσίμων και οι πυρηνικές μονάδες υπερτερούν από τις μονάδες που βασίζονται σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Στον οικονομικό τομέα πρέπει να επισημανθεί ότι η έλλειψη κόστους καυσίμου και το χαμηλό εξωτερικό κόστος λόγω των μικρών περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων για τις μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, πλην των μονάδων βιομάζας, αντισταθμίζεται αρνητικά από το υψηλό κόστος κεφαλαίου και λειτουργίας και συντήρησης των μονάδων αυτών.

Από τις πέντε μονάδες των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας διαφοροποιούνται σημαντικά σε αρκετούς τομείς οι μονάδες βιομάζας, λόγω της χρήσης καυσίμου και της διαδικασίας της καύσης που χρησιμοποιούν. Το γεγονός αυτό δημιουργεί κάποια από τα αρνητικά φαινόμενα που παρατηρούνται κυρίως στις ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες που βασίζονται σε φυσικά καύσιμα, ωστόσο τα πλεονεκτήματά τους σαν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας οδηγούν τις μονάδες βιομάζας στη δεύτερη θέση της συνολικής κατάταξης μεταξύ των δέκα αξιολογούμενων τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων.

Οι γεωθερμικές μονάδες είναι στην κορυφή της κατάταξης με βάση την ΑΙΔ, συνδυάζοντας πολύ καλές επιδόσεις στο βιοτικό επίπεδο, ικανοποιητικές επιδόσεις στον οικονομικό τομέα, ενώ μέτρια είναι η εικόνα τους στους τεχνολογικούς παράγοντες. Οι αιολικές μονάδες που κατατάσσονται τρίτες υστερούν σε σχέση με τις γεωθερμικές μονάδες στο βιοτικό επίπεδο και στους τεχνολογικούς παράγοντες ενώ υπερτερούν έναντι αυτών στους οικονομικούς παράγοντες.

Οι φωτοβολταϊκές μονάδες εμφανίζουν την πιο ακραία συμπεριφορά στα τρία βασικά κριτήρια με εξαιρετικά θετικές επιδόσεις στο βιοτικό επίπεδο, εξαιρετικά αρνητικές επιδόσεις στον τεχνολογικό τομέα, ενώ εμφανίζουν μέτρια αρνητική εικόνα στους οικονομικούς παράγοντες. Τα παραπάνω οδηγούν στο συμπέρασμα ότι διαφοροποίηση των βαρών των βασικών κριτηρίων θα οδηγήσει σε σημαντικές διαφοροποιήσεις στη συνολική βαθμολογία και κατάταξη των φωτοβολταϊκών μονάδων.

Αντίθετα τη μεγαλύτερη ισορροπία ανάμεσα στα τρία βασικά κριτήρια παρουσιάζουν οι υδροηλεκτρικές μονάδες που βρίσκονται στην πέμπτη θέση, με οριακές ποσοστιαίες διαφορές μεταξύ του ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και του βάρους κάθε βασικού κριτηρίου. Αυτό οδηγεί σε μια σταθερότητα της συνολικής αξιολόγησής τους ανεξάρτητα από την βαρύτητα των τριών βασικών κριτηρίων. Η βαθμολογία, η συνολική κατάταξη και τα επιμέρους στοιχεία των υδροηλεκτρικών μονάδων δείχνουν ότι αποτελούν ένα ενδιάμεσο τύπο μονάδων ανάμεσα στους υπόλοιπους τέσσερις τύπους μονάδων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και τους πέντε τύπους που δεν βασίζονται σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Καλύτερες μεταξύ των μονάδων φυσικών καυσίμων και των πυρηνικών μονάδων είναι οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο οι οποίες καταλαμβάνουν την έκτη θέση της συνολικής κατάταξης. Έχουν πιο θετικές επιδόσεις στο βιοτικό επίπεδο από τους υπόλοιπους τέσσερις τύπους μονάδων, ενώ υστερούν των υπολοίπων στον τεχνολογικό και οικονομικό τομέα, με μοναδική εξαίρεση την υπεροχή τους στους τεχνολογικούς παράγοντες έναντι των μονάδων αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο.

Οι πυρηνικές μονάδες βρίσκονται στην έβδομη θέση της κατάταξης και τα ποσοστά συμβολής των τριών βασικών κριτηρίων στην αξιολόγησή τους προσεγγίζουν αρκετά εκείνα των υπολοίπων τεσσάρων τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων που βασίζονται σε φυσικά καύσιμα. Μάλιστα είναι εντυπωσιακή η προσέγγιση των ποσοστών συμβολής των τριών βασικών κριτηρίων στην αξιολόγηση των πυρηνικών μονάδων και των μονάδων πετρελαίου. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι σε επίπεδο βασικών κριτηρίων οι δύο αυτοί τύποι μονάδων παρουσιάζουν παραπλήσια συμπεριφορά, ωστόσο οι επιμέρους διαφοροποιήσεις που προκύπτουν σε επίπεδο κριτηρίων τελικού κόμβου είναι ιδιαίτερα σημαντικές. Πρέπει επίσης να διευκρινισθεί ότι τα ποσοστά συμβολής δεν σχετίζονται με το μέγεθος της συνολικής αξιολόγησης, όπως για παράδειγμα οι μονάδες πετρελαίου και οι πυρηνικές μονάδες οι οποίες αν και έχουν ανάλογα ποσοστά κατανομής μεταξύ των τριών βασικών τους κριτηρίων, ωστόσο διαφέρουν στις απόλυτες βαθμολογίες τους και στην συνολική τους κατάταξη. Έτσι οι πυρηνικές μονάδες έχουν συνολική αξιολόγηση

8,26% και οι μονάδες πετρελαίου 6,25%, με τις βαθμολογίες αυτές να έχουν την ίδια περίπου ποσοστιαία κατανομή μεταξύ των τριών βασικών κριτηρίων.

Οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο, οι οποίες κατατάσσονται όγδοες, υπερτερούν των μονάδων πετρελαίου και άνθρακα/λιγνίτη στον τομέα του βιοτικού επιπέδου και υστερούν έναντι αυτών στους τομείς των τεχνολογικών και οικονομικών στοιχείων. Οι μονάδες πετρελαίου κατατάσσονται προτελευταίες στην συνολική κατάταξη με περισσότερη θετικές επιδόσεις στον τομέα του βιοτικού επιπέδου και λιγότερη θετικές στον τεχνολογικό και οικονομικό τομέα σε σχέση με τις μονάδες άνθρακα/λιγνίτη.

Οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη οι οποίες κατατάσσονται τελευταίες έχουν την χειρότερη επίδοση στο βιοτικό επίπεδο μεταξύ και των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων. Αντίθετα στους τεχνολογικούς και οικονομικούς παράγοντες οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη ξεπερνούν όλους τους υπολοίπους τύπους μονάδων.

4.2.2 Ανάλυση αξιολόγησης ανά κριτήριο τελικού κόμβου

Στην ανάλυση αξιολόγησης ανά κριτήριο τελικού κόμβου εξετάζονται οι επιδόσεις των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων ως προς ένα κριτήριο κάθε φορά. Αυτό δίνει την δυνατότητα της ξεκάθαρης σύγκρισης και απεικόνισης των μονάδων που υπερέχουν καθώς και εκείνων που υστερούν με αναφορά σε κάθε συγκεκριμένο κριτήριο τελικού κόμβου που εξετάζεται.

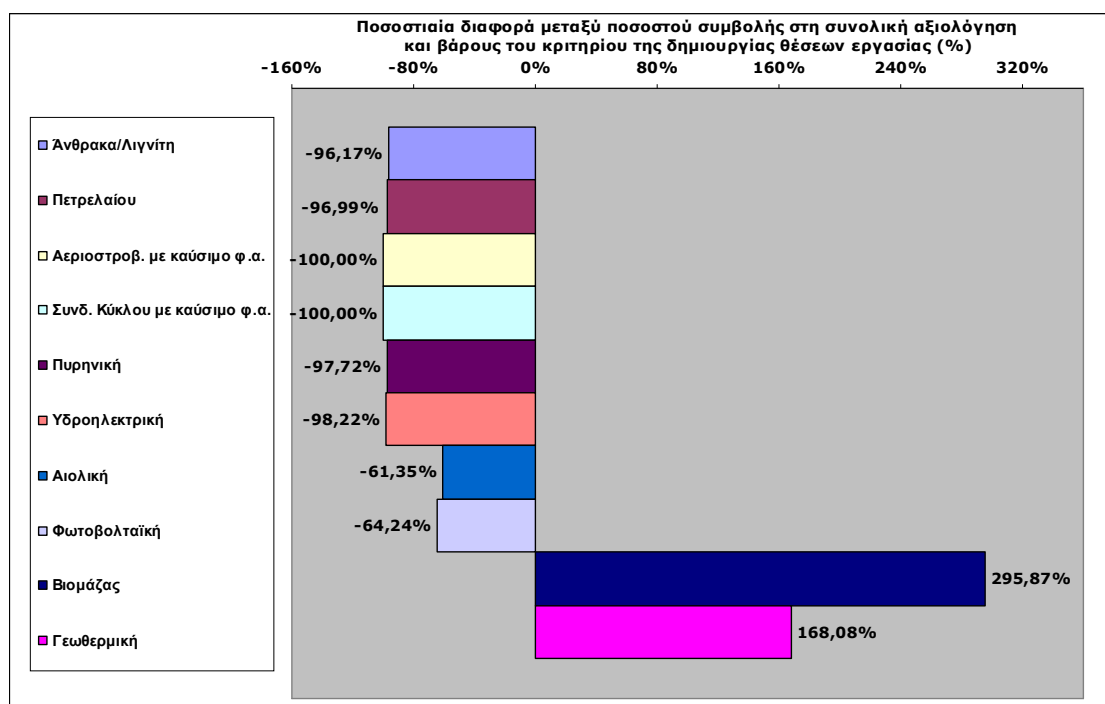
Οι αξιολογήσεις γίνονται με βάση την ποσοστιαία διαφορά μεταξύ του ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και του βάρους κάθε κριτηρίου τελικού κόμβου. Κατά συνέπεια υπάρχει κοινή βάση αξιολόγησης για όλους τους τύπους ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων.

4.2.2.1 Ανάλυση κριτηρίου δημιουργίας θέσεων εργασίας

Το κριτήριο δημιουργίας θέσεων εργασίας αναφέρεται στον μέσο όρο των νέων θέσεων εργασίας που δημιουργούνται από μία νέα ηλεκτροπαραγωγική μονάδα ισχύος 500MW. Ο αριθμός των θέσεων αυτών παρουσιάζεται στον Πίνακα 4-1 ενώ η ποσοστιαία διαφορά μεταξύ του ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων και του βάρους αυτού του κριτηρίου παρουσιάζεται στο Σχήμα 4-23.

Είναι προφανές ότι το κριτήριο δημιουργίας θέσεων εργασίας συμβάλλει θετικά στην αξιολόγηση των μονάδων βιομάζας και των γεωθερμικών μονάδων ενώ για τους υπόλοιπους τύπους μονάδων το κριτήριο έχει σχεδόν μηδενική συμβολή (Πίνακας 4-2). Στις μονάδες βιομάζας το κριτήριο αυτό συμβάλλει 21,02% (Πίνακας 4-3), ποσοστό περίπου τετραπλάσιο του βάρους του κριτηρίου το οποίο είναι 5,31%. Για τις γεωθερμικές μονάδες το ποσοστό συμβολής του κριτηρίου στην αξιολόγησή τους είναι 14,24%, περίπου τριπλάσιο του βάρους του.

Αντίθετα για τις αιολικές και φωτοβολταϊκές μονάδες το ποσοστό συμβολής κυμαίνεται από 1,90% έως 2,05% ποσοστά περίπου 60% μικρότερα από το βάρος του κριτηρίου. Πολύ χειρότερες είναι οι επιδόσεις ως προς το κριτήριο δημιουργίας θέσεων εργασίας των μονάδων φυσικών καυσίμων, των πυρηνικών και των υδροηλεκτρικών μονάδων. Αυτοί οι έξι τύποι μονάδων έχουν πρακτικά μηδενική ωφέλεια από αυτό το κριτήριο, αφού ο αριθμός των νέων θέσεων εργασίας που δημιουργούνται για αυτές είναι συγκριτικά πολύ μικρότερος από εκείνο των μονάδων βιομάζας και των γεωθερμικών μονάδων. Η μεγάλη αυτή συγκριτική απόκλιση οδηγεί σε σχεδόν μηδενικά ποσοστά συμβολής ($\leq 0,20\%$, Πίνακας 4-3) και μεγάλες ποσοστιαίες διαφορές ($\geq -97\%$) μεταξύ του ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και του βάρους αυτού του κριτηρίου, όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 4-23.



Σχήμα 4-23

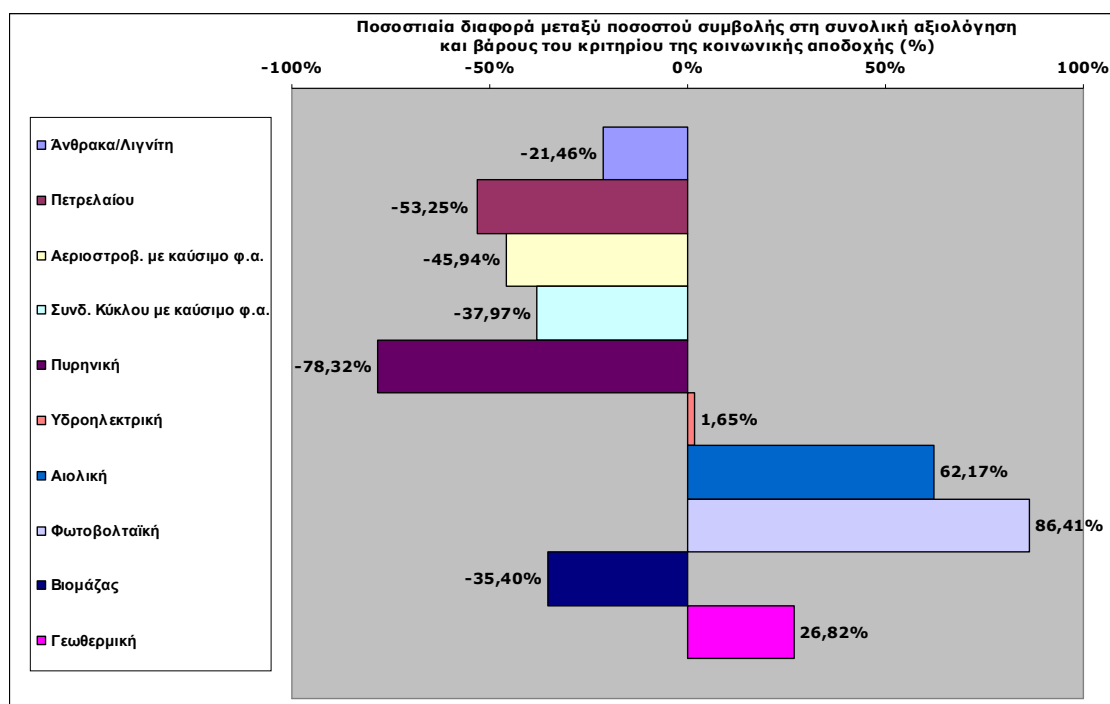
Αξιολόγηση των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων ως προς το κριτήριο της δημιουργίας θέσεων εργασίας

4.2.2.2 Ανάλυση κριτηρίου κοινωνικής αποδοχής

Το κριτήριο της κοινωνικής αποδοχής αναφέρεται στον βαθμό αποδοχής κάθε τύπου ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας από τους κατοίκους της περιοχής στην οποία είναι εγκατεστημένη και η αξιολόγησή του είναι υποκειμενική, όπως αναλύθηκε στην ενότητα 3.4.2. Η ποσοστιαία διαφορά μεταξύ του ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και του βάρους του κριτηρίου κοινωνικής αποδοχής για τους δέκα τύπους μονάδων παρουσιάζεται στο Σχήμα 4-24.

Οι μονάδες φυσικών καυσίμων, οι πυρηνικές μονάδες και οι μονάδες βιομάζας δεν τυχαίνουν της αποδοχής των τοπικών κοινωνιών, κυρίως λόγω των αρνητικών συνεπειών

και των κινδύνων που συνεπάγεται η λειτουργία τους. Λιγότερο αποδεκτές είναι οι πυρηνικές μονάδες, των οποίων η λειτουργία προκαλεί έντονες ανησυχίες λόγω των κινδύνων από ενδεχόμενη απελευθέρωση ραδιενέργειας από κάποιο ατύχημα. Το ποσοστό του κριτηρίου κοινωνικής αποδοχής για τις πυρηνικές μονάδες είναι μόλις 1,78%, περίπου το 1/5 του βάρους του κριτηρίου, το οποίο είναι 10,61% (Πίνακας 4-1) και η αντίστοιχη ποσοστιαία διαφορά -78,32% (Σχήμα 4-24). Ακολουθούν οι μονάδες πετρελαίου με ποσοστιαία διαφορά -53,25% και οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο και συνδυασμένου κύκλου με ποσοστά -45,94% και -37,97% αντίστοιχα. Μοναδικές από τις μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με αρνητική ποσοστιαία διαφορά στην κοινωνική αποδοχή είναι οι μονάδες βιομάζας οι οποίες λόγω της διαδικασίας της καύσης δημιουργούν αρκετά περιβαλλοντικά προβλήματα.



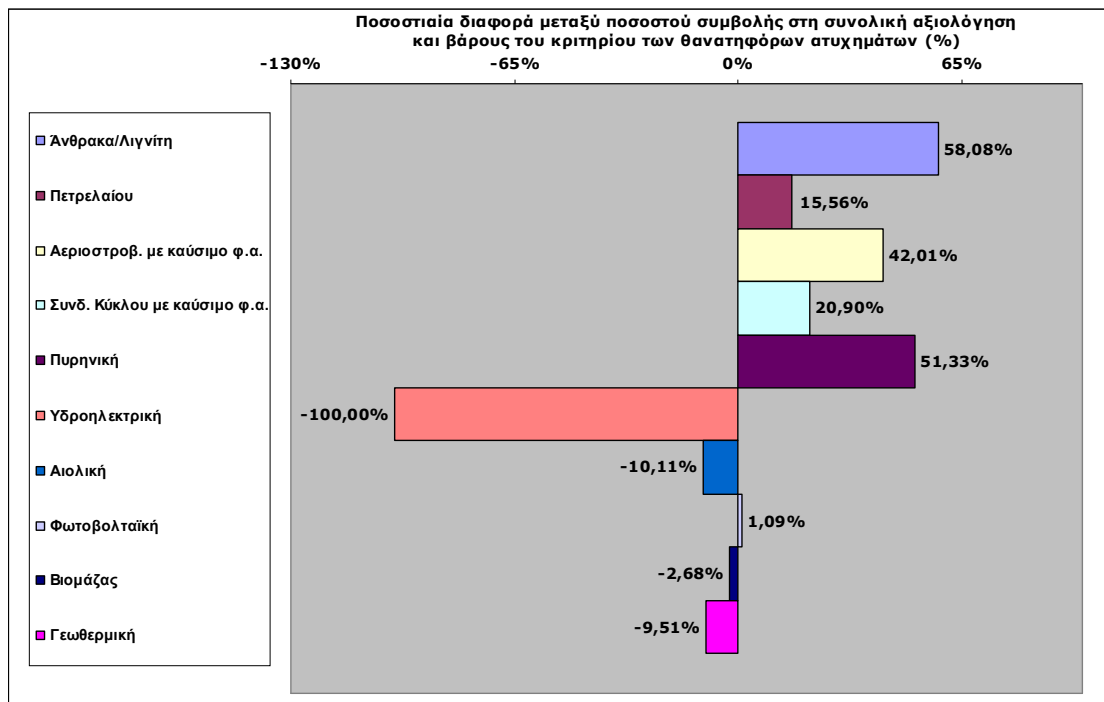
Σχήμα 4-24

Αξιολόγηση των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων ως προς το κριτήριο της κοινωνικής αποδοχής

Στις μονάδες με τα μεγαλύτερα ποσοστά κοινωνικής αποδοχής ανήκουν οι φωτοβολταϊκές μονάδες ακολουθούμενες από τις αιολικές μονάδες καθώς η λειτουργία τους φαίνεται να δημιουργεί τα λιγότερα προβλήματα στις τοπικές κοινωνίες σε σχέση με τους υπόλοιπους τύπους μονάδων. Το ποσοστό συμβολής του κριτηρίου κοινωνικής αποδοχής στην αξιολόγηση των μονάδων αυτών είναι κατά 86,41% μεγαλύτερο του βάρους του για τις φωτοβολταϊκές μονάδες, 62,17% για τις αιολικές μονάδες και 26,82% για τις γεωθερμικές μονάδες. Οι υδροηλεκτρικές μονάδες έχουν οριακά θετική επίδοση ως προς αυτό το κριτήριο με ποσοστό συμβολής στην βαθμολογία τους ελαφρώς μεγαλύτερο (1,65%) από το βάρος του.

4.2.2.3 Ανάλυση κριτηρίου θανατηφόρων ατυχημάτων

Τα θανατηφόρα ατυχήματα που έχουν καταγραφεί στο παρελθόν αποτελούν δείκτη της επικινδυνότητας κάθε τύπου ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας, τόσο για τους εργαζομένους όσο και για τις τοπικές κοινωνίες. Με βάση τον αριθμό των ατυχημάτων αυτών προκύπτουν οι ποσοστιαίες διαφορές μεταξύ του ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και του βάρους του κριτηρίου για τους δέκα τύπους ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων, οι οποίες απεικονίζονται στο Σχήμα 4-25.



Σχήμα 4-25

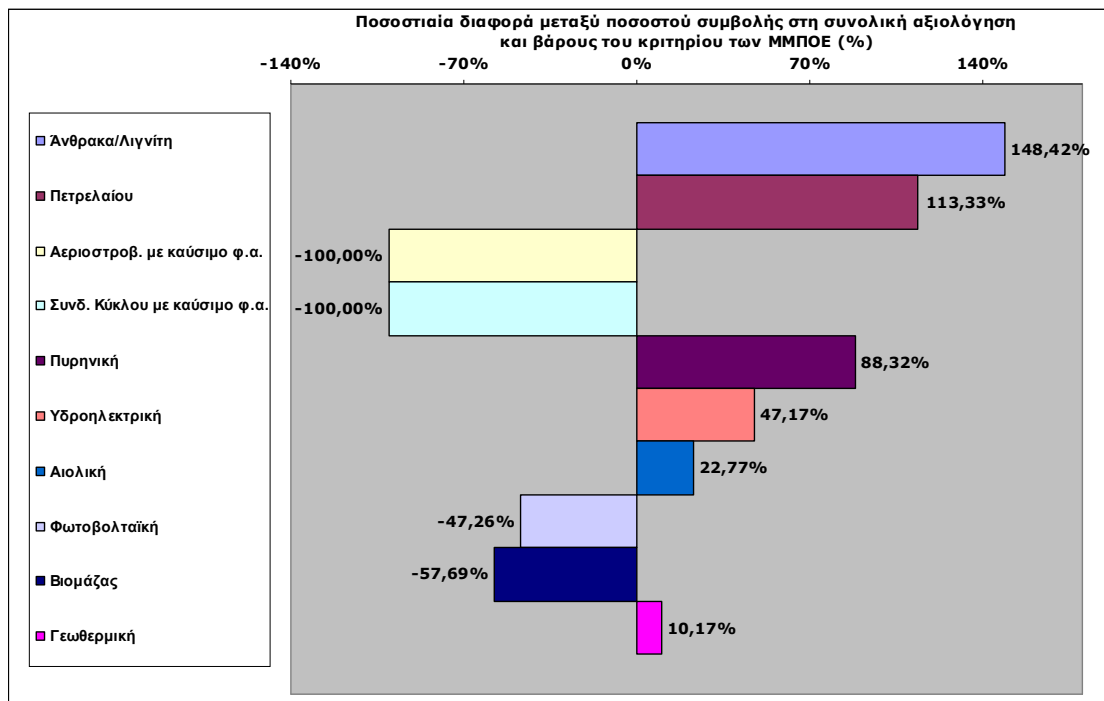
Αξιολόγηση των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων ως προς το κριτήριο των θανατηφόρων ατυχημάτων

Οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη έχουν την καλύτερη θετική ποσοστιαία διαφορά (58,08%) μεταξύ του ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και του βάρους του κριτηρίου. Αυτό ίσως φαίνεται αρχικά παράδοξο αφού οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη παρουσιάζουν 342 θανάτους από ατυχήματα ανά ΤWέτος (Πίνακας 4-1), ενώ οι μονάδες βιομάζας και οι γεωθερμικές μονάδες που έχουν μηδενικό αριθμό για αυτό το κριτήριο εμφανίζουν αρνητικές ποσοστιαίες διαφορές που είναι -2,68% και -9,51% αντίστοιχα. Η εξήγηση για αυτά τα ποσοστά προκύπτει από το γεγονός ότι συγκριτικά με άλλα κριτήρια, το κριτήριο των θανατηφόρων ατυχημάτων είναι καλύτερο για τις μονάδες άνθρακα/λιγνίτη και χειρότερο για τις γεωθερμικές μονάδες και τις μονάδες βιομάζας. Οι πυρηνικές μονάδες έχουν την δεύτερη καλύτερη ποσοστιαία διαφορά με 51,33% ακολουθούμενες από τους τρεις άλλους τύπους μονάδων φυσικών καυσίμων, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4-25. Τέλος, οριακά θετική είναι η επίδοση των φωτοβολταϊκών μονάδων με ποσοστό συμβολής 3,64% (Πίνακας 4-3), ποσοστό οριακά μεγαλύτερο κατά 1,09% του βάρους του κριτηρίου των θανατηφόρων ατυχημάτων (3,60%, Πίνακας 4-1).

Οι υδροηλεκτρικές μονάδες είναι μακράν οι χειρότερες σε θανατηφόρα ατυχήματα, με αποτέλεσμα το κριτήριο αυτό να έχει μηδενική συμβολή στην βαθμολογία τους (Πίνακας 4-3) και η αντίστοιχη ποσοστιαία διαφορά μεταξύ του ποσοστού συμβολής στην συνολική τους αξιολόγηση και του βάρους του κριτηρίου να είναι -100%. Αρνητική είναι και η επίδοση των αιολικών μονάδων (εκτός από τις γεωθερμικές μονάδες και τις μονάδες βιομάζας που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο) ως προς το κριτήριο των θανατηφόρων ατυχημάτων, με συμβολή του κριτηρίου στην αξιολόγησή τους περίπου 10% μικρότερη από τη βαρύτητά του (ποσοστό συμβολής 3,24% έναντι 3,60% του βάρους του).

4.2.2.4 Ανάλυση κριτηρίου ΜΜΠΟΕ

Οι μη μεθανιούχες πτητικές οργανικές ενώσεις προκαλούν διάφορα προβλήματα στην υγεία και το περιβάλλον όπως αναλύθηκε εκτενώς στην ενότητα 3.4.4. Ο βαθμός συμβολής τους στην αξιολόγηση των μονάδων σε σχέση με την βαρύτητά τους απεικονίζεται στο Σχήμα 4-26.



Σχήμα 4-26

Αξιολόγηση των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων ως προς το κριτήριο των μη μεθανιούχων πτητικών οργανικών ενώσεων (ΜΜΠΟΕ)

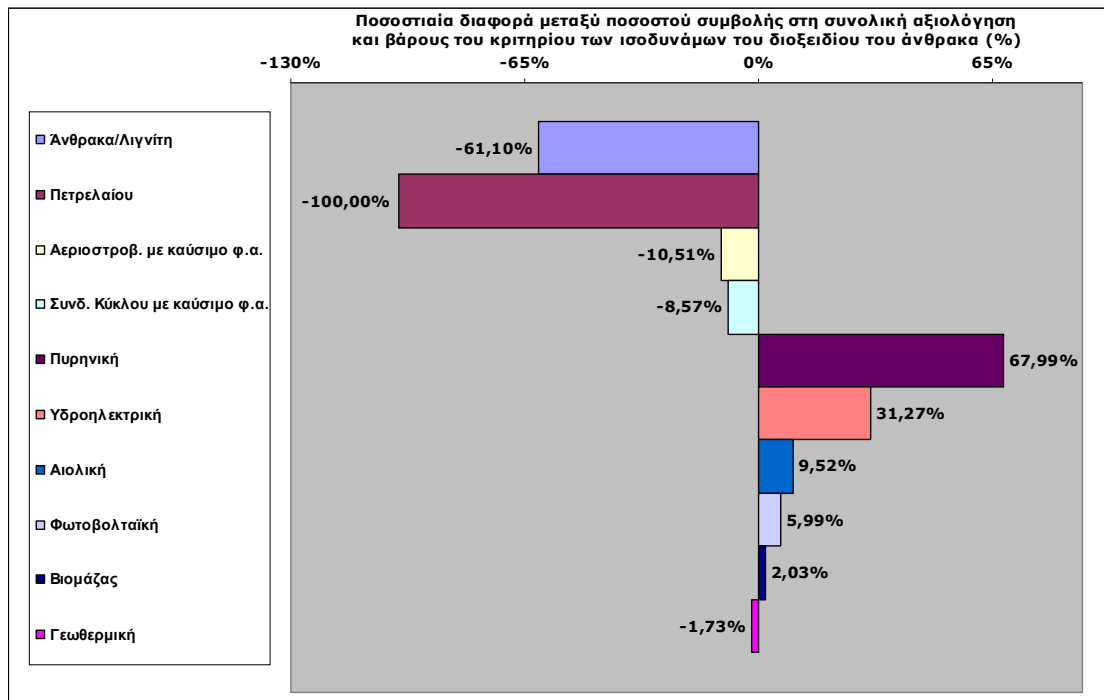
Πολύ θετική είναι η συμβολή του κριτηρίου των ΜΜΠΟΕ στην αξιολόγηση των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη και των μονάδων πετρελαίου, ενώ το τρίτο μεγαλύτερο ποσοστό συμβολής αναφέρεται στην βαθμολογία των πυρηνικών μονάδων. Πιο συγκεκριμένα το κριτήριο των ΜΜΠΟΕ αποτελεί το 2,24% της βαθμολογίας των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη, το 1,92% των μονάδων πετρελαίου και το 1,69% των πυρηνικών μονάδων (Πίνακας 4-3), δηλαδή ποσοστά περίπου δύο με δύομιση φορές

μεγαλύτερα από το βάρος του (0,90%). Θετικές αλλά μικρότερες των προηγούμενων είναι οι συμβολές του κριτηρίου για τις υδροηλεκτρικές μονάδες, τις αιολικές μονάδες και τις γεωθερμικές μονάδες με ποσοστιαίες διαφορές από 10,17% έως 47,17%, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4-26.

Αντίθετα πολύ αρνητικές είναι οι επιδόσεις των δύο τύπων μονάδων που βασίζονται στο φυσικό αέριο και έχουν μεγάλες εκπομπές ΜΜΠΟΕ (Πίνακας 4-1) και μηδενική συμβολή του κριτηρίου στην βαθμολογία τους (η αντίστοιχη ποσοστιαία διαφορά μεταξύ του ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και του βάρους κριτηρίου είναι -100%). Οι φωτοβολταϊκές μονάδες και οι μονάδες βιομάζας με τις χειρότερες μετά το φυσικό αέριο εκπομπές σε ΜΜΠΟΕ έχουν επίσης αρνητικές επιδόσεις ως προς αυτό το κριτήριο, όπως προκύπτει από τους Πίνακες 4-1 και 4-3, καθώς και το Σχήμα 4-26.

4.2.2.5 Ανάλυση κριτηρίου ισοδυνάμων διοξειδίου του άνθρακα

Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και των ισοδυνάμων του έχουν μεγάλη επίδραση στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, υπονομεύοντας άμεσα την βιωσιμότητα στο μέλλον. Το βάρος του κριτηρίου είναι 2,09%, το δεύτερο μεγαλύτερο μετά από εκείνο των αιωρούμενων σωματιδίων μεταξύ των πέντε μη ραδιενεργών εκπομπών ρύπων. Η συμβολή του κριτηρίου στην αξιολόγηση των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων σε σχέση με το βάρος του παρουσιάζεται στο Σχήμα 4-27.



Σχήμα 4-27

Αξιολόγηση των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων ως προς το κριτήριο των ισοδυνάμων του διοξειδίου του άνθρακα

Το μεγαλύτερο ποσοστό συμβολής του κριτηρίου ισοδυνάμων διοξειδίου του άνθρακα είναι για τις πυρηνικές μονάδες, των οποίων αποτελεί το 3,51% της συνολικής τους αξιολόγησης, ποσοστό 67,99% μεγαλύτερο του βάρους του κριτηρίου. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι πυρηνικές μονάδες έχουν σε απόλυτες τιμές τις τρίτες μικρότερες εκπομπές ισοδυνάμων διοξειδίου του άνθρακα μετά τις αιολικές μονάδες και τις γεωθερμικές μονάδες (Πίνακας 4-1), ωστόσο στην διαδικασία σύνθεσης της συνολικής αξιολόγησης σύμφωνα με την Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία προκύπτει το αποτέλεσμα που αναφέρθηκε παραπάνω. Θετικές είναι οι ποσοστιαίες διαφορές μεταξύ του ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και του βάρους κριτηρίου για τις μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με εξαίρεση τις γεωθερμικές μονάδες για τις οποίες η ποσοστιαία διαφορά είναι οριακά αρνητική (-1,73%).

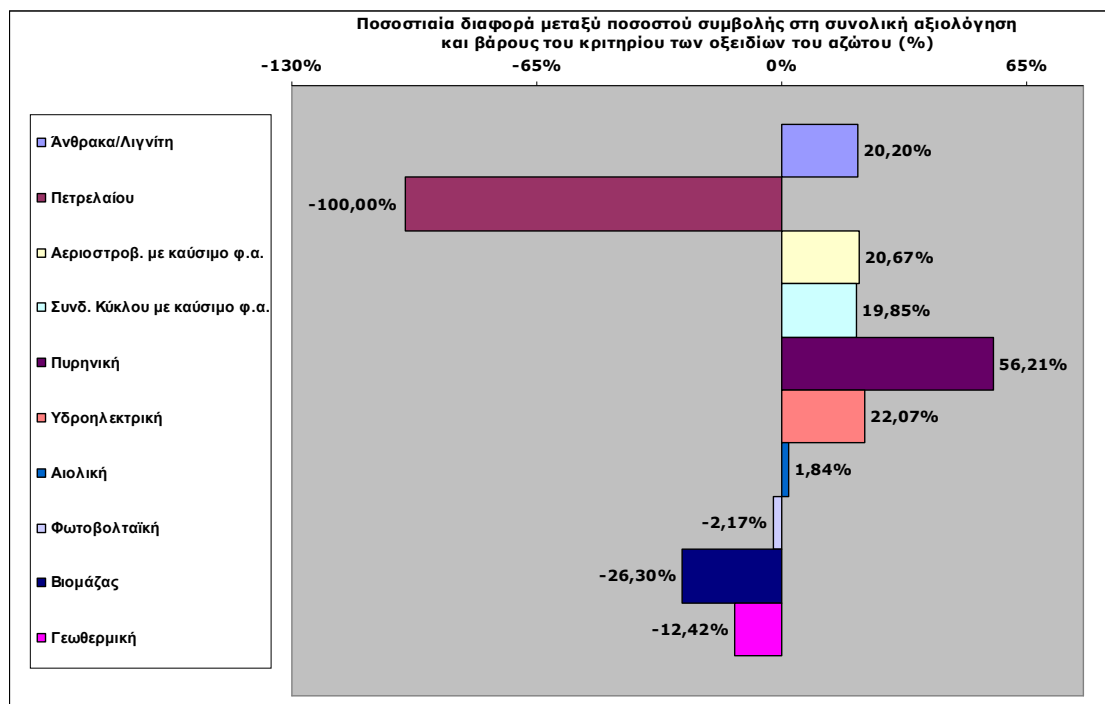
Αρνητικές είναι οι επιδόσεις του κριτηρίου ισοδυνάμων διοξειδίου του άνθρακα για τις τέσσερις μονάδες φυσικών καυσίμων τόσο σε απόλυτα νούμερα (Πίνακας 4-1), όσο και στις ποσοστιαίες διαφορές μεταξύ του ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και του βάρους του κριτηρίου. Πιο συγκεκριμένα τα ισοδύναμα του διοξειδίου του άνθρακα έχουν μηδενική συμβολή στην βαθμολογία των μονάδων πετρελαίου, ενώ αποτελούν το 0,81% της αξιολόγησης των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη, ποσοστό κατά 61,10% μικρότερο από το βάρος του κριτηρίου. Λιγότερο αρνητικές είναι οι ποσοστιαίες διαφορές για τις μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο και συνδυασμένου κύκλου με ποσοστά -10,51% και -8,57% αντίστοιχα.

4.2.2.6 Ανάλυση κριτηρίου οξειδίων του αζώτου

Το κριτήριο των οξειδίων του αζώτου έχει βάρος 1,86% και η ανάλυση της ποσοστιαίας διαφοράς μεταξύ του ποσοστού συμβολής του στην συνολική αξιολόγηση των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων και του βάρους του παρουσιάζεται στο Σχήμα 4-28.

Τα οξείδια του αζώτου έχουν θετικό ποσοστό συμβολής για έξι από τους δέκα τύπους ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων. Τρεις από αυτούς είναι μονάδες φυσικών καυσίμων, δύο ανήκουν στην κατηγορία των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ενώ και οι πυρηνικές μονάδες έχουν μεγάλο ποσοστό συμβολής από το κριτήριο των οξειδίων του αζώτου. Πιο συγκεκριμένα το κριτήριο συμβάλλει στην αξιολόγηση των πυρηνικών μονάδων το 2,91% της βαθμολογίας τους, ποσοστό 56,21% μεγαλύτερο από το βάρος του. Οι υδροηλεκτρικές μονάδες και οι αιολικές μονάδες αν και δεν έχουν μικρότερες εκπομπές οξειδίων του αζώτου από τις πυρηνικές μονάδες (Πίνακας 4-1), ωστόσο τα ποσοστά συμβολής του κριτηρίου αυτού στη βαθμολογία τους είναι μικρότερα από τα αντίστοιχα των πυρηνικών μονάδων. Οι ποσοστιαίες διαφορές μεταξύ του ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και του βάρους του κριτηρίου παραμένουν θετικές τόσο για τις υδροηλεκτρικές μονάδες (22,07%) όσο και για τις αιολικές μονάδες (1,84%). Οι μονάδες που βασίζονται στο φυσικό αέριο ωφελούνται από την αξιολόγηση ως προς αυτό το κριτήριο περίπου στον ίδιο βαθμό με τις μονάδες άνθρακα/λιγνίτη, αφού η ποσοστιαία διαφορά μεταξύ της συμβολής στην αξιολόγηση και του βάρους του κριτηρίου είναι και για τους τρεις αυτούς τύπους μονάδων περίπου 20%.

Στον αντίποδα, το κριτήριο των οξειδίων του αζώτου έχει μηδενική συμβολή στην αξιολόγηση των μονάδων πετρελαίου και ποσοστιαία διαφορά μεταξύ ποσοστού συμβολής στην βαθμολογία και βάρους -100%, αφού αυτές έχουν εξαιρετικά υψηλές τιμές εκπομπών οξειδίων του αζώτου (5253 mg/kWh, Πίνακας 4-1). Χαμηλές επιδόσεις έχουν και οι δύο πρώτες μονάδες στην συνολική κατάταξη, δηλαδή οι γεωθερμικές μονάδες και οι μονάδες βιομάζας. Οριακά αρνητικό είναι το ποσοστό συμβολής στην αξιολόγηση σε σχέση με το βάρος του κριτηρίου για τις φωτοβολταϊκές μονάδες, με την αντίστοιχη ποσοστιαία διαφορά να είναι -2,17% (ποσοστό συμβολής στην αξιολόγηση των φωτοβολταϊκών μονάδων 1,82% έναντι 1,86% που είναι το βάρος του κριτηρίου).



Σχήμα 4-28

Αξιολόγηση των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων ως προς το κριτήριο των οξειδίων του αζώτου

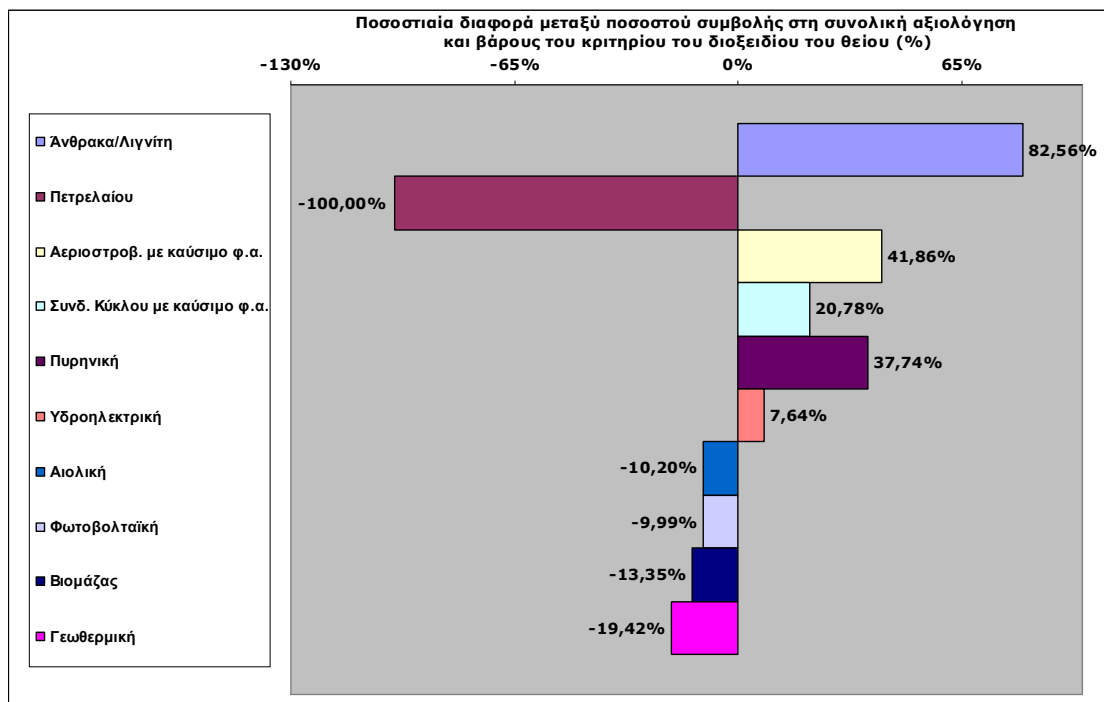
4.2.2.7 Ανάλυση κριτηρίου διοξειδίου του θείου

Το κριτήριο του διοξειδίου του θείου είναι το τέταρτο από τα πέντε στοιχεία της ομάδας των μη ραδιενεργών ρύπων (Σχήμα 3-1). Το βάρος του είναι μόλις 1,67% και η σύγκριση των αξιολογήσεων των μονάδων με αυτό αποτελεί δείκτη των θετικών και αρνητικών επιδόσεών τους ως προς αυτό. Οι ποσοστιαίες διαφορές μεταξύ του ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και του βάρους αυτού του κριτηρίου παρουσιάζονται στο Σχήμα 4-29.

Θετικές επιδόσεις ως προς το κριτήριο του διοξειδίου του θείου έχουν οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη, οι μονάδες φυσικού αερίου, οι πυρηνικές μονάδες και οι υδροηλεκτρικές μονάδες. Οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη, αν και έχουν την δεύτερη χειρότερη επίδοση σε απόλυτες τιμές εκπομπών διοξειδίου του θείου μετά τις

πετρελαϊκές (Πίνακας 4-1), ωστόσο το μεγαλύτερο ποσοστό συμβολής της βαθμολογίας τους σε σχέση με τις υπόλοιπες μονάδες προέρχεται από αυτό το κριτήριο. Το ποσοστό αυτό είναι σχεδόν διπλάσιο του βάρους του κριτηρίου και η αντίστοιχη ποσοστιαία διαφορά 82,56%. Οι θετικές ποσοστιαίες διαφορές των υπολοίπων τεσσάρων τύπων μονάδων κυμαίνονται μεταξύ 7,64% (για τις υδροηλεκτρικές μονάδες) και 41,86% (για τις μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο), όπως φαίνεται στο Σχήμα 4-29.

Όπως και από το κριτήριο των οξειδίων του αζώτου έτσι και από το κριτήριο του διοξειδίου του θείου οι μονάδες πετρελαίου έχουν μηδενική συμβολή στην βαθμολογία τους, αφού οι αντίστοιχες εκπομπές είναι εξαιρετικά υψηλές. Μικρότερες είναι οι αρνητικές επιπτώσεις στην βαθμολογία των τεσσάρων μονάδων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στις οποίες το κριτήριο του διοξειδίου του θείου αποτελεί το 1,35% έως 1,50% της συνολικής τους βαθμολογίας, ποσοστά που είναι από -9,99% έως -19,42% μικρότερα του βάρους του κριτηρίου, όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 4-29.



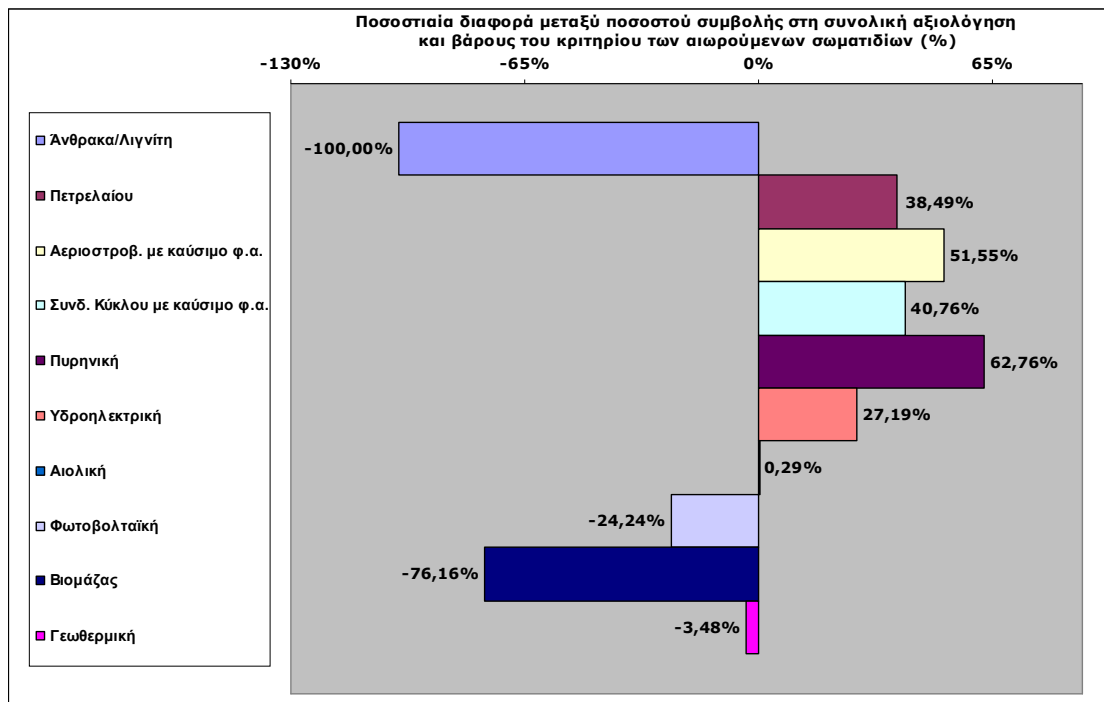
Σχήμα 4-29

Αξιολόγηση των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων ως προς το κριτήριο του διοξειδίου του θείου

4.2.2.8 Ανάλυση κριτηρίου αιωρούμενων σωματιδίων

Το κριτήριο των αιωρούμενων σωματιδίων είναι το έβδομο σημαντικότερο κριτήριο μεταξύ των είκοσι κριτηρίων τελικού κόμβου, με βάρος 5,43%. Η σπουδαιότητά του είναι κατά συνέπεια μεγάλη και η ανάλυση των ποσοστιαίων διαφορών που απεικονίζονται στο Σχήμα 4-30 μεταξύ του ποσοστού συμβολής του στην συνολική αξιολόγηση των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων και του βάρους του παρουσιάζουν μεγάλο ενδιαφέρον.

Οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη και οι μονάδες βιομάζας οι οποίες έχουν τις μεγαλύτερες εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων, έχουν και τα μικρότερα ποσοστά συμβολής του αντίστοιχου κριτηρίου στη βαθμολογία τους. Μάλιστα για τις μονάδες άνθρακα/λιγνίτη το ποσοστό συμβολής είναι μηδενικό και η ποσοστιαία διαφορά του από το βάρος του κριτηρίου -100%. Για τις μονάδες βιομάζας το κριτήριο των αιωρούμενων σωματιδίων συμβάλλει 1,29% της συνολικής τους αξιολόγησης ποσοστό κατά 76,16% μικρότερο από το βάρος του κριτηρίου, το οποίο είναι 5,43%. Συγκριτικά μικρότερες είναι οι απώλειες των φωτοβολταϊκών μονάδων και των γεωθερμικών μονάδων με ποσοστιαίες διαφορές -24,24% και -3,48% αντίστοιχα.



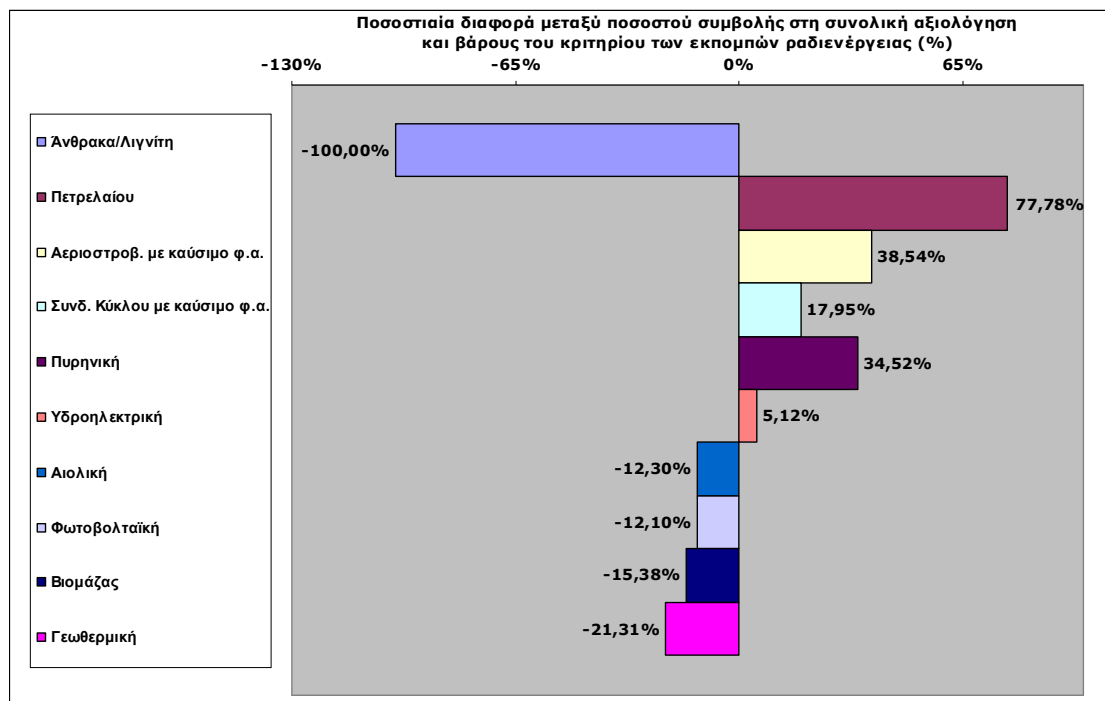
Σχήμα 4-30

Αξιολόγηση των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων ως προς το κριτήριο των αιωρούμενων σωματιδίων

Την πιο θετική επίδοση ως προς το κριτήριο των αιωρούμενων σωματιδίων εμφανίζουν οι πυρηνικές μονάδες με μόλις 2 mg/kWh (Πίνακας 4-1), που οδηγεί σε ποσοστιαία διαφορά μεταξύ του ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και του βάρους κριτηρίου της τάξης του 62,76%. Ακολουθούν με ελαφρώς μικρότερα θετικά ποσοστά που κυμαίνονται από 38,49% έως 51,55% οι μονάδες που βασίζονται στο φυσικό αέριο και το πετρέλαιο. Από τις μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας οι υδροηλεκτρικές μονάδες έχουν ποσοστό συμβολής στη βαθμολογία τους από το κριτήριο αιωρούμενων σωματιδίων κατά 27,19% μεγαλύτερο από το βάρος του, ενώ το αντίστοιχο ποσοστό για τις αιολικές μονάδες είναι οριακά θετικό με 0,29%.

4.2.2.9 Ανάλυση κριτηρίου εκπομπών ραδιενέργειας

Το κριτήριο των εκπομπών ραδιενέργειας με βαρύτητα 9,45% είναι το πέμπτο σημαντικότερο κριτήριο τελικού κόμβου στην αξιολόγηση των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων. Κατά συνέπεια αποκλίσεις των επιδόσεων των μονάδων για αυτό το κριτήριο (όπως και για όλα τα κριτήρια με μεγάλα βάρη) έχουν πολύ μεγαλύτερη επίδραση στην συνολική αξιολόγηση των μονάδων από αποκλίσεις του ίδιου μεγέθους για κριτήρια με μικρότερα βάρη. Για παράδειγμα θετική ποσοστιαία απόκλιση 50% στην επίδοση μιας μονάδας ως προς ένα κριτήριο με βάρος 10% συνεπάγεται απόλυτη απόκλιση της τάξης του 5% ενώ για κριτήριο με βάρος 1%, θετική απόκλιση 50% σημαίνει μόλις 0,5% μεγαλύτερη απόλυτη απόκλιση. Οι ποσοστιαίες διαφορές μεταξύ του ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και του βάρους του κριτηρίου των εκπομπών ραδιενέργειας απεικονίζονται στο Σχήμα 4-31.



Σχήμα 4-31

Αξιολόγηση των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων ως προς το κριτήριο των εκπομπών ραδιενέργειας

Σύμφωνα με τον Πίνακα 4-1 οκτώ από τους δέκα τύπους ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων έχουν μηδενικές εκπομπές ραδιενέργειας κατά την λειτουργία τους, ενώ οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη έχουν περίπου εκατονταπλάσιες εκπομπές ραδιενέργειας σε καθεστώς κανονικής λειτουργίας από τις αντίστοιχες πυρηνικές μονάδες.

Παρόλα αυτά η συγκριτική αξιολόγηση της ΑΙΔ οδηγεί σε μια πολυμορφία αποτελεσμάτων των δέκα τύπων μονάδων ως προς αυτό το κριτήριο. Μεγαλύτερο όφελος στην βαθμολογία τους έχουν οι μονάδες πετρελαίου, ακολουθούμενες από τις μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο και τις πυρηνικές μονάδες, παρόλο

που δεν έχουν μηδενικές εκπομπές ραδιενέργειας. Λιγότερο ωφελημένες είναι οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο και οι υδροηλεκτρικές μονάδες, των οποίων το ποσοστό συμμετοχής του κριτηρίου των εκπομπών ραδιενέργειας στην βαθμολογία τους είναι κατά 17,95% και 5,12% αντίστοιχα μεγαλύτερο από το βάρος του.

Στον αντίποδα, οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη με εξαιρετικά μεγάλες εκπομπές ραδιενέργειας κατά την λειτουργία τους (490 person-rem/έτος, Πίνακας 4-1) έχουν μηδενική συμβολή στην βαθμολογία τους από το κριτήριο αυτό. Για τους τέσσερις τύπους μονάδων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (όλες πλην των υδροηλεκτρικών μονάδων) τα ποσοστά συμβολής του κριτηρίου των εκπομπών ραδιενέργειας στην συνολική αξιολόγησή τους κυμαίνονται από 7,44% έως 8,31% (Πίνακας 4-3), δηλαδή είναι 12,10% έως 21,31% μικρότερα από το βάρος του κριτηρίου των εκπομπών ραδιενέργειας.

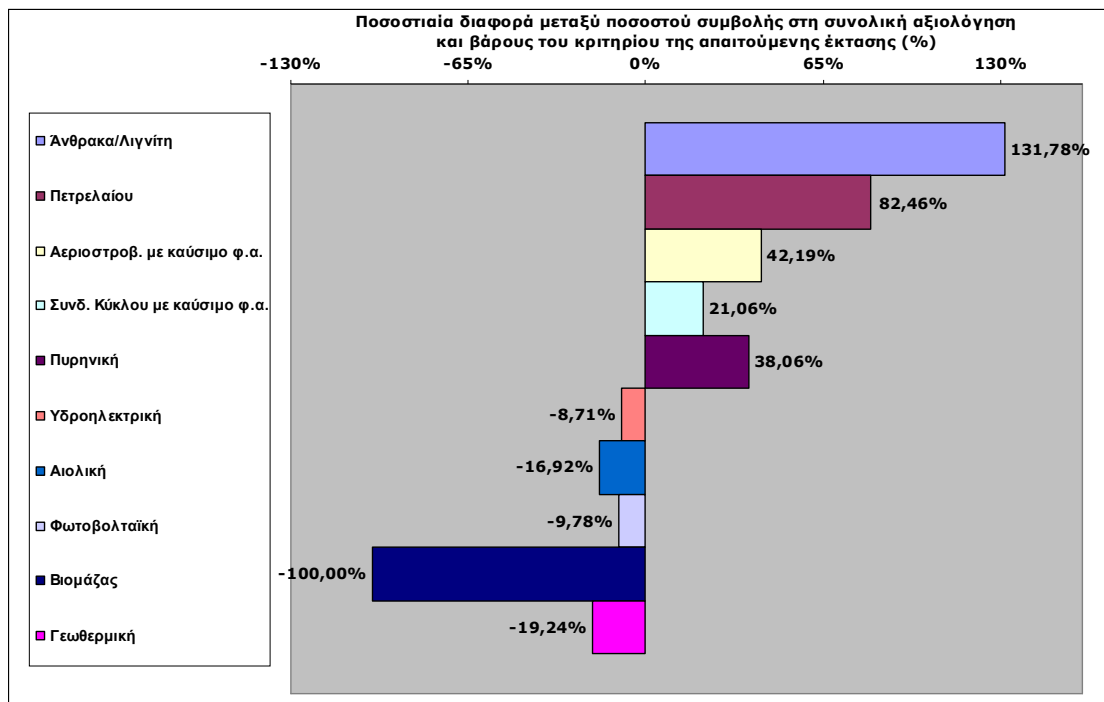
4.2.2.10 Ανάλυση κριτηρίου απαιτούμενης έκτασης

Η απαιτούμενη έκταση έχει πολύ χαμηλό βάρος της τάξης του 1,14% σύμφωνα με την διαδικασία αξιολόγησης της σπουδαιότητας των είκοσι κριτηρίων τελικού κόμβου μέσω των συγκρίσεων τους κατά ζεύγη. Οι εκτάσεις που δεσμεύονται για την λειτουργία των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων επηρεάζουν σαφώς αρνητικά το βιοτικό επίπεδο των κατοίκων των γειτονικών περιοχών. Η εξέταση των στοιχείων των Πινάκων 4-1, 4-2 και 4-3 οδηγεί στην εξαγωγή των ποσοστιαίων διαφορών μεταξύ του ποσοστού συμβολής του κριτηρίου απαιτούμενης έκτασης στην συνολική αξιολόγηση κάθε τύπου ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας και του βάρους του κριτηρίου, οι οποίες παρουσιάζονται γραφικά στο Σχήμα 4-32.

Θετικός είναι ο απολογισμός ως προς το κριτήριο της απαιτούμενης έκτασης για τις τέσσερις μονάδες φυσικών καυσίμων καθώς και για τις πυρηνικές μονάδες, οι οποίες απαιτούν πολύ μικρότερες εκτάσεις για την λειτουργία τους σε σχέση με τους πέντε τύπους ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων που βασίζονται σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Αν και οι μονάδες φυσικών καυσίμων καθώς και οι πυρηνικές μονάδες προϋποθέτουν την ίδια έκταση για την λειτουργία τους, μεγαλύτερο είναι το όφελος ως προς το ποσοστό συμβολής στην βαθμολογία τους για τις μονάδες άνθρακα/λιγνίτη, αφού το ποσοστό αυτό είναι υπερδιπλάσιο της βαρύτητας του κριτηρίου αυτού. Οι μονάδες πετρελαίου έχουν ποσοστό συμβολής στη βαθμολογία τους 2,08% (Πίνακας 4-3), ποσοστό το οποίο είναι κατά 82,46% μεγαλύτερο από το βάρος του κριτηρίου. Ακολουθούν οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο με αντίστοιχο ποσοστό 42,19%, οι πυρηνικές μονάδες με 38,06% και οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο με 21,06%.

Αντίθετα, οι πέντε μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας απαιτούν μεγάλες εκτάσεις. Χειρότερες όλων είναι οι μονάδες βιομάζας με εκτάσεις έως και 2000 φορές μεγαλύτερες από εκείνες των μονάδων φυσικών καυσίμων και των πυρηνικών μονάδων, γεγονός το οποίο έχει σαν αποτέλεσμα την μηδενική συμβολή του κριτηρίου στην βαθμολογία τους και την αντίστοιχη ποσοστιαία διαφορά της από το βάρος του κριτηρίου να είναι -100%. Λιγότερο αρνητικές είναι οι επιδόσεις των γεωθερμικών και των αιολικών μονάδων με

αντίστοιχες ποσοστιαίες διαφορές -19,24% και -16,92%. Τέλος οι φωτοβολταϊκές μονάδες και οι υδροηλεκτρικές μονάδες έχουν μονοσήφια αρνητική ποσοστιαία διαφορά μεταξύ του ποσοστού συμβολής του κριτηρίου απαιτούμενης έκτασης στην συνολική αξιολόγηση των μονάδων και του βάρους του κριτηρίου, γεγονός που συνεπάγεται μικρές διαφοροποιήσεις στις αξιολογήσεις αυτών των μονάδων σε περίπτωση αλλαγής της βαρύτητας του κριτηρίου αυτού.



Σχήμα 4-32

Αξιολόγηση των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων ως προς το κριτήριο της απαιτούμενης έκτασης

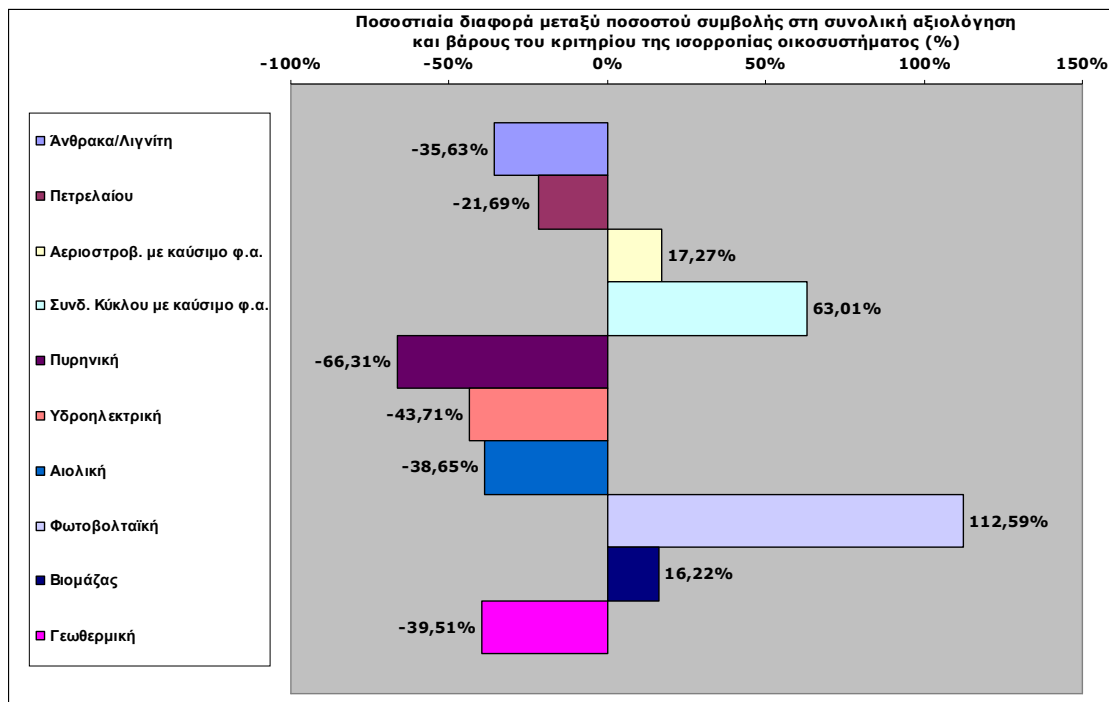
4.2.2.11 Ανάλυση κριτηρίου ισορροπίας οικοσυστήματος

Το κριτήριο της ισορροπίας οικοσυστήματος είναι το τέταρτο σημαντικότερο κριτήριο σύμφωνα με τις παραδοχές του σεναρίου αναφοράς, με βαρύτητα 10,42%. Ο υπολογισμός του βάρους του καθώς και των επιδόσεων των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων ως προς αυτό δεν μπορεί παρά να είναι υποκειμενικός, μέσω συγκρίσεων κατά ζεύγη, αφού δεν είναι μετρήσιμο μέγεθος μέσω κάποιας πρότυπης κλίμακας.

Οι επιδόσεις των μονάδων ως προς το κριτήριο αυτό αξιολογούνται (όπως και για τα υπόλοιπα κριτήρια τελικού κόμβου) μέσω της ανάλυσης των ποσοστιαίων διαφορών της συμβολής του κριτηρίου αυτού στην βαθμολογία τους και του βάρους του κριτηρίου. Οι ποσοστιαίες αυτές διαφορές απεικονίζονται στο Σχήμα 4-33.

Μόνο τέσσερις από τους δέκα τύπους ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων εμφανίζονται να έχουν καλές επιδόσεις ως προς αυτό το κριτήριο. Μεγαλύτερη συμβολή έχει το κριτήριο

της ισορροπίας οικοσυστήματος για τις φωτοβολταϊκές μονάδες αφού αποτελεί το 22,15% της βαθμολογίας τους, ποσοστό υπερδιπλάσιο (αυξημένο κατά 112,59%) από το βάρος του κριτηρίου. Σημαντική είναι και η αντίστοιχη ποσοστιαία διαφορά για τις μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο (63,01%), ενώ μικρότερη αλλά θετική είναι η διαφορά για τις μονάδες αεριοστρόβιλου με καύσιμο φυσικό αέριο (17,27%) και τις μονάδες βιομάζας (16,22%).



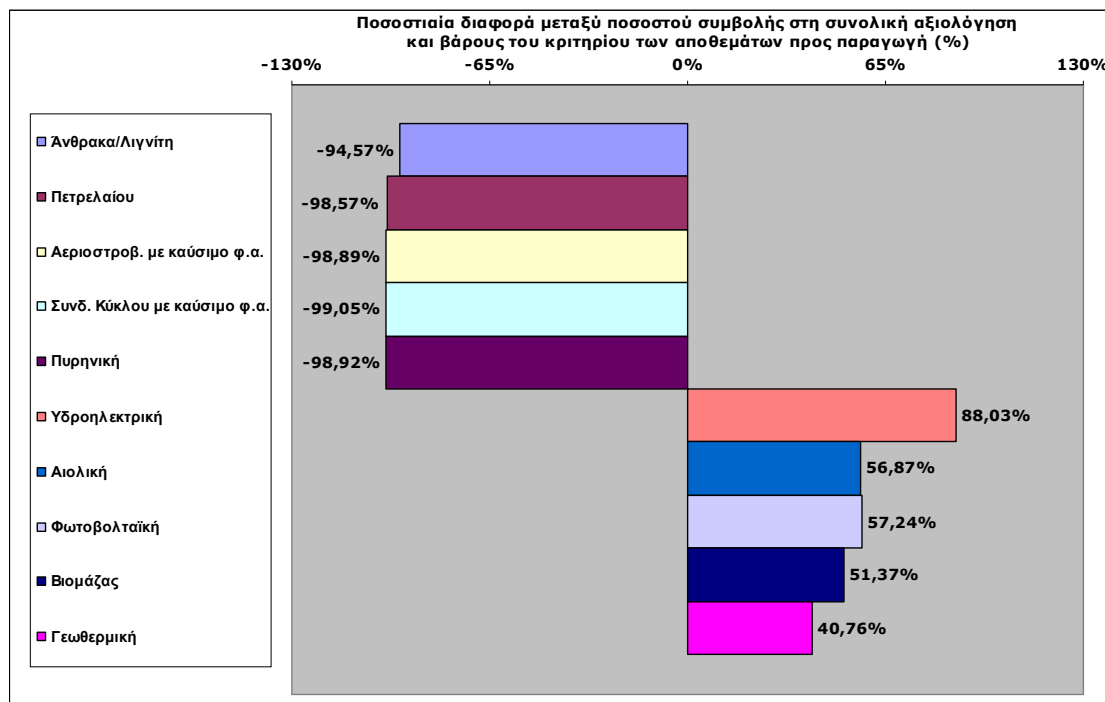
Σχήμα 4-33

Αξιολόγηση των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων ως προς το κριτήριο της ισορροπίας οικοσυστήματος

Οι πυρηνικές μονάδες με το χαμηλότερο απόλυτο ποσοστό αξιολόγησης ως προς το κριτήριο της ισορροπίας οικοσυστήματος με 2,77% (Πίνακας 4-1), έχουν αντίστοιχα και το μικρότερο ποσοστό συμβολής με 3,51% (Πίνακας 4-3) στην βαθμολογία τους από αυτό το κριτήριο. Το ποσοστό αυτό (3,51%) είναι χαμηλότερο κατά 66,31% από το βάρος του κριτηρίου, καταδεικνύοντας την έντονα αρνητική επίδραση του κριτηρίου αυτού στην αξιολόγηση των πυρηνικών μονάδων. Αρνητικές ποσοστιαίες διαφορές που κυμαίνονται από -38,65% έως -43,71% εμφανίζουν τρεις μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και πιο συγκεκριμένα οι υδροηλεκτρικές μονάδες, οι γεωθερμικές μονάδες και οι αιολικές μονάδες. Τέλος μικρότερη του βάρους του κατά 35,63% και 21,69% είναι η συμμετοχή του κριτηρίου ισορροπίας οικοσυστήματος στην συνολική αξιολόγηση των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη και των μονάδων πετρελαίου αντίστοιχα.

4.2.2.12 Ανάλυση κριτηρίου αποθεμάτων προς παραγωγή

Το κριτήριο των αποθεμάτων προς παραγωγή εξετάζει τις επιδόσεις των μονάδων ως προς τον δυνατό χρόνο λειτουργίας τους με βάση την διαθεσιμότητα καυσίμων τα οποία είναι απαραίτητα για την ηλεκτροπαραγωγική διαδικασία. Είναι το δεύτερο σημαντικότερο κριτήριο τελικού κόμβου με βάση το βάρος του το οποίο είναι 11,22%, πίσω από το κόστος κεφαλαίου που έχει βαρύτητα 11,88%. Είναι προφανές ότι οι μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι μακράν οι καλύτερες ως προς αυτό το κριτήριο, είτε επειδή έχουν την δυνατότητα απεριόριστης (χρονικά) παροχής του απαιτούμενου καυσίμου (βιομάζα), είτε επειδή δεν απαιτούν καθόλου καύσιμο και κατά συνέπεια η λειτουργία τους μπορεί να είναι παντοτινή. Η διαισθητική αυτή εκτίμηση επιβεβαιώνεται και από την ανάλυση των ποσοστιαίων διαφορών μεταξύ του ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση των μονάδων και του βάρους του κριτηρίου αποθεμάτων προς παραγωγή, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4-34.



Σχήμα 4-34

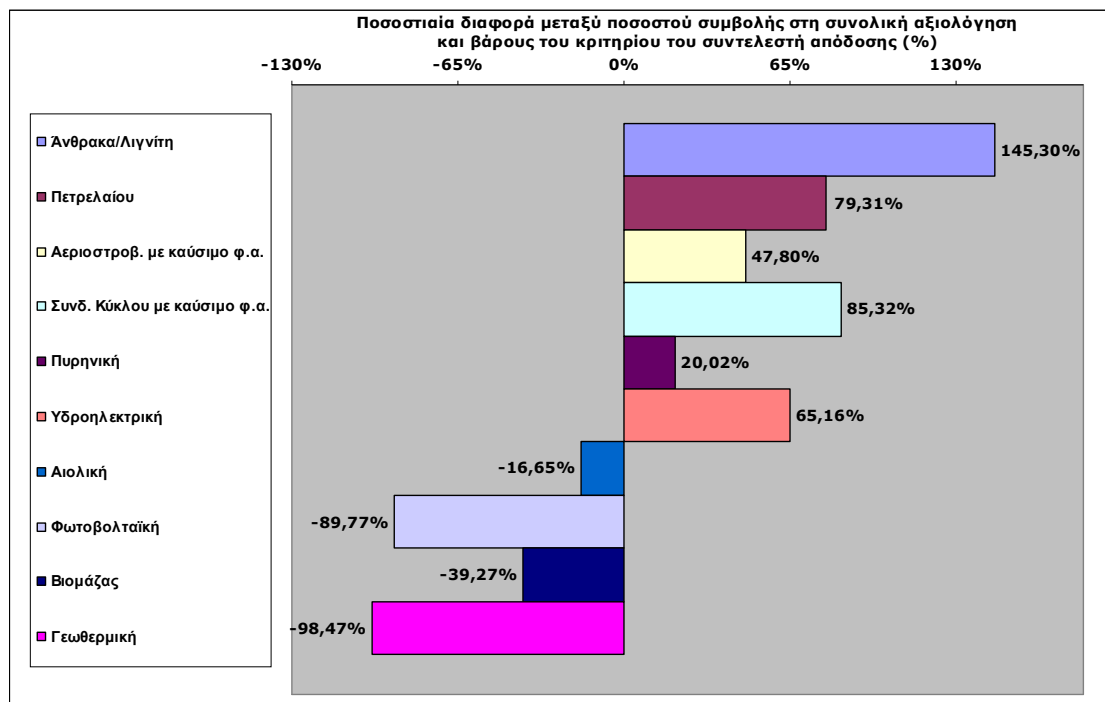
Αξιολόγηση των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων ως προς το κριτήριο των αποθεμάτων προς παραγωγή

Οι πέντε τύποι μονάδων που βασίζονται σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έχουν ποσοστά συμβολής στην βαθμολογία τους μεγαλύτερα του βάρους του κριτηρίου, ωστόσο περισσότερο ωφελημένες από αυτό το κριτήριο εμφανίζονται οι υδροηλεκτρικές μονάδες των οποίων το 21,10% της βαθμολογίας τους προέρχεται από αυτό το κριτήριο (Πίνακας 4-3). Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα η αξιολόγηση αυτή να είναι κατά 88,03% μεγαλύτερη από το βάρος του κριτηρίου ενώ τα αντίστοιχα ποσοστά για τους υπόλοιπους τέσσερις τύπους ανανεώσιμων πηγών ενέργειας κυμαίνονται από 40,76% για τις γεωθερμικές μονάδες έως 56,87% για τις αιολικές μονάδες.

Στον αντίποδα οι τέσσερις τύποι μονάδων φυσικών καυσίμων και οι πυρηνικές μονάδες έχουν αποθέματα καυσίμων σε σχέση με την τρέχουσα παραγωγή που κυμαίνονται από μερικές δεκαετίες έως το μέγιστο των 164 ετών για τις μονάδες άνθρακα/λιγνίτη. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το κριτήριο των αποθεμάτων προς παραγωγή να συμβάλλει στην βαθμολογία τους από 0,11% έως 0,61%, ποσοστά κατά 95% έως 99% περίπου μικρότερα από το βάρος του κριτηρίου αυτού, όπως προκύπτει και από το Σχήμα 4-34.

4.2.2.13 Ανάλυση κριτηρίου συντελεστή απόδοσης

Το κριτήριο του συντελεστή απόδοσης έχει τη μεγαλύτερη βαρύτητα από τους τρεις τεχνολογικούς συντελεστές με 4,64%, ενώ είναι ένατο μεταξύ των είκοσι κριτηρίων τελικού κόμβου. Η αξιολόγηση των ποσοστιαίων διαφορών μεταξύ του ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση κάθε μονάδας και του βάρους του κριτηρίου παρουσιάζονται στο Σχήμα 4-35.



Σχήμα 4-35

Αξιολόγηση των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων ως προς το κριτήριο του συντελεστή απόδοσης

Οι μονάδες των φυσικών καυσίμων, οι πυρηνικές μονάδες και οι υδροηλεκτρικές μονάδες είναι οι έξι από τους δέκα τύπους ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων που έχουν συγκριτικά υψηλές επιδόσεις ως προς τον συντελεστή απόδοσης. Το ποσοστό συμβολής του συντελεστή απόδοσης στην βαθμολογία των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη είναι 11,38% (Πίνακας 4-3), δηλαδή κατά 145,30% μεγαλύτερο από το βάρος του κριτηρίου. Οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο έχουν αντίστοιχα ποσοστό συμβολής 8,60%, μεγαλύτερο κατά 85,32% από το βάρος του κριτηρίου αυτού. Αυτό είναι ακόμα ένα παράδειγμα όπου μονάδες με καλύτερη απόλυτη επίδοση ως προς ένα

κριτήριο (οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο έχουν συντελεστή απόδοσης 54,8%), έχουν μικρότερο ποσοστό συμβολής από το κριτήριο αυτό έναντι κάποιων άλλων με χειρότερη απόλυτη επίδοση ως προς το ίδιο κριτήριο (οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη έχουν συντελεστή απόδοσης 39,4%). Ακόμα ξεχωρίζουν οι υδροηλεκτρικές μονάδες με τον καλύτερο συντελεστή απόδοσης 80% (Πίνακας 4-1), γιατί είναι οι μόνες από τις μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με θετική ποσοστιαία διαφορά 65,16% μεταξύ του ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και του βάρους κριτηρίου, η οποία είναι ωστόσο η τέταρτη καλύτερη μεταξύ όλων των τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4-35.

Χειρότερες μονάδες ως προς αυτό το κριτήριο είναι οι γεωθερμικές με συντελεστή απόδοσης 6% και συμβολή του αντίστοιχου κριτηρίου στην βαθμολογία τους μόλις 0,07% (Πίνακας 4-3), δηλαδή μικρότερη κατά 98,47% από το βάρος του κριτηρίου. Δεύτερες χειρότερες είναι οι φωτοβολταϊκές μονάδες με ποσοστιαία διαφορά -89,77%, ενώ ακολουθούν οι μονάδες βιομάζας με -39,27% και οι αιολικές μονάδες με -16,65%.

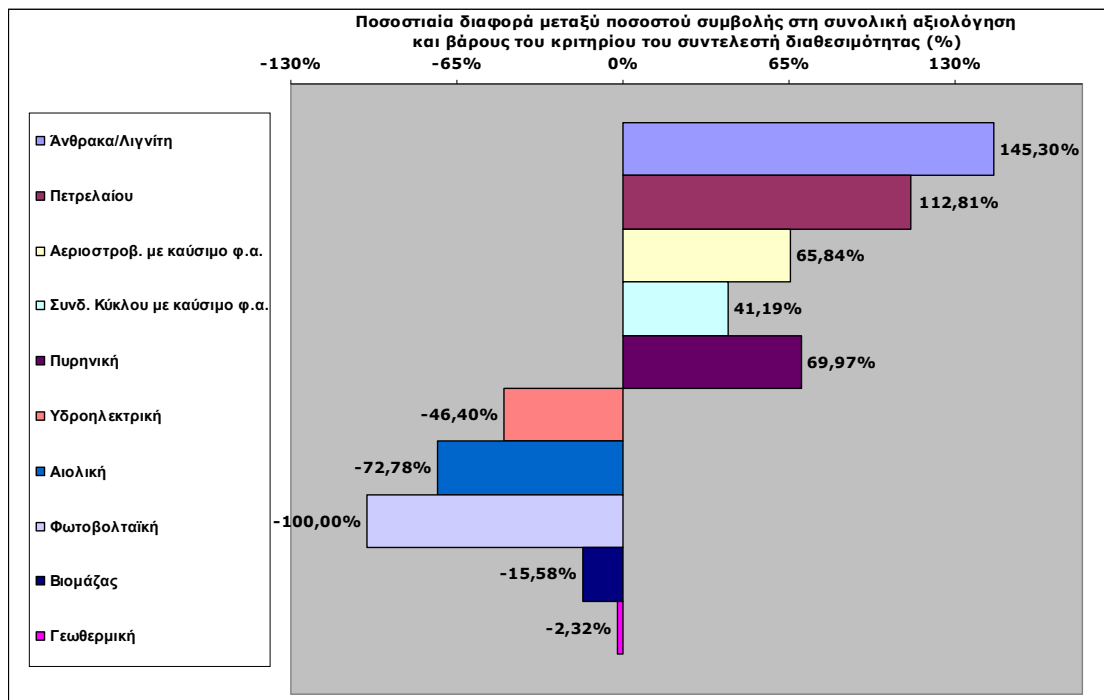
4.2.2.14 Ανάλυση κριτηρίου συντελεστή διαθεσιμότητας

Ο συντελεστής διαθεσιμότητας είναι ο δεύτερος σημαντικότερος μεταξύ των τεχνολογικών συντελεστών από άποψη βάρους (4,06%) και ο δέκατος μεταξύ των είκοσι κριτηρίων τελικού κόμβου. Οι επιδόσεις των μονάδων ως προς το κριτήριο του συντελεστή διαθεσιμότητας παρουσιάζουν γενικές ομοιότητες με εκείνες του συντελεστή απόδοσης, υπάρχουν ωστόσο επιμέρους διαφοροποιήσεις που αναλύονται παρακάτω. Οι ποσοστιαίες διαφορές μεταξύ του ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και του βάρους του κριτηρίου για τους δέκα τύπους ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων παρουσιάζονται στο Σχήμα 4-36.

Θετικές είναι οι επιδόσεις των μονάδων φυσικών καυσίμων και των πυρηνικών μονάδων ενώ αρνητικές είναι εκείνες των πέντε μονάδων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Οι περισσότερο ωφελημένες ως προς το ποσοστό συμμετοχής στην συνολική αξιολόγησή τους από το συντελεστή διαθεσιμότητας είναι οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη, όπως συμβαίνει και με το συντελεστή απόδοσης. Η συμμετοχή του κριτηρίου του συντελεστή διαθεσιμότητας στην συνολική αξιολόγηση των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη είναι 9,96%, μεγαλύτερη κατά 145,30% από το βάρος του κριτηρίου. Υπερδιπλάσιο της βαρύτητας του κριτηρίου (μεγαλύτερο κατά 112,81%) και το ποσοστό συμμετοχής του κριτηρίου στην αξιολόγηση των μονάδων πετρελαίου (8,64%). Τρίτη καλύτερη ποσοστιαία διαφορά έχουν οι πυρηνικές μονάδες, ενώ την πεντάδα των θετικών ποσοστιαίων διαφορών μεταξύ συμβολής στην αξιολόγηση και βάρους του κριτηρίου συμπληρώνουν οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο και οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο.

Από τις μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, οι οποίες έχουν όλες συγκριτικές αρνητικές ποσοστιαίες διαφορές ως προς το κριτήριο του συντελεστή διαθεσιμότητας, χειρότερες είναι οι φωτοβολταϊκές μονάδες, οι οποίες έχουν και τον μικρότερο συντελεστή διαθεσιμότητας με 20%. Οι μονάδες αυτές έχουν μηδενική συμβολή από το κριτήριο αυτό στην αξιολόγησή τους (ποσοστιαία διαφορά μεταξύ συμμετοχής στην

αξιολόγηση και βάρους -100%). Ακολουθούν οι αιολικές μονάδες με ποσοστιαία διαφορά -72,78%, οι υδροηλεκτρικές μονάδες με -46,40% και οι μονάδες βιομάζας με -15,58%. Οι γεωθερμικές μονάδες οι οποίες έχουν από τους υψηλότερους συντελεστές διαθεσιμότητας με 95% (δεύτερες μετά από τις πυρηνικές μονάδες με 96%), έχουν ωστόσο οριακά αρνητική ποσοστιαία διαφορά αφού ο συντελεστής διαθεσιμότητας δίνει το 3,97% της συνολικής τους βαθμολογίας, ποσοστό κατά 2,32% μικρότερο από το βάρος του κριτηρίου.



Σχήμα 4-36

Αξιολόγηση των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων ως προς το κριτήριο του συντελεστή διαθεσιμότητας

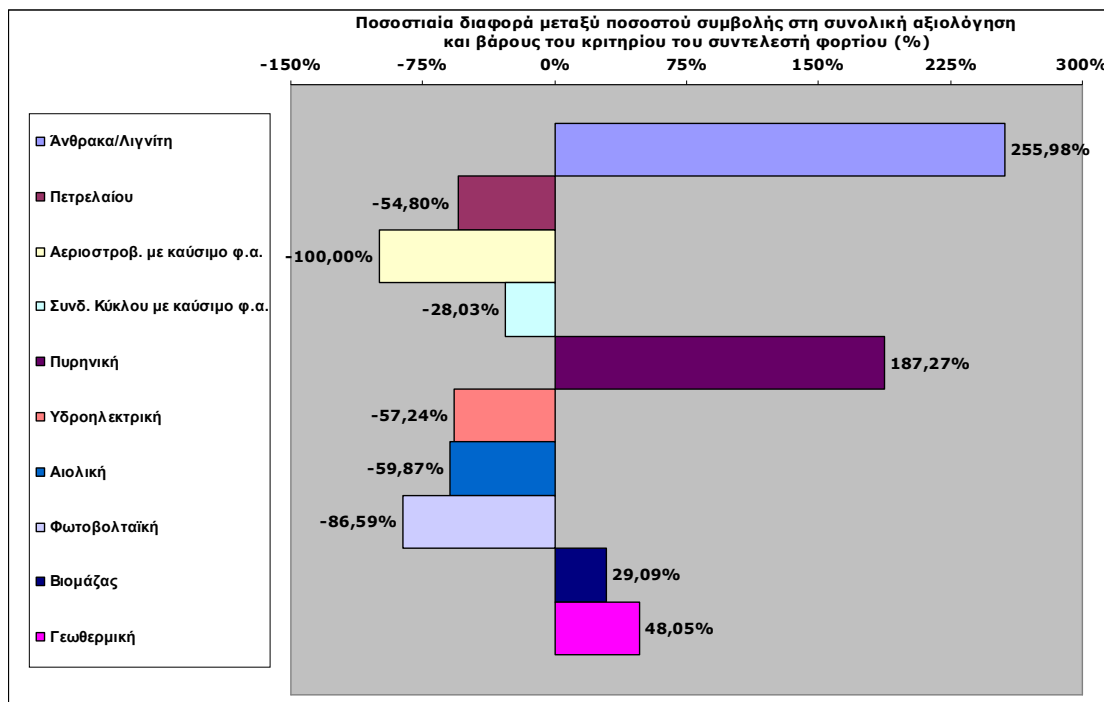
4.2.2.15 Ανάλυση κριτηρίου συντελεστή φορτίου

Το κριτήριο του συντελεστή φορτίου έχει την μικρότερη βαρύτητα από τους τεχνολογικούς συντελεστές με 1,77%. Ο συντελεστής φορτίου αντανάκλα την πολιτική που εφαρμόζεται ως προς την λειτουργία του κάθε τύπου ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας, όπως αναλύθηκε στην ενότητα 3.4.15. Οι ποσοστιαίες διαφορές μεταξύ του ποσοστού συμβολής του κριτηρίου στην συνολική αξιολόγηση των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων και του βάρους του παρουσιάζονται στο Σχήμα 4-37 και διαφέρουν σημαντικά από τις αντίστοιχες των δύο άλλων τεχνολογικών συντελεστών.

Μόλις τέσσερις από τους δέκα τύπους μονάδων έχουν θετικές ποσοστιαίες διαφορές με σημαντικότερη εκείνη των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη, η οποία είναι 255,98%. Οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη έχουν τον τρίτο καλύτερο συντελεστή φορτίου με 70,8% (Πίνακας 4-1), ωστόσο το ποσοστό συμβολής του αντίστοιχου κριτηρίου στην αξιολόγησή τους είναι το μεγαλύτερο μεταξύ όλων των μονάδων με 6,30% (Πίνακας

4-3). Οι πυρηνικές μονάδες με τον μεγαλύτερο συντελεστή φορτίου 90,5% μεταξύ όλων των τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων, έχουν ποσοστό συμμετοχής του κριτηρίου στην βαθμολογία τους 5,08%, ποσοστό σχεδόν τριπλάσιο (μεγαλύτερο κατά 187,27%) του βάρους του κριτηρίου. Μικρότερες αλλά σημαντικές είναι και οι θετικές ποσοστιαίες διαφορές των γεωθερμικών μονάδων με 48,05% και των αιολικών μονάδων με 29,09%.

Αντίθετα οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο με τον χαμηλότερο συντελεστή φορτίου 16,6% έχουν μηδενική συμβολή από το κριτήριο αυτό στην βαθμολογία τους και επομένως η αντίστοιχη ποσοστιαία διαφορά μεταξύ του ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και του βάρους του κριτηρίου είναι -100%. Η δεύτερη χειρότερη ποσοστιαία διαφορά αφορά τις φωτοβολταϊκές μονάδες με -86,59% αφού έχουν τον δεύτερο χειρότερο συντελεστή φορτίου με 22,4%. Ακολουθούν οι αιολικές μονάδες με ποσοστιαία διαφορά -59,87%, οι υδροηλεκτρικές μονάδες με -57,24% και οι μονάδες πετρελαίου με -54,80%. Και οι τρεις αυτοί τύποι μονάδων έχουν συντελεστές φορτίου χαμηλότερους του 32,1%. Τέλος οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο με συντελεστή φορτίου 38,2% έχουν συμβολή από το αντίστοιχο κριτήριο στην βαθμολογία τους της τάξης του 1,27%, το οποίο είναι μικρότερο κατά 28,03% από το βάρος του κριτηρίου.



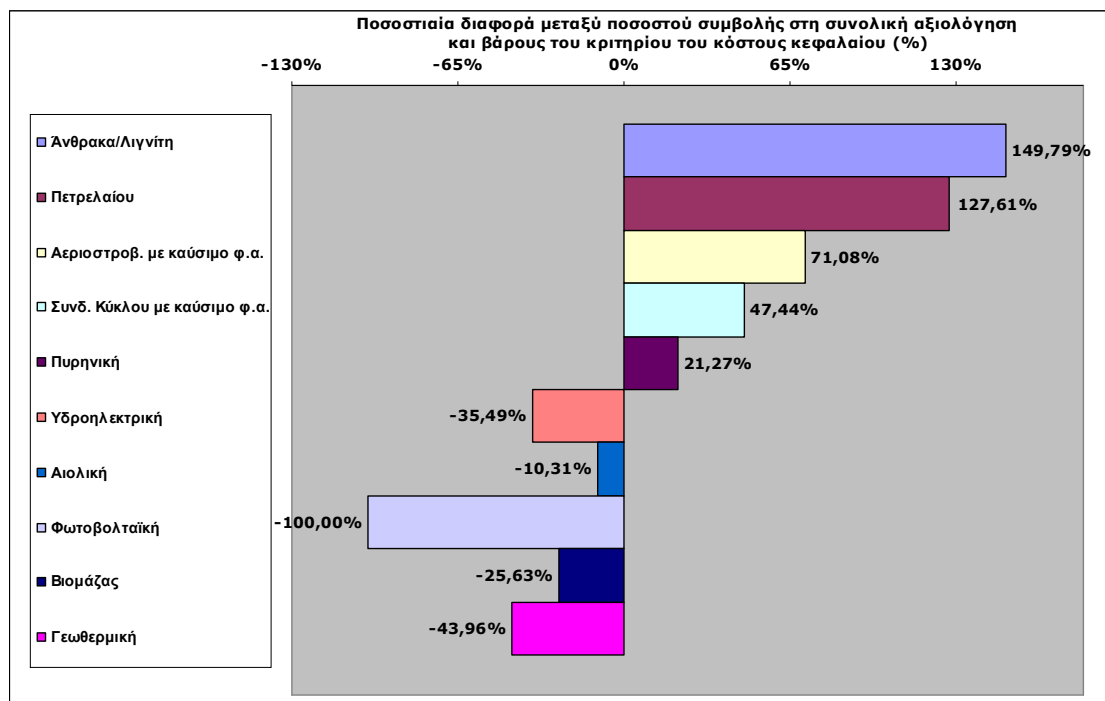
Σχήμα 4-37

Αξιολόγηση των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων ως προς το κριτήριο του συντελεστή φορτίου

4.2.2.16 Ανάλυση κριτηρίου κόστους κεφαλαίου

Το κριτήριο του κόστους κεφαλαίου είναι εκείνο με την μεγαλύτερη βαρύτητα (11,88%) μεταξύ όλων των κριτηρίων τελικού κόμβου. Αποτελεί κατά συνέπεια και το πιο

σημαντικό από τα πέντε οικονομικά υποκριτήρια (Σχήμα 3-1), σύμφωνα με τις παραδοχές του σεναρίου αναφοράς. Η εξέταση των ποσοστιαίων διαφορών μεταξύ του ποσοστού συμβολής του κριτηρίου στην συνολική αξιολόγηση του καθένα από τους δέκα τύπους ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων και του βάρους του κριτηρίου είναι ιδιαίτερα σημαντική αφού λόγω της μεγάλης βαρύτητάς του, μεγάλες ποσοστιαίες διαφορές αντικατοπτρίζουν και μεγάλες διαφοροποιήσεις των απόλυτων βαθμολογιών των μονάδων ως προς αυτό το κριτήριο, σε σχέση με τις απόλυτες βαθμολογίες που συγκεντρώνουν στα υπόλοιπα κριτήρια. Οι ποσοστιαίες διαφορές μεταξύ συμμετοχής στην αξιολόγηση και του βάρους του κριτηρίου του κόστους κεφαλαίου απεικονίζονται στο Σχήμα 4-38.



Σχήμα 4-38

Αξιολόγηση των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων ως προς το κριτήριο του κόστους κεφαλαίου

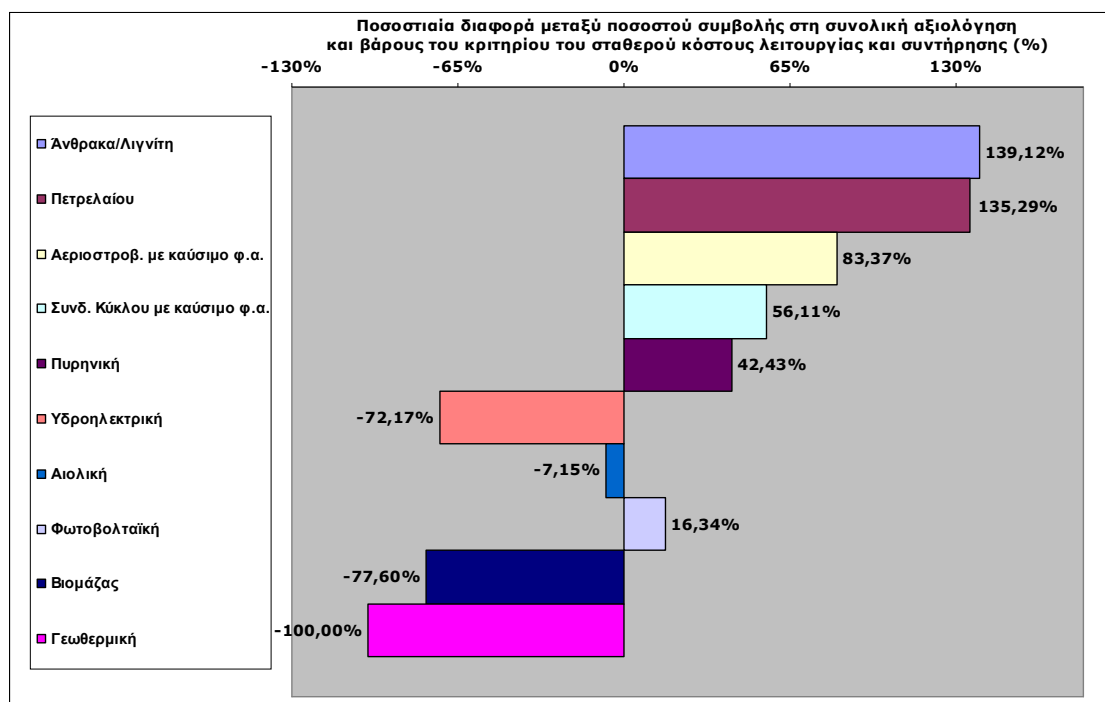
Θετικές επιδόσεις ως προς το κριτήριο του κόστους κεφαλαίου παρουσιάζουν οι τέσσερις μονάδες φυσικών καυσίμων και οι πυρηνικές μονάδες ενώ αντίθετα αρνητικές είναι οι επιδόσεις και των πέντε τύπων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα το μεγαλύτερο όφελος από το κριτήριο αυτό έχουν οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη, αν και το κόστος κεφαλαίου τους είναι το τρίτο μικρότερο μετά από εκείνο των μονάδων πετρελαίου και των μονάδων συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο (Πίνακας 4-1). Παρόλα αυτά, το κριτήριο του κόστους κεφαλαίου αποτελεί το 29,67% της βαθμολογίας των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη, ποσοστό μεγαλύτερο κατά 149,79% από το βάρος του κριτηρίου. Τα αντίστοιχα ποσοστά για τις μονάδες πετρελαίου, οι οποίες έχουν την δεύτερη μεγαλύτερη συμμετοχή στη βαθμολογία τους από το κριτήριο αυτό, είναι 27,04% και 127,61%. Σημαντικές είναι και οι θετικές ποσοστιαίες διαφορές ανάμεσα στο ποσοστό συμβολής και στο βάρος του κριτηρίου για τις μονάδες

αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο, τις μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο και τις πυρηνικές μονάδες, οι οποίες κυμαίνονται από 21,27% έως 71,08%, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4-38.

Οι φωτοβολταϊκές μονάδες είναι εκείνες με το υψηλότερο κόστος κεφαλαίου, το οποίο έχει σαν αποτέλεσμα την μηδενική συμβολή του αντίστοιχου κριτηρίου στην βαθμολογία τους. Οι γεωθερμικές μονάδες έχουν το 6,66% της βαθμολογίας τους από το κριτήριο του κόστους κεφαλαίου, ποσοστό κατά 43,96% μικρότερο από το βάρος του κριτηρίου. Λιγότερο αρνητικές είναι οι ποσοστιαίες διαφορές μεταξύ του ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και του βάρους του κριτηρίου για τις υδροηλεκτρικές μονάδες (-35,49%), τις μονάδες βιομάζας (-25,63%) και τις αιολικές μονάδες (-10,31%).

4.2.2.17 Ανάλυση κριτηρίου σταθερού κόστους λειτουργίας και συντήρησης

Το κριτήριο σταθερού κόστους λειτουργίας και συντήρησης έχει τη μικρότερη βαρύτητα από όλα τα κριτήρια τελικού κόμβου με 0,34%. Ο τρόπος και ο βαθμός που επηρεάζει τις αξιολογήσεις των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων γίνεται με την ανάλυση των ποσοστιαίων διαφορών μεταξύ του ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και του βάρους του, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4-39.



Σχήμα 4-39

Αξιολόγηση των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων ως προς το κριτήριο του σταθερού κόστους λειτουργίας και συντήρησης

Οι μονάδες φυσικών καυσίμων, οι πυρηνικές μονάδες και οι φωτοβολταϊκές μονάδες, οι μόνες από τους πέντε τύπους μονάδων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, έχουν ποσοστό συμβολής του κριτηρίου στην αξιολόγηση τους μεγαλύτερο από το βάρος του. Πιο

ωφελημένες στην αξιολόγησή τους είναι οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη με ποσοστό συμβολής στην βαθμολογία τους από το κριτήριο σταθερού κόστους λειτουργίας και συντήρησης 0,81%, ποσοστό υπερδιπλάσιο (αυξημένο κατά 139,12%) του βάρους του κριτηρίου. Περίπου ίδια είναι και τα αντίστοιχα ποσοστά για τις μονάδες πετρελαίου (0,80% και 135,29%). Οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο και οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο ακολουθούν με θετικές ποσοστιαίες διαφορές μεταξύ συμμετοχής στην βαθμολογία και βάρους του κριτηρίου της τάξης του 83,37% και 56,11% αντίστοιχα. Οι πυρηνικές μονάδες έχουν συμβολή στην αξιολόγησή τους από το κριτήριο αυτό 0,48% ενώ οι φωτοβολταϊκές μονάδες 0,40%, ποσοστά κατά 42,43% και 16,34% μεγαλύτερα από το βάρος του κριτηρίου.

Τελείως αρνητική είναι η επίδοση των γεωθερμικών μονάδων, οι οποίες λόγω του εξαιρετικά υψηλού σταθερού κόστους λειτουργίας και συντήρησης που φθάνει τα 83,33€/kWέτος, έχουν μηδενική συμβολή στην βαθμολογία τους από το κριτήριο αυτό, μία απόκλιση δηλαδή -100% σε σχέση με τη βαρύτητα του κριτηρίου. Πολύ αρνητικές είναι οι επιδόσεις των μονάδων βιομάζας και των υδροηλεκτρικών μονάδων των οποίων μόλις το 0,08% και το 0,09% της βαθμολογίας τους αντίστοιχα προέρχεται από αυτό το κριτήριο. Τέλος οριακά αρνητικές επιδόσεις ως προς το κριτήριο εμφανίζουν οι αιολικές μονάδες με απόκλιση της συμβολής του κριτηρίου στην αξιολόγησή τους από το βάρος του κριτηρίου της τάξης του -7,15%.

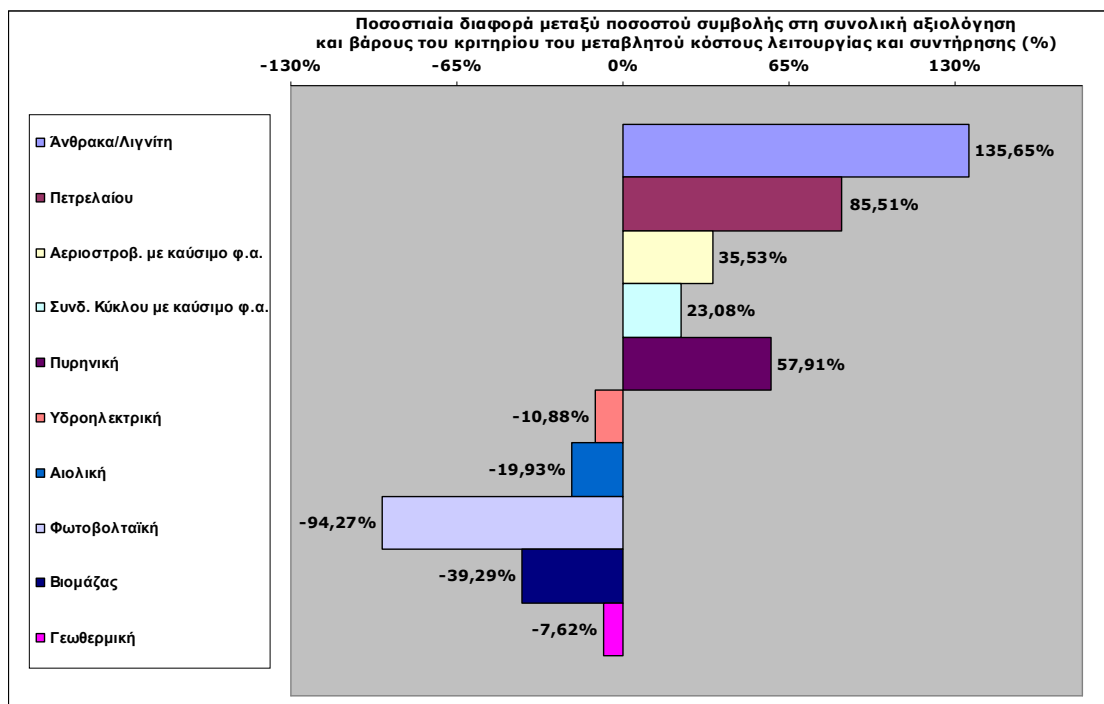
4.2.2.18 Ανάλυση κριτηρίου μεταβλητού κόστους λειτουργίας και συντήρησης

Το μεταβλητό κόστος λειτουργίας και συντήρησης συνδέεται άμεσα με την ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από μία μονάδα και έχει βάρος 1,38%, όπως υπολογίζεται με βάση το σενάριο αναφοράς. Οι ποσοστιαίες διαφορές μεταξύ του ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση κάθε μονάδας και του βάρους του κριτηρίου του μεταβλητού κόστους λειτουργίας και συντήρησης απεικονίζονται στο Σχήμα 4-40.

Όπως και για τα περισσότερα άλλα οικονομικά υποκριτήρια, έτσι και για το κριτήριο μεταβλητού κόστους λειτουργίας και συντήρησης οι μονάδες με τις καλύτερες επιδόσεις είναι εκείνες που βασίζονται στα φυσικά καύσιμα καθώς και οι πυρηνικές μονάδες ενώ αρνητικές είναι οι επιδόσεις των πέντε μονάδων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Την καλύτερη επίδοση και για αυτό το οικονομικό υποκριτήριο, όπως και για εκείνα του κόστους κεφαλαίου και του σταθερού κόστους λειτουργίας και συντήρησης έχουν οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη με ποσοστό συμβολής αυτού του κριτηρίου 3,25% (Πίνακας 4-3), ποσοστό που είναι υπερδιπλάσιο του βάρους του. Κατά 85,51% μεγαλύτερο από το βάρος του είναι η συμβολή του κριτηρίου στην αξιολόγηση των μονάδων πετρελαίου, η οποία φθάνει το 2,56%. Τα αντίστοιχα ποσοστά για τις πυρηνικές μονάδες είναι 57,91% και 2,18%. Τέλος θετικές είναι και οι ποσοστιαίες διαφορές για τους δύο τύπων μονάδων των οποίων η λειτουργία βασίζεται στο φυσικό αέριο.

Χειρότερη επίδοση ως προς το κριτήριο αυτό παρουσιάζουν οι φωτοβολταϊκές μονάδες οι οποίες έχουν το υψηλότερο μεταβλητό κόστος λειτουργίας και συντήρησης (Πίνακας 4-1) και το μικρότερο ποσοστό συμβολής στην βαθμολογία τους (0,08%) από το

αντίστοιχο κριτήριο μεταξύ όλων των τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων. Λιγότερο αρνητικές είναι οι επιδόσεις των μονάδων βιομάζας, στον οποίων την βαθμολογία το κριτήριο συμμετέχει με ποσοστό 0,84%, ποσοστό κατά 39,29% μικρότερο από το βάρος του κριτηρίου. Για τις αιολικές μονάδες το ποσοστό συμβολής του κριτηρίου στην αξιολόγησή τους είναι 1,10%, μικρότερο δηλαδή κατά 19,93% από το βάρος του. Οριακά αρνητικές είναι οι ποσοστιαίες διαφορές για τις υδροηλεκτρικές μονάδες (-10,88%) και τις γεωθερμικές μονάδες (-7,62%) αφού το κριτήριο μεταβλητού κόστους λειτουργίας και συντήρησης συντελεί στο 1,23% και 1,27% αντίστοιχα της συνολικής τους αξιολόγησης.



Σχήμα 4-40

Αξιολόγηση των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων ως προς το κριτήριο του μεταβλητού κόστους λειτουργίας και συντήρησης

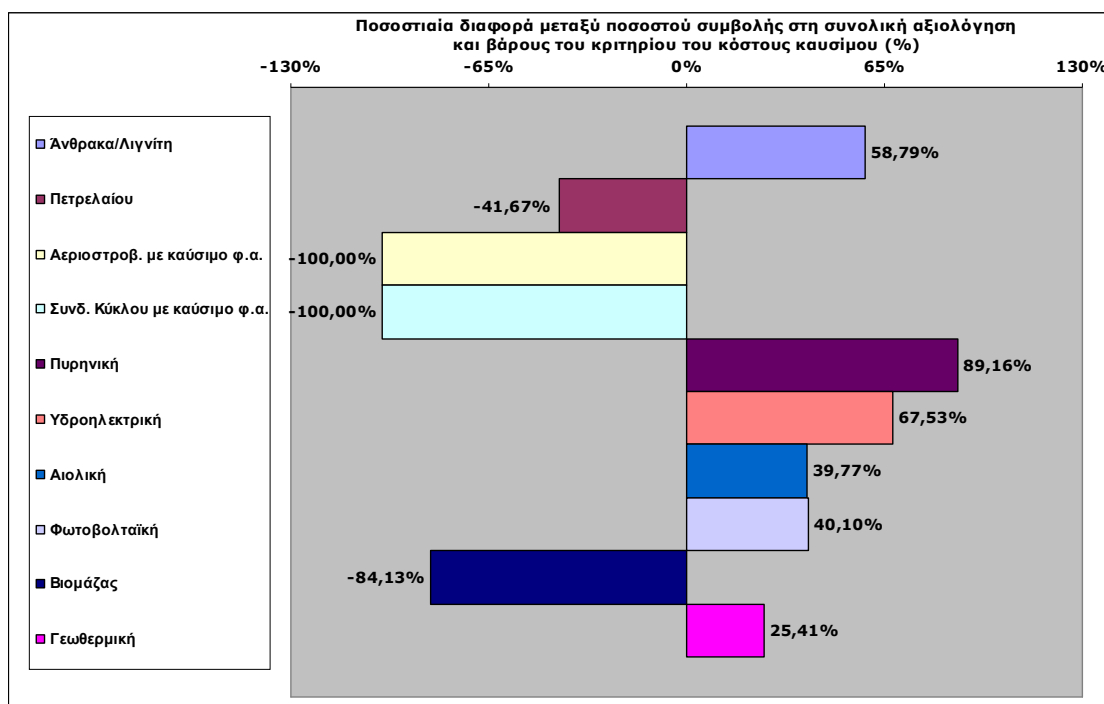
4.2.2.19 Ανάλυση κριτηρίου κόστους καυσίμου

Το κόστος καυσίμου είναι ενδέκατο από άποψη βάρους μεταξύ των είκοσι κριτηρίων τελικού κόμβου με 3,84%. Να σημειωθεί ότι το κριτήριο αυτό ουσιαστικά αναφέρεται μόνο στους έξι από τους δέκα τύπους ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων, αφού τέσσερις από τους πέντε τύπους μονάδων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (όλες εκτός από τις μονάδες βιομάζας) δεν χρησιμοποιούν καύσιμο και κατά συνέπεια δεν υπάρχει αντίστοιχο κόστος. Οι ποσοστιαίες διαφορές μεταξύ του ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση κάθε μονάδας και του βάρους του κριτηρίου του κόστους καυσίμου απεικονίζονται στο Σχήμα 4-41.

Το χαμηλότερο κόστος καυσίμου το έχουν οι πυρηνικές μονάδες και ανάλογο είναι το αποτέλεσμα συμβολής του αντίστοιχου κριτηρίου στην συνολική αξιολόγηση των

μονάδων αυτών κατά 7,26%, ποσοστό μεγαλύτερο κατά 89,16% από το βάρος του κριτηρίου. Το αντίστοιχο ποσοστό είναι 67,53% για τις υδροηλεκτρικές μονάδες και 58,79% για τις μονάδες άνθρακα/λιγνίτη. Είναι εντυπωσιακό ότι παρόλο που το κόστος καυσίμου των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη δεν είναι μηδενικό, αυτές έχουν μεγαλύτερο ποσοστό συμμετοχής στην αξιολόγησή τους από το αντίστοιχο κριτήριο σε σχέση με τις τρεις μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας οι οποίες έχουν μηδενικό κόστος καυσίμου, δηλαδή τις αιολικές μονάδες, τις φωτοβολταϊκές μονάδες και τις γεωθερμικές μονάδες.

Πλήρως αρνητική (μηδενική) είναι η συμβολή του κριτηρίου κόστους καυσίμου για τις μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο και τις μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο, οι οποίες έχουν το υψηλότερο κόστος καυσίμου. Οι μονάδες βιομάζας με το δεύτερο χειρότερο κόστος καυσίμου, έχουν συμβολή από το κριτήριο αυτό στην βαθμολογία τους που ανέρχεται σε 0,61%, είναι δηλαδή κατά 84,13% μικρότερη από το βάρος του κριτηρίου. Τέλος σημαντικά αρνητικές είναι και οι επιδόσεις των μονάδων πετρελαίου ως προς το κριτήριο του κόστους καυσίμου αφού οι μονάδες αυτές έχουν ποσοστό συμμετοχής του κριτηρίου στην αξιολόγησή τους 2,24%, δηλαδή 41,67% μικρότερο της βαρύτητάς του.



Σχήμα 4-41

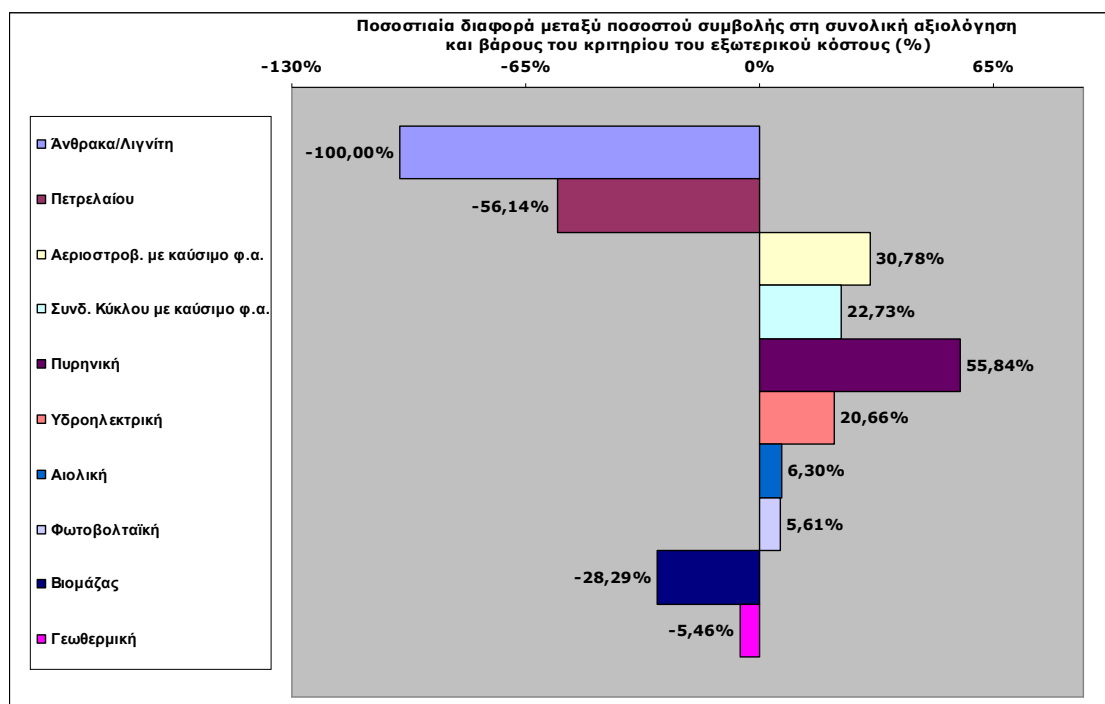
Αξιολόγηση των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων ως προς το κριτήριο του κόστους καυσίμου

4.2.2.20 Ανάλυση κριτηρίου εξωτερικού κόστους

Το εξωτερικό κόστος το οποίο αναφέρεται στο κόστος αποκατάστασης των βλαβερών συνεπειών ορισμένων συνιστωσών λειτουργίας των μονάδων και δεν συμπεριλαμβάνεται στο κόστος παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας, όπως αναλύθηκε στην ενότητα 3.4.20,

είναι το έκτο σημαντικότερο κριτήριο τελικού κόμβου με βάρος 8,39%. Η αξιολόγηση των επιδόσεων των διαφόρων τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων ως προς αυτό το κριτήριο γίνεται όπως και στα υπόλοιπα κριτήρια μέσω των συγκρίσεων της συμβολής του κριτηρίου στην αξιολόγηση κάθε μονάδας και του βάρους του κριτηρίου, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4-42.

Περισσότερο κερδισμένες στην αξιολόγηση από το κριτήριο εξωτερικού κόστους είναι οι πυρηνικές μονάδες, αφού ποσοστό 13,08% της βαθμολογίας τους προέρχεται από το κριτήριο αυτό (Πίνακας 4-3). Το ποσοστό αυτό είναι κατά 55,84% μεγαλύτερο από το βάρος του κριτηρίου. Την δεύτερη και τρίτη καλύτερη ποσοστιαία διαφορά έχουν οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο και οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο με 30,78% και 22,73% αντίστοιχα. Την εξάδα των μονάδων με θετικές επιδόσεις συμπληρώνουν τρεις μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα οι υδροηλεκτρικές μονάδες έχουν ποσοστό συμμετοχής του κριτηρίου στην αξιολόγησή τους 10,12%, οι αιολικές μονάδες 8,92% και οι φωτοβολταϊκές μονάδες 8,86%, ποσοστά τα οποία είναι κατά 20,66%, 6,30% και 5,61% αντίστοιχα μεγαλύτερα από το βάρος του συγκεκριμένου κριτηρίου.



Σχήμα 4-42

Αξιολόγηση των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων ως προς το κριτήριο του εξωτερικού κόστους

Οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη με το μεγαλύτερο εξωτερικό κόστος από όλους τους τύπους μονάδων έχουν μηδενική συμβολή στην βαθμολογία τους από το κριτήριο αυτό. Λιγότερο αρνητικές είναι οι επιδόσεις των μονάδων πετρελαίου, των οποίων 3,68% της βαθμολογίας τους προέρχεται από το κριτήριο του εξωτερικού κόστους. Το ποσοστό αυτό παρουσιάζει απόκλιση -56,14% από το βάρος του κριτηρίου. Αρνητικές είναι και οι

μονάδες βιομάζας με αντίστοιχη ποσοστιαία διαφορά -28,29%. Τέλος οριακά αρνητική είναι η επίδοση των γεωθερμικών μονάδων αφού έχουν ποσοστό συμβολής στην αξιολόγησή τους από το κριτήριο του εξωτερικού κόστους που ανέρχεται σε 7,93% και η αντίστοιχη ποσοστιαία διαφορά από το βάρος του κριτηρίου είναι -5,46%.

4.2.2.21 Σύγκριση αξιολογήσεων ανά κριτήριο τελικού κόμβου

Από τα είκοσι κριτήρια τελικού κόμβου τα δώδεκα αναφέρονται σε συνιστώσες του βιοτικού επιπέδου, τα τρία σε τεχνολογικούς παράγοντες και τα πέντε σε οικονομικά στοιχεία κόστους των δέκα αξιολογούμενων τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων. Συνοπτικά τα συμπεράσματα που προκύπτουν ανά κριτήριο τελικού κόμβου είναι:

- όσον αφορά τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας οι μονάδες βιομάζας και οι γεωθερμικές μονάδες είναι μακράν οι καλύτερες από τους υπόλοιπους τύπους μονάδων
- την κοινωνική αποδοχή των τοπικών κοινωνιών απολαμβάνουν όλες οι μονάδες των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας εκτός των μονάδων βιομάζας. Μεγαλύτερη είναι η αποδοχή για τις φωτοβολταϊκές, τις αιολικές και τις γεωθερμικές μονάδες και οριακά θετική για τις υδροηλεκτρικές μονάδες
- θετική είναι η συμβολή του κριτηρίου θανατηφόρων ατυχημάτων για τις πέντε μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και πλήρως αρνητική για τις υδροηλεκτρικές μονάδες που έχουν προκαλέσει τον μεγαλύτερο αριθμό θυμάτων στο παρελθόν
- όσον αφορά τις εκπομπές ΜΜΠΟΕ τελείως αρνητική αξιολόγηση έχουν οι δύο τύποι μονάδων φυσικού αερίου, οι μονάδες βιομάζας και οι φωτοβολταϊκές μονάδες ενώ καλύτερες επιδόσεις έχουν οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη και οι μονάδες πετρελαίου
- τις χειρότερες εκπομπές ρύπων ισοδυνάμων του διοξειδίου του άνθρακα και τις χειρότερες αντίστοιχες αξιολογήσεις έχουν οι μονάδες πετρελαίου και οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη ενώ περισσότερο ωφελημένες στην αξιολόγησή τους είναι οι πυρηνικές μονάδες ακολουθούμενες από τις μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας
- τα οξειδία του αζώτου επιδρούν θετικά κυρίως στην αξιολόγηση των πυρηνικών μονάδων και ακολουθούν οι υδροηλεκτρικές μονάδες, οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη και οι μονάδες φυσικού αερίου με παρόμοια ποσοστά. Τελείως αρνητικές ως προς το ίδιο κριτήριο είναι οι πετρελαϊκές μονάδες και λιγότερο αρνητικές οι μονάδες βιομάζας και οι γεωθερμικές μονάδες
- το διοξείδιο του θείου παρουσιάζει ανάλογη επίδραση στην αξιολόγηση των μονάδων με εκείνη των οξειδίων του αζώτου. Κύρια διαφορά μεταξύ τους αποτελούν οι καλύτερες επιδόσεις των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη ως προς το κριτήριο του διοξειδίου του θείου έναντι της υπεροχής των πυρηνικών μονάδων ως προς το κριτήριο των οξειδίων του αζώτου
- την καλύτερη αξιολόγηση ως προς τα αιωρούμενα σωματίδια έχουν οι πυρηνικές μονάδες και ακολουθούν οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο και συνδυασμένου κύκλου, οι πετρελαϊκές και οι υδροηλεκτρικές μονάδες. Μακράν οι χειρότερες στις εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων είναι οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη ακολουθούμενες από τις μονάδες βιομάζας

- στον τομέα των εκπομπών ραδιενέργειας εκτός από τις μονάδες άνθρακα/λιγνίτη που έχουν τελείως αρνητική αξιολόγηση, οι υπόλοιπες μονάδες φυσικών καυσίμων και οι πυρηνικές μονάδες έχουν θετικές αξιολογήσεις. Αρνητικές είναι οι αξιολογήσεις (αν και δεν εκπέμπουν ραδιενέργεια) για τις μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας εκτός από τις υδροηλεκτρικές μονάδες οι οποίες έχουν οριακά θετική αξιολόγηση
- στον τομέα της απαιτούμενης έκτασης θετικές επιδόσεις έχουν οι μονάδες μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και κυρίως οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη. Χειρότερες στον τομέα αυτό είναι οι μονάδες βιομάζας ενώ οι υπόλοιποι τύποι μονάδων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας έχουν ελαφρώς αρνητικές επιδόσεις
- σε θέματα ισορροπίας του οικοσυστήματος τις καλύτερες επιδόσεις έχουν οι φωτοβολταϊκές μονάδες και οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο ενώ την χειρότερη επίδοση έχουν οι πυρηνικές μονάδες
- όσον αφορά το λόγο των αποθεμάτων προς παραγωγή, όπως είναι αναμενόμενο τις καλύτερες επιδόσεις έχουν οι πέντε τύποι μονάδων των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και κυρίως οι υδροηλεκτρικές μονάδες. Οι μονάδες φυσικών καυσίμων και οι πυρηνικές μονάδες έχουν πολύ αρνητικές επιδόσεις με τις μονάδες άνθρακα/λιγνίτη να έχουν λίγο καλύτερες επιδόσεις από τους υπόλοιπους τέσσερις τύπους μονάδων
- τις καλύτερες αξιολογήσεις ως προς τον συντελεστή απόδοσης έχουν οι μονάδες φυσικών καυσίμων καθώς και οι υδροηλεκτρικές και οι πυρηνικές μονάδες. Τις χειρότερες αξιολογήσεις σε αυτό το κριτήριο εμφανίζουν οι γεωθερμικές και οι φωτοβολταϊκές μονάδες
- οι αξιολογήσεις ως προς τον συντελεστή διαθεσιμότητας είναι παρόμοιες με εκείνες του συντελεστή απόδοσης με κύριες διαφορές την πολύ χειρότερη αξιολόγηση των υδροηλεκτρικών μονάδων και την καλύτερη (οριακά αρνητική) επίδοση των γεωθερμικών μονάδων ως προς τον συντελεστή διαθεσιμότητας σε σχέση με τον συντελεστή απόδοσης
- στον συντελεστή φορτίου ξεχωρίζουν οι εντυπωσιακές αξιολογήσεις των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη και των πυρηνικών μονάδων ενώ θετικές είναι και εκείνες των γεωθερμικών μονάδων και των μονάδων βιομάζας. Αρνητικές είναι οι αξιολογήσεις για τους υπόλοιπους τύπους μονάδων και μηδενικές για τις μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο
- τις καλύτερες αξιολογήσεις ως προς το κριτήριο του κόστους κεφαλαίου επιτυγχάνουν οι μονάδες φυσικών καυσίμων μεταξύ των οποίων ξεχωρίζουν οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη και οι μονάδες πετρελαίου, ενώ θετική είναι και η απόδοση των πυρηνικών μονάδων. Αρνητικές είναι οι αξιολογήσεις όλων των μονάδων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και κυρίως των φωτοβολταϊκών μονάδων που έχουν μηδενική συμβολή από αυτό το κριτήριο
- ως προς το κριτήριο σταθερού κόστους λειτουργίας και συντήρησης οι μονάδες φυσικών καυσίμων και οι πυρηνικές μονάδες υπερέχουν ενώ από τις μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας θετική αξιολόγηση επιτυγχάνουν μόνο οι φωτοβολταϊκές μονάδες. Στον αντίποδα μηδενική είναι η αξιολόγηση των γεωθερμικών μονάδων
- όσον αφορά το κριτήριο μεταβλητού κόστους λειτουργίας και συντήρησης οι αξιολογήσεις των μονάδων είναι ανάλογες με εκείνες του σταθερού κόστους.

- Βασικές αποκλίσεις από το συμπέρασμα αυτό αποτελούν μόνο οι φωτοβολταϊκές μονάδες που έχουν πολύ αρνητική αξιολόγηση και οι γεωθερμικές μονάδες που εμφανίζουν πολύ καλύτερη (αν και παραμένει αρνητική) αξιολόγηση ως προς το μεταβλητό κόστος λειτουργίας και συντήρησης σε σχέση με το αντίστοιχο σταθερό κόστος
- στον τομέα του κόστους καυσίμου τις καλύτερες αξιολογήσεις έχουν οι μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας πλην εκείνων της βιομάζας ενώ θετική είναι και η αξιολόγηση των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη. Αντίθετα μηδενικές είναι οι επιδόσεις των δύο τύπων μονάδων φυσικού αερίου ως προς αυτό το κριτήριο
 - στο θέμα του εξωτερικού κόστους την καλύτερη αξιολόγηση επιτυγχάνουν οι πυρηνικές μονάδες, οι δύο τύποι μονάδων φυσικού αερίου και οι υδροηλεκτρικές μονάδες. Μηδενικές είναι οι επιδόσεις των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη ενώ λιγότερο αρνητικές ως προς το κριτήριο αυτό εμφανίζονται οι μονάδες πετρελαίου και οι μονάδες βιομάζας. Οριακά αρνητικές ως προς το εξωτερικό κόστος είναι οι γεωθερμικές μονάδες

4.2.3 Ανάλυση αξιολόγησης ανά βασικό κριτήριο

Εκτός από την ανάλυση της αξιολόγησης ως προς τα είκοσι κριτήρια τελικού κόμβου πολύ σημαντική είναι η αξιολόγηση και στο επίπεδο των τριών βασικών κριτηρίων, όπως αυτά παρουσιάστηκαν στην ιεραρχική δομή του Σχήματος 3-1, δηλαδή το βιοτικό επίπεδο, τους τεχνολογικούς παράγοντες και τους οικονομικούς παράγοντες. Τα τρία βασικά κριτήρια δίνουν τη δυνατότητα άμεσης και ξεκάθαρης εικόνας των διαφόρων τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων χωρίς να αποπροσανατολίζεται ο λήπτης αποφάσεων από τυχόν επιμέρους συνιστώσες τους, δηλαδή τα υποκριτήριά τους.

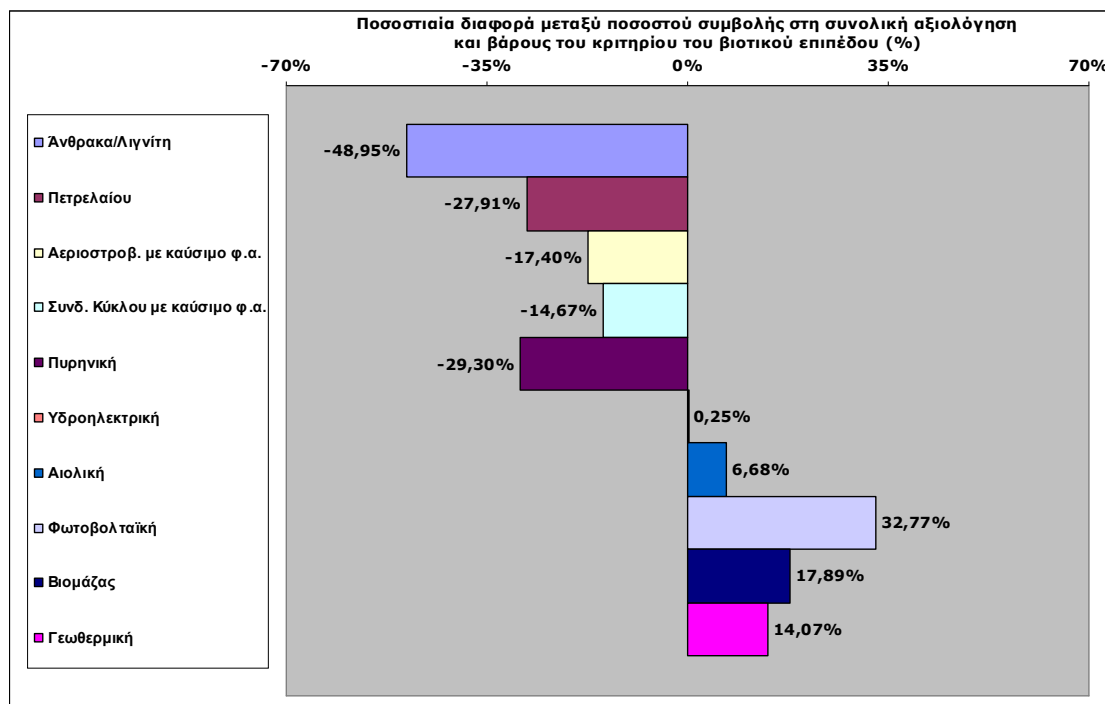
Οι ποσοστιαίες διαφορές μεταξύ του ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση καθενός από τα τρία βασικά κριτήρια και του βάρους του αντίστοιχου κριτηρίου αποτελούν το μέτρο αξιολόγησης των διαφόρων τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων, όπως δηλαδή πραγματοποιήθηκε και για τα είκοσι κριτήρια τελικού κόμβου.

4.2.3.1 Ανάλυση κριτηρίου βιοτικού επιπέδου

Το πρώτο κριτήριο που εξετάζεται είναι αυτό του βιοτικού επιπέδου, το οποίο απεικονίζει συνολικά τον τρόπο και τον βαθμό που επηρεάζει την ποιότητα ζωής των κατοίκων ο κάθε τύπος ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας. Το κριτήριο του βιοτικού επιπέδου έχει βάρος στο σενάριο αναφοράς 63,70%, δηλαδή τα 2/3 περίπου του συνολικού βάρους των τριών βασικών κριτηρίων. Οι ποσοστιαίες διαφορές μεταξύ του ποσοστού συμβολής του κριτηρίου στην συνολική αξιολόγηση κάθε τύπου μονάδας και του βάρους του παρουσιάζονται στο Σχήμα 4-43.

Είναι προφανές ότι το βιοτικό επίπεδο των κατοίκων επηρεάζεται θετικά μόνο από τις μονάδες που βασίζουν την λειτουργία τους στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Μεταξύ αυτών ξεχωρίζουν οι φωτοβολταϊκές μονάδες, των οποίων το 84,57% (Πίνακας 4-20) της συνολικής τους αξιολόγησης προέρχεται από το κριτήριο του βιοτικού επιπέδου, δηλαδή η συμμετοχή του κριτηρίου στην βαθμολογία τους είναι 32,77% μεγαλύτερη του βάρους

του. Δεύτερες είναι οι μονάδες βιομάζας και τρίτες οι γεωθερμικές μονάδες των οποίων οι βαθμολογίες προέρχονται από το κριτήριο του βιοτικού επιπέδου σε ποσοστό 75,10% και 72,66% αντίστοιχα. Τα ποσοστά αυτά είναι 17,89% και 14,07% μεγαλύτερα της βαρύτητας του κριτηρίου, δηλαδή οι ποσοστιαίες αυτές διαφορές των μονάδων βιομάζας και των γεωθερμικών μονάδων είναι περίπου οι μισές από τις αντίστοιχες των φωτοβολταϊκών μονάδων. Τέλος οριακά θετικές είναι οι επιδόσεις των αιολικών και των υδροηλεκτρικών μονάδων αφού στις βαθμολογίες τους το κριτήριο του βιοτικού επιπέδου συμμετέχει κατά 67,96% και 63,86% αντίστοιχα, ποσοστά που προσεγγίζουν σε μεγάλο βαθμό την βαρύτητα του κριτηρίου.



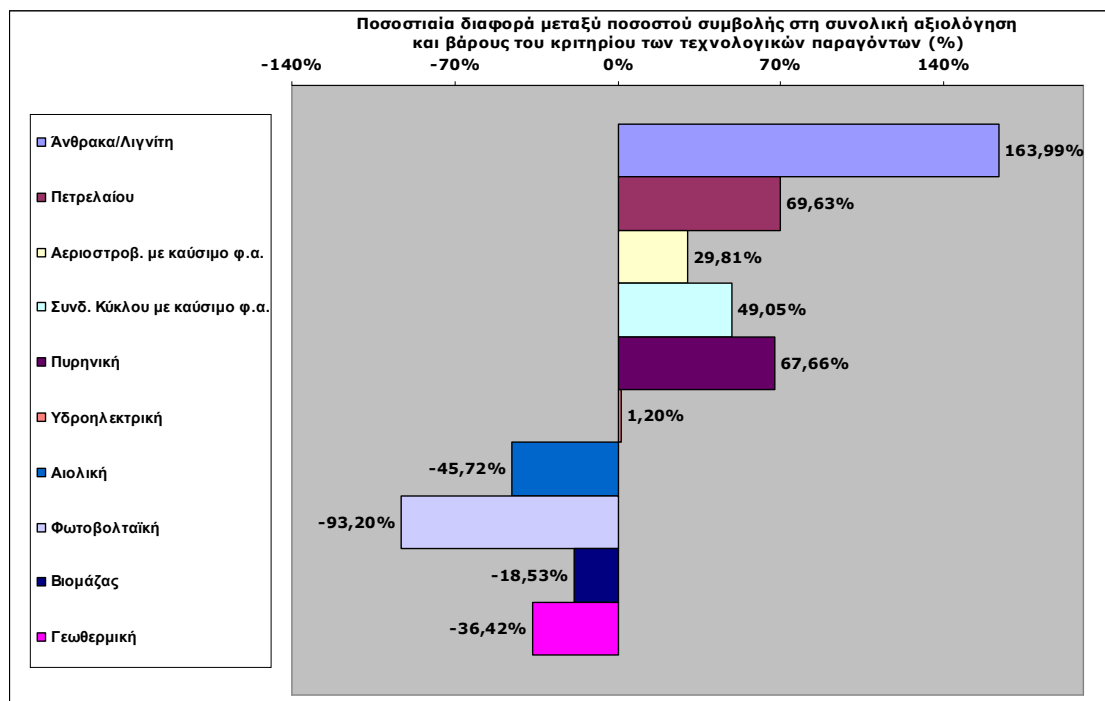
Σχήμα 4-43

Αξιολόγηση των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων ως προς το κριτήριο του βιοτικού επιπέδου

Από τις μονάδες που επηρεάζουν αρνητικά το βιοτικό επίπεδο των τοπικών κυρίως κοινωνιών των περιοχών στις οποίες είναι εγκατεστημένες, χειρότερες εμφανίζονται οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη των οποίων η αξιολόγηση από το αντίστοιχο κριτήριο ανέρχεται στο 32,52% της συνολικής τους βαθμολογίας. Το ποσοστό αυτό είναι περίπου το μισό του βάρους του κριτηρίου, δηλαδή είναι κατά 48,95% μικρότερο από αυτό. Οι πυρηνικές μονάδες είναι οι δεύτερες χειρότερες στην αξιολόγησή τους σε σχέση με το βιοτικό επίπεδο αφού το αντίστοιχο ποσοστό συμμετοχής του κριτηρίου στην βαθμολογία τους είναι 45,04%, μικρότερο δηλαδή κατά 29,30% από το βάρος του κριτηρίου. Περίπου ανάλογα είναι και τα ποσοστά των μονάδων πετρελαίου ενώ λιγότερο χειρότερες είναι οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο και οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο με ποσοστιαίες διαφορές -17,40% και -14,67% αντίστοιχα.

4.2.3.2 Ανάλυση κριτηρίου τεχνολογικών παραγόντων

Το κριτήριο των τεχνολογικών παραγόντων έχει το μικρότερο βάρος μεταξύ των τριών βασικών κριτηρίων με 10,47%, σύμφωνα με τις παραδοχές του σεναρίου αναφοράς. Το μικρό βάρος του δεν εμποδίζει ωστόσο την εξαγωγή πολύτιμων συμπερασμάτων, τα οποία θα επιβεβαιωθούν και από την ανάλυση ευαισθησίας στην οποία εξετάζεται όλο το εύρος των πιθανών διακυμάνσεων των βαρών των τριών βασικών κριτηρίων. Οι ποσοστιαίες διαφορές μεταξύ του ποσοστού συμβολής του κριτηρίου των τεχνολογικών παραγόντων στην συνολική αξιολόγηση των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων και του βάρους αυτού του κριτηρίου παρουσιάζονται στο Σχήμα 4-44.



Σχήμα 4-44

Αξιολόγηση των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων ως προς το κριτήριο των τεχνολογικών παραγόντων

Η εικόνα που παρουσιάζουν οι ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες ως προς τους τεχνολογικούς παράγοντες είναι εκ διαμέτρου αντίθετη από την αντίστοιχη του βιοτικού επιπέδου που παρουσιάστηκε στην προηγούμενη ενότητα. Στα τεχνολογικά στοιχεία υπερτερούν οι μονάδες μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με καλύτερες επιδόσεις εκείνες των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη, των οποίων το 27,64% της βαθμολογίας τους προέρχεται από αυτό το κριτήριο (Πίνακας 4-6). Το ποσοστό αυτό είναι δύομισι φορές μεγαλύτερο (αυξημένο κατά 163,99%) από το βάρος του κριτηρίου. Δεύτερη καλύτερη επίδοση επιτυγχάνουν οι μονάδες πετρελαίου με ποσοστό συμβολής του κριτηρίου 17,76%, μεγαλύτερο κατά 69,63% από το βάρος του. Παραπλήσια ποσοστά με τις μονάδες πετρελαίου ως προς τους τεχνολογικούς παράγοντες παρουσιάζουν οι πυρηνικές μονάδες και ακολουθούν με μικρότερα αλλά θετικά ποσοστά οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο και οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο.

Τις χειρότερες τεχνολογικές επιδόσεις εμφανίζουν οι φωτοβολταϊκές μονάδες αφού η ποσοστιαία διαφορά μεταξύ του ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση (0,71%) και του βάρους του κριτηρίου (10,47%), ανέρχεται σε -93,20%. Η αντίστοιχη ποσοστιαία διαφορά για τις αιολικές μονάδες είναι -45,72%, περίπου η μισή εκείνης των φωτοβολταϊκών μονάδων, αφού ποσοστό 5,68% της βαθμολογίας των αιολικών μονάδων προέρχεται από το κριτήριο αυτό. Λιγότερο αρνητικές είναι οι επιδόσεις των γεωθερμικών μονάδων και των μονάδων βιομάζας στις βαθμολογίες των οποίων το κριτήριο των τεχνολογικών παραγόντων συμβάλλει κατά 6,66% και 8,53% αντίστοιχα. Τέλος οριακά θετικές είναι οι επιδόσεις των υδροηλεκτρικών μονάδων αφού το ποσοστό συμβολής του κριτηρίου στην αξιολόγησή τους είναι 10,60%, ελάχιστα μεγαλύτερο από την βαρύτητα του κριτηρίου.

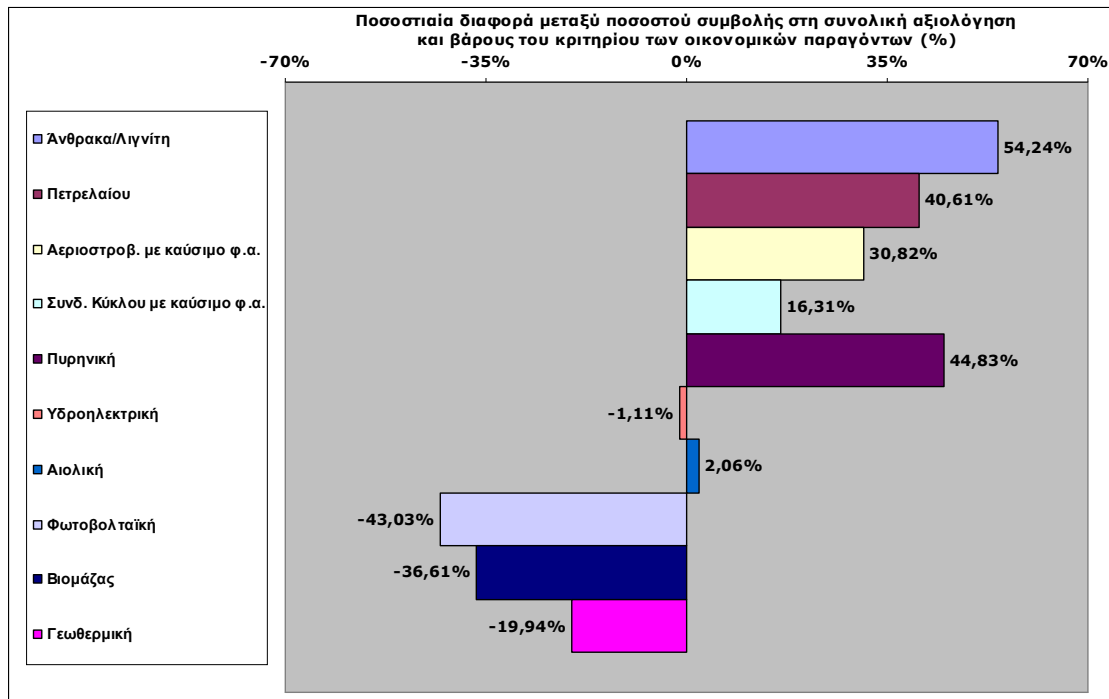
4.2.3.3 Ανάλυση κριτηρίου οικονομικών παραγόντων

Το κριτήριο των οικονομικών παραγόντων συγκεντρώνει τα σημαντικότερα επιμέρους κόστη για την εγκατάσταση και λειτουργία των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων και κατά συνέπεια είναι εξαιρετικής σημασίας τόσο για τα επενδυτικά κεφάλαια που διοχετεύονται στην ηλεκτροπαραγωγή, όσο και για το καταναλωτικό κοινό της ηλεκτρικής ενέργειας. Το βάρος του στο σενάριο αναφοράς είναι 25,83%. Οι αξιολογήσεις των μονάδων γίνονται μέσω της ανάλυσης των ποσοστιαίων διαφορών μεταξύ του ποσοστού συμβολής στην συνολική αξιολόγηση και του βάρους του κριτηρίου, όπως αυτές απεικονίζονται στο Σχήμα 4-45.

Οι επιδόσεις των μονάδων στον οικονομικό τομέα παρουσιάζουν πολλές ομοιότητες με τις αντίστοιχες για τους τεχνολογικούς παράγοντες. Οι μονάδες φυσικών καυσίμων και οι πυρηνικές μονάδες παρουσιάζουν θετικές επιδόσεις, οι υδροηλεκτρικές μονάδες και οι αιολικές μονάδες παρουσιάζουν σχεδόν ουδέτερη συμπεριφορά (οριακά αρνητική και θετική αντίστοιχα), ενώ οι υπόλοιποι τρεις τύποι μονάδων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας έχουν αρνητικές επιδόσεις ως προς τους οικονομικούς παράγοντες.

Τις καλύτερες επιδόσεις ως προς τα οικονομικά στοιχεία παρουσιάζουν οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη με ποσοστό συμμετοχής του κριτηρίου στην αξιολόγησή τους που ανέρχεται σε 39,84% (Πίνακας 4-6), ποσοστό κατά 54,24% μεγαλύτερο από το βάρος του κριτηρίου. Τα αντίστοιχα ποσοστά για τις πυρηνικές μονάδες είναι 37,41% και 44,83%. Ακολουθούν σε επιδόσεις οι μονάδες πετρελαίου και οι δύο τύποι μονάδων φυσικού αερίου, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4-45.

Τις χειρότερες οικονομικές επιδόσεις έχουν οι φωτοβολταϊκές μονάδες αφού μόλις το 14,72% της βαθμολογίας τους προέρχεται από το αντίστοιχο κριτήριο. Το ποσοστό αυτό είναι περίπου το μισό (μικρότερο κατά 43,03%) από το βάρος του κριτηρίου. Λιγότερο αρνητικές είναι οι επιδόσεις των μονάδων βιομάζας και των γεωθερμικών μονάδων αφού οι αποκλίσεις των ποσοστών συμμετοχής του κριτηρίου των οικονομικών παραγόντων στην βαθμολογία τους σε σχέση με το βάρος του κριτηρίου ανέρχονται σε -36,61% και -19,94% αντίστοιχα.



Σχήμα 4-45

Αξιολόγηση των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων ως προς το κριτήριο των οικονομικών παραγόντων

4.2.3.4 Σύγκριση αξιολογήσεων ανά βασικό κριτήριο

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν για τα τρία βασικά κριτήρια ως προς τον τρόπο και τον βαθμό που αυτά επηρεάζουν την συνολική αξιολόγηση των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων συνοψίζονται στα εξής:

- στον τομέα του βιοτικού επιπέδου οι μονάδες των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας έχουν τις καλύτερες αξιολογήσεις σε αντιδιαστολή με τις μονάδες φυσικών καυσίμων και τις πυρηνικές μονάδες. Την θετικότερη επίδοση έχουν οι φωτοβολταϊκές μονάδες και την χειρότερη οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη
- σε τεχνολογικά θέματα οι αξιολογήσεις των μονάδων φυσικών καυσίμων και των πυρηνικών μονάδων είναι θετικές ενώ των μονάδων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αρνητικές. Την καλύτερη επίδοση έχουν οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη και την χειρότερη οι φωτοβολταϊκές μονάδες αποτελέσματα εκ διαμέτρου αντίθετα με εκείνα του βιοτικού επιπέδου
- στα οικονομικά θέματα παρουσιάζεται και πάλι υπεροχή των αξιολογήσεων των μονάδων φυσικών καυσίμων και των πυρηνικών μονάδων ενώ αρνητικές είναι οι επιδόσεις των μονάδων που βασίζονται σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Υπάρχει δηλαδή μια ομοιότητα με τις αξιολογήσεις των τεχνολογικών θεμάτων. Κύρια διαφορά είναι η κατά κανόνα μικρότερες ποσοστιαίες διαφορές (θετικές και αρνητικές) μεταξύ του ποσοστού συμβολής στην αξιολόγηση των διαφόρων τύπων μονάδων και του βάρους του κριτηρίου των οικονομικών παραγόντων σε σχέση με τις αντίστοιχες του κριτηρίου των τεχνολογικών παραγόντων

- οι υδροηλεκτρικές μονάδες παρουσιάζουν γενικά μια ουδέτερη συμπεριφορά που εκφράζεται με σχεδόν μηδενικές αποκλίσεις (θετικές ή αρνητικές) μεταξύ του ποσοστού συμβολής και του βάρους και των τριών βασικών κριτηρίων, γεγονός που τις οδηγεί στην πέμπτη θέση (στη μέση) της συνολικής κατάταξης. Με βάση τις αξιολογήσεις στην ΑΙΔ, οι υδροηλεκτρικές μονάδες βρίσκονται μεταξύ της ομάδας των πέντε μονάδων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και της άλλης ομάδας των μονάδων μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (μονάδες φυσικών καυσίμων και πυρηνικές μονάδες)

4.3 Ανάλυση ευαισθησίας

Η ανάλυση ευαισθησίας εξετάζει την συνολική αξιολόγηση κάθε τύπου μονάδας αλλά και την επιμέρους αξιολόγηση ως προς τα τρία βασικά κριτήρια καθώς και την κατάταξη των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων όταν οι προτεραιότητες (τα βάρη) των κριτηρίων μεταβάλλονται ανάλογα με την κρίση του λήπτη αποφάσεων. Πρακτικά είναι αδύνατο να αναλυθούν τα (άπειρα) σύνολα βαρών των βασικών κριτηρίων και των κριτηρίων τελικού κόμβου. Ωστόσο είναι δυνατή η παρουσίαση των πιο αντιπροσωπευτικών σεναρίων, έτσι ώστε ο λήπτης αποφάσεων να έχει σαφή εικόνα των αξιολογήσεων των εναλλακτικών λύσεων και κυρίως των τάσεων διαφοροποίησης των αποτελεσμάτων ανάλογα με την διακύμανση των βαρών των κριτηρίων.

Η ανάλυση ευαισθησίας πραγματοποιείται σε επίπεδο βασικών κριτηρίων τα οποία αντιπροσωπεύουν και τους τρεις βασικούς τομείς αξιολόγησης των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων. Εξετάζονται επτά εναλλακτικά σενάρια τα οποία καλύπτουν τα πιο αντιπροσωπευτικά σύνολα βαρών, πάντα σε σχέση με το σενάριο αναφοράς, ενώ παράλληλα δίνουν τη δυνατότητα στο λήπτη αποφάσεων να αξιολογεί με ακρίβεια και ταχύτητα τις ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες σύμφωνα με τις προτεραιότητες που θέτει. Τα επτά αυτά σενάρια παρουσιάζονται στον Πίνακα 4-25.

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 4-25, εκτός από το σενάριο αναφοράς, τα επτά εναλλακτικά σενάρια καλύπτουν όλο το εύρος διακύμανσης των τιμών των τριών βασικών κριτηρίων. Το σενάριο 1 εξετάζει την αξιολόγηση των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων κάτω από ίσες βαρύτητες των τριών βασικών κριτηρίων, δηλαδή δεν δίνεται ιδιαίτερη βαρύτητα σε κάποιο από αυτά. Το σενάριο 2 εξετάζει την περίπτωση στην οποία τον λήπτη αποφάσεων ενδιαφέρουν οι επιπτώσεις της λειτουργίας των μονάδων στο βιοτικό επίπεδο (βάρος 100%), ενώ αδιαφορεί τελείως για τα τεχνολογικά και οικονομικά στοιχεία των μονάδων (μηδενική βαρύτητα των δύο αυτών κριτηρίων). Το σενάριο 3 παρουσιάζει την περίπτωση ισχυρής προτίμησης σε θέματα βιοτικού επιπέδου με βαρύτητα του αντίστοιχου κριτηρίου 60% και σχετικά μέτρια βαρύτητα των άλλων δύο κριτηρίων των τεχνολογικών και οικονομικών παραγόντων με 20%. Το σενάριο 4 παρουσιάζει τα αποτελέσματα της αξιολόγησης των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων όταν υπάρχει ισχυρή προτίμηση στους τεχνολογικούς παράγοντες (βάρος 60%) και μέτρια προτίμηση στα άλλα δύο κριτήρια του βιοτικού επιπέδου και των οικονομικών παραγόντων, των οποίων τα βάρη είναι 20%. Το σενάριο 5 αναφέρεται στην απόλυτη προτεραιότητα των τεχνολογικών παραγόντων (βάρος 100%) και την πλήρη αδιαφορία για το βιοτικό επίπεδο και τους οικονομικούς παράγοντες (μηδενική βαρύτητα των δύο

αυτών κριτηρίων). Το σενάριο 6 εξετάζει την περίπτωση ισχυρής προτίμησης για τους οικονομικούς παράγοντες (βάρος 60%) και μέτριας προτίμησης για το βιοτικό επίπεδο και τους τεχνολογικούς παράγοντες (βάρος 20% για το καθένα). Τέλος το σενάριο 7 παρουσιάζει την περίπτωση που το λήπτη αποφάσεων ενδιαφέρουν μόνο τα οικονομικά στοιχεία (βάρος 100%), ενώ αδιαφορεί πλήρως για τις επιπτώσεις των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων στο βιοτικό επίπεδο καθώς και για τα τεχνολογικά τους στοιχεία (μηδενική βαρύτητα των δύο αυτών κριτηρίων).

Πίνακας 4-25

Ανάλυση ευαισθησίας μέσω επτά εναλλακτικών σεναρίων που αντιπροσωπεύουν διαφορετικά σύνολα βαρών των τριών βασικών κριτηρίων

Όνομασία σεναρίου	Βιοτικό επίπεδο	Τεχνολογικοί παράγοντες	Οικονομικοί παράγοντες
Σενάριο αναφοράς	63,70%	10,47%	25,83%
Σενάριο 1	33,33%	33,33%	33,33%
Σενάριο 2	100%	0%	0%
Σενάριο 3	60%	20%	20%
Σενάριο 4	20%	60%	20%
Σενάριο 5	0%	100%	0%
Σενάριο 6	20%	20%	60%
Σενάριο 7	0%	0%	100%

4.3.1 Ανάλυση ευαισθησίας ανά σενάριο

Στην ανάλυση ευαισθησίας ανά σενάριο παρουσιάζονται οι συνολικές αξιολογήσεις των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων καθώς και οι επιμέρους αξιολογήσεις τους ανά βασικό κριτήριο σύμφωνα με τις παραδοχές για τα βάρη των βασικών κριτηρίων κάθε σεναρίου. Επίσης αναλύονται οι συνολικές και επιμέρους διαφορές των επιδόσεων των μονάδων για κάθε εναλλακτικό σενάριο σε σχέση με το σενάριο αναφοράς. Η παρουσίαση όλων αυτών των στοιχείων για καθένα από τα επτά εναλλακτικά σενάρια σε σχέση με το σενάριο αναφοράς γίνεται στους Πίνακες 4-26 έως 4-32. Η συγκριτική αξιολόγηση των κατατάξεων των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων ανά σενάριο με την μέθοδο AHP απεικονίζεται στο Σχήμα 4-46.

Οι πέντε πρώτες στήλες κάθε πίνακα περιγράφουν τις συνολικές και επιμέρους αξιολογήσεις των μονάδων ως προς τα τρία βασικά κριτήρια καθώς και την σειρά κατάταξής τους ως προς το σενάριο αναφοράς, προκειμένου να διευκολυνθούν οι συγκρίσεις με τα αντίστοιχα στοιχεία κάθε σεναρίου. Πιο συγκεκριμένα στην πρώτη στήλη παρουσιάζεται η συνολική αξιολόγηση κάθε τύπου ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας με βάση το σενάριο αναφοράς κατά φθίνουσα σειρά. Στην δεύτερη, τρίτη και τέταρτη στήλη παρουσιάζονται οι επιμέρους αξιολογήσεις κάθε μονάδας ως προς τα τρία βασικά κριτήρια του βιοτικού επιπέδου, των τεχνολογικών και των οικονομικών παραγόντων αντίστοιχα. Το άθροισμα των τριών επιμέρους αξιολογήσεων δίνει τη συνολική αξιολόγηση κάθε μονάδας. Τέλος στην πέμπτη στήλη παρουσιάζεται η σειρά κατάταξης

των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων στο σενάριο αναφοράς κατά φθίνουσα σειρά.

Στις στήλες έξι έως δέκα καθενός από τους Πίνακες 4-26 έως 4-32, παρουσιάζονται οι αξιολογήσεις και κατατάξεις των μονάδων ως προς τα επτά εναλλακτικά σενάρια. Στην έκτη στήλη κάθε πίνακα παρουσιάζονται οι συνολικές αξιολογήσεις των μονάδων για κάθε σενάριο ενώ στις στήλες επτά έως εννέα απεικονίζονται οι επιμέρους αξιολογήσεις των μονάδων ως προς τα τρία βασικά κριτήρια για κάθε σενάριο. Τέλος στην δέκατη στήλη παρουσιάζεται η σειρά κατάταξης κάθε μονάδας για το σενάριο που εξετάζεται.

Στις στήλες έντεκα έως δεκαπέντε παρουσιάζονται οι απόλυτες διαφορές των αξιολογήσεων και των κατατάξεων μεταξύ του εξεταζόμενου σεναρίου και του σεναρίου αναφοράς. Στην ενδέκατη στήλη υπολογίζεται η απόλυτη διαφορά στην συνολική αξιολόγηση μεταξύ του εξεταζόμενου σεναρίου και του σεναρίου αναφοράς, ενώ στις στήλες δώδεκα έως δεκατέσσερα παρουσιάζονται οι αντίστοιχες διαφορές για το βιοτικό επίπεδο, τους τεχνολογικούς παράγοντες και τους οικονομικούς παράγοντες. Για παράδειγμα, για τις γεωθερμικές μονάδες στο σενάριο 1, η απόλυτη διαφορά στην συνολική αξιολόγηση είναι -1,99 μονάδες αφού σε αυτό το σενάριο έχουν συνολική αξιολόγηση 12,13% και στο σενάριο αναφοράς έχουν 14,12% (Πίνακας 4-26). Τέλος στην δεκατηπέμπτη στήλη φαίνεται ο αριθμός των θέσεων ανόδου ή καθόδου στην συνολική κατάταξη κάθε ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας. Για παράδειγμα -2 σημαίνει ότι ο συγκεκριμένος τύπος μονάδας είναι δύο θέσεις χαμηλότερα στο εξεταζόμενο σενάριο σε σχέση με την θέση που καταλάμβανε στο σενάριο αναφοράς. Οι θετικοί αριθμοί σε αυτήν την στήλη αντιπροσωπεύουν καλύτερη θέση (άνοδο) στο εξεταζόμενο σενάριο σε σχέση με το σενάριο αναφοράς, ενώ το μηδέν σημαίνει ότι δεν υπάρχει μεταβολή στην κατάταξη της μονάδας μεταξύ των δύο σεναρίων. Πρέπει να σημειωθεί ότι μείωση της αξιολόγησης μιας μονάδας (ή αντίθετα αύξηση της) δεν συνεπάγεται οπωσδήποτε πτώση (ή αντίθετα άνοδο) στην συνολική κατάταξη, αφού οι συγκριτικές αξιολογήσεις μπορεί να οδηγήσουν ακόμα και σε άνοδο στην κατάταξη με πτώση της αξιολόγησης ή και το αντίστροφο.

Στις στήλες δεκαέξι έως δεκαεννέα κάθε πίνακα παρουσιάζονται οι ποσοστιαίες διαφορές μεταξύ του εξεταζόμενου σεναρίου και του σεναρίου αναφοράς. Για παράδειγμα ενώ η απόλυτη διαφορά στην συνολική αξιολόγηση των γεωθερμικών μονάδων ανάμεσα στο σενάριο 1 και το σενάριο αναφοράς είναι -1,99 μονάδες (όπως απεικονίζεται στην ενδέκατη στήλη του Πίνακα 4-26), η αντίστοιχη ποσοστιαία διαφορά είναι -14,10% και παρουσιάζεται στην δεκατηέκτη στήλη του ίδιου πίνακα. Δηλαδή οι γεωθερμικές μονάδες παρουσιάζουν μείωση της συνολικής αξιολόγησής τους κατά 14,10%, από 14,12% στο σενάριο αναφοράς σε 12,13% στο σενάριο 1. Οι αντίστοιχες ποσοστιαίες διαφορές για τα τρία βασικά κριτήρια (βιοτικό επίπεδο, τεχνολογικοί παράγοντες, οικονομικοί παράγοντες) ανάμεσα στο εκάστοτε εξεταζόμενο σενάριο και το σενάριο αναφοράς παρουσιάζονται στην δεκατηέβδομη έως δεκατηένατη στήλη κάθε πίνακα.

4.3.1.1 Σενάριο 1

Στην ανάλυση του πρώτου σεναρίου γίνεται η υπόθεση της ίσης βαρύτητας μεταξύ των τριών βασικών κριτηρίων, δηλαδή καθένα από το βιοτικό επίπεδο, τους τεχνολογικούς παράγοντες και τους οικονομικούς παράγοντες έχει βάρος 33,33%. Στον Πίνακα 4-26 παρουσιάζεται η συγκριτική αξιολόγηση και κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων υπό τις παραδοχές του σεναρίου 1 σε σχέση με το σενάριο αναφοράς.

Τα βάρη των βασικών κριτηρίων του σεναρίου 1 παρουσιάζουν σημαντικές διαφοροποιήσεις σε σχέση με τα αντίστοιχα βάρη του σεναρίου αναφοράς. Οι μεταβολές των βαρών οδηγούν σε ίσες ποσοστιαίες μεταβολές των επιμέρους αξιολογήσεων ως προς τα τρία βασικά κριτήρια και παρουσιάζονται στις τρεις τελευταίες στήλες του Πίνακα 4-26. Το βάρος του βιοτικού επιπέδου μειώνεται κατά 30,37 μονάδες (33,33% από 63,70%, Πίνακας 4-25) στο σενάριο 1 σε σχέση με το σενάριο αναφοράς. Αυτό έχει σαν συνέπεια οι αξιολογήσεις ως προς το κριτήριο αυτό στο σενάριο 1 να είναι μειωμένες κατά 47,68% σε σχέση με τις αντίστοιχες στο σενάριο αναφοράς. Το βάρος των τεχνολογικών παραγόντων στο σενάριο 1 υπερτριπλασιάζεται (αύξηση κατά 218,34%) σε σχέση με το σενάριο αναφοράς (βάρος 33,33% στο σενάριο 1 έναντι 10,47% στο σενάριο αναφοράς). Η βαρύτητα των οικονομικών παραγόντων παρουσιάζεται αυξημένη κατά 7,5 μονάδες ή ποσοστό 29,04% αφού φθάνει στο 33,33% στο σενάριο 1 έναντι του 25,83% που είχε στο σενάριο αναφοράς (Πίνακας 4-25).

Στο σενάριο 1 παρατηρείται μείωση των αξιολογήσεων των μονάδων των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (πλην των υδροηλεκτρικών μονάδων που έχουν οριακή άνοδο 0,01 μονάδες) και άνοδος των αξιολογήσεων των υπολοίπων πέντε τύπων μονάδων. Την μεγαλύτερη πτώση κατά 4,36 μονάδες έχουν οι φωτοβολταϊκές μονάδες και την μικρότερη πτώση οι αιολικές μονάδες με 1,56 μονάδες. Μεταξύ των μονάδων φυσικών καυσίμων και των πυρηνικών μονάδων, την μικρότερη άνοδο εμφανίζουν οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο με 1,15 μονάδες και την μεγαλύτερη άνοδο οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη με 2,78 μονάδες. Την μεγαλύτερη ποσοστιαία πτώση παρουσιάζουν οι φωτοβολταϊκές μονάδες οι οποίες χάνουν το 34,49% της συνολικής αξιολόγησης που είχαν στο σενάριο αναφοράς ενώ την εντυπωσιακότερη άνοδο έχουν οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη που κερδίζουν 56,42% σε σχέση με την βαθμολογία τους στο ίδιο σενάριο (7,70% στο σενάριο 1 έναντι 4,92% στο σενάριο αναφοράς). Ακολουθούν οι πυρηνικές μονάδες με ποσοστιαία άνοδο 27,72% και οι μονάδες πετρελαίου με αντίστοιχη άνοδο 27,53% στην βαθμολογία τους στο σενάριο 1 έναντι της αντίστοιχης στο σενάριο αναφοράς.

Στην συνολική κατάταξη πιο εντυπωσιακή χαρακτηρίζεται η πτώση των φωτοβολταϊκών μονάδων κατά τέσσερις θέσεις, από την τέταρτη στο σενάριο αναφοράς στην όγδοη στο σενάριο 1, γεγονός που δικαιολογείται και από την εντυπωσιακή πτώση στην αξιολόγησή τους. Την μεγαλύτερη άνοδο στην κατάταξη επιτυγχάνουν οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο οι οποίες κερδίζουν δύο θέσεις ανεβαίνοντας από την έκτη θέση στο σενάριο αναφοράς στην τέταρτη θέση στο σενάριο 1, αν και η ποσοστιαία άνοδός της συνολικής τους αξιολόγησης είναι η τέταρτη καλύτερη με 16,88%. Οι

μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο ξεπερνούν τις υδροηλεκτρικές μονάδες (από τις οποίες είχαν μικρή διαφορά στο σενάριο αναφοράς) και τις φωτοβολταϊκές μονάδες, αφού οι τελευταίες παρουσιάζουν μεγάλη πτώση της αξιολόγησής τους. Κερδισμένες κατά μία θέση είναι και οι πυρηνικές μονάδες καθώς και οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο ενώ οι υπόλοιποι έξι τύποι μονάδων δεν παρουσιάζουν διαφορά στην συνολική τους κατάταξη μεταξύ των δύο σεναρίων, παρά τις επιμέρους θετικές και αρνητικές διαφοροποιήσεις στις αξιολογήσεις τους. Ενδιαφέρουσα είναι η περίπτωση των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη που αν και ανεβάζουν εντυπωσιακά την αξιολόγησή τους κατά 56,42% σε σχέση με το σενάριο αναφοράς, ωστόσο παραμένουν τελευταίες στην δέκατη θέση της κατάταξης. Αυτό είναι απόρροια της μικρής αρχικής τους αξιολόγησης στο σενάριο αναφοράς, της μεγάλης υστέρησης κατά 1,33 μονάδες από τις μονάδες πετρελαίου στο σενάριο αναφοράς (4,92% για τις μονάδες άνθρακα/λιγνίτη και 6,25% για τις μονάδες πετρελαίου) αλλά και την σημαντική ποσοστιαία αύξηση της βαθμολογίας των μονάδων πετρελαίου στο σενάριο 1 κατά 27,53% που τις διατηρεί στην ένατη θέση.

Στην ανάλυση των επιμέρους τριών βασικών κριτηρίων που οδηγούν στα παραπάνω συμπεράσματα, το κριτήριο του βιοτικού επιπέδου είναι εκείνο που έχει την καθοριστικότερη επίδραση στην διαμόρφωση αυτών των αποτελεσμάτων. Όπως φαίνεται από τη δεύτερη στήλη του Πίνακα 4-26 οι αξιολογήσεις των μονάδων ως προς το βιοτικό επίπεδο στο σενάριο αναφοράς είναι πολύ μεγαλύτερες των δύο άλλων κριτηρίων ιδιαίτερα για τις μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Αυτό είναι απόρροια της μεγάλης βαρύτητας του κριτηρίου του βιοτικού επιπέδου στο σενάριο αναφοράς αλλά και των θετικών επιδόσεων των μονάδων αυτών όπως προκύπτει από τις ποσοστιαίες διαφορές μεταξύ του ποσοστού συμβολής του κριτηρίου αυτού στην συνολική αξιολόγηση τους και του βάρους του κριτηρίου (Σχήμα 4-43). Οι μονάδες με τις καλύτερες επιδόσεις έχουν και τις μεγαλύτερες απώλειες όταν το βάρος του κριτηρίου μειώνεται. Αντίθετα, οι μονάδες με τις χειρότερες επιδόσεις έχουν τις μικρότερες απώλειες όταν η βαρύτητα του κριτηρίου μειώνεται. Η μείωση της βαρύτητας του κριτηρίου του βιοτικού επιπέδου στο σενάριο 1 κατά 30,37 μονάδες (από 63,70% στο σενάριο αναφοράς σε 33,33% στο σενάριο 1) προκαλεί ποσοστιαία πτώση 47,68% στην αξιολόγηση όλων των μονάδων ως προς το κριτήριο αυτό στο σενάριο 1 σε σχέση με το σενάριο αναφοράς. Μεγαλύτερη ως προς το κριτήριο αυτό είναι η πτώση των βαθμολογιών των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και κυρίως των φωτοβολταϊκών μονάδων που χάνουν 5,10 μονάδες. Αντίθετα μικρότερες είναι οι μειώσεις των βαθμολογιών των μονάδων φυσικών καυσίμων και των πυρηνικών μονάδων λόγω των χειρότερων επιδόσεων των μονάδων ως προς το κριτήριο αυτό στο σενάριο αναφοράς. Μικρότερες απώλειες από όλες έχουν οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη οι οποίες χάνουν 0,76 μονάδες ως προς το βιοτικό επίπεδο στο σενάριο 1 σε σχέση με το σενάριο αναφοράς. Ανάλογα συμπεράσματα προκύπτουν και για τους υπόλοιπους τύπους μονάδων με ενδιάμεσες αξιολογήσεις μεταξύ των ακραίων περιπτώσεων που προαναφέρθηκαν.

Το κριτήριο των τεχνολογικών παραγόντων παρουσιάζει αύξηση του βάρους του κατά 218,34% ή 22,86 μονάδες (από 10,47% σε 33,33%) μεταξύ του σεναρίου αναφοράς και του σεναρίου 1. Στην πλειονότητα των περιπτώσεων η αξιολόγηση των μονάδων φυσικών καυσίμων και των πυρηνικών μονάδων ως προς το κριτήριο αυτό στο σενάριο

αναφοράς (τρίτη στήλη του Πίνακα 4-26), υπερτερεί των αντιστοίχων βαθμολογιών των μονάδων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Κατά συνέπεια η αύξηση του βάρους του κριτηρίου αυτού οδηγεί σε αύξηση 3,21 μονάδων για τις μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο και 3,17 μονάδων για τις πυρηνικές μονάδες ενώ ακολουθούν οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη με αύξηση 2,97 μονάδων, όπως φαίνεται στην δεκατη τρίτη στήλη του Πίνακα 4-26. Αντίθετα μικρότερα είναι τα κέρδη των περισσότερων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Το μικρότερο κέρδος έχουν οι φωτοβολταϊκές μονάδες με αύξηση μόλις 0,20 μονάδων (από 0,09% στο σενάριο αναφοράς σε 0,29% στο σενάριο 1), γεγονός που συντελεί στην πτώση τους κατά τέσσερις θέσεις στην όγδοη θέση της συνολικής κατάταξης.

Το τρίτο από τα βασικά κριτήρια είναι αυτό των οικονομικών παραγόντων το οποίο παρουσιάζει αύξηση της βαρύτητας κατά 7,5 μονάδες (από 25,83% στο σενάριο αναφοράς σε 33,33% στο σενάριο 1). Οι αιολικές και οι πυρηνικές μονάδες οι οποίες έχουν τις καλύτερες επιδόσεις στον τομέα αυτό στο σενάριο αναφοράς έχουν και τις μεγαλύτερες αντίστοιχες αυξήσεις στο σενάριο 1, λόγω της αύξησης της βαρύτητας του κριτηρίου των οικονομικών παραγόντων κατά 29,04%. Τα οφέλη ωστόσο όλων των τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων δεν ξεπερνούν το 1% (δεκατη τέταρτη στήλη του Πίνακα 4-26), αφού η αύξηση του βάρους του κριτηρίου των οικονομικών παραγόντων είναι σημαντικά μικρότερη από εκείνη των τεχνολογικών παραγόντων. Κατά συνέπεια, το εύρος της αύξησης στην βαθμολογία των μονάδων από τους οικονομικούς παράγοντες στο σενάριο 1 σε σχέση με το σενάριο αναφοράς κυμαίνεται από το ελάχιστο των 0,54 μονάδων για τις υδροηλεκτρικές μονάδες έως το μέγιστο των 0,97 μονάδων για τις αιολικές μονάδες.

Συνοψίζοντας, στο σενάριο 1 παρατηρείται ένα κλείσιμο της ψαλίδας των αξιολογήσεων που κυμαίνονται από 7,70% για τις μονάδες άνθρακα/λιγνίτη έως 12,13% για τις γεωθερμικές μονάδες (διαφορά μεταξύ πρώτης και τελευταίας μονάδας 4,43 μονάδες). Η αντίστοιχη διαφορά στο σενάριο αναφοράς είναι 9,2 μονάδες, δηλαδή υπερδιπλάσια αυτής του σεναρίου 1. Οι μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, πλην των υδροηλεκτρικών μονάδων, παρουσιάζουν σημαντική μείωση των αξιολογήσεών τους ενώ αντίθετα οι μονάδες φυσικών καυσίμων και οι πυρηνικές μονάδες αυξάνουν σημαντικά τις βαθμολογίες τους, γεγονός που οφείλεται στην σημαντική μείωση του βάρους του βιοτικού επιπέδου και την αύξηση των βαρών των δύο άλλων βασικών κριτηρίων. Μεγαλύτερο όφελος στην βαθμολογία έχουν οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη και στην κατάταξη οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο ενώ μεγαλύτερη πτώση τόσο στην βαθμολογία όσο και στην κατάταξη έχουν οι φωτοβολταϊκές μονάδες.

4.3.1.2 Σενάριο 2

Στο δεύτερο σενάριο δίνεται απόλυτη προτεραιότητα στο βιοτικό επίπεδο του οποίου το βάρος είναι 100% ενώ το λήπτη αποφάσεων δεν επηρεάζουν καθόλου τα τεχνολογικά και οικονομικά στοιχεία (μηδενική βαρύτητα των δύο αυτών κριτηρίων). Η συγκριτική αξιολόγηση και κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων στο σενάριο 2 σε σχέση με το σενάριο αναφοράς παρουσιάζεται στον Πίνακα 4-27.

Στο δεύτερο σενάριο παρουσιάζονται εντυπωσιακές αλλαγές των βαρών των τριών βασικών κριτηρίων. Το βάρος του βιοτικού επιπέδου στο σενάριο 2 αυξάνεται κατά 36,3 μονάδες ή ποσοστό 56,99% σε σχέση με το σενάριο αναφοράς. Τα βάρη των δύο άλλων βασικών κριτηρίων, δηλαδή των τεχνολογικών παραγόντων και των οικονομικών παραγόντων μηδενίζονται στο σενάριο 2 δηλαδή ποσοστιαία χάνουν το 100% σε σχέση με το σενάριο αναφοράς. Οι απώλειες είναι 10,47 μονάδες για τους τεχνολογικούς παράγοντες και 25,83 μονάδες για τους οικονομικούς παράγοντες.

Όπως προκύπτει από την έκτη και ενδέκατη στήλη του Πίνακα 4-27, στο σενάριο 2 παρατηρείται αύξηση των αξιολογήσεων των μονάδων των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και μείωση των αξιολογήσεων των μονάδων φυσικών καυσίμων και των πυρηνικών μονάδων. Την μεγαλύτερη άνοδο εμφανίζουν οι φωτοβολταϊκές μονάδες με κέρδος 4,14 μονάδων ενώ την μεγαλύτερη πτώση έχουν οι πυρηνικές μονάδες και οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη που χάνουν 2,42 και 2,41 μονάδες αντίστοιχα (ενδέκατη στήλη του Πίνακα 4-27). Μικρότερες απόλυτες αυξήσεις στην βαθμολογία τους έχουν οι αιολικές μονάδες με 0,85 μονάδες και οι υδροηλεκτρικές μονάδες με 0,03 μονάδες. Στον αντίποδα, οι μειώσεις των βαθμολογιών των δύο τύπων μονάδων του φυσικού αερίου κυμαίνονται περίπου στις -1,40 μονάδες και των μονάδων πετρελαίου στις -1,74 μονάδες. Ποσοστιαία τις μεγαλύτερες αυξήσεις στην αξιολόγησή τους έχουν οι φωτοβολταϊκές μονάδες με 32,77% και ακολουθούν οι μονάδες βιομάζας και οι γεωθερμικές μονάδες με 17,89% και 14,07% αντίστοιχα (δεκατέκτη στήλη του Πίνακα 4-27). Τη μεγαλύτερη ποσοστιαία μείωση εμφανίζουν οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη με -48,95% και ακολουθούν οι πυρηνικές μονάδες και οι μονάδες πετρελαίου με ποσοστά -29,30% και -27,91%, αν και οι απόλυτες διαφορές τους ήταν -2,42 και -1,74 μονάδες αντίστοιχα.

Από πλευράς κατάταξης, τις περισσότερες θέσεις κερδίζουν οι φωτοβολταϊκές μονάδες οι οποίες ανεβαίνουν στην πρώτη θέση στο σενάριο 2 από την τέταρτη που καταλάμβαναν στο σενάριο αναφοράς, σαν απόρροια της μεγάλης αύξησης της βαθμολογίας τους στο σενάριο 2. Μία θέση κερδίζουν και οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο οι οποίες ανεβαίνουν στην έβδομη θέση στο σενάριο 2 από την όγδοη που είχαν στο σενάριο αναφοράς, παρά την πτώση της αξιολόγησής τους κατά 1,40 μονάδες, η οποία είναι ωστόσο μικρότερη από την πτώση κατά 2,42 μονάδες των πυρηνικών μονάδων που τις οδηγεί μια θέση χαμηλότερα. Μία θέση επίσης χάνουν τρεις μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και πιο συγκεκριμένα οι γεωθερμικές μονάδες, οι μονάδες βιομάζας και οι αιολικές μονάδες, παρά την αύξηση της αξιολόγησής τους αφού αυτή είναι μικρότερη από την αντίστοιχη των φωτοβολταϊκών μονάδων που τις οδηγεί στην πρώτη θέση. Χωρίς μεταβολές είναι η κατάταξη των υδροηλεκτρικών μονάδων με οριακή άνοδο 0,03 μονάδων καθώς και των μονάδων συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο, των μονάδων πετρελαίου και των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη, οι οποίες παρουσιάζουν ποσοστιαία πτώση που κυμαίνεται από -14,67% έως -48,95%.

Το κριτήριο του βιοτικού επιπέδου είναι το μόνο που συμμετέχει στην αξιολόγηση των μονάδων στο σενάριο 2, αφού έχει βαρύτητα 100%. Η αύξησή του βάρους του σε απόλυτες τιμές κατά 36,3 μονάδες (ποσοστιαία αύξηση 56,99%) ωφελεί τις μονάδες εκείνες με εξαιρετικές επιδόσεις ως προς αυτό το κριτήριο. Καλύτερες στον τομέα του

βιοτικού επιπέδου στο σενάριο αναφοράς, όπως προκύπτει από την δεύτερη στήλη του Πίνακα 4-27, είναι οι μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Συνεπώς στο σενάριο 2 οι φωτοβολταϊκές μονάδες κερδίζουν 6,09 μονάδες, οι γεωθερμικές μονάδες 5,85, οι μονάδες βιομάζας 5,62, οι αιολικές μονάδες 4,91 και οι υδροηλεκτρικές μονάδες 3,85. Οι μονάδες φυσικών καυσίμων και οι πυρηνικές μονάδες έχουν αύξηση της αξιολόγησής τους ως προς αυτό το κριτήριο του βιοτικού επιπέδου που κυμαίνονται από 0,91 έως 2,92 μονάδες. Την μικρότερη αύξηση έχουν οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη με 0,91 μονάδες, λόγω της χειρότερης επίδοσής τους ως προς το βιοτικό επίπεδο στο σενάριο αναφοράς.

Το κριτήριο των τεχνολογικών παραγόντων έχει μηδενική βαρύτητα στο σενάριο 2 (μείωση κατά 10,47 μονάδες). Η μη συμμετοχή του στην συνολική αξιολόγηση των μονάδων έχει αρνητική επίδραση κυρίως στις μονάδες εκείνες οι οποίες στο σενάριο αναφοράς έχουν τις μεγαλύτερες επιδόσεις ως προς αυτό το κριτήριο. Αυτές είναι οι μονάδες φυσικών καυσίμων, οι πυρηνικές μονάδες, οι υδροηλεκτρικές μονάδες και οι μονάδες βιομάζας. Οι μεγάλες αυτές επιδόσεις στο σενάριο αναφοράς μεταφράζονται σε αντίστοιχα μεγάλες απώλειες στο σενάριο 2, αφού οι αξιολογήσεις όλων των μονάδων ως προς το κριτήριο των τεχνολογικών παραγόντων στο σενάριο αυτό μηδενίζονται. Ωστόσο οι επιμέρους αξιολογήσεις ως προς τους τεχνολογικούς παράγοντες στο σενάριο αναφοράς είναι κατά πολύ μικρότερες των δύο άλλων βασικών κριτηρίων και κατά συνέπεια αντίστοιχα μικρότερες είναι και οι αρνητικές μεταβολές τους στο σενάριο 2. Οι απώλειες των επτά τύπων μονάδων που προαναφέρθηκαν κυμαίνονται από -1,09 έως -1,47 μονάδες (δεκατη τρίτη στήλη του Πίνακα 4-27). Τις μικρότερες απώλειες στο σενάριο 2 ως προς το κριτήριο των τεχνολογικών παραγόντων έχουν οι φωτοβολταϊκές μονάδες κατά -0,09 μονάδες, αφού όπως φαίνεται στο σενάριο αναφοράς οι μονάδες αυτές υστερούν σημαντικά σε τεχνολογικές επιδόσεις.

Το κριτήριο των οικονομικών παραγόντων που είχε βαρύτητα 25,83% στο σενάριο αναφοράς, έχει μηδενική βαρύτητα στο σενάριο 2. Υπάρχει δηλαδή υπερδιπλάσια απώλεια βάρους για το κριτήριο των οικονομικών παραγόντων (-25,83 μονάδες) σε σχέση με εκείνο των τεχνολογικών παραγόντων (-10,47 μονάδες) σε απόλυτες τιμές. Τις μεγαλύτερες απώλειες στο σενάριο 2 σε σχέση με το σενάριο αναφοράς, όπως φαίνεται από την δεκατη τέταρτη στήλη του Πίνακα 4-27, έχουν οι αιολικές μονάδες με -3,34 μονάδες και οι πυρηνικές μονάδες με -3,09 μονάδες. Αντίθετα τις μικρότερες απώλειες έχουν οι φωτοβολταϊκές μονάδες με -1,86 μονάδες και οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη με -1,96 μονάδες αφού αυτοί οι τύποι ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων έχουν και τις χειρότερες επιδόσεις στον οικονομικό τομέα στο σενάριο αναφοράς.

Συνοψίζοντας στο σενάριο 2 παρατηρείται άνοιγμα της ψαλίδας των αξιολογήσεων μεταξύ των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και εκείνων που βασίζονται σε φυσικά καύσιμα καθώς και τις πυρηνικές μονάδες. Το εύρος της διαφοράς μεταξύ των φωτοβολταϊκών μονάδων που είναι στην πρώτη θέση με 16,78% και των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη που είναι στην τελευταία θέση με μόλις 2,51%, είναι 14,27 μονάδες, σημαντικά μεγαλύτερο από το αντίστοιχο εύρος των 9,2 μονάδων του σεναρίου αναφοράς. Το μεγαλύτερο όφελος στην κατάταξη έχουν οι φωτοβολταϊκές μονάδες που ανεβαίνουν στην πρώτη θέση κερδίζοντας τρεις θέσεις σαν απόρροια της μεγάλης αύξησης της αξιολόγησής τους, ενώ τρεις τύποι μονάδων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

(γεωθερμικές, αιολικές, βιομάζας), αν και αυξάνουν σημαντικά την αξιολόγησή τους, χάνουν μία θέση στην συνολική κατάταξη, λόγω της ανόδου των φωτοβολταϊκών μονάδων. Τέλος την μεγαλύτερη απώλεια στην αξιολόγησή τους έχουν οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη οι οποίες χάνουν περίπου τη μισή βαθμολογία τους σε σχέση με το σενάριο αναφοράς και παραμένουν στην τελευταία θέση.

4.3.1.3 Σενάριο 3

Το τρίτο σενάριο αναφέρεται στην περίπτωση εκείνη που δίνεται μεγάλη βαρύτητα στο βιοτικό επίπεδο με 60% και μέτρια βαρύτητα στους τεχνολογικούς και οικονομικούς παράγοντες, δηλαδή καθένα από τα κριτήρια αυτά έχει βάρος 20%. Οι συνολικές αξιολογήσεις, οι αξιολογήσεις ανά βασικό κριτήριο, οι κατατάξεις των μονάδων και οι διαφορές τους ανάμεσα στο σενάριο 3 και το σενάριο αναφοράς παρουσιάζονται αναλυτικά στον Πίνακα 4-28.

Το τρίτο σενάριο παρουσιάζει αρκετές ομοιότητες με το σενάριο αναφοράς αφού το βιοτικό επίπεδο έχει περίπου το ίδιο βάρος και στα δύο αυτά σενάρια. Σε αυτό το σενάριο το βάρος του βιοτικού επιπέδου είναι μειωμένο κατά 3,7 μονάδες (60% στο σενάριο 3 έναντι 63,70% στο σενάριο αναφοράς). Αυτό οδηγεί σε μείωση των αξιολογήσεων των μονάδων στο σενάριο 3 κατά 5,81% (δεκατηέβδομη στήλη του Πίνακα 4-28). Σημαντικές διαφορές παρουσιάζονται κυρίως ως προς το κριτήριο των τεχνολογικών παραγόντων αφού σε αυτό το σενάριο το βάρος τους είναι αυξημένο κατά 9,53 μονάδες (από 10,47% στο σενάριο αναφοράς σε 20% στο σενάριο 3). Η αύξηση αυτή οδηγεί σε αύξηση των αξιολογήσεων ως προς αυτό το κριτήριο κατά 91,02% στο τρέχον σενάριο σε σχέση με το σενάριο αναφοράς. Τέλος το κριτήριο των οικονομικών παραγόντων παρουσιάζει μείωση κατά 22,57% στο σενάριο 3 σε σχέση με το σενάριο αναφοράς μειώνοντας το βάρος του κατά 5,83 μονάδες από 25,83% στο σενάριο αναφοράς σε 20% στο σενάριο 3.

Οι συνολικές αξιολογήσεις των μονάδων του σεναρίου 3 σε σχέση με το σενάριο αναφοράς δεν διαφοροποιούνται σημαντικά, αφού οι διαφορές τους δεν ξεπερνούν την μία μονάδα, όπως προκύπτει από την ενδέκατη στήλη του Πίνακα 4-28. Ποσοστιαία οι διαφοροποιήσεις κυμαίνονται κάτω του 10%, με μόνη εξαίρεση τις μονάδες άνθρακα/λιγνίτη που αυξάνουν την βαθμολογία τους κατά 14,28% (δεκατέκτη στήλη του Πίνακα 4-28). Οι μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας εμφανίζουν απώλειες στην βαθμολογία τους που οφείλεται σε αντίστοιχες μειώσεις των επιμέρους βαθμολογιών τους στο βιοτικό επίπεδο και τους οικονομικούς παράγοντες. Η άνοδος της βαθμολογίας τους στους τεχνολογικούς παράγοντες είναι μικρότερη της ανόδου των μονάδων φυσικών καυσίμων και των πυρηνικών μονάδων και δεν αντισταθμίζει τις απώλειες στα άλλα δύο κριτήρια. Αντίθετα οι μονάδες που δεν βασίζονται σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας εμφανίζουν συνολικά μικρά κέρδη στην αξιολόγησή τους. Και αυτές, όπως και οι μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, υστερούν στην αξιολόγησή τους στο βιοτικό επίπεδο και στους οικονομικούς παράγοντες στο σενάριο 3 σε σχέση με το σενάριο αναφοράς. Η βασική διαφορά των μονάδων φυσικών καυσίμων και των πυρηνικών μονάδων είναι ότι τα οφέλη στην βαθμολογία τους από τους τεχνολογικούς παράγοντες στο σενάριο 3 είναι μεγαλύτερα από τις απώλειες στα άλλα δύο βασικά κριτήρια και

κατά συνέπεια η διαφορά της συνολικής τους αξιολόγησης στο σενάριο 3 σε σχέση με το σενάριο αναφοράς είναι θετική. Σε επίπεδο μονάδων το μεγαλύτερο όφελος στη συνολική αξιολόγησή τους έχουν οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη με 14,28% και ακολουθούν οι μονάδες πετρελαίου με 5,30%. Αντίθετα τις μεγαλύτερες απώλειες στην συνολική βαθμολογία τους έχουν οι φωτοβολταϊκές μονάδες με -7,59% και οι αιολικές μονάδες με -4,72%.

Οι μικρές διαφοροποιήσεις στις αξιολογήσεις των μονάδων, είτε θετικές είτε αρνητικές, δεν επιφέρουν αλλαγές στις θέσεις της συνολικής κατάταξης των μονάδων. Κατά συνέπεια όλες οι μονάδες στο σενάριο 3 έχουν την ίδια θέση στην κατάταξη με την αντίστοιχη που είχαν στο σενάριο αναφοράς, όπως προκύπτει από την δέκατη και δεκατηπέμπτη στήλη του Πίνακα 4-28. Οι μόνοι τύποι μονάδων που έχουν σχεδόν ταυτόσημη αξιολόγηση στο σενάριο αναφοράς και θα μπορούσαν εύκολα να αλλάξουν θέση στη συνολική κατάταξη είναι οι αιολικές μονάδες και οι φωτοβολταϊκές μονάδες με βαθμολογίες 12,67% και 12,64% στην τρίτη και τέταρτη θέση αντίστοιχα. Ωστόσο η μεγαλύτερη μείωση της βαθμολογίας των φωτοβολταϊκών μονάδων στο σενάριο 3 κατά -7,59% σε σχέση με εκείνη των αιολικών μονάδων κατά -4,52% διατηρεί τους δύο τύπους μονάδων στις ίδιες θέσεις και στα δύο σενάρια.

Ως προς το βιοτικό επίπεδο μεγαλύτερες απώλειες έχουν λόγω της μείωσης του βάρους του κριτηρίου οι μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Οι απώλειες αυτές κυμαίνονται από -0,39 μονάδες για τις υδροηλεκτρικές μονάδες έως -0,62 μονάδες για τις φωτοβολταϊκές μονάδες. Αντίθετα οι μονάδες φυσικών καυσίμων και οι πυρηνικές μονάδες που έχουν χαμηλότερες επιδόσεις σε αυτό το κριτήριο στο σενάριο αναφοράς, έχουν αντίστοιχα μικρότερες απώλειες στο σενάριο 3. Οι απώλειες αυτές στην βαθμολογία τους στο βιοτικό επίπεδο κυμαίνονται από -0,09 για τις μονάδες άνθρακα/λιγνίτη έως -0,30 μονάδες για τις μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο.

Η αύξηση του βάρους των τεχνολογικών παραγόντων οδηγεί γενικά σε αύξηση των αξιολογήσεων όλων των τύπων μονάδων. Η αύξηση αυτή είναι βέβαια κατά κανόνα μικρότερη στις μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και μεγαλύτερη στις μονάδες φυσικών καυσίμων και τις πυρηνικές μονάδες. Πιο συγκεκριμένα το μικρότερο όφελος στην βαθμολογία τους από τους τεχνολογικούς παράγοντες στο σενάριο 3 σε σχέση με το σενάριο αναφοράς έχουν οι φωτοβολταϊκές μονάδες κατά 0,08 μονάδες, ενώ το μεγαλύτερο όφελος από τις μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας έχουν οι υδροηλεκτρικές μονάδες και οι μονάδες βιομάζας με αύξηση της βαθμολογίας τους σε αυτό το κριτήριο κατά 1,02 μονάδες. Στους υπόλοιπους τύπους μονάδων (μονάδες φυσικών καυσίμων και πυρηνικές μονάδες) το όφελος από τους τεχνολογικούς παράγοντες στο σενάριο 3 κυμαίνεται από 0,99 μονάδες για τις μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο έως 1,34 μονάδες για τις μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο.

Στους οικονομικούς παράγοντες η μείωση του βάρους του κριτηρίου οδηγεί σε απώλειες στις βαθμολογίες όλων των τύπων μονάδων, οι οποίες σε αρκετές περιπτώσεις είναι μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες του βιοτικού επιπέδου (δωδέκατη και δεκατητέταρτη

στήλες του Πίνακα 4-28). Τις μικρότερες απώλειες στην βαθμολογία τους ως προς τους οικονομικούς παράγοντες στο σενάριο 3 σε σχέση με το σενάριο αναφοράς εμφανίζουν οι φωτοβολταϊκές μονάδες που χάνουν 0,42 μονάδες και ακολουθούν οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη με μείωση 0,44 μονάδων. Την μεγαλύτερη πτώση στην αξιολόγησή τους ως προς τους οικονομικούς παράγοντες έχουν οι αιολικές μονάδες και οι πυρηνικές μονάδες με μείωση 0,75 και 0,70 μονάδων αντίστοιχα.

Συνοψίζοντας, στο σενάριο 3 δεν παρατηρούνται σημαντικές διαφοροποιήσεις στην συνολική αλλά και στις επιμέρους αξιολογήσεις των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων σε σχέση με το σενάριο αναφοράς. Επίσης δεν παρατηρείται καμία διαφορά στην κατάταξη των μονάδων στα δύο σενάρια. Αυτό είναι κυρίως απόρροια της βαρύτητας του κριτηρίου του βιοτικού επιπέδου που παραμένει περίπου η ίδια στα δύο σενάρια αλλά και της αντιστάθμισης των απωλειών στα κριτήρια του βιοτικού επιπέδου και των οικονομικών παραγόντων από τα οφέλη στην βαθμολογία ως προς το κριτήριο των τεχνολογικών παραγόντων. Οι μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας έχουν μικρές απώλειες στην συνολική αξιολόγησή τους ενώ οι μονάδες φυσικών καυσίμων και οι πυρηνικές μονάδες έχουν μικρά οφέλη. Περισσότερο κερδισμένες οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη με αύξηση 14,28% της βαθμολογίας τους και περισσότερο χαμένες οι φωτοβολταϊκές μονάδες με μείωση -7,59% στην αξιολόγησή τους.

4.3.1.4 Σενάριο 4

Στο τέταρτο σενάριο οι τεχνολογικοί παράγοντες έχουν προτεραιότητα για τον λήπτη αποφάσεων και το βάρος του κριτηρίου είναι 60%. Τα άλλα δύο κριτήρια του βιοτικού επιπέδου και των οικονομικών παραγόντων μοιράζονται ισομερώς το υπόλοιπο 40%, δηλαδή έχουν από 20% το καθένα. Οι συγκριτικές συνολικές και επιμέρους αξιολογήσεις ως προς τα τρία κριτήρια καθώς και οι διαφορές στις κατατάξεις των διαφόρων τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων ανάμεσα στο σενάριο 4 και στο σενάριο αναφοράς παρουσιάζονται αναλυτικά στον Πίνακα 4-29.

Το τέταρτο σενάριο διαφέρει από όλα τα προηγούμενα σενάρια γιατί είναι η πρώτη φορά που το βάρος των τεχνολογικών παραγόντων αυξάνει σε τόσο μεγάλο βαθμό. Πιο συγκεκριμένα το βάρος των τεχνολογικών παραγόντων στο σενάριο 4 είναι αυξημένο κατά 49,53 μονάδες σε σχέση με το σενάριο αναφοράς (από 10,47% αυξάνεται σε 60%). Η ποσοστιαία αύξηση είναι 473,07% (προτελευταία στήλη του Πίνακα 4-29) ή αλλιώς το βάρος του κριτηρίου των τεχνολογικών παραγόντων περίπου εξαπλασιάζεται στο σενάριο 4 σε σχέση με το σενάριο αναφοράς, γεγονός που σηματοδοτεί σημαντικές διαφοροποιήσεις των αξιολογήσεων και των κατατάξεων των μονάδων. Εξίσου εντυπωσιακή είναι και η μείωση του βάρους του κριτηρίου του βιοτικού επιπέδου κατά 43,7 μονάδες από 63,70% στο σενάριο αναφοράς σε 20% στο σενάριο 4. Ποσοστιαία αυτή η μείωση είναι της τάξης του 68,60% με ανάλογες μειώσεις στις βαθμολογίες των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων ως προς το κριτήριο αυτό. Τέλος το κριτήριο των οικονομικών παραγόντων εμφανίζεται μειωμένο κατά 5,83 μονάδες, από 25,83% στο σενάριο αναφοράς σε 20% στο σενάριο 4, μια ποσοστιαία μείωση δηλαδή της τάξης του 22,57%.

Λόγω των σημαντικών διαφοροποιήσεων των βαρών των τριών βασικών κριτηρίων, στο σενάριο 4 παρουσιάζονται εντυπωσιακές αλλαγές των αξιολογήσεων όλων των τύπων μονάδων πλην των υδροηλεκτρικών, οι οποίες εμφανίζουν μια σταθερότητα της βαθμολογίας τους κάτω από οποιοδήποτε συνδυασμό βαρών των κριτηρίων. Στις μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας παρατηρείται μια μεγάλη πτώση των αξιολογήσεων που σαν κυριότερο αίτιο έχει την μεγάλη μείωση της βαρύτητας του βιοτικού επιπέδου και την ανάλογη μείωση των αξιολογήσεων ως προς το κριτήριο αυτό. Μικρότερη είναι η αρνητική επιρροή της μείωσης του βάρους και των αντίστοιχων αξιολογήσεων ως προς το κριτήριο των οικονομικών παραγόντων. Η αύξηση της αξιολόγησης ως προς τους τεχνολογικούς παράγοντες απλά μετριάξει τη μείωση της συνολικής αξιολόγησης των μονάδων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, εξαιρουμένων των φωτοβολταϊκών μονάδων οι οποίες έχουν ελάχιστη θετική επιρροή κατά 0,43 μονάδες από τους τεχνολογικούς παράγοντες. Στον αντίποδα οι μονάδες φυσικών καυσίμων και οι πυρηνικές μονάδες έχουν πολύ μικρότερες απώλειες στο βιοτικό επίπεδο λόγω και των αντίστοιχων χαμηλών τους επιδόσεων στο σενάριο αναφοράς. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με τις μεγαλύτερες αυξήσεις των βαθμολογιών τους στους τεχνολογικούς παράγοντες σε σχέση με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας οδηγεί σε αύξηση των συνολικών τους αξιολογήσεων στο σενάριο 4 σε σχέση με το σενάριο αναφοράς (ενδέκατη στήλη του Πίνακα 4-29). Πιο εντυπωσιακή είναι η αύξηση κατά 99,46% της βαθμολογίας των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη ενώ σημαντικές είναι οι αυξήσεις των μονάδων πετρελαίου κατά 44,32% και των πυρηνικών μονάδων κατά 43,70% (δεκατέκτη στήλη του Πίνακα 4-29). Την μεγαλύτερη πτώση της συνολικής τους αξιολόγησης στο σενάριο 4 σε σχέση με το σενάριο αναφοράς εμφανίζουν οι φωτοβολταϊκές μονάδες με -57,97%.

Οι σημαντικές αλλαγές στις αξιολογήσεις των μονάδων οδηγούν σε θεαματικές ανακατατάξεις των μονάδων στο σενάριο 4 σε σχέση με το σενάριο αναφοράς. Στις πρώτες δύο θέσεις της κατάταξης του σεναρίου 4 βρίσκονται οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο και οι πυρηνικές μονάδες κερδίζοντας και οι δύο 5 θέσεις σε σχέση με το σενάριο αναφοράς και ξεπερνώντας για πρώτη φορά όλες τις μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο έχουν το τρίτο μεγαλύτερο κέρδος στην συνολική βαθμολογία τους με 2,80 μονάδες, έναντι των 4,89 μονάδων που κερδίζουν οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη και 3,61 μονάδες που κερδίζουν οι πυρηνικές μονάδες. Τέσσερις θέσεις κερδίζουν οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη ανεβαίνοντας στην έκτη θέση στο σενάριο 4 σε σχέση με την δέκατη στο σενάριο αναφοράς, διπλασιάζοντας την συνολική τους αξιολόγηση. Μεγαλύτερη πτώση στην κατάταξη εμφανίζουν οι φωτοβολταϊκές μονάδες οι οποίες χάνουν έξι θέσεις καταλήγοντας στην τελευταία θέση της κατάταξης, αφού χάνουν το 57,97% της βαθμολογίας τους. Οι αιολικές μονάδες χάνουν πέντε θέσεις καταλαμβάνοντας την όγδοη θέση το σενάριο 4. Τέλος οι γεωθερμικές μονάδες βρίσκονται τρεις θέσεις χαμηλότερα στην τέταρτη θέση της κατάταξης με απώλειες 23,02% της βαθμολογίας τους σε σχέση με το σενάριο αναφοράς.

Πάνω από 4,63 μονάδες χάνουν όλες οι μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ως προς το κριτήριο του βιοτικού επιπέδου. Αυτό οφείλεται στις πολύ καλές αρχικές επιδόσεις των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο σενάριο αναφοράς και στην μεγάλη μείωση της

βαρύτητας του κριτηρίου στο σενάριο 4. Τις μεγαλύτερες απώλειες από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ως προς αυτό το κριτήριο εμφανίζουν οι φωτοβολταϊκές μονάδες με 7,33 μονάδες και οι γεωθερμικές μονάδες με 7,04 μονάδες (δωδέκατη στήλη του Πίνακα 4-29). Από τις μονάδες μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο έχουν την μεγαλύτερη απώλεια κατά -3,51 μονάδες στην βαθμολογία τους. Την μικρότερη πτώση κατά -1,10 μονάδες έχουν οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη γεγονός που συμβάλει στον διπλασιασμό της αξιολόγησής τους στο σενάριο 4 σε σχέση με το σενάριο αναφοράς.

Η εντυπωσιακή αύξηση του βάρους των τεχνολογικών παραγόντων κατά 473,07% στο σενάριο 4 προκαλεί αντίστοιχες αυξήσεις των αξιολογήσεων όλων των τύπων μονάδων. Μεγαλύτερη είναι κατά κανόνα η αύξηση ως προς το κριτήριο αυτό για τις μονάδες φυσικών καυσίμων και τις πυρηνικές μονάδες και μικρότερη για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αφού αντίστοιχες είναι οι επιδόσεις τους στο σενάριο αναφοράς. Περισσότερο κερδισμένες είναι οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο που κερδίζουν 6,95 μονάδες, γεγονός που έχει καθοριστική συμβολή στην άνοδό τους στην πρώτη θέση της κατάταξης. Αντίστοιχα αποτελέσματα έχει η άνοδος της αξιολόγησής των πυρηνικών μονάδων κατά 6,86 μονάδες που τις οδηγεί στην δεύτερη θέση ενώ η άνοδος των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη κατά 6,43 μονάδες ως προς τους τεχνολογικούς παράγοντες τις φέρνει στην έκτη θέση στο σενάριο 4 έναντι της δέκατης στο σενάριο αναφοράς.

Η μείωση του βάρους του κριτηρίου των οικονομικών παραγόντων στο σενάριο 4 κατά 22,57% ή 5,83 μονάδες σε σχέση με το σενάριο αναφοράς είναι ίδια με εκείνη του σεναρίου 3 και οδηγεί στις ίδιες μειώσεις των αξιολογήσεων των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με εκείνες που περιγράφηκαν στο σενάριο 3. Οι μειώσεις αυτές που κυμαίνονται από -0,42 έως -0,75 μονάδες δεν επηρεάζουν σημαντικά τις μεταβολές των συνολικών αξιολογήσεων στο σενάριο 4 (σε αντίθεση με το σενάριο 3 στο οποίο έπαιζαν καθοριστικό ρόλο), αφού οι αντίστοιχες μεταβολές των αξιολογήσεων ως προς τα άλλα δύο βασικά κριτήρια είναι κατά πολύ μεγαλύτερες, υπερκαλύπτοντας αυτές των οικονομικών παραγόντων.

Συνοψίζοντας, στο σενάριο 4 παρουσιάζονται οι μεγαλύτερες μεταβολές στις συνολικές αξιολογήσεις και κατατάξεις των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων σε σχέση με το σενάριο αναφοράς από όλα τα σενάρια που εξετάστηκαν μέχρι στιγμής. Οι μεταβολές αυτές οφείλονται κυρίως στις σημαντικές μειώσεις των επιμέρους αξιολογήσεων ως προς το βιοτικό επίπεδο και τις μεγάλες αυξήσεις ως προς τους τεχνολογικούς παράγοντες, ενώ η μείωση της βαρύτητας των οικονομικών παραγόντων έχει μικρή επίδραση στην συνολική μεταβολή της αξιολόγησης των μονάδων στο σενάριο 4 σε σχέση με το σενάριο αναφοράς. Για πρώτη φορά μεταξύ των τεσσάρων εναλλακτικών σεναρίων που εξετάστηκαν, εμφανίζονται μονάδες μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο και οι πυρηνικές μονάδες) να καταλαμβάνουν τις δύο πρώτες θέσεις της κατάταξης καθώς επίσης και ένας τύπος μονάδων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (οι φωτοβολταϊκές μονάδες) να βρίσκεται στην τελευταία θέση της κατάταξης. Τέσσερις από τους δέκα τύπους μονάδων χάνουν ή κερδίζουν πάνω από πέντε θέσεις στην συνολική κατάταξη του σεναρίου 4. Μεγαλύτερη

ποσοστιαία αύξηση στην βαθμολογία τους έχουν οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη με 99,46% ενώ μεγαλύτερη ποσοστιαία πτώση της αξιολόγησής τους έχουν οι φωτοβολταϊκές μονάδες με -57,97%.

4.3.1.5 Σενάριο 5

Στο πέμπτο σενάριο δίνεται απόλυτη προτεραιότητα στους τεχνολογικούς παράγοντες με βαρύτητα 100% ενώ ο λήπτης αποφάσεων δεν λαμβάνει καθόλου υπόψη του την επίδραση της λειτουργίας των μονάδων στο βιοτικό επίπεδο, ούτε και τα οικονομικά τους στοιχεία (μηδενικό βάρος για τα δύο αυτά κριτήρια). Οι συνολικές και επιμέρους συγκριτικές αξιολογήσεις ανά βασικό κριτήριο, οι κατατάξεις των μονάδων και οι διαφορές ανάμεσα στο σενάριο 5 και στο σενάριο αναφοράς παρουσιάζονται αναλυτικά στον Πίνακα 4-30.

Στο πέμπτο σενάριο το βάρος του βιοτικού επιπέδου είναι μειωμένο κατά 63,7 μονάδες, αφού έχει μηδενική βαρύτητα στο σενάριο 5 σε σχέση με το 63,70% που έχει στο σενάριο αναφοράς. Συνεπώς οι βαθμολογίες των μονάδων ως προς το κριτήριο του βιοτικού επιπέδου μηδενίζονται. Αντίθετα το κριτήριο των τεχνολογικών παραγόντων αυξάνει το βάρος του από 10,47% στο σενάριο αναφοράς σε 100% στο σενάριο 5, αυξάνεται δηλαδή κατά 89,53 μονάδες. Ανάλογες είναι και οι αυξήσεις των αξιολογήσεων των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων ως προς το κριτήριο αυτό οι οποίες περίπου εννιπλασιάζονται (αύξηση κατά 855,11%) στο σενάριο 5 σε σχέση με το σενάριο αναφοράς. Το κριτήριο των οικονομικών παραγόντων χάνει το 100% του βάρους του (25,83 μονάδες) σε σχέση με το σενάριο αναφοράς, οδηγώντας σε μηδενισμό των αξιολογήσεων των μονάδων ως προς το κριτήριο αυτό στο σενάριο 5.

Στις συνολικές αξιολογήσεις των μονάδων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας παρατηρείται μεγάλη μείωση στο σενάριο 5 σε σύγκριση με εκείνες του σεναρίου αναφοράς, εκτός από τις υδροηλεκτρικές μονάδες που παρουσιάζουν οριακή άνοδο κατά 0,13 μονάδες στην βαθμολογία τους. Αντίθετα οι μονάδες φυσικών καυσίμων και οι πυρηνικές μονάδες παρουσιάζουν πολύ μεγάλη άνοδο των αξιολογήσεων τους, αφού στο σενάριο αναφοράς είχαν χαμηλές επιδόσεις στο βιοτικό επίπεδο και υψηλές σχετικά επιδόσεις στους τεχνολογικούς παράγοντες. Κατά συνέπεια ο μηδενισμός του βάρους του κριτηρίου του βιοτικού επιπέδου στο σενάριο 5 προκαλεί μικρότερες μειώσεις των βαθμολογιών τους σε σχέση με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Παρόμοια, η μεγάλη άνοδος του βάρους του κριτηρίου των τεχνολογικών παραγόντων στο σενάριο 5, σε συνδυασμό με τις καλές επιδόσεις των μονάδων φυσικών καυσίμων και των πυρηνικών μονάδων ως προς αυτό το κριτήριο στο σενάριο αναφοράς, τις οδηγούν σε μεγαλύτερες αυξήσεις των αντίστοιχων αξιολογήσεων (στην πλειονότητα των περιπτώσεων) σε σχέση με τις μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Εντυπωσιακή είναι η πτώση της βαθμολογίας των φωτοβολταϊκών μονάδων κατά 93,20% ή 11,78 μονάδες, με συνέπεια να έχουν συνολική αξιολόγηση μόλις 0,86%, η οποία είναι η μικρότερη μεταξύ όλων των μονάδων σε όλα τα σενάρια που εξετάζονται. Οι αιολικές μονάδες έχουν πτώση της βαθμολογίας τους κατά 45,72% και οι γεωθερμικές μονάδες κατά 36,42%. Αντίθετα οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη τριπλασιάζουν σχεδόν την βαθμολογία τους σε σχέση με το σενάριο αναφοράς (αύξηση κατά 163,99%) επιτυγχάνοντας και την μεγαλύτερη αύξηση σε

απόλυτο αριθμό μονάδων (8,07), όπως φαίνεται από την ενδέκατη στήλη του Πίνακα 4-30. Ακολουθούν οι μονάδες πετρελαίου με αύξηση της αξιολόγησής τους κατά 69,53% και οι πυρηνικές μονάδες με 67,66%.

Οι διαφοροποιήσεις στην κατάταξη των μονάδων στο σενάριο 5 σε σχέση με το σενάριο αναφοράς είναι οι μεγαλύτερες μεταξύ και των επτά εναλλακτικών σεναρίων που εξετάζονται στην ανάλυση ευαισθησίας. Την μεγαλύτερη πτώση θέσεων στην κατάταξη εμφανίζουν οι γεωθερμικές μονάδες, οι οποίες χάνουν επτά θέσεις καταλήγοντας στην όγδοη θέση της συνολικής κατάταξης (δεκατηπέμπτη και δέκατη στήλη του Πίνακα 4-30). Έξι θέσεις χάνουν οι αιολικές μονάδες και οι φωτοβολταϊκές μονάδες καταλαμβάνοντας τις δύο τελευταίες θέσεις αντίστοιχα στο σενάριο 5. Την μεγαλύτερη άνοδο κατά επτά θέσεις εμφανίζουν οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη, καταλαμβάνοντας την τρίτη θέση, γεγονός που είναι απόρροια του τριπλασιασμού σχεδόν της βαθμολογίας τους στο σενάριο 5 σε σχέση με το σενάριο αναφοράς. Η τρίτη θέση των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη είναι η καλύτερη που καταλαμβάνουν μεταξύ όλων των σεναρίων. Μεγάλη άνοδος κατά πέντε θέσεις και για τις μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο και τις πυρηνικές μονάδες που καταλαμβάνουν την πρώτη και δεύτερη θέση στο σενάριο 5, όπως ακριβώς και στο σενάριο 4.

Οι μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με τις καλύτερες επιδόσεις ως προς το βιοτικό επίπεδο στο σενάριο αναφοράς είναι και εκείνες με τις μεγαλύτερες απώλειες στο σενάριο 5, λόγω του μηδενισμού της βαρύτητας του κριτηρίου. Το εύρος των απωλειών τους κυμαίνεται από -6,75 μονάδες έως -10,69 μονάδες (δωδέκατη στήλη του Πίνακα 4-30). Χειρότερες όλων είναι οι φωτοβολταϊκές μονάδες που χάνουν 10,69 μονάδες και οι γεωθερμικές μονάδες με απώλειες 10,26 μονάδων. Μικρότερη είναι η διακύμανση των απωλειών για τις μονάδες φυσικών καυσίμων και τις πυρηνικές μονάδες που χάνουν από 1,60 έως 5,12 μονάδες. Την μικρότερη μείωση της αξιολόγησής τους ως προς το κριτήριο του βιοτικού επιπέδου υφίστανται οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη κατά 1,60 μονάδες αφού αυτές είχαν και την μικρότερη αντίστοιχη επίδοση στο σενάριο αναφοράς.

Η αύξηση κατά 855,11% στο βάρος του κριτηρίου των τεχνολογικών παραγόντων στο σενάριο 5 σε σχέση με το σενάριο αναφοράς οδηγεί σε ανάλογες ποσοστιαίες αυξήσεις των επιμέρους αξιολογήσεων των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων ως προς το κριτήριο αυτό. Μεγαλύτερη όλων είναι η αύξηση των μονάδων συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο κατά 12,57 μονάδες και ακολουθούν οι πυρηνικές μονάδες και οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη με αυξήσεις 12,40 και 11,63 μονάδων αντίστοιχα (δεκατητρίτη στήλη του Πίνακα 4-30). Μεταξύ των μονάδων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μεγαλύτερη άνοδο σημειώνουν οι υδροηλεκτρικές μονάδες και οι μονάδες βιομάζας κερδίζοντας 9,58 μονάδες στο σενάριο 5 σε σχέση με το σενάριο αναφοράς. Την μικρότερη αύξηση κατά μόλις 0,77 μονάδες έχουν οι φωτοβολταϊκές μονάδες, γεγονός που συμβάλλει στην κατάληψη της τελευταίας θέσης της κατάταξης στο σενάριο 5.

Αναμενομένη είναι η μείωση των αξιολογήσεων ως προς το κριτήριο των οικονομικών παραγόντων, αφού μηδενίζεται το βάρος του κριτηρίου στο σενάριο 5. Το εύρος των αρνητικών τιμών δεν είναι ωστόσο μεγάλο, αφού κυμαίνεται από 1,86 έως 3,34 μονάδες,

όπως φαίνεται στην δεκατητέταρτη στήλη του Πίνακα 4-30. Μικρότερη είναι η πτώση των φωτοβολταϊκών μονάδων και των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη κατά 1,86 και 1,96 μονάδες αντίστοιχα. Μεγαλύτερες απώλειες στην αξιολόγησή τους ως προς τους οικονομικούς παράγοντες στο σενάριο 5 σε σχέση με το σενάριο αναφοράς εμφανίζουν οι αιολικές μονάδες και οι πυρηνικές μονάδες χάνοντας 3,34 και 3,09 μονάδες αντίστοιχα από την αρχική τους αξιολόγηση.

Συνοψίζοντας, στο σενάριο 5 παρατηρούνται οι μεγαλύτερες απόλυτες και ποσοστιαίες μεταβολές στην αξιολόγηση των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων καθώς και στην συνολική τους κατάταξη σε σχέση με το σενάριο αναφοράς. Είναι το μόνο σενάριο στο οποίο τις τρεις πρώτες θέσεις καταλαμβάνουν τρεις μονάδες μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και συγκεκριμένα οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο, οι πυρηνικές μονάδες και μονάδες άνθρακα/λιγνίτη. Οι τελευταίες σημειώνουν την μεγαλύτερη αύξηση που παρατηρείται στην συνολική αξιολόγηση μεταξύ όλων των μονάδων και στα επτά σενάρια, κατά 8,07 μονάδες ή 163,99% σε σχέση με το σενάριο αναφοράς. Στο σενάριο 5 παρατηρείται και η μεγαλύτερη πτώση στην συνολική αξιολόγηση μονάδας σε σχέση με το σενάριο αναφοράς και για τα επτά εξεταζόμενα σενάρια. Η πτώση αυτή κατά 11,78 μονάδες ή ποσοστό -93,20% αναφέρεται στις φωτοβολταϊκές μονάδες. Τέλος το σενάριο 5 είναι το μοναδικό στο οποίο παρατηρείται μεγάλη πτώση των γεωθερμικών μονάδων στην συνολική κατάταξη, οι οποίες καταλαμβάνουν την όγδοη θέση, ενώ σε όλα τα υπόλοιπα σενάρια είναι μεταξύ των τεσσάρων πρώτων θέσεων.

4.3.1.6 Σενάριο 6

Στο έκτο σενάριο υπάρχει σημαντική άνοδος της βαρύτητας των οικονομικών παραγόντων στο 60%, φανερώνοντας την ισχυρή προτίμηση του λήπτη αποφάσεων στο κριτήριο αυτό, ενώ τα δύο άλλα βασικά κριτήρια του βιοτικού επιπέδου και των τεχνολογικών παραγόντων έχουν μέτρια προτεραιότητα, με βάρος 20% το καθένα. Τα συγκριτικά αποτελέσματα των αξιολογήσεων, τόσο των συνολικών όσο και των επιμέρους για τα τρία βασικά κριτήρια, καθώς και οι διαφορές στην συνολική κατάταξη κάθε μονάδας μεταξύ του σεναρίου 6 και του σεναρίου αναφοράς, παρουσιάζονται αναλυτικά στον Πίνακα 4-31.

Στο σενάριο 6 το κριτήριο του βιοτικού επιπέδου παρουσιάζει μείωση κατά 43,7 μονάδες φθάνοντας το 20%, έναντι του 63,70% που είχε στο σενάριο αναφοράς. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση των αξιολογήσεων των μονάδων στο σενάριο 6 ως προς το κριτήριο αυτό κατά 68,60% σε σχέση με τις αντίστοιχες του σεναρίου αναφοράς (δεκατηέβδομη στήλη του Πίνακα 4-31). Το βάρος του κριτηρίου των τεχνολογικών παραγόντων αυξάνεται από 10,47% στο σενάριο αναφοράς σε 20% στο σενάριο 6, αυξάνοντας έτσι τις αξιολογήσεις των μονάδων ως προς αυτό το κριτήριο κατά 91,02% (σχεδόν διπλασιάζονται σε σχέση με το σενάριο αναφοράς). Το κριτήριο των οικονομικών παραγόντων αυξάνεται κατά 34,17 μονάδες (από 25,83% στο σενάριο αναφοράς σε 60% στο σενάριο 6). Η αύξηση αυτή της βαρύτητας προκαλεί αντίστοιχη άνοδο των αξιολογήσεων των μονάδων ως προς το κριτήριο αυτό κατά 132,29%.

Στην συνολική αξιολόγηση των μονάδων παρατηρείται μείωση για τις μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και αύξηση για τις μονάδες φυσικών καυσίμων και τις πυρηνικές μονάδες. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας χάνουν από 0,04 έως 4,79 μονάδες ή από 0,37% έως 37,90% της συνολικής τους βαθμολογίας (ενδέκατη και δεκατηέκτη στήλη του Πίνακα 4-31). Οι μονάδες φυσικών καυσίμων κερδίζουν από 1,57 έως 2,73 μονάδες και οι πυρηνικές μονάδες παρουσιάζουν άνοδο 2,86 μονάδων στην βαθμολογία τους, την μεγαλύτερη μεταξύ των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων. Οι μεταβολές αυτές στις αξιολογήσεις είναι απόρροια κυρίως της μείωσης της βαρύτητας του κριτηρίου του βιοτικού επιπέδου που οδηγεί σε μεγαλύτερες απώλειες τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Αυτές οι απώλειες δεν αντισταθμίζονται από τις αυξήσεις των βαθμολογιών ως προς τα δύο άλλα κριτήρια και κατά συνέπεια οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έχουν μικρότερες συνολικές αξιολογήσεις στο σενάριο 6 σε σχέση με το σενάριο αναφοράς. Στις μονάδες φυσικών καυσίμων και τις πυρηνικές μονάδες οι μικρότερες απώλειες των βαθμολογιών τους στο βιοτικό επίπεδο αντισταθμίζονται από τις ανόδους των αξιολογήσεών τους ως προς τα δύο άλλα βασικά κριτήρια, γεγονός που οδηγεί σε αύξηση της συνολικής τους αξιολόγησης στο σενάριο 6 σε σχέση με το σενάριο αναφοράς. Μεγαλύτερη ποσοστιαία άνοδος της συνολικής τους αξιολόγησης παρουσιάζουν οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη με 55,55% και μεγαλύτερη ποσοστιαία πτώση οι φωτοβολταϊκές μονάδες με -37,90%.

Στην συνολική κατάταξη οι αιολικές μονάδες ανεβαίνουν στην κορυφή κερδίζοντας δύο θέσεις ενώ η συνολική τους αξιολόγηση 11,84% είναι περίπου ταυτόσημη με εκείνη των γεωθερμικών μονάδων που πέφτουν στην δεύτερη θέση με 11,80% (δέκατη στήλη του Πίνακα 4-31). Στην τρίτη θέση βρίσκονται οι πυρηνικές μονάδες που παρουσιάζουν την μεγαλύτερη άνοδο κατά τέσσερις θέσεις σε αυτό το σενάριο. Αντίθετα την μεγαλύτερη πτώση στη συνολική κατάταξη στο σενάριο 6 σε σχέση με το σενάριο αναφοράς παρουσιάζουν οι φωτοβολταϊκές μονάδες που χάνουν πέντε θέσεις καταλαμβάνοντας την ένατη θέση και οι μονάδες βιομάζας που χάνουν τέσσερις θέσεις πέφτοντας στην έκτη θέση (δέκατη και δεκατηπέμπτη στήλη του Πίνακα 4-31). Καμία μεταβολή στην κατάταξη δεν έχουν οι υδροηλεκτρικές μονάδες (όπως συμβαίνει και στην πλειονότητα των σεναρίων που εξετάζονται) καθώς και οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη που παρά την σημαντική αύξηση της συνολικής τους βαθμολογίας παραμένουν στην τελευταία θέση της κατάταξης.

Οι μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας έχουν τις μεγαλύτερες απώλειες ως προς το κριτήριο του βιοτικού επιπέδου στο σενάριο 6, αφού είχαν αντίστοιχα τις μεγαλύτερες αξιολογήσεις στο σενάριο αναφοράς. Τις μεγαλύτερες απώλειες παρουσιάζουν οι φωτοβολταϊκές μονάδες κατά -7,33 μονάδες και ακολουθούν οι γεωθερμικές μονάδες με -7,04 μονάδες ενώ και οι μονάδες βιομάζας χάνουν 6,76 μονάδες σε σχέση με το σενάριο αναφοράς. Την μεγαλύτερη πτώση στην αξιολόγηση ως προς το βιοτικό επίπεδο για τις μονάδες μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας εμφανίζουν οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο με -3,51 μονάδες και ακολουθούν οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο με -2,90 μονάδες. Την μικρότερη μείωση στη βαθμολογία τους ως προς το κριτήριο αυτό έχουν οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη με -1,10 μονάδες, παράμετρος που συμβάλλει στην μεγάλη ποσοστιαία αύξηση κατά 55,55% στην συνολική τους βαθμολογία στο σενάριο 6.

Η αύξηση του βάρους των τεχνολογικών παραγόντων κατά 91,02% και ο διπλασιασμός (περίπου) των αρχικών αξιολογήσεων στο σενάριο 6 σε σχέση με το σενάριο αναφοράς ως προς το αντίστοιχο κριτήριο δεν οδηγεί σε εντυπωσιακές μεταβολές, αφού οι αρχικές αξιολογήσεις ήταν ιδιαίτερα χαμηλές. Σαν αποτέλεσμα, το κέρδος των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων κυμαίνεται μεταξύ 0,08 και 1,34 μονάδων (δεκατητρίτη στήλη του Πίνακα 4-31). Το μικρότερο όφελος ως προς το κριτήριο αυτό στο σενάριο 6 έχουν οι φωτοβολταϊκές μονάδες και το μεγαλύτερο οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο. Οι πυρηνικές μονάδες και οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη κερδίζουν 1,32 και 1,24 μονάδες αντίστοιχα ως προς το κριτήριο αυτό στο σενάριο 6 σε σχέση με το σενάριο αναφοράς.

Για το κριτήριο των οικονομικών παραγόντων οι αυξήσεις των αξιολογήσεων των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων, σαν απόρροια της αύξησης του βάρους του κριτηρίου κατά 132,29% στο σενάριο 6 σε σχέση με το σενάριο αναφοράς, είναι κατά πολύ μεγαλύτερες από εκείνες των τεχνολογικών παραγόντων (δεκατητρίτη και δεκατητέταρτη στήλη του Πίνακα 4-31). Πιο συγκεκριμένα το μικρότερη άνοδο ως προς τους οικονομικούς παράγοντες εμφανίζουν οι φωτοβολταϊκές μονάδες που κερδίζουν 2,46 μονάδες και τη μεγαλύτερη οι αιολικές μονάδες που αυξάνουν την αντίστοιχη αξιολόγησή τους κατά 4,42 μονάδες. Το κριτήριο των οικονομικών παραγόντων είναι εκείνο που περιορίζει τις συνολικές απώλειες των μονάδων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο σενάριο 6 σε σχέση με το σενάριο αναφοράς και δημιουργεί θετική διαφορά στις συνολικές αξιολογήσεις για τους πέντε άλλους τύπους μονάδων μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Συνοπτικά, στο σενάριο 6 υπάρχει μείωση της συνολικής αξιολόγησης των μονάδων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και αύξηση των αντίστοιχων αξιολογήσεων των μονάδων φυσικών καυσίμων και των πυρηνικών μονάδων. Οι αιολικές μονάδες και οι γεωθερμικές μονάδες καταλαμβάνουν τις δύο πρώτες θέσεις της κατάταξης με σχεδόν ταυτόσημες βαθμολογίες λόγω των μικρών συνολικών απωλειών των αξιολογήσεών τους. Οι πυρηνικές μονάδες έχουν το μεγαλύτερο όφελος κερδίζοντας 2,86 μονάδες στην συνολική αξιολόγηση και τέσσερις θέσεις στην κατάταξη ανεβαίνοντας στην τρίτη θέση στο σενάριο 6 σε σχέση με την έβδομη θέση που είχαν στο σενάριο αναφοράς. Οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο, αν και έχουν σχετικά μικρή αύξηση της βαθμολογίας τους κατά 16,66%, ανεβαίνουν στην τέταρτη από την έκτη θέση, αφού οι φωτοβολταϊκές μονάδες και οι μονάδες βιομάζας έχουν τις μεγαλύτερες απώλειες από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να βρίσκονται στην ένατη και έκτη θέση στο σενάριο 6, με απώλειες πέντε και τεσσάρων θέσεων αντίστοιχα σε σχέση με το σενάριο αναφοράς.

4.3.1.7 Σενάριο 7

Στο έβδομο σενάριο απόλυτη προτεραιότητα από το λήπτη αποφάσεων δίνεται στο κριτήριο των οικονομικών παραγόντων, το οποίο έχει βάρος 100% ενώ τα άλλα δύο βασικά κριτήρια αγνοούνται αφού έχουν μηδενική βαρύτητα. Οι συνολικές και επιμέρους αξιολογήσεις των μονάδων, οι διαφορές τους από τις αντίστοιχες επιδόσεις

στο σενάριο αναφοράς καθώς και οι κατατάξεις τους στο σενάριο 7 παρουσιάζονται αναλυτικά στον Πίνακα 4-32.

Όπως προαναφέρθηκε στο έβδομο σενάριο τα κριτήρια του βιοτικού επιπέδου και των τεχνολογικών παραγόντων έχουν μηδενική βαρύτητα. Αυτό αντιστοιχεί σε απώλεια 63,7 μονάδων για το βάρος του βιοτικού επιπέδου και 10,47 μονάδων για το βάρος των τεχνολογικών παραγόντων. Ο μηδενισμός της βαρύτητας των κριτηρίων συνεπάγεται και μηδενισμό των επιμέρους αξιολογήσεων των μονάδων ως προς τα δύο αυτά κριτήρια στο σενάριο 7. Αντίθετα το βάρος του κριτηρίου των οικονομικών παραγόντων αυξάνεται κατά 74,17 μονάδες (από 25,83% στο σενάριο αναφοράς σε 100% στο σενάριο 7). Αυτό οδηγεί σε αύξηση των αξιολογήσεων των μονάδων ως προς τους οικονομικούς παράγοντες κατά 287,15% στο σενάριο 7 σε σχέση με το σενάριο αναφοράς (τελευταία στήλη του Πίνακα 4-32).

Στις συνολικές αξιολογήσεις του σεναρίου 7 παρατηρείται μία μείωση των βαθμολογιών των μονάδων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, με εξαίρεση τις αιολικές μονάδες που αυξάνουν οριακά τις επιδόσεις τους και τις υδροηλεκτρικές μονάδες που έχουν οριακές απώλειες. Την μεγαλύτερη πτώση εμφανίζουν οι φωτοβολταϊκές μονάδες και οι μονάδες βιομάζας που χάνουν 5,44 και 4,81 μονάδες αντίστοιχα (ενδέκατη στήλη του Πίνακα 4-32). Την μεγαλύτερη αύξηση στη συνολική τους βαθμολογία στο σενάριο 7 έχουν οι πυρηνικές μονάδες με 3,7 μονάδες και ακολουθούν οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη με αύξηση 2,67 μονάδων. Ποσοστιαία ωστόσο η αύξηση της αξιολόγησης των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη είναι μεγαλύτερη εκείνης των πυρηνικών μονάδων αφού ανέρχεται σε 54,24% έναντι 44,83% των τελευταίων. Οι μεταβολές αυτές στο σενάριο 7 σε σχέση με το σενάριο αναφοράς οφείλονται κυρίως στα κριτήρια του βιοτικού επιπέδου και των οικονομικών παραγόντων ενώ η επίδραση των μεταβολών των βαθμολογιών ως προς τους τεχνολογικούς παράγοντες είναι πολύ μικρή (δωδέκατη έως δεκατητέταρτη στήλες του Πίνακα 4-32). Η μεγάλη πτώση των αξιολογήσεων ως προς το βιοτικό επίπεδο για τις μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μετριάζεται σημαντικά από την άνοδο ως προς τους οικονομικούς παράγοντες. Στις μονάδες φυσικών καυσίμων και τις πυρηνικές μονάδες η αύξηση ως προς τους οικονομικούς παράγοντες είναι μεγαλύτερη από τις απώλειες του βιοτικού επιπέδου και κατά συνέπεια η μεταβολή στην συνολική τους αξιολόγηση είναι θετική.

Η οριακή άνοδος της αξιολόγησης των αιολικών μονάδων σε συνδυασμό με τις απώλειες των άλλων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας τις οδηγεί στην πρώτη θέση της κατάταξης στο σενάριο 7 (από την τρίτη στο σενάριο αναφοράς). Δεύτερες στην κατάταξη κερδίζοντας πέντε θέσεις είναι οι πυρηνικές μονάδες αφού έχουν και την μεγαλύτερη αύξηση σε μονάδες στην συνολική τους αξιολόγηση (δέκατη και δεκατηπέμπτη στήλη του Πίνακα 4-32). Επίσης οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο ανεβαίνουν στην πέμπτη θέση κερδίζοντας τρεις θέσεις σε σχέση με το σενάριο αναφοράς. Αντίθετα την μεγαλύτερη πτώση στην κατάταξη με απώλεια έξι θέσεων παρουσιάζουν οι μονάδες βιομάζας και οι φωτοβολταϊκές μονάδες που κατατάσσονται στην όγδοη και δέκατη θέση αντίστοιχα. Για τις μονάδες βιομάζας αυτή είναι η χειρότερη θέση μεταξύ όλων των σεναρίων ενώ οι φωτοβολταϊκές μονάδες εμφανίζουν για μία ακόμη φορά μεγάλη πτώση στην κατάταξη (και στην βαθμολογία τους) όταν

μειώνεται σημαντικά η βαρύτητα του κριτηρίου του βιοτικού επιπέδου στο οποίο έχουν άριστες επιδόσεις.

Η αξιολόγηση των μεταβολών των επιδόσεων ως προς το κριτήριο του βιοτικού επιπέδου είναι οι ίδιες με αυτές που παρουσιάστηκαν στο σενάριο 5, στο οποίο πάλι το κριτήριο αυτό είχε μηδενική βαρύτητα. Συνοπτικά τις μεγαλύτερες απώλειες ως προς το κριτήριο αυτό εμφανίζουν οι μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας χάνοντας από 6,75 (για τις υδροηλεκτρικές μονάδες) έως 10,69 μονάδες (για τις φωτοβολταϊκές μονάδες). Για τις μονάδες φυσικών καυσίμων και τις πυρηνικές μονάδες το εύρος των απωλειών είναι μικρότερο και κυμαίνεται από 1,60 (για τις μονάδες άνθρακα/λιγνίτη) έως 5,12 μονάδες (για τις μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο).

Η μηδενική βαρύτητα του κριτηρίου των τεχνολογικών παραγόντων και οι μεταβολές των αντίστοιχων αξιολογήσεων στο σενάριο 7 σε σχέση με το σενάριο αναφοράς είναι ίδιες με εκείνες που παρουσιάστηκαν στο σενάριο 2. Οι απώλειες είναι λίγο μεγαλύτερες για τις μονάδες φυσικών καυσίμων και τις πυρηνικές μονάδες σε σχέση με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Οι απώλειες αυτές κυμαίνονται για όλους τους τύπους μονάδων από -0,09 έως -1,47 μονάδες. Είναι κατά συνέπεια πολύ μικρότερες των βαθμολογιών ως προς τα άλλα δύο βασικά κριτήρια, με αποτέλεσμα να έχουν μικρή επίδραση στις μεταβολές των συνολικών αξιολογήσεων και κατατάξεων των μονάδων στα δύο αυτά σενάρια.

Η μεγάλη αύξηση του βάρους των οικονομικών παραγόντων στο σενάριο 7 κατά 287,15% οδηγεί σε μεγάλες αυξήσεις των αντίστοιχων αξιολογήσεων όλων των τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων που κυμαίνονται από 5,34 (για τις φωτοβολταϊκές μονάδες) έως 9,59 μονάδες (για τις αιολικές μονάδες), όπως φαίνεται στην δεκατητέταρτη στήλη του Πίνακα 4-32. Οι μεγάλες αυξήσεις των βαθμολογιών ως προς το κριτήριο αυτό είναι καθοριστικές για την άνοδο των αιολικών και των πυρηνικών μονάδων στις δύο πρώτες θέσεις της κατάταξης. Αντίστοιχα η μικρή αύξηση της βαθμολογίας των φωτοβολταϊκών μονάδων στους οικονομικούς παράγοντες συμβάλλει σημαντικά στην μεγάλη πτώση της συνολικής βαθμολογίας και της κατάταξής τους στο σενάριο 7.

Συνοπτικά, στο σενάριο 7 παρουσιάζονται απώλειες στην συνολική αξιολόγηση των μονάδων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας εκτός από τις αιολικές μονάδες που έχουν οριακή άνοδο. Το γεγονός αυτό τις οδηγεί στην πρώτη θέση της κατάταξης. Οι πυρηνικές μονάδες έχουν την μεγαλύτερη αύξηση μεταξύ όλων των μονάδων στην συνολική αξιολογήσή τους καταλαμβάνοντας την δεύτερη θέση. Οι μονάδες φυσικών καυσίμων ανεβάζουν τις συνολικές βαθμολογίες τους χωρίς ωστόσο εντυπωσιακές διαφοροποιήσεις στις συνολικές κατατάξεις τους, πλην των μονάδων αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο που είναι πέμπτες στην κατάταξη κερδίζοντας τρεις θέσεις. Τις μεγαλύτερες απώλειες σε επιδόσεις και θέσεις στην κατάταξη έχουν οι φωτοβολταϊκές μονάδες και οι μονάδες βιομάζας. Για τις τελευταίες οι απώλειες αυτές είναι οι χειρότερες μεταξύ όλων των σεναρίων. Οι μεταβολές των συνολικών αξιολογήσεων του σεναρίου 7 είναι συνδυασμός των απωλειών ως προς το βιοτικό επίπεδο και των κερδών στις βαθμολογίες

ως προς τους οικονομικούς παράγοντες, ενώ το κριτήριο των τεχνολογικών παραγόντων δεν διαφοροποιεί σημαντικά τις συνολικές αξιολογήσεις.

4.3.1.8 Σύγκριση σεναρίων της ανάλυσης ευαισθησίας

Στην ανάλυση ευαισθησίας εξετάζονται επτά εναλλακτικά σενάρια συνόλων βαρών των τριών βασικών κριτηρίων σε σχέση με το σενάριο αναφοράς. Τα σενάρια αυτά καλύπτουν όλο το δυνατό φάσμα τιμών των βαρών των βασικών κριτηρίων και δίνουν τη δυνατότητα στο λήπτη αποφάσεων να έχει πλήρη γνώση της μεταβολής των συνολικών και επιμέρους αξιολογήσεων ανάλογα με τη διαφοροποίηση της βαρύτητας των κριτηρίων.

Στα σενάρια που υπάρχει μείωση της βαρύτητας του κριτηρίου του βιοτικού επιπέδου σε σχέση πάντα με το σενάριο αναφοράς, υπάρχει γενικά μείωση των συνολικών αξιολογήσεων των μονάδων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και αύξηση των αντιστοίχων αξιολογήσεων των μονάδων φυσικών καυσίμων και των πυρηνικών μονάδων. Μοναδική εξαίρεση αποτελούν οι υδροηλεκτρικές μονάδες οι οποίες παρουσιάζουν σχεδόν σταθερή συνολική αξιολόγηση με οριακές απώλειες ή κέρδη σε όλα τα σενάρια, ανεξάρτητα από τη διαφοροποίηση των βαρών των βασικών κριτηρίων. Επίσης οι αιολικές μονάδες, όταν το βάρος του βιοτικού επιπέδου μηδενίζεται και δίνεται απόλυτη προτεραιότητα στους οικονομικούς παράγοντες με βαρύτητα 100%, παρουσιάζουν οριακά θετικά αποτελέσματα. Μεγαλύτερη άνοδο της συνολικής τους βαθμολογίας έχουν οι φωτοβολταϊκές μονάδες όταν το βάρος του βιοτικού επιπέδου γίνεται 100%. Η άνοδος αυτή στην βαθμολογία προκαλεί και αντίστοιχη μεγάλη άνοδο στην κατάταξη αφού οι φωτοβολταϊκές μονάδες σ' αυτή την περίπτωση καταλαμβάνουν την πρώτη θέση.

Στα σενάρια που αυξάνεται το βάρος του κριτηρίου των τεχνολογικών παραγόντων παρουσιάζονται οι μεγαλύτερες αυξήσεις των συνολικών αξιολογήσεων των μονάδων φυσικών καυσίμων και των πυρηνικών μονάδων και οι μεγαλύτερες μειώσεις των μονάδων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, με μόνη εξαίρεση αυτή των υδροηλεκτρικών μονάδων που παρουσιάζουν σταθερότητα σε όλα τα σενάρια. Τα μεγαλύτερα κέρδη στην συνολική κατάταξη στις περιπτώσεις αυτές έχουν οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο και οι πυρηνικές μονάδες που ανεβαίνουν στις δύο πρώτες θέσεις της συνολικής κατάταξης αντίστοιχα. Σημαντική άνοδο στην κατάταξη στις περιπτώσεις αυτές εμφανίζουν και οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη. Αντίθετα η αύξηση της βαρύτητας των τεχνολογικών παραγόντων οδηγεί στις τελευταίες θέσεις της κατάταξης δύο τύπους μονάδων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, τις αιολικές και τις φωτοβολταϊκές μονάδες. Στα δύο αυτά σενάρια παρουσιάζεται ο μεγαλύτερος αριθμός αλλαγών στην συνολική κατάταξη για τους δέκα τύπους ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων.

Παρόμοια είναι τα αποτελέσματα και κατά την αύξηση της βαρύτητας του κριτηρίου των οικονομικών παραγόντων στα σενάρια 6 και 7, αν και σε αυτή την περίπτωση είναι κατά κανόνα μικρότερη η αύξηση των συνολικών αξιολογήσεων των μονάδων φυσικών καυσίμων και των πυρηνικών μονάδων σε σχέση με την ανάλογη περίπτωση του κριτηρίου των τεχνολογικών παραγόντων. Μικρότερη είναι επίσης και η μείωση των βαθμολογιών των μονάδων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με μοναδική εξαίρεση τις

αιολικές μονάδες που αυξάνουν οριακά την αξιολόγησή τους, όπως αναλύθηκε παραπάνω. Οι αιολικές μονάδες είναι στην πρώτη θέση της κατάταξης των σεναρίων με ισχυρή (βάρος 60%) και απόλυτη προτίμηση (βάρος 100%) στο κριτήριο των οικονομικών παραγόντων. Από τις μονάδες μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, οι πυρηνικές μονάδες και οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο παρουσιάζουν πολύ ικανοποιητικές αποδόσεις και είναι στις τέσσερις πρώτες θέσεις της κατάταξης αυτών των δύο σεναρίων. Αντίθετα για άλλη μια φορά οι φωτοβολταϊκές μονάδες βρίσκονται στις τελευταίες θέσεις της κατάταξης των δύο αυτών σεναρίων (Πίνακες 4-31 και 4-32), αφού παρουσιάζουν σημαντική υστέρηση σε όλους τους τομείς εκτός εκείνου του βιοτικού επιπέδου.

Πίνακας 4-26

Συγκριτική αξιολόγηση και κατάταξη των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων στο σενάριο 1 (BE=33,33%, ΤΠ=33,33%, ΟΠ=33,33%) σε σχέση με το σενάριο αναφοράς

Τύπος Μονάδας	Σενάριο αναφοράς					Σενάριο 1					Απόλυτες διαφορές μεταξύ σεναρίου 1 και σεναρίου αναφοράς					Ποσοστιαίες διαφορές μεταξύ σεναρίου 1 και σεναρίου αναφοράς			
	Συνολική αφολόγηση	Βιοτικό επίπεδο	Τεχνολογικοί παράγοντες	Οικονομικοί παράγοντες	Κατάταξη	Συνολική αφολόγηση	Βιοτικό επίπεδο	Τεχνολογικοί παράγοντες	Οικονομικοί παράγοντες	Κατάταξη	Συνολική αφολόγηση	Βιοτικό επίπεδο	Τεχνολογικοί παράγοντες	Οικονομικοί παράγοντες	Κατάταξη	Συνολική αφολόγηση	Βιοτικό επίπεδο	Τεχνολογικοί παράγοντες	Οικονομικοί παράγοντες
Γεωθερμική	14,12%	10,26%	0,94%	2,92%	1	12,13%	5,37%	2,99%	3,77%	1	-1,99	-4,89	2,05	0,85	0	-14,10%	-47,68%	218,34%	29,04%
Βιομάζας	13,13%	9,86%	1,12%	2,15%	2	11,50%	5,16%	3,57%	2,77%	2	-1,63	-4,70	2,45	0,62	0	-12,42%	-47,68%	218,34%	29,04%
Αιολική	12,67%	8,61%	0,72%	3,34%	3	11,11%	4,51%	2,29%	4,31%	3	-1,56	-4,10	1,57	0,97	0	-12,34%	-47,68%	218,34%	29,04%
Φωτοβολταϊκή	12,64%	10,69%	0,09%	1,86%	4	8,28%	5,59%	0,29%	2,40%	8	-4,36	-5,10	0,20	0,54	-4	-34,49%	-47,68%	218,34%	29,04%
Υδροηλεκτρική	10,57%	6,75%	1,12%	2,70%	5	10,58%	3,53%	3,57%	3,48%	5	0,01	-3,22	2,45	0,78	0	0,11%	-47,68%	218,34%	29,04%
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	9,42%	5,12%	1,47%	2,83%	6	11,01%	2,68%	4,68%	3,65%	4	1,59	-2,44	3,21	0,82	2	16,88%	-47,68%	218,34%	29,04%
Πυρηνική	8,26%	3,72%	1,45%	3,09%	7	10,55%	1,95%	4,62%	3,99%	6	2,29	-1,77	3,17	0,90	1	27,72%	-47,68%	218,34%	29,04%
Αεριοστρόβιλου με καύσιμο φ.α.	8,02%	4,22%	1,09%	2,71%	8	9,17%	2,21%	3,47%	3,50%	7	1,15	-2,01	2,38	0,79	1	14,40%	-47,68%	218,34%	29,04%
Πετρελαίου	6,25%	2,87%	1,11%	2,27%	9	7,97%	1,50%	3,54%	2,93%	9	1,72	-1,37	2,43	0,66	0	27,53%	-47,68%	218,34%	29,04%
Άνθρακα/Λιγνίτη	4,92%	1,60%	1,36%	1,96%	10	7,70%	0,84%	4,33%	2,53%	10	2,78	-0,76	2,97	0,57	0	56,42%	-47,68%	218,34%	29,04%

Πίνακας 4-27

Συγκριτική αξιολόγηση και κατάταξη των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων στο σενάριο 2 (BE=100%, ΤΠ=0%, ΟΠ=0%) σε σχέση με το σενάριο αναφοράς

Τύπος Μονάδας	Σενάριο αναφοράς					Σενάριο 2					Απόλυτες διαφορές μεταξύ σεναρίου 2 και σεναρίου αναφοράς					Ποσοστιαίες διαφορές μεταξύ σεναρίου 2 και σεναρίου αναφοράς			
	Συνολική αφολόγηση	Βιοτικό επίπεδο	Τεχνολογικοί παράγοντες	Οικονομικοί παράγοντες	Κατάταξη	Συνολική αφολόγηση	Βιοτικό επίπεδο	Τεχνολογικοί παράγοντες	Οικονομικοί παράγοντες	Κατάταξη	Συνολική αφολόγηση	Βιοτικό επίπεδο	Τεχνολογικοί παράγοντες	Οικονομικοί παράγοντες	Κατάταξη	Συνολική αφολόγηση	Βιοτικό επίπεδο	Τεχνολογικοί παράγοντες	Οικονομικοί παράγοντες
Γεωθερμική	14,12%	10,26%	0,94%	2,92%	1	16,11%	16,11%	0,00%	0,00%	2	1,99	5,85	-0,94	-2,92	-1	14,07%	56,99%	-100,00%	-100,00%
Βιομάζας	13,13%	9,86%	1,12%	2,15%	2	15,48%	15,48%	0,00%	0,00%	3	2,35	5,62	-1,12	-2,15	-1	17,89%	56,99%	-100,00%	-100,00%
Αιολική	12,67%	8,61%	0,72%	3,34%	3	13,52%	13,52%	0,00%	0,00%	4	0,85	4,91	-0,72	-3,34	-1	6,68%	56,99%	-100,00%	-100,00%
Φωτοβολταϊκή	12,64%	10,69%	0,09%	1,86%	4	16,78%	16,78%	0,00%	0,00%	1	4,14	6,09	-0,09	-1,86	3	32,77%	56,99%	-100,00%	-100,00%
Υδροηλεκτρική	10,57%	6,75%	1,12%	2,70%	5	10,60%	10,60%	0,00%	0,00%	5	0,03	3,85	-1,12	-2,70	0	0,25%	56,99%	-100,00%	-100,00%
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	9,42%	5,12%	1,47%	2,83%	6	8,04%	8,04%	0,00%	0,00%	6	-1,38	2,92	-1,47	-2,83	0	-14,67%	56,99%	-100,00%	-100,00%
Πυρηνική	8,26%	3,72%	1,45%	3,09%	7	5,84%	5,84%	0,00%	0,00%	8	-2,42	2,12	-1,45	-3,09	-1	-29,30%	56,99%	-100,00%	-100,00%
Αεριοστρόβιλου με καύσιμο φ.α.	8,02%	4,22%	1,09%	2,71%	8	6,62%	6,62%	0,00%	0,00%	7	-1,40	2,40	-1,09	-2,71	1	-17,40%	56,99%	-100,00%	-100,00%
Πετρελαίου	6,25%	2,87%	1,11%	2,27%	9	4,51%	4,51%	0,00%	0,00%	9	-1,74	1,64	-1,11	-2,27	0	-27,91%	56,99%	-100,00%	-100,00%
Άνθρακα/Λιγνίτη	4,92%	1,60%	1,36%	1,96%	10	2,51%	2,51%	0,00%	0,00%	10	-2,41	0,91	-1,36	-1,96	0	-48,95%	56,99%	-100,00%	-100,00%

Πίνακας 4-28

Συγκριτική αξιολόγηση και κατάταξη των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων στο σενάριο 3 (ΒΕ=60%, ΓΠ=20%, ΟΠ=20%) σε σχέση με το σενάριο αναφοράς

Τύπος Μονάδας	Σενάριο αναφοράς					Σενάριο 3					Απόλυτες διαφορές μεταξύ σεναρίου 3 και σεναρίου αναφοράς					Ποσοστιαίες διαφορές μεταξύ σεναρίου 3 και σεναρίου αναφοράς			
	Συνολική αφολόγηση	Βιοτικό επίπεδο	Τεχνολογικοί παράγοντες	Οικονομικοί παράγοντες	Κατάταξη	Συνολική αφολόγηση	Βιοτικό επίπεδο	Τεχνολογικοί παράγοντες	Οικονομικοί παράγοντες	Κατάταξη	Συνολική αφολόγηση	Βιοτικό επίπεδο	Τεχνολογικοί παράγοντες	Οικονομικοί παράγοντες	Κατάταξη	Συνολική αφολόγηση	Βιοτικό επίπεδο	Τεχνολογικοί παράγοντες	Οικονομικοί παράγοντες
Γεωθερμική	14,12%	10,26%	0,94%	2,92%	1	13,72%	9,66%	1,80%	2,26%	1	-0,40	-0,60	0,86	-0,66	0	-2,83%	-5,81%	91,02%	-22,57%
Βιομάζας	13,13%	9,86%	1,12%	2,15%	2	13,09%	9,29%	2,14%	1,66%	2	-0,04	-0,57	1,02	-0,49	0	-0,29%	-5,81%	91,02%	-22,57%
Αιολική	12,67%	8,61%	0,72%	3,34%	3	12,07%	8,11%	1,38%	2,59%	3	-0,60	-0,50	0,66	-0,75	0	-4,72%	-5,81%	91,02%	-22,57%
Φωτοβολταϊκή	12,64%	10,69%	0,09%	1,86%	4	11,68%	10,07%	0,17%	1,44%	4	-0,96	-0,62	0,08	-0,42	0	-7,59%	-5,81%	91,02%	-22,57%
Υδροηλεκτρική	10,57%	6,75%	1,12%	2,70%	5	10,59%	6,36%	2,14%	2,09%	5	0,02	-0,39	1,02	-0,61	0	0,17%	-5,81%	91,02%	-22,57%
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	9,42%	5,12%	1,47%	2,83%	6	9,82%	4,82%	2,81%	2,19%	6	0,40	-0,30	1,34	-0,64	0	4,27%	-5,81%	91,02%	-22,57%
Πυρηνική	8,26%	3,72%	1,45%	3,09%	7	8,67%	3,50%	2,77%	2,39%	7	0,41	-0,22	1,32	-0,70	0	4,92%	-5,81%	91,02%	-22,57%
Αεριοστρόβιλου με καύσιμο φ.α.	8,02%	4,22%	1,09%	2,71%	8	8,16%	3,97%	2,08%	2,10%	8	0,14	-0,25	0,99	-0,61	0	1,69%	-5,81%	91,02%	-22,57%
Πετρελαίου	6,25%	2,87%	1,11%	2,27%	9	6,58%	2,70%	2,12%	1,76%	9	0,33	-0,17	1,01	-0,51	0	5,30%	-5,81%	91,02%	-22,57%
Άνθρακα/Λιγνίτη	4,92%	1,60%	1,36%	1,96%	10	5,62%	1,51%	2,60%	1,52%	10	0,70	-0,09	1,24	-0,44	0	14,28%	-5,81%	91,02%	-22,57%

Πίνακας 4-29

Συγκριτική αξιολόγηση και κατάταξη των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων στο σενάριο 4 (ΒΕ=20%, ΓΠ=60%, ΟΠ=20%) σε σχέση με το σενάριο αναφοράς

Τύπος Μονάδας	Σενάριο αναφοράς					Σενάριο 4					Απόλυτες διαφορές μεταξύ σεναρίου 4 και σεναρίου αναφοράς					Ποσοστιαίες διαφορές μεταξύ σεναρίου 4 και σεναρίου αναφοράς			
	Συνολική αφολόγηση	Βιοτικό επίπεδο	Τεχνολογικοί παράγοντες	Οικονομικοί παράγοντες	Κατάταξη	Συνολική αφολόγηση	Βιοτικό επίπεδο	Τεχνολογικοί παράγοντες	Οικονομικοί παράγοντες	Κατάταξη	Συνολική αφολόγηση	Βιοτικό επίπεδο	Τεχνολογικοί παράγοντες	Οικονομικοί παράγοντες	Κατάταξη	Συνολική αφολόγηση	Βιοτικό επίπεδο	Τεχνολογικοί παράγοντες	Οικονομικοί παράγοντες
Γεωθερμική	14,12%	10,26%	0,94%	2,92%	1	10,87%	3,22%	5,39%	2,26%	4	-3,25	-7,04	4,45	-0,66	-3	-23,02%	-68,60%	473,07%	-22,57%
Βιομάζας	13,13%	9,86%	1,12%	2,15%	2	11,18%	3,10%	6,42%	1,66%	3	-1,95	-6,76	5,30	-0,49	-1	-14,86%	-68,60%	473,07%	-22,57%
Αιολική	12,67%	8,61%	0,72%	3,34%	3	9,42%	2,70%	4,13%	2,59%	8	-3,25	-5,91	3,41	-0,75	-5	-25,69%	-68,60%	473,07%	-22,57%
Φωτοβολταϊκή	12,64%	10,69%	0,09%	1,86%	4	5,31%	3,36%	0,52%	1,44%	10	-7,33	-7,33	0,43	-0,42	-6	-57,97%	-68,60%	473,07%	-22,57%
Υδροηλεκτρική	10,57%	6,75%	1,12%	2,70%	5	10,63%	2,12%	6,42%	2,09%	5	0,06	-4,63	5,30	-0,61	0	0,55%	-68,60%	473,07%	-22,57%
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	9,42%	5,12%	1,47%	2,83%	6	12,22%	1,61%	8,42%	2,19%	1	2,80	-3,51	6,95	-0,64	5	29,75%	-68,60%	473,07%	-22,57%
Πυρηνική	8,26%	3,72%	1,45%	3,09%	7	11,87%	1,17%	8,31%	2,39%	2	3,61	-2,55	6,86	-0,70	5	43,70%	-68,60%	473,07%	-22,57%
Αεριοστρόβιλου με καύσιμο φ.α.	8,02%	4,22%	1,09%	2,71%	8	9,67%	1,32%	6,25%	2,10%	7	1,65	-2,90	5,16	-0,61	1	20,57%	-68,60%	473,07%	-22,57%
Πετρελαίου	6,25%	2,87%	1,11%	2,27%	9	9,02%	0,90%	6,36%	1,76%	9	2,77	-1,97	5,25	-0,51	0	44,32%	-68,60%	473,07%	-22,57%
Άνθρακα/Λιγνίτη	4,92%	1,60%	1,36%	1,96%	10	9,81%	0,50%	7,79%	1,52%	6	4,89	-1,10	6,43	-0,44	4	99,46%	-68,60%	473,07%	-22,57%

Πίνακας 4-30

Συγκριτική αξιολόγηση και κατάταξη των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων στο σενάριο 5 (BE=0%, ΤΠ=100%, ΟΠ=0%) σε σχέση με το σενάριο αναφοράς

Τύπος Μονάδας	Σενάριο αναφοράς					Σενάριο 5					Απόλυτες διαφορές μεταξύ σεναρίου 5 και σεναρίου αναφοράς					Ποσοστιαίες διαφορές μεταξύ σεναρίου 5 και σεναρίου αναφοράς			
	Συνολική αφολόγηση	Βιοτικό επίπεδο	Τεχνολογικοί παράγοντες	Οικονομικοί παράγοντες	Κατάταξη	Συνολική αφολόγηση	Βιοτικό επίπεδο	Τεχνολογικοί παράγοντες	Οικονομικοί παράγοντες	Κατάταξη	Συνολική αφολόγηση	Βιοτικό επίπεδο	Τεχνολογικοί παράγοντες	Οικονομικοί παράγοντες	Κατάταξη	Συνολική αφολόγηση	Βιοτικό επίπεδο	Τεχνολογικοί παράγοντες	Οικονομικοί παράγοντες
Γεωθερμική	14,12%	10,26%	0,94%	2,92%	1	8,98%	0,00%	8,98%	0,00%	8	-5,14	-10,26	8,04	-2,92	-7	-36,42%	-100,00%	855,11%	-100,00%
Βιομάζας	13,13%	9,86%	1,12%	2,15%	2	10,70%	0,00%	10,70%	0,00%	4	-2,43	-9,86	9,58	-2,15	-2	-18,53%	-100,00%	855,11%	-100,00%
Αιολική	12,67%	8,61%	0,72%	3,34%	3	6,88%	0,00%	6,88%	0,00%	9	-5,79	-8,61	6,16	-3,34	-6	-45,72%	-100,00%	855,11%	-100,00%
Φωτοβολταϊκή	12,64%	10,69%	0,09%	1,86%	4	0,86%	0,00%	0,86%	0,00%	10	-11,78	-10,69	0,77	-1,86	-6	-93,20%	-100,00%	855,11%	-100,00%
Υδροηλεκτρική	10,57%	6,75%	1,12%	2,70%	5	10,70%	0,00%	10,70%	0,00%	5	0,13	-6,75	9,58	-2,70	0	1,20%	-100,00%	855,11%	-100,00%
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	9,42%	5,12%	1,47%	2,83%	6	14,04%	0,00%	14,04%	0,00%	1	4,62	-5,12	12,57	-2,83	5	49,05%	-100,00%	855,11%	-100,00%
Πυρηνική	8,26%	3,72%	1,45%	3,09%	7	13,85%	0,00%	13,85%	0,00%	2	5,59	-3,72	12,40	-3,09	5	67,66%	-100,00%	855,11%	-100,00%
Αεριοστρόβιλου με καύσιμο φ.α.	8,02%	4,22%	1,09%	2,71%	8	10,41%	0,00%	10,41%	0,00%	7	2,39	-4,22	9,32	-2,71	1	29,81%	-100,00%	855,11%	-100,00%
Πετρελαίου	6,25%	2,87%	1,11%	2,27%	9	10,60%	0,00%	10,60%	0,00%	6	4,35	-2,87	9,49	-2,27	3	69,63%	-100,00%	855,11%	-100,00%
Άνθρακα/Λιγνίτη	4,92%	1,60%	1,36%	1,96%	10	12,99%	0,00%	12,99%	0,00%	3	8,07	-1,60	11,63	-1,96	7	163,99%	-100,00%	855,11%	-100,00%

Πίνακας 4-31

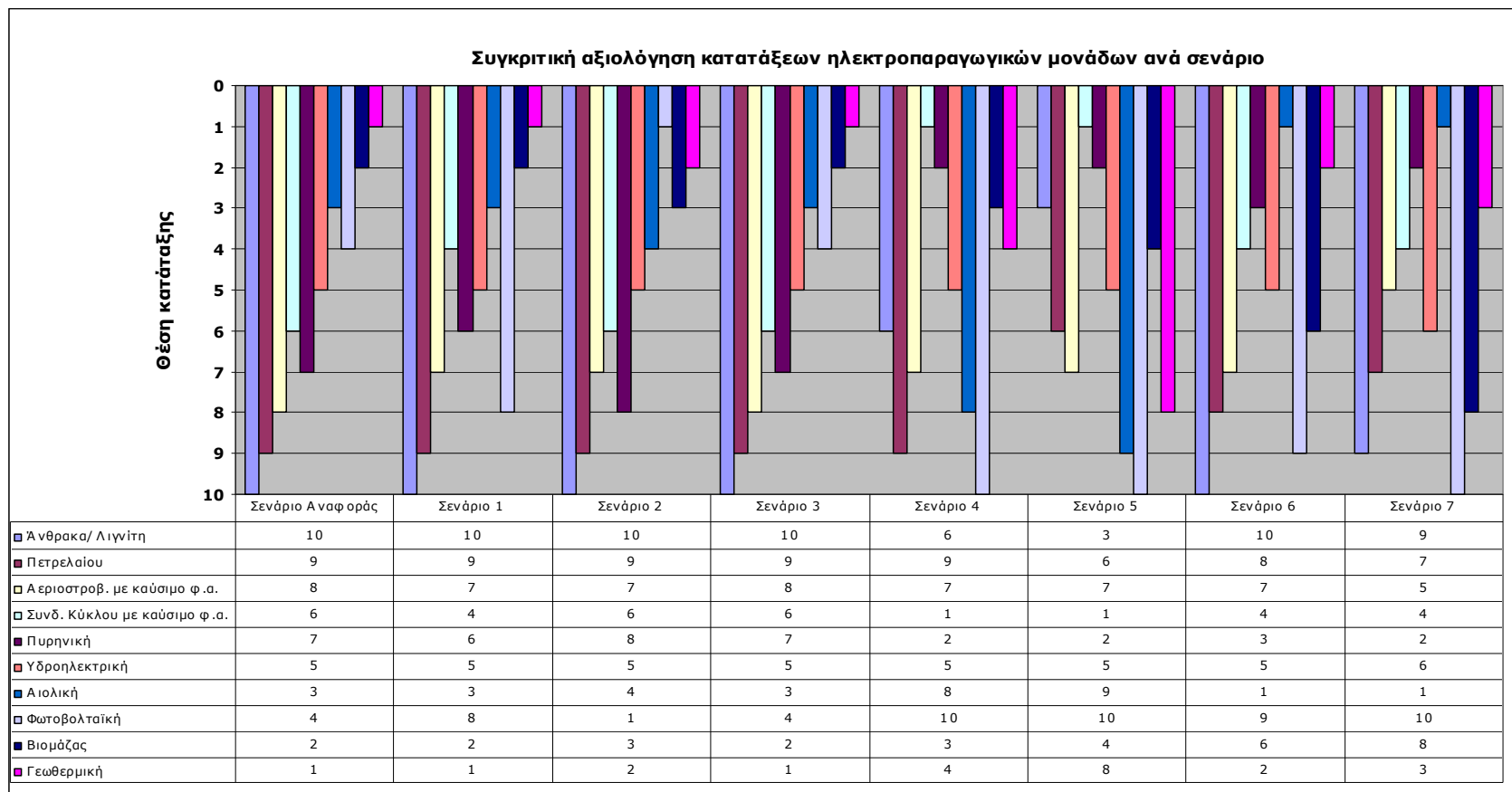
Συγκριτική αξιολόγηση και κατάταξη των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων στο σενάριο 6 (ΒΕ=20%, ΓΠ=20%, ΟΠ=60%) σε σχέση με το σενάριο αναφοράς

Τύπος Μονάδας	Σενάριο αναφοράς					Σενάριο 6					Απόλυτες διαφορές μεταξύ σεναρίου 6 και σεναρίου αναφοράς					Ποσοστιαίες διαφορές μεταξύ σεναρίου 6 και σεναρίου αναφοράς			
	Συνολική αφολόγηση	Βιοτικό επίπεδο	Τεχνολογικοί παράγοντες	Οικονομικοί παράγοντες	Κατάταξη	Συνολική αφολόγηση	Βιοτικό επίπεδο	Τεχνολογικοί παράγοντες	Οικονομικοί παράγοντες	Κατάταξη	Συνολική αφολόγηση	Βιοτικό επίπεδο	Τεχνολογικοί παράγοντες	Οικονομικοί παράγοντες	Κατάταξη	Συνολική αφολόγηση	Βιοτικό επίπεδο	Τεχνολογικοί παράγοντες	Οικονομικοί παράγοντες
Γεωθερμική	14,12%	10,26%	0,94%	2,92%	1	11,80%	3,22%	1,80%	6,78%	2	-2,32	-7,04	0,86	3,86	-1	-16,43%	-68,60%	91,02%	132,29%
Βιομάζας	13,13%	9,86%	1,12%	2,15%	2	10,23%	3,10%	2,14%	4,99%	6	-2,90	-6,76	1,02	2,84	-4	-22,09%	-68,60%	91,02%	132,29%
Αιολική	12,67%	8,61%	0,72%	3,34%	3	11,84%	2,70%	1,38%	7,76%	1	-0,83	-5,91	0,66	4,42	2	-6,57%	-68,60%	91,02%	132,29%
Φωτοβολταϊκή	12,64%	10,69%	0,09%	1,86%	4	7,85%	3,36%	0,17%	4,32%	9	-4,79	-7,33	0,08	2,46	-5	-37,90%	-68,60%	91,02%	132,29%
Υδροηλεκτρική	10,57%	6,75%	1,12%	2,70%	5	10,53%	2,12%	2,14%	6,27%	5	-0,04	-4,63	1,02	3,57	0	-0,37%	-68,60%	91,02%	132,29%
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	9,42%	5,12%	1,47%	2,83%	6	10,99%	1,61%	2,81%	6,57%	4	1,57	-3,51	1,34	3,74	2	16,66%	-68,60%	91,02%	132,29%
Πυρηνική	8,26%	3,72%	1,45%	3,09%	7	11,12%	1,17%	2,77%	7,18%	3	2,86	-2,55	1,32	4,09	4	34,57%	-68,60%	91,02%	132,29%
Αεριοστρόβιλου με καύσιμο φ.α.	8,02%	4,22%	1,09%	2,71%	8	9,70%	1,32%	2,08%	6,30%	7	1,68	-2,90	0,99	3,59	1	20,97%	-68,60%	91,02%	132,29%
Πετρελαίου	6,25%	2,87%	1,11%	2,27%	9	8,29%	0,90%	2,12%	5,27%	8	2,04	-1,97	1,01	3,00	1	32,71%	-68,60%	91,02%	132,29%
Άνθρακα/Λιγνίτη	4,92%	1,60%	1,36%	1,96%	10	7,65%	0,50%	2,60%	4,55%	10	2,73	-1,10	1,24	2,59	0	55,55%	-68,60%	91,02%	132,29%

Πίνακας 4-32

Συγκριτική αξιολόγηση και κατάταξη των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων στο σενάριο 7 (BE=0%, ΤΠ=0%, ΟΠ=100%) σε σχέση με το σενάριο αναφοράς

Τύπος Μονάδας	Σενάριο αναφοράς					Σενάριο 7					Απόλυτες διαφορές μεταξύ σεναρίου 7 και σεναρίου αναφοράς					Ποσοστιαίες διαφορές μεταξύ σεναρίου 7 και σεναρίου αναφοράς			
	Συνολική αξιολόγηση	Βιοτικό επίπεδο	Τεχνολογικοί παράγοντες	Οικονομικοί παράγοντες	Κατάταξη	Συνολική αξιολόγηση	Βιοτικό επίπεδο	Τεχνολογικοί παράγοντες	Οικονομικοί παράγοντες	Κατάταξη	Συνολική αξιολόγηση	Βιοτικό επίπεδο	Τεχνολογικοί παράγοντες	Οικονομικοί παράγοντες	Κατάταξη	Συνολική αξιολόγηση	Βιοτικό επίπεδο	Τεχνολογικοί παράγοντες	Οικονομικοί παράγοντες
Γεωθερμική	14,12%	10,26%	0,94%	2,92%	1	11,30%	0,00%	0,00%	11,30%	3	-2,82	-10,26	-0,94	8,38	-2	-19,94%	-100,00%	-100,00%	287,15%
Βιομάζας	13,13%	9,86%	1,12%	2,15%	2	8,32%	0,00%	0,00%	8,32%	8	-4,81	-9,86	-1,12	6,17	-6	-36,61%	-100,00%	-100,00%	287,15%
Αιολική	12,67%	8,61%	0,72%	3,34%	3	12,93%	0,00%	0,00%	12,93%	1	0,26	-8,61	-0,72	9,59	2	2,06%	-100,00%	-100,00%	287,15%
Φωτοβολταϊκή	12,64%	10,69%	0,09%	1,86%	4	7,20%	0,00%	0,00%	7,20%	10	-5,44	-10,69	-0,09	5,34	-6	-43,03%	-100,00%	-100,00%	287,15%
Υδροηλεκτρική	10,57%	6,75%	1,12%	2,70%	5	10,45%	0,00%	0,00%	10,45%	6	-0,12	-6,75	-1,12	7,75	-1	-1,11%	-100,00%	-100,00%	287,15%
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	9,42%	5,12%	1,47%	2,83%	6	10,96%	0,00%	0,00%	10,96%	4	1,54	-5,12	-1,47	8,13	2	16,31%	-100,00%	-100,00%	287,15%
Πυρηνική	8,26%	3,72%	1,45%	3,09%	7	11,96%	0,00%	0,00%	11,96%	2	3,70	-3,72	-1,45	8,87	5	44,83%	-100,00%	-100,00%	287,15%
Αεριοστρόβιλου με καύσιμο φ.α.	8,02%	4,22%	1,09%	2,71%	8	10,49%	0,00%	0,00%	10,49%	5	2,47	-4,22	-1,09	7,78	3	30,82%	-100,00%	-100,00%	287,15%
Πετρελαίου	6,25%	2,87%	1,11%	2,27%	9	8,79%	0,00%	0,00%	8,79%	7	2,54	-2,87	-1,11	6,52	2	40,61%	-100,00%	-100,00%	287,15%
Άνθρακα/Λιγνίτη	4,92%	1,60%	1,36%	1,96%	10	7,59%	0,00%	0,00%	7,59%	9	2,67	-1,60	-1,36	5,63	1	54,24%	-100,00%	-100,00%	287,15%



Σχήμα 4-46

Συγκριτική αξιολόγηση των κατατάξεων των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων ανά σενάριο με την μέθοδο AHP

4.3.2 Ανάλυση ευαισθησίας ανά τύπο ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας

Στην ανάλυση ευαισθησίας ανά τύπο ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας εξετάζεται η αξιολόγηση κάθε τύπου μονάδας ξεχωριστά ως προς το σύνολο των σεναρίων (τα επτά σενάρια ανάλυσης ευαισθησίας και το σενάριο αναφοράς). Αναλύεται ο βαθμός και ο τρόπος μεταβολής των αξιολογήσεων κάθε τύπου μονάδας για όλα τα σενάρια, δίνοντας μια ξεκάθαρη εικόνα στο λήπτη αποφάσεων για τις επιλογές που πρέπει να κάνει ανάλογα με τις προτεραιότητες που θέτει.

4.3.2.1 Ανάλυση ευαισθησίας μονάδων άνθρακα/λιγνίτη

Η παρουσίαση των συνολικών αξιολογήσεων για τις μονάδες άνθρακα/λιγνίτη στα επτά σενάρια που εξετάστηκαν στην ανάλυση ευαισθησίας και στο σενάριο αναφοράς γίνεται στο Σχήμα 4-47.

Η μεγαλύτερη αξιολόγηση για τις μονάδες άνθρακα/λιγνίτη προκύπτει στο σενάριο 5 με 12,99% και η μικρότερη στο σενάριο 2 με 2,51%. Η μέση τιμή αξιολογήσής τους για τα επτά εναλλακτικά σενάρια είναι 7,70% και ταυτίζεται με αυτή του σεναρίου 1, στο οποίο τα τρία βασικά κριτήρια έχουν ίση βαρύτητα. Η ποσοστιαία διαφορά της μεγαλύτερης από την μικρότερη αξιολόγηση σε όλα τα σενάρια είναι 417,53%, γεγονός που υποδηλώνει μεγάλη μεταβλητότητα στη συνολική βαθμολογία των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη ανάλογα με τις διαφοροποιήσεις των βαρών των τριών βασικών κριτηρίων.

Η καλύτερη θέση που καταλαμβάνουν οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη είναι η τρίτη στο σενάριο 5, στο οποίο επιτυγχάνουν και την μεγαλύτερη αξιολογήσή τους. Η χειρότερη είναι η δέκατη (τελευταία) θέση που έχουν οι μονάδες αυτές στο σενάριο αναφοράς καθώς και στα σενάρια 1, 2, 3 και 6. Στα οκτώ σενάρια που εξετάστηκαν (συμπεριλαμβανομένου και του σεναρίου αναφοράς) βρίσκονται από μια φορά στην τρίτη, έκτη και ένατη θέση και πέντε φορές στην δέκατη θέση.

Οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη επιτυγχάνουν την καλύτερή τους αξιολόγηση όταν απόλυτη προτεραιότητα (βάρος 100%) δίνεται στους τεχνολογικούς παράγοντες (σενάριο 5). Οι οικονομικοί παράγοντες αποτελούν το δεύτερο καλύτερο βασικό κριτήριο αξιολόγησης στο οποίο επιτυγχάνουν πολύ καλές επιδόσεις. Ως προς το βιοτικό επίπεδο έχουν τις χαμηλότερες επιδόσεις, με αποτέλεσμα όσο αυξάνεται το βάρος αυτού του κριτηρίου, τόσο να μειώνονται οι επιδόσεις τους. Χαρακτηριστικότερο παράδειγμα το σενάριο 2, στο οποίο το βιοτικό επίπεδο έχει βαρύτητα 100% και οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη εμφανίζουν την χειρότερη τους αξιολογήση μεταξύ όλων των σεναρίων.

4.3.2.2 Ανάλυση ευαισθησίας μονάδων πετρελαίου

Οι συνολικές αξιολογήσεις των μονάδων πετρελαίου στο σενάριο αναφοράς καθώς και στα επτά σενάρια που εξετάστηκαν στην ανάλυση ευαισθησίας παρουσιάζονται στο Σχήμα 4-48.

Οι μονάδες πετρελαίου παρουσιάζουν την μεγαλύτερη βαθμολογία τους στο σενάριο 5 με 10,60%. Αυτό καταδεικνύει τις πολύ καλές επιδόσεις τους στον τεχνολογικό τομέα. Πολύ καλές είναι οι επιδόσεις των μονάδων αυτών και στα σενάρια 6 και 7, στα οποία υπάρχει αυξημένη και απόλυτη βαρύτητα του κριτηρίου των οικονομικών παραγόντων. Αντίθετα, η χειρότερη αξιολόγησή τους με 4,51% παρατηρείται στο σενάριο 2 καθώς η λειτουργία των μονάδων αυτών έχει αρνητικές συνέπειες στο βιοτικό επίπεδο των κατοίκων των περιοχών στις οποίες είναι εγκατεστημένες. Η μέση τιμή των αξιολογήσεων τους για τα επτά εναλλακτικά σενάρια της ανάλυσης ευαισθησίας είναι 7,97%. Το ποσοστιαίο εύρος της διακύμανσης των βαθμολογιών των μονάδων πετρελαίου, δηλαδή της μεγαλύτερης από την μικρότερη είναι 135,03%, σημαντικά μικρότερη από εκείνη των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη.

Η καλύτερη θέση των μονάδων πετρελαίου είναι η έκτη που καταλαμβάνουν στο σενάριο 5, με βαρύτητα των τεχνολογικών παραγόντων 100%. Στην έβδομη θέση κατατάσσονται στο σενάριο 7 με τους οικονομικούς παράγοντες να έχουν απόλυτη βαρύτητα και στην όγδοη θέση στο σενάριο 6 με αυξημένη βαρύτητα των οικονομικών παραγόντων και μέτρια βαρύτητα για τα άλλα δύο κριτήρια. Σε πέντε σενάρια και πιο συγκεκριμένα στο σενάριο αναφοράς καθώς και στα σενάρια 1-4, οι μονάδες πετρελαίου βρίσκονται στην ένατη, δηλαδή την προτελευταία θέση της συνολικής κατάταξης.

Η αυξημένη βαρύτητα ενός ή του συνδυασμού των δύο κριτηρίων των τεχνολογικών και οικονομικών παραγόντων, όπως γίνεται στα σενάρια 4 έως 7 όπου το άθροισμα των βαρών των δύο αυτών κριτηρίων ξεπερνά το 80%, οδηγεί σε αξιολογήσεις άνω του 8,29% τις μονάδες πετρελαίου, άσχετα αν στο σενάριο 4 η αυξημένη βαθμολογία τους δεν συνοδεύεται από άνοδο στην συνολική κατάταξη. Αντίθετα η αύξηση του βάρους του βιοτικού επιπέδου οδηγεί σε μείωση της συνολικής αξιολόγησής τους, χωρίς ωστόσο να υποβιβάζονται στην συνολική κατάταξη αφού μείωση των βαθμολογιών τους στις συγκεκριμένες περιπτώσεις υφίστανται και οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη.

4.3.2.3 Ανάλυση ευαισθησίας μονάδων αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο

Η παρουσίαση των συνολικών αξιολογήσεων των μονάδων αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο στο σενάριο αναφοράς και στα επτά σενάρια που εξετάστηκαν στην ανάλυση ευαισθησίας γίνεται στο Σχήμα 4-49.

Η μεγαλύτερη αξιολόγηση των μονάδων αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο παρουσιάζεται στο σενάριο 7 με 10,49% και η μικρότερη στο σενάριο 2 με 6,62%. Είναι προφανές ότι οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο παρουσιάζουν μικρότερη διακύμανση των αξιολογήσεών τους σε σχέση με τις μονάδες άνθρακα/λιγνίτη και τις μονάδες πετρελαίου αφού η ποσοστιαία διαφορά της μεγαλύτερης από την μικρότερη βαθμολογία τους είναι 58,46%. Η μέση τιμή των αξιολογήσεων των μονάδων αυτού του τύπου όπως προκύπτει από τα επτά εναλλακτικά σενάρια της ανάλυσης ευαισθησίας είναι 9,17%.

Όσον αφορά την κατάταξη των μονάδων αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο, η καλύτερη θέση που καταλαμβάνουν είναι η πέμπτη στο σενάριο 7, στο οποίο έχουν και

την μεγαλύτερη αξιολόγησή τους. Σε όλα τα υπόλοιπα σενάρια οι θέσεις που καταλαμβάνουν οι μονάδες αυτού του τύπου είναι μεταξύ της έβδομης και της όγδοης. Πιο συγκεκριμένα την έβδομη θέση καταλαμβάνουν στα σενάρια 1,2,4,5 και 6 ενώ στην όγδοη βρίσκονται στο σενάριο 3 και στο σενάριο αναφοράς. Αξίζει να σημειωθεί ότι παρόλο που στα σενάρια 5 και 7 οι μονάδες πετρελαίου έχουν σχεδόν ταυτόσημες αξιολογήσεις με 10,41% και 10,49%, ωστόσο καταλαμβάνουν την έβδομη θέση στο πρώτο και την πέμπτη στο δεύτερο λόγω των ποικίλων διαφοροποιήσεων των βαθμολογιών των υπολοίπων τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων.

Οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο επιτυγχάνουν το μέγιστο των βαθμολογιών τους στα σενάρια 5 και 7 στα οποία απόλυτη προτεραιότητα με βάρος 100% δίνεται τους τεχνολογικούς παράγοντες ή τους οικονομικούς παράγοντες. Οι αξιολογήσεις τους αυτές μάλιστα είναι σχεδόν ταυτόσημες (περίπου 10,40%), όπως ταυτόσημες και υψηλές (περίπου 9,70%) είναι οι βαθμολογίες τους όταν ο συνδυασμός των βαρών των δύο αυτών κριτηρίων είναι 80%, δηλαδή 60% για τους τεχνολογικούς παράγοντες και 20% για τους οικονομικούς παράγοντες ή το αντίστροφο. Αντίθετα η αύξηση της βαρύτητας του κριτηρίου του βιοτικού επιπέδου πάνω από 60% οδηγεί σε αξιολογήσεις μικρότερες του 8,16%, καταδεικνύοντας τις άσχημες επιδόσεις και αυτού του τύπου ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας (όπως και των δύο προηγούμενων που εξετάστηκαν), ως προς το βιοτικό επίπεδο.

4.3.2.4 Ανάλυση ευαισθησίας μονάδων συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο

Η παρουσίαση των συνολικών αξιολογήσεων των μονάδων συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο στο σενάριο αναφοράς και στα επτά σενάρια που εξετάστηκαν στην ανάλυση ευαισθησίας γίνεται στο Σχήμα 4-50.

Οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο παρουσιάζουν την μεγαλύτερη μέγιστη και ελάχιστη αξιολόγηση (14,04% και 8,04%) μεταξύ όλων των μονάδων φυσικών καυσίμων και των πυρηνικών μονάδων σε όλα τα σενάρια που εξετάζονται. Η ποσοστιαία διαφορά μεταξύ της μέγιστης και ελάχιστης βαθμολογίας των μονάδων συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο είναι 74,62%. Η μέση τιμή αξιολόγησής των μονάδων αυτού του τύπου για τα επτά εναλλακτικά σενάρια της ανάλυσης ευαισθησίας είναι 11,01%.

Οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο καταλαμβάνουν την πρώτη θέση της κατάταξης και μάλιστα σε δύο σενάρια, το 4 και το 5 στα οποία το κριτήριο των τεχνολογικών παραγόντων έχει βάρος 60% και 100% αντίστοιχα. Είναι η μόνη μονάδα μεταξύ των μονάδων φυσικών καυσίμων και των πυρηνικών μονάδων που καταλαμβάνει την πρώτη θέση στη συνολική κατάταξη. Η χειρότερη θέση για τις μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο είναι η έκτη που καταλαμβάνουν στα σενάρια 2,3 και στο σενάριο αναφοράς. Την τέταρτη θέση της κατάταξης καταλαμβάνουν στα σενάρια 1,6 και 7.

Είναι προφανές τόσο από τις επιδόσεις (από 12,22% έως 14,04%), όσο και από την πρώτη θέση που καταλαμβάνουν οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο στα σενάρια 4 και 5, ότι οι επιδόσεις τους στον τομέα των τεχνολογικών παραγόντων είναι εξαιρετικές. Πολύ καλές είναι και οι επιδόσεις τους οι οποίες κυμαίνονται γύρω στο 11% στα δύο σενάρια αυξημένης και καθολικής βαρύτητας των οικονομικών παραγόντων. Την χαμηλότερη βαθμολογία τους οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο έχουν στο σενάριο 2, στο οποίο το βιοτικό επίπεδο έχει βάρος 100%. Κατά συνέπεια και οι μονάδες αυτές έχουν χαμηλότερες αξιολογήσεις ως προς το κριτήριο του βιοτικού επιπέδου, ωστόσο οι απώλειες τους είναι μικρότερες από εκείνες των υπολοίπων μονάδων φυσικών καυσίμων και των πυρηνικών μονάδων.

4.3.2.5 Ανάλυση ευαισθησίας πυρηνικών μονάδων

Στο Σχήμα 4-51 παρουσιάζονται οι συνολικές αξιολογήσεις των πυρηνικών μονάδων στο σενάριο αναφοράς και στα επτά σενάρια που εξετάστηκαν στην ανάλυση ευαισθησίας.

Η μεγαλύτερη αξιολόγηση των πυρηνικών μονάδων παρατηρείται στο σενάριο 5 με 13,85% και η μικρότερη στο σενάριο 2 με 5,84%. Η ποσοστιαία διαφορά ανάμεσα σε αυτές τις δύο τιμές είναι 137,16%. Η μέση τιμή αξιολόγησης των πυρηνικών μονάδων στα επτά εναλλακτικά σενάρια της ανάλυσης ευαισθησίας είναι 10,55%, η δεύτερη καλύτερη ανάμεσα στις μονάδες μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, μετά τις μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο.

Οι πυρηνικές μονάδες κατατάσσονται στην δεύτερη θέση της συνολικής κατάταξης σε τρία σενάρια, τα σενάρια 4,5 και 7. Στα σενάρια 4 και 5 βρίσκονται πίσω από τις μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο ενώ στο σενάριο 7 είναι ο δεύτερος τύπος καλύτερης ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας μετά τις αιολικές μονάδες. Χειρότερη θέση τους είναι η όγδοη στο σενάριο 2. Εκτός των παραπάνω περιπτώσεων, οι πυρηνικές μονάδες είναι στην τρίτη θέση στο σενάριο 6, στην έκτη θέση στο σενάριο 1 και στην έβδομη θέση στο σενάριο 3 και στο σενάριο αναφοράς.

Οι πυρηνικές μονάδες εμφανίζουν τις μεγαλύτερες αξιολογήσεις τους και τις καλύτερες θέσεις στην κατάταξη στα τρία σενάρια με αυξημένη βαρύτητα κυρίως των τεχνολογικών και δευτερευόντως των οικονομικών παραγόντων. Αυτά τα σενάρια έχουν αθροιστική βαρύτητα των δύο αυτών κριτηρίων πάνω από 80%. Αντίθετα οι επιδόσεις των πυρηνικών μονάδων είναι πολύ χαμηλότερες σε σενάρια με αυξημένη βαρύτητα του βιοτικού επιπέδου και κυρίως σε εκείνο με πλήρη προτεραιότητα στο κριτήριο αυτό (σενάριο 2), στο οποίο έχουν την χαμηλότερη βαθμολογία τους και την χειρότερη θέση στην συνολική κατάταξη μεταξύ όλων των σεναρίων.

4.3.2.6 Ανάλυση ευαισθησίας υδροηλεκτρικών μονάδων

Οι συνολικές αξιολογήσεις για τις υδροηλεκτρικές μονάδες στα επτά σενάρια που εξετάστηκαν στην ανάλυση ευαισθησίας και στο σενάριο αναφοράς παρουσιάζονται στο Σχήμα 4-52.

Οι αξιολογήσεις των υδροηλεκτρικών μονάδων, όπως έχει ήδη επισημανθεί, παρουσιάζουν μια εντυπωσιακή σταθερότητα ανεξάρτητα από τα βάρη των τριών βασικών κριτηρίων. Είναι ενδεικτικό ότι η μικρότερη αξιολόγησή τους είναι 10,45% στο σενάριο 7 και η μεγαλύτερη 10,70% στο σενάριο 5. Η ποσοστιαία διαφορά δηλαδή ανάμεσα στην μεγαλύτερη και την μικρότερη βαθμολογία τους είναι 2,39%. Η μέση τιμή αξιολόγησής τους για τα επτά εναλλακτικά σενάρια που εξετάστηκαν στην ανάλυση ευαισθησίας είναι 10,58% και ταυτίζεται με αυτή του σεναρίου 1, στο οποίο τα τρία βασικά κριτήρια έχουν ίση βαρύτητα.

Οι υδροηλεκτρικές μονάδες καταλαμβάνουν στο σενάριο αναφοράς και σε έξι από τα επτά εναλλακτικά σενάρια της ανάλυσης ευαισθησίας την πέμπτη θέση, η οποία είναι και η καλύτερή τους θέση μεταξύ όλων των σεναρίων. Την έκτη θέση, η οποία είναι και η χειρότερη τους θέση, καταλαμβάνουν μόνο στο σενάριο 7 στο οποίο σημειώνουν και την μικρότερή τους επίδοση με 10,45%. Στο σενάριο αυτό ωστόσο η βαθμολογία τους είναι σχεδόν ταυτόσημη με εκείνη των μονάδων συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο, οι οποίες με 10,49% κατατάσσονται στην πέμπτη θέση.

Οι υδροηλεκτρικές μονάδες αν και δεν παρουσιάζουν ουσιαστικές διαφοροποιήσεις στις αξιολογήσεις τους ως προς τα τρία βασικά κριτήρια, ωστόσο εμφανίζουν μια οριακή υπεροχή ως προς τους τεχνολογικούς παράγοντες και δεύτερες καλύτερες είναι οι επιδόσεις τους ως προς το κριτήριο του βιοτικού επιπέδου. Οι οριακά χειρότερες αξιολογήσεις τους παρατηρούνται ως προς το κριτήριο των οικονομικών παραγόντων στα σενάρια 6 και 7, στα οποία το κριτήριο αυτό έχει αυξημένη βαρύτητα.

4.3.2.7 Ανάλυση ευαισθησίας αιολικών μονάδων

Η παρουσίαση των συνολικών αξιολογήσεων για τις αιολικές μονάδες στα επτά σενάρια που εξετάστηκαν στην ανάλυση ευαισθησίας και στο σενάριο αναφοράς γίνεται στο Σχήμα 4-53.

Οι αιολικές μονάδες παρουσιάζουν την μεγαλύτερη βαθμολογία τους στο σενάριο 2 με 13,52% και την μικρότερη στο σενάριο 5 με 6,88%. Η ποσοστιαία διαφορά δηλαδή της μεγαλύτερης από την μικρότερη αξιολόγησή τους και στα οκτώ σενάρια είναι 96,51%. Η μέση τιμή των βαθμολογιών τους στα επτά σενάρια που παρουσιάστηκαν στην ανάλυση ευαισθησίας είναι 11,11%.

Οι αιολικές μονάδες καταλαμβάνουν την πρώτη θέση και μάλιστα δύο φορές στα σενάρια 6 και 7. Είναι αξιοσημείωτο πάντως ότι σε αυτά τα δύο σενάρια δεν επιτυγχάνουν την μέγιστη βαθμολογία τους, η οποία παρουσιάζεται στο σενάριο 2, στο οποίο καταλαμβάνουν την τέταρτη θέση. Εντυπωσιακό επίσης είναι το γεγονός ότι η βαθμολογία τους στο σενάριο 6 στο οποίο καταλαμβάνουν την πρώτη θέση, είναι η πέμπτη καλύτερη που επιτυγχάνουν μεταξύ των οκτώ σεναρίων. Οι αιολικές μονάδες βρίσκονται στην τρίτη θέση στα σενάρια 1, 3 και το σενάριο αναφοράς καθώς και στην όγδοη και ένατη θέση στα σενάρια 4 και 5 αντίστοιχα, στα οποία είναι αυξημένη η βαρύτητα των τεχνολογικών παραγόντων.

Οι αιολικές μονάδες αυξάνουν τις αξιολογήσεις τους στα σενάρια με αυξημένη βαρύτητα των κριτηρίων κυρίως του βιοτικού επιπέδου αλλά και των οικονομικών παραγόντων. Στα σενάρια όπου η αθροιστική βαρύτητα των δύο αυτών κριτηρίων ξεπερνά το 80% οι επιδόσεις των αιολικών μονάδων ξεπερνούν το 11,84%, με αποτέλεσμα να βρίσκονται στις πρώτες θέσεις της κατάταξης. Αντίθετα στα σενάρια 4 και 5 με αυξημένη βαρύτητα του κριτηρίου των τεχνολογικών παραγόντων πάνω από 60%, οι συνολικές αξιολογήσεις των αιολικών μονάδων είναι αρκετά χαμηλές με αποτέλεσμα να καταλαμβάνουν τις τελευταίες θέσεις στην συνολική κατάταξη.

4.3.2.8 Ανάλυση ευαισθησίας φωτοβολταϊκών μονάδων

Οι συνολικές αξιολογήσεις των φωτοβολταϊκών μονάδων στα επτά σενάρια που εξετάστηκαν στην ανάλυση ευαισθησίας και στο σενάριο αναφοράς παρουσιάζονται στο Σχήμα 4-54.

Η μεγαλύτερη αξιολόγηση των φωτοβολταϊκών μονάδων είναι 16,78% στο σενάριο 2 και αποτελεί τη μεγαλύτερη τιμή αξιολόγησης μεταξύ όλων των μονάδων σε όλα τα σενάρια που εξετάστηκαν. Η μικρότερη αξιολόγηση των φωτοβολταϊκών μονάδων είναι μόλις 0,86% στο σενάριο 5 και αποτελεί επίσης τη μικρότερη αξιολόγηση οποιουδήποτε τύπου μονάδας των οκτώ σεναρίων που αναλύθηκαν. Η εντυπωσιακή αυτή ποσοστιαία διαφορά της τάξης του 1851,16% μεταξύ μεγαλύτερης και μικρότερης βαθμολογίας των φωτοβολταϊκών μονάδων, αντικατοπτρίζει τις ακραίες αξιολογήσεις και την πολύ μεγάλη διακύμανση βαθμολογιών των μονάδων αυτών, ανάλογα με τη διαφοροποίηση της βαρύτητας των τριών βασικών κριτηρίων. Η μέση τιμή των αξιολογήσεων των φωτοβολταϊκών μονάδων στα επτά εναλλακτικά σενάρια της ανάλυσης ευαισθησίας είναι 8,28%.

Η εξαιρετικά μεγάλη διακύμανση των αξιολογήσεων των φωτοβολταϊκών μονάδων συνοδεύεται από ανάλογη διακύμανση στις θέσεις που καταλαμβάνουν αυτές στην συνολική κατάταξη. Πιο συγκεκριμένα οι φωτοβολταϊκές μονάδες είναι πρώτες στο σενάριο 2 και τελευταίες στα σενάρια 4,5 και 7. Στην τέταρτη θέση βρίσκονται στο σενάριο 3 και το σενάριο αναφοράς, στην όγδοη στο σενάριο 1 και στην ένατη στο σενάριο 6.

Είναι προφανές ότι αύξηση της βαρύτητας του κριτηρίου του βιοτικού επιπέδου οδηγεί σε εξαιρετικά υψηλές συνολικές αξιολογήσεις των φωτοβολταϊκών μονάδων, οι οποίες συνοδεύονται από ανάλογες θέσεις στην συνολική κατάταξη. Στα σενάρια με βαρύτητα του βιοτικού επιπέδου πάνω από 60% οι φωτοβολταϊκές μονάδες εμφανίζουν βαθμολογίες πάνω από 11,68% και κατατάσσονται μέσα στις τέσσερις πρώτες θέσεις της κατάταξης. Αντίθετα σε σενάρια με αυξημένη βαρύτητα κυρίως των τεχνολογικών παραγόντων και δευτερευόντως των οικονομικών παραγόντων παρουσιάζουν εντυπωσιακή πτώση των συνολικών τους αξιολογήσεων καταλήγοντας στις τελευταίες θέσεις της κατάταξης.

4.3.2.9 Ανάλυση ευαισθησίας μονάδων βιομάζας

Η παρουσίαση των συνολικών αξιολογήσεων για τις μονάδες βιομάζας στα επτά σενάρια που εξετάστηκαν στην ανάλυση ευαισθησίας και στο σενάριο αναφοράς γίνεται στο Σχήμα 4-55.

Και οι μονάδες βιομάζας, όπως και οι περισσότεροι τύποι ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων που βασίζονται σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, παρουσιάζουν την μεγαλύτερη αξιολόγησή τους στο σενάριο 2 με 15,48%. Η χειρότερη επίδοσή τους είναι με 8,32% στο σενάριο 7. Η ποσοστιαία διακύμανση μεταξύ μεγαλύτερης και μικρότερης αξιολόγησης είναι 86,06%, ενώ η μέση τιμή βαθμολογίας των μονάδων βιομάζας στα επτά εναλλακτικά σενάρια της ανάλυσης ευαισθησίας είναι 11,50%.

Οι μονάδες βιομάζας βρίσκονται στη δεύτερη θέση της κατάταξης των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων, η οποία είναι και η καλύτερή τους θέση, στο σενάριο αναφοράς και τα σενάρια 1 και 3. Χειρότερη θέση τους είναι η όγδοη, την οποία καταλαμβάνουν στο σενάριο 7. Ενδιάμεσα βρίσκονται στην τρίτη θέση στα σενάρια 2 και 4, την τέταρτη θέση στο σενάριο 5 και την έκτη στο σενάριο 6.

Οι μονάδες βιομάζας ανεβάζουν την συνολική τους βαθμολογία πάνω από 13,09% και κατατάσσονται στην δεύτερη ή τρίτη θέση της κατάταξης σε όλα τα σενάρια εκείνα στα οποία η βαρύτητα του κριτηρίου του βιοτικού επιπέδου είναι πάνω από 60%. Στα σενάρια αυξημένης βαρύτητας των τεχνολογικών παραγόντων (σενάρια 4 και 5) επιτυγχάνουν ικανοποιητικές αποδόσεις 11,18% και 10,70% αντίστοιχα και βρίσκονται στην τρίτη και τέταρτη θέση. Οι χειρότερες συνολικές αξιολογήσεις και θέσεις στην κατάταξη παρουσιάζονται στα σενάρια αυξημένης βαρύτητας των οικονομικών παραγόντων και κυρίως στο σενάριο 7, στο οποίο το κριτήριο αυτό έχει βαρύτητα 100%.

4.3.2.10 Ανάλυση ευαισθησίας γεωθερμικών μονάδων

Οι συνολικές αξιολογήσεις για τις γεωθερμικές μονάδες στα επτά σενάρια που εξετάστηκαν στην ανάλυση ευαισθησίας και στο σενάριο αναφοράς παρουσιάζονται στο Σχήμα 4-56.

Η μεγαλύτερη αξιολόγηση για τις γεωθερμικές μονάδες με 16,11% εμφανίζεται στο σενάριο 2, στο οποίο το κριτήριο του βιοτικού επιπέδου έχει τη μέγιστη βαρύτητα (βάρος 100%). Αντίθετα η πιο μικρή βαθμολογία τους σημειώνεται στο σενάριο 5 με 8,98%. Η ποσοστιαία διαφορά των δύο αυτών τιμών είναι 79,40%, η δεύτερη μικρότερη ανάμεσα στις μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μετά τις υδροηλεκτρικές μονάδες που παρουσιάζουν ελάχιστη διακύμανση των αξιολογήσεών τους σε όλα τα σενάρια. Η μέση τιμή των αξιολογήσεων των γεωθερμικών μονάδων στα επτά σενάρια της ανάλυσης ευαισθησίας είναι 12,13%.

Οι γεωθερμικές μονάδες βρίσκονται στην πρώτη θέση της κατάταξης στο σενάριο αναφοράς και τα σενάρια 1 και 3. Χειρότερη θέση τους είναι η όγδοη την οποία καταλαμβάνουν στο σενάριο 5. Εκτός των παραπάνω, οι γεωθερμικές μονάδες

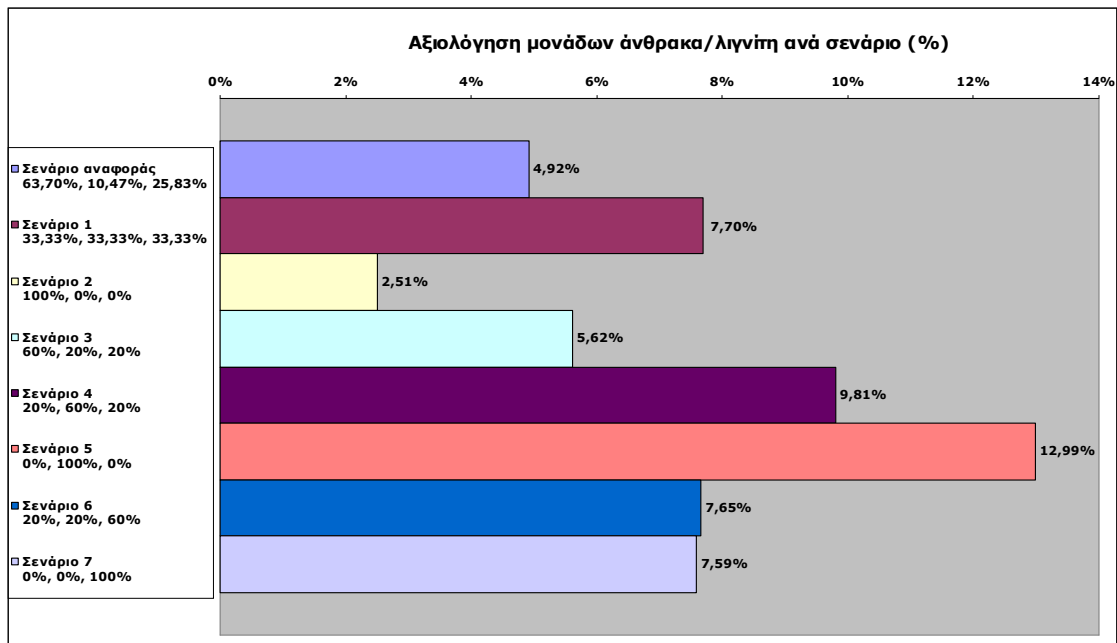
βρίσκονται στην δεύτερη θέση στα σενάρια 2 και 6, στην τρίτη θέση στο σενάριο 7 και στην τέταρτη θέση στο σενάριο 4.

Το βιοτικό επίπεδο είναι το δυνατό σημείο των γεωθερμικών μονάδων που επιτυγχάνουν υψηλές συνολικές αξιολογήσεις καθώς και θέσεις στην κατάταξη, όταν η βαρύτητα του κριτηρίου αυτού αυξάνεται. Όταν το βάρος του βιοτικού επιπέδου υπερβαίνει το 60% (σενάριο αναφοράς και σενάρια 2 και 3), οι αξιολογήσεις των γεωθερμικών μονάδων είναι πάνω από 13,72%, τιμή μεγαλύτερη από όλες τις αντίστοιχες περιπτώσεις των υπολοίπων μονάδων. Αυτό καταδεικνύει ότι οι γεωθερμικές μονάδες, αν και δεν έχουν την μεγαλύτερη απόλυτη αξιολόγηση ως προς το βιοτικό επίπεδο (οι φωτοβολταϊκές μονάδες είναι πρώτες όταν το κριτήριο αυτό έχει βαρύτητα 100%), παρουσιάζουν ωστόσο πιο ισόρροπη αξιολόγηση ως προς τα άλλα δύο βασικά κριτήρια, με αποτέλεσμα να έχουν καλύτερες συνολικές αξιολογήσεις και θέσεις από κάθε άλλη μονάδα στην πλειονότητα των σεναρίων. Εκτός των σεναρίων αυξημένης βαρύτητας του βιοτικού επιπέδου, τις καλύτερες αξιολογήσεις και θέσεις στην κατάταξη οι γεωθερμικές μονάδες επιτυγχάνουν στα σενάρια αυξημένης βαρύτητας των οικονομικών παραγόντων και ακολουθούν τα αντίστοιχα σενάρια των τεχνολογικών παραγόντων.

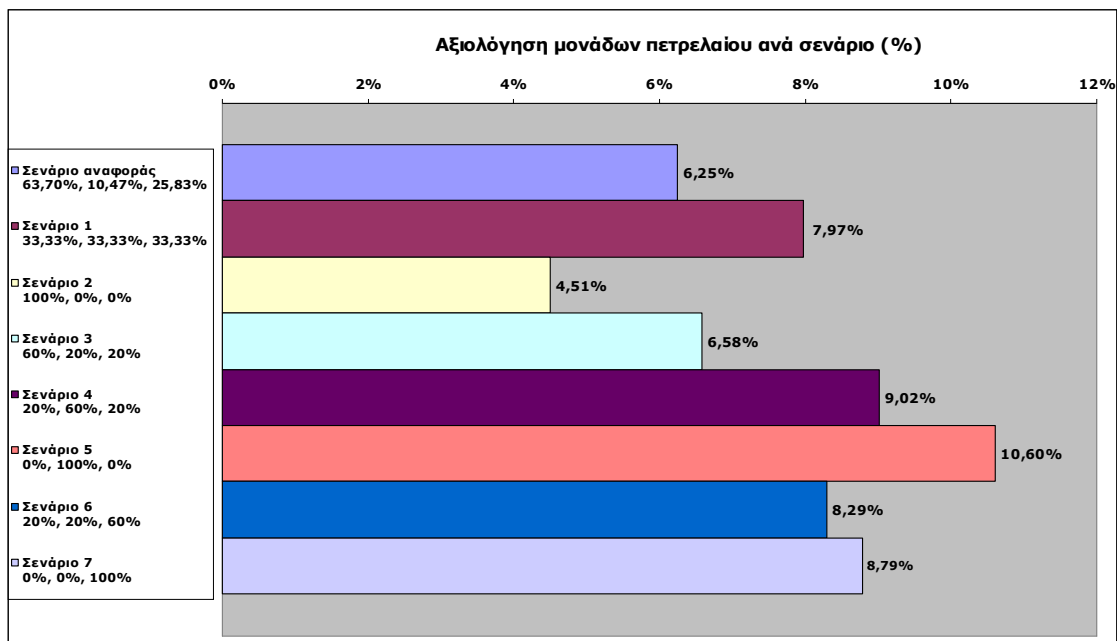
4.3.2.11 Σύγκριση ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων στην ανάλυση ευαισθησίας

Κατά κανόνα οι μονάδες φυσικών καυσίμων και οι πυρηνικές μονάδες παρουσιάζουν βελτιωμένες αξιολογήσεις και θέσεις στην κατάταξη στα σενάρια αυξημένης βαρύτητας των τεχνολογικών και οικονομικών παραγόντων. Αντίθετα οι μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας υπερτερούν σημαντικά στα σενάρια εκείνα όπου δίνεται πρώτη προτεραιότητα στο κριτήριο του βιοτικού επιπέδου.

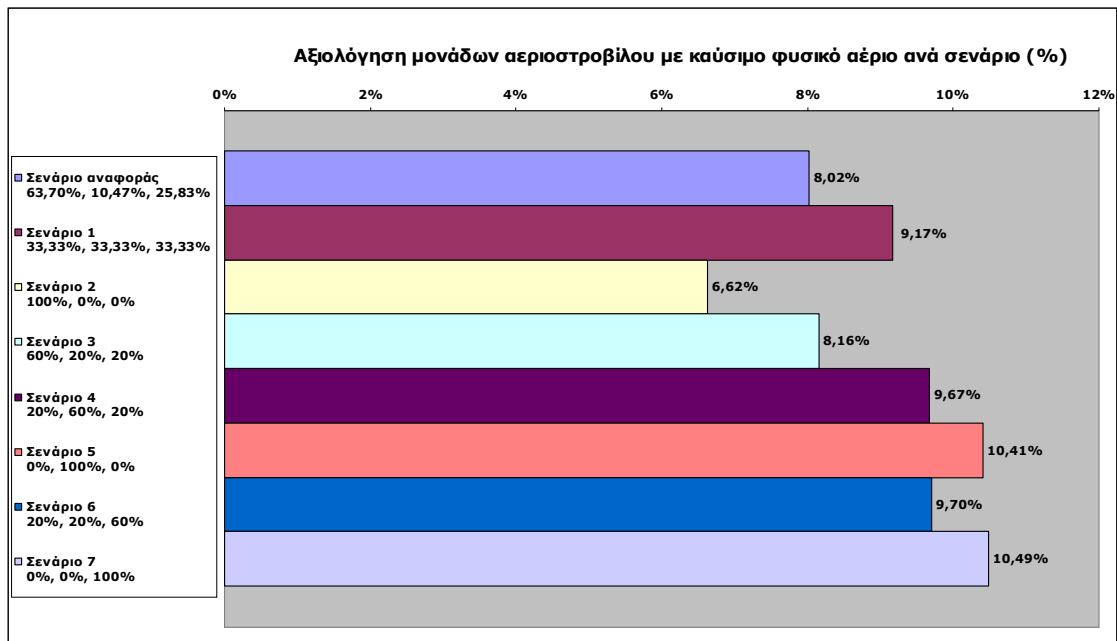
Στην πλειονότητα των περιπτώσεων τις μεγαλύτερες αξιολογήσεις σημειώνουν οι γεωθερμικές μονάδες, οι οποίες βρίσκονται στην πρώτη θέση σε δύο από τα επτά σενάρια της ανάλυσης ευαισθησίας. Στην πρώτη θέση βρίσκονται επίσης από δύο φορές οι αιολικές μονάδες και οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο, οι οποίες είναι οι μόνες μονάδες μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που φθάνουν στην κορυφή της συνολικής κατάταξης. Τέλος μία φορά βρίσκονται στην πρώτη θέση οι φωτοβολταϊκές μονάδες, οι οποίες παρουσιάζουν την μεγαλύτερη διακύμανση τιμών και σε αρκετές περιπτώσεις καταλήγουν στις τελευταίες θέσεις της κατάταξης. Οι μονάδες βιομάζας εμφανίζουν πολύ υψηλές επιδόσεις και θέσεις στην κατάταξη στην πλειονότητα των σεναρίων. Οι υδροηλεκτρικές μονάδες παρουσιάζουν εξαιρετική σταθερότητα βαθμολογιών ανεξάρτητα από την βαρύτητα των τριών βασικών κριτηρίων και καταλαμβάνουν την πέμπτη θέση σε έξι από τα επτά σενάρια. Οι πυρηνικές μονάδες βρίσκονται τρεις φορές στην δεύτερη θέση σε σενάρια αυξημένης βαρύτητας των τεχνολογικών και οικονομικών παραγόντων ενώ πέφτουν αρκετά χαμηλότερα σε σενάρια όπου προτεραιότητα δίνεται στο βιοτικό επίπεδο. Τέλος οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο, οι μονάδες πετρελαίου και οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη βρίσκονται στην πλειονότητα των σεναρίων στις τρεις τελευταίες θέσεις της κατάταξης, με ελάχιστες εξαιρέσεις σε σενάρια όπου προτεραιότητα δίνεται στους τεχνολογικούς και οικονομικούς παράγοντες. Η συγκριτική αξιολόγηση των κατατάξεων ανά τύπο ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας με την μέθοδο AHP απεικονίζεται στο Σχήμα 4-57.



Σχήμα 4-47
Αξιολόγηση μονάδων άνθρακα/λιγνίτη ανά σενάριο

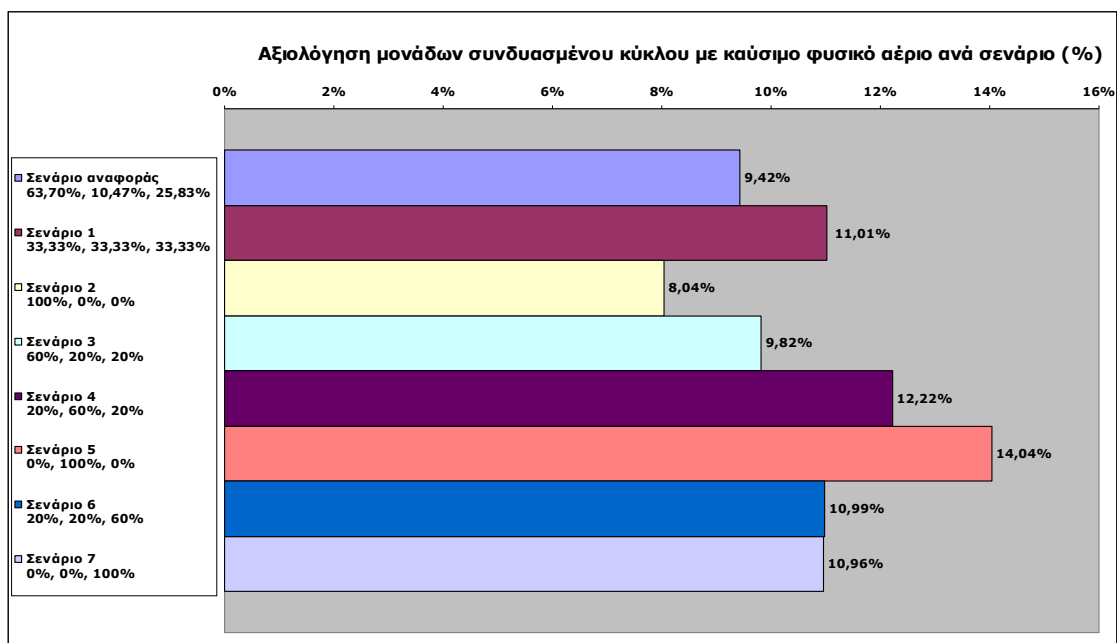


Σχήμα 4-48
Αξιολόγηση μονάδων πετρελαίου ανά σενάριο



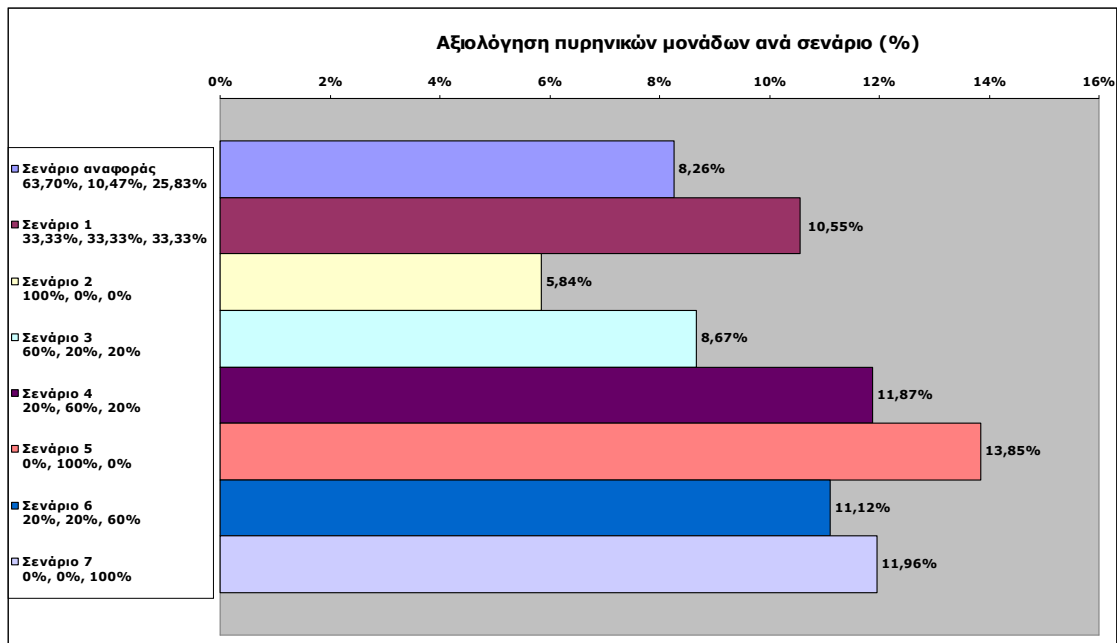
Σχήμα 4-49

Αξιολόγηση μονάδων αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο ανά σενάριο

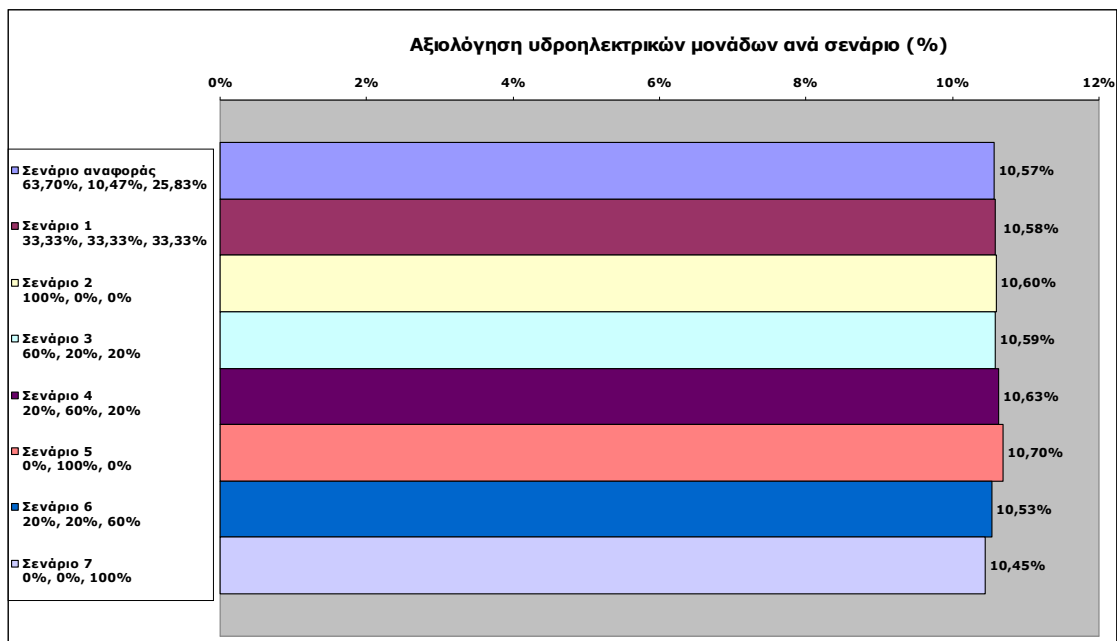


Σχήμα 4-50

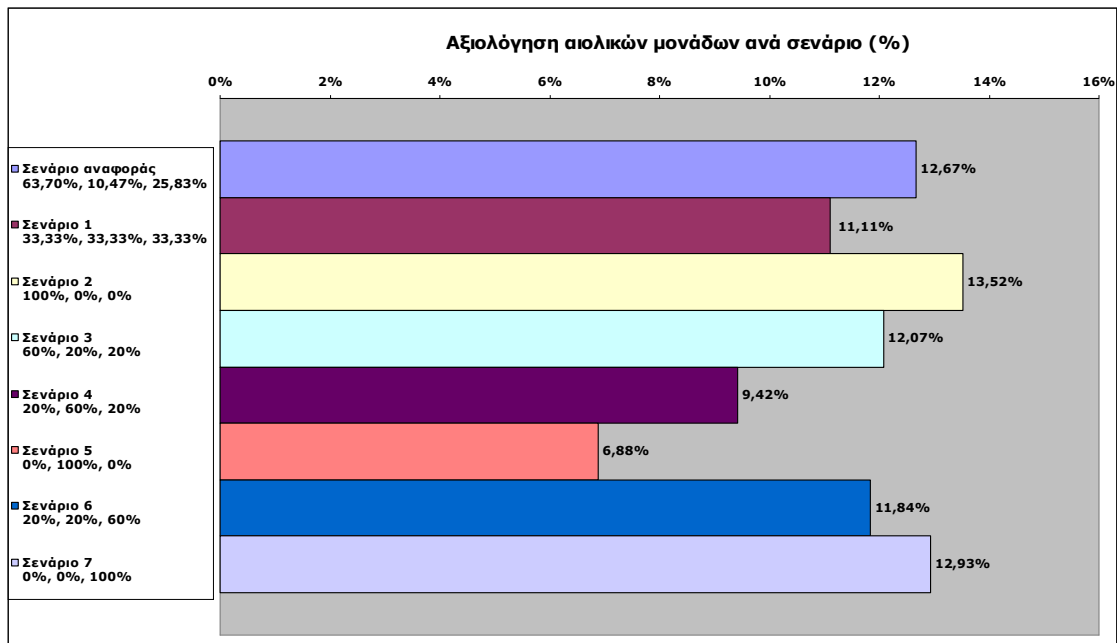
Αξιολόγηση μονάδων συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο ανά σενάριο



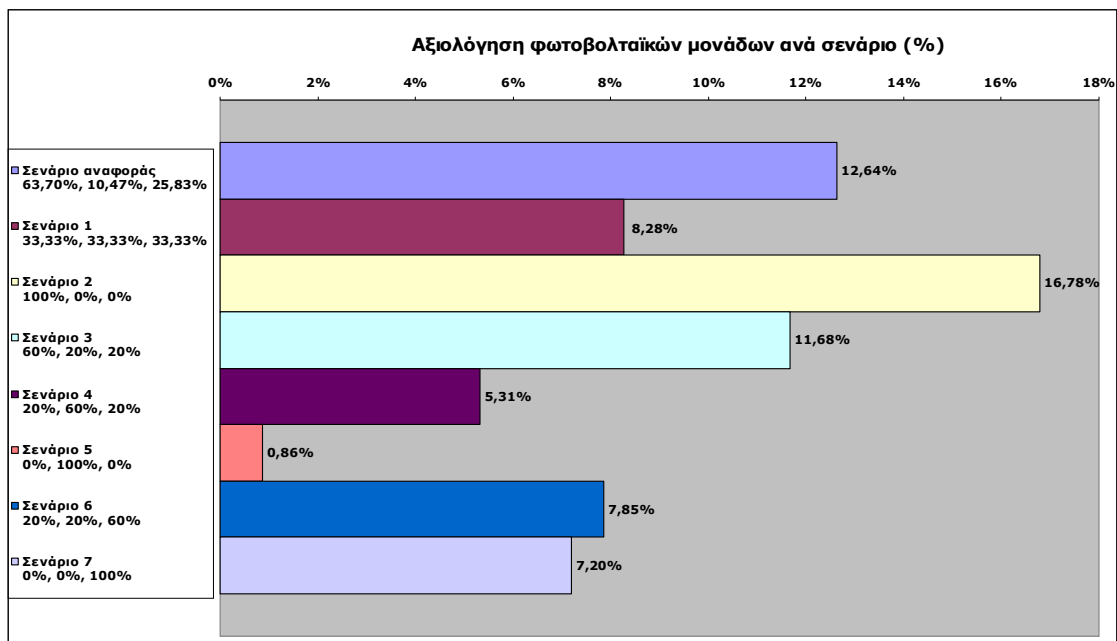
Σχήμα 4-51
Αξιολόγηση πυρηνικών μονάδων ανά σενάριο



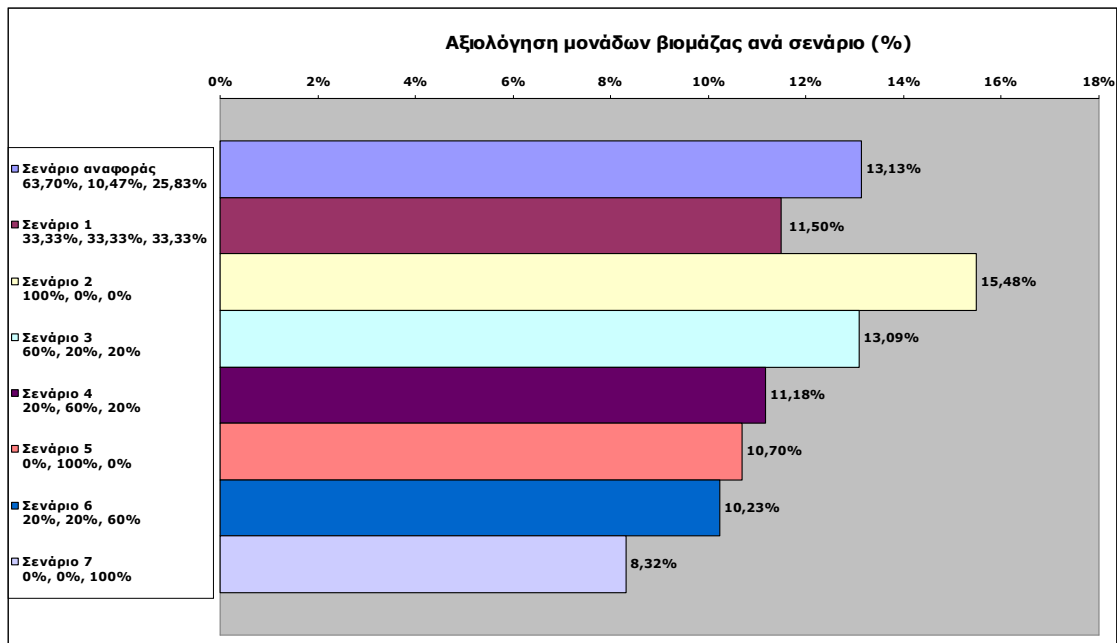
Σχήμα 4-52
Αξιολόγηση υδροηλεκτρικών μονάδων ανά σενάριο



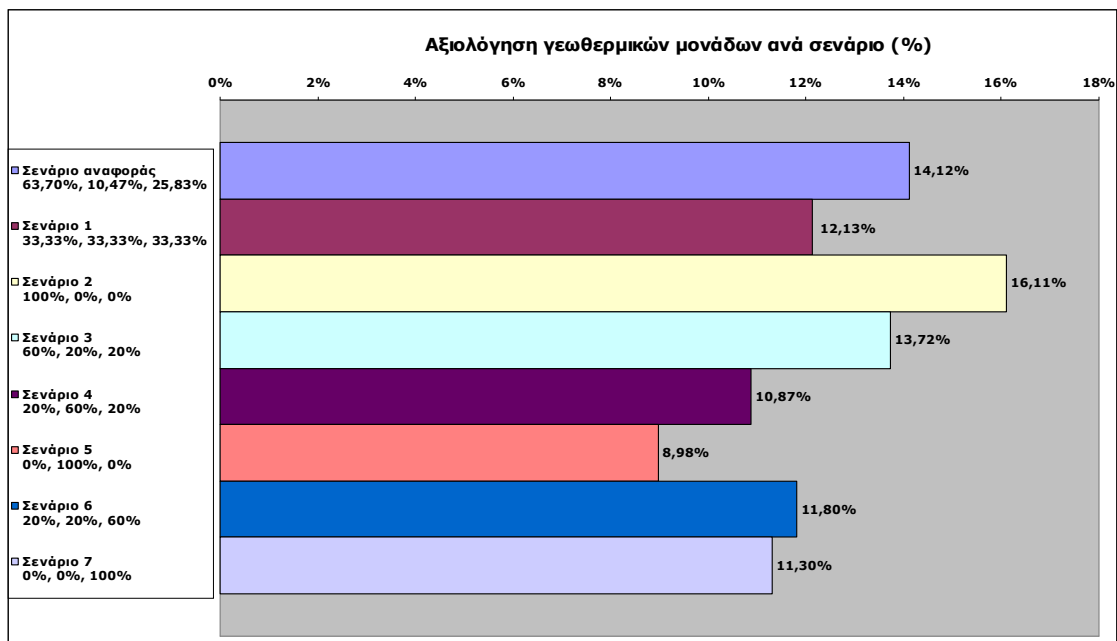
Σχήμα 4-53
Αξιολόγηση αιολικών μονάδων ανά σενάριο



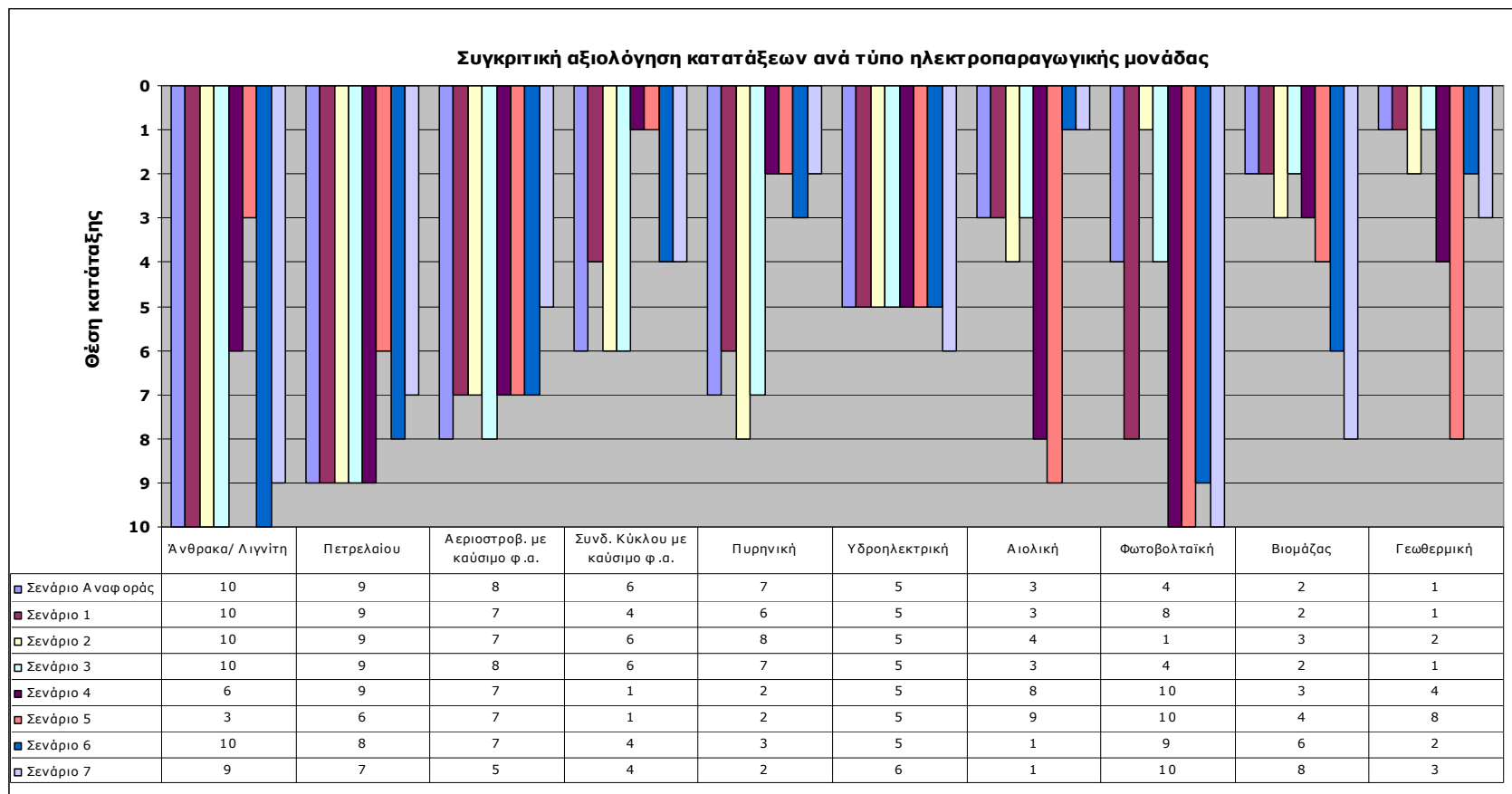
Σχήμα 4-54
Αξιολόγηση φωτοβολταϊκών μονάδων ανά σενάριο



Σχήμα 4-55
Αξιολόγηση μονάδων βιομάζας ανά σενάριο



Σχήμα 4-56
Αξιολόγηση γεωθερμικών μονάδων ανά σενάριο



Σχήμα 4-57

Συγκριτική αξιολόγηση των κατατάξεων ανά τύπο ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας με την μέθοδο AHP

Κεφάλαιο 5

Promethee

Στο κεφάλαιο 5 παρουσιάζεται η πολυκριτηριακή μέθοδος PROMETHEE. Αρχικά περιγράφεται η μέθοδος και οι έξι τύποι γενικευμένων κριτηρίων που θα χρησιμοποιηθούν καθώς και οι έννοιες των κατωφλίων προτίμησης και αδιαφορίας. Για κάθε σενάριο εφαρμόζονται και οι έξι τύποι γενικευμένων κριτηρίων ενώ εξάγεται και ο μέσος όρος των καθαρών ροών που προκύπτουν από την εφαρμογή των κριτηρίων αυτών.

5.1 Μέθοδοι υπεροχής

Η *PROMETHEE (Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluation)* ανήκει στις μεθόδους υπεροχής (outranking methods) και έχει δύο βασικές παραλλαγές την PROMETHEE I και την PROMETHEE II [43, 44]. Διάφορες προσαρμογές της μεθόδου καθώς και ο συνδυασμός της με άλλες τεχνικές έχουν επίσης προταθεί για την αντιμετώπιση προβλημάτων με ειδικά χαρακτηριστικά [119, 156, 180, 240].

Οι μέθοδοι υπεροχής (outranking methods) βασίζονται στην αρχή της υπεροχής μιας λύσης A σε σχέση με μια λύση B η οποία βασίζεται στην σύγκριση κατά ζεύγη μεταξύ τους ως προς τα κριτήρια αξιολόγησης. Εάν η εναλλακτική λύση A είναι καλύτερη από την εναλλακτική λύση B σε μια σειρά κριτηρίων με μεγάλη βαρύτητα και δεν υστερεί σημαντικά της B ως προς κάποιο κριτήριο, τότε η A επικρατεί της B. Η λεκτική αυτή περιγραφή περιγράφεται μέσω διαφορετικών μαθηματικών μοντέλων και οι κυριότεροι εκφραστές της είναι οι μέθοδοι PROMETHEE και ELECTRE με τις παραλλαγές τους.

Ο βαθμός υπεροχής ή υστέρησης μίας εναλλακτικής λύσης A ως προς μία άλλη εναλλακτική λύση B με αναφορά σε ένα συγκεκριμένο κριτήριο περιγράφεται συνήθως με την απόκλιση των αξιολογήσεών τους ως προς κάποιες τιμές κατωφλίου (threshold values). Το *κατώφλι αδιαφορίας (indifference threshold)* ορίζεται ως η μέγιστη τιμή

διαφοράς των αξιολογήσεων δύο λύσεων ως προς ένα συγκεκριμένο κριτήριο κάτω από την οποία δεν προκύπτει καμία προτίμηση για το λήπτη αποφάσεων ως προς μία από τις δύο λύσεις που εξετάζονται. Το **κατώφλι προτίμησης (preference threshold)** ορίζεται ως η ελάχιστη τιμή διαφοράς πάνω από την οποία υπάρχει απόλυτη προτίμηση της μίας από τις δύο λύσεις που αξιολογούνται ως προς ένα συγκεκριμένο κριτήριο. Είναι προφανές ότι η τιμή του κατωφλίου προτίμησης είναι μεγαλύτερη ή ίση της τιμής του κατωφλίου αδιαφορίας. Μεταξύ των δύο αυτών τιμών κατωφλίων μπορεί να οριστεί **ενδιάμεσος βαθμός (ασθενής) προτίμησης** της μίας από τις δύο εναλλακτικές λύσεις ως προς το συγκεκριμένο κριτήριο.

Οι μέθοδοι υπεροχής παράγουν συνήθως μία κατάταξη των εναλλακτικών λύσεων η οποία μπορεί να μην είναι απόλυτη εάν κάποιες εναλλακτικές λύσεις δεν είναι συγκρίσιμες μεταξύ τους με βάση τα υπάρχοντα δεδομένα. Ο ορισμός των τιμών κατωφλίου αδιαφορίας και προτίμησης είναι υποκειμενικός και καθοριστικός για την τελική κατάταξη των εναλλακτικών λύσεων.

5.2 Περιγραφή της μεθόδου PROMETHEE

Θεωρούμε το πολυκριτηριακό πρόβλημα το οποίο περιγράφεται από την ακόλουθη σχέση

$$\text{Max} \{ f_1(a), \dots, f_k(a) \mid a \in K \} \quad (5-1)$$

όπου K είναι ένα πεπερασμένο σύνολο εναλλακτικών λύσεων και f_i , ($i=1, \dots, k$), είναι η συνάρτηση αξιολόγησης κάθε εναλλακτικής λύσης $a \in K$ για την οποία ισχύει:

$$f : K \rightarrow R \quad (5-2)$$

Στην παραπάνω σχέση (5-2) αντί του συνόλου των πραγματικών αριθμών R μπορεί να είναι οποιοδήποτε άλλο διατεταγμένο σύνολο.

Για την σύγκριση δύο εναλλακτικών λύσεων $a, b \in K$, είναι απαραίτητη η δυνατότητα αξιολόγησης αυτών των λύσεων με την έκφραση προτίμησης. Κατά συνέπεια ορίζεται η **συνάρτηση προτίμησης (preference function) P** για την οποία ισχύει:

$$P : K \times K \rightarrow (0,1) \quad (5-3)$$

Η συνάρτηση προτίμησης εκφράζει τον βαθμό προτίμησης της εναλλακτικής λύσης a ως προς την b , σύμφωνα με τις ακόλουθες σχέσεις:

$$P(a,b) = 0 \quad (5-4)$$

ερμηνεύεται ως αδιαφορία (indifference) της a σε σχέση με την b

$$P(a,b) \sim 0 \quad (5-5)$$

ερμηνεύεται ως ασθενής προτίμηση (weak preference) της a σε σχέση με την b

$$P(a,b) \sim 1 \quad (5-6)$$

ερμηνεύεται ως ισχυρή προτίμηση (strong preference) της a σε σχέση με την b

$$P(a,b) = 1 \quad (5-7)$$

ερμηνεύεται ως απόλυτη προτίμηση (strict preference) της a σε σχέση με την b

Στην πράξη, η συνάρτηση προτίμησης συνήθως εκφράζεται ως η διαφορά των αξιολογήσεων των δύο εναλλακτικών λύσεων, δηλαδή δίνεται από τη σχέση

$$P(a,b) = P(f(a) - f(b)) \quad (5-8)$$

Εάν ορίσουμε ως d την διαφορά των αξιολογήσεων των δύο εναλλακτικών λύσεων, τότε ισχύει:

$$d = f(a) - f(b) \quad (5-9)$$

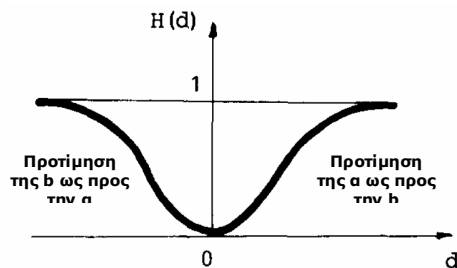
και η παραπάνω σχέση γράφεται ως εξής:

$$P(a,b) = P(d) \quad (5-10)$$

Με βάση τα παραπάνω ορίζεται η συνάρτηση $H(d)$, η οποία συνδέεται απευθείας με την συνάρτηση προτίμησης P ως εξής:

$$H(d) = \begin{cases} P(a,b), & d \geq 0 \\ P(b,a), & d \leq 0 \end{cases} \quad (5-11)$$

Η γραφική απεικόνιση της συνάρτησης αυτής γίνεται στο Σχήμα 5-1.



Σχήμα 5-1

Γραφική παράσταση της συνάρτησης $H(d)$

5.2.1 Γενικευμένα κριτήρια (Generalized criteria)

Για κάθε κριτήριο f προσδιορίζεται ένα *γενικευμένο κριτήριο (generalized criterion)*, το οποίο ορίζεται από το κριτήριο f και μία αντίστοιχη συνάρτηση προτίμησης P . Ο αριθμός των γενικευμένων κριτηρίων που μπορούν να οριστούν είναι μεγάλος, ωστόσο έξι τύποι γενικευμένων κριτηρίων θεωρείται ότι καλύπτουν ικανοποιητικά την πλειονότητα των πρακτικών περιπτώσεων [44]. Οι έξι αυτοί τύποι γενικευμένων κριτηρίων περιγράφονται στις ενότητες 5.2.1.1 έως 5.2.1.6.

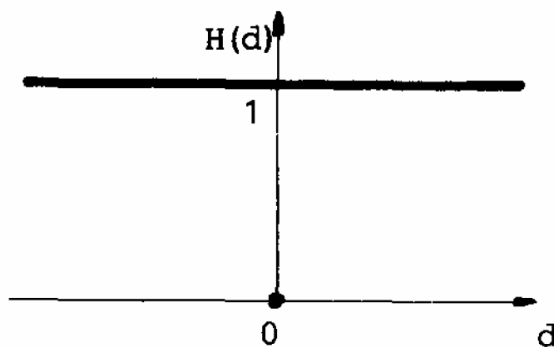
5.2.1.1 Συνηθισμένο κριτήριο (Usual criterion)

Στο συνηθισμένο κριτήριο, υπάρχει αδιαφορία μεταξύ των δύο εναλλακτικών λύσεων a και b μόνο όταν $f(a)=f(b)$, δηλαδή όταν οι αξιολογήσεις των δύο λύσεων ως προς το συγκεκριμένο κριτήριο συμπίπτουν. Σε κάθε άλλη περίπτωση ο λήπτης αποφάσεων έχει απόλυτη προτίμηση για την εναλλακτική λύση με τη μεγαλύτερη αξιολόγηση ως προς το κριτήριο. Ισχύει δηλαδή η σχέση

$$H(d) = \begin{cases} 0 & \text{εάν } d = 0 \\ 1 & \text{εάν } d \neq 0 \end{cases} \quad (5-12)$$

Στο συνηθισμένο κριτήριο καμία παράμετρος δεν χρειάζεται να προσδιοριστεί σε αντίθεση με τους υπόλοιπους πέντε τύπους που περιγράφονται παρακάτω και απαιτούν τον προσδιορισμό μίας έως δύο παραμέτρων.

Η γραφική παράσταση της σχέσης (5-12) απεικονίζεται στο Σχήμα 5-2.



Σχήμα 5-2

Γραφική παράσταση για το συνηθισμένο κριτήριο

5.2.1.2 Φαινομενικό κριτήριο (Quasi-criterion)

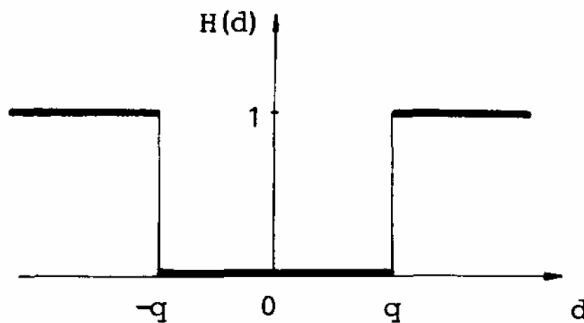
Το φαινομενικό κριτήριο εξετάζει εάν η διαφορά των αξιολογήσεων των δύο λύσεων a και b , δηλαδή η τιμή του d είναι μικρότερη από την τιμή q που αποτελεί το *κατώφλι αδιαφορίας (indifference threshold)* και ορίζεται από το λήπτη αποφάσεων. Εάν αυτό ισχύει τότε οι δύο λύσεις είναι αδιάφορες, ενώ στην περίπτωση που η τιμή του d είναι

μεγαλύτερη από την τιμή του q τότε υπάρχει απόλυτη προτίμηση ως προς την λύση με την μεγαλύτερη αξιολόγηση. Μαθηματικά το φαινομενικό κριτήριο περιγράφεται από τη σχέση

$$H(d) = \begin{cases} 0 & \text{εάν } -q \leq d \leq q \\ 1 & \text{εάν } d < -q \text{ ή } d > q \end{cases} \quad (5-13)$$

Για την εφαρμογή του φαινομενικού κριτηρίου ο λήπτης αποφάσεων αρκεί να ορίσει την τιμή του κατωφλίου αδιαφορίας q . Η τιμή αυτή είναι ουσιαστικά η διαφορά που αφήνει αδιάφορο τον λήπτη αποφάσεων μεταξύ δύο εναλλακτικών λύσεων, ενώ η υπέρβαση αυτής της διαφοράς τον οδηγεί σε απόλυτη προτίμηση της λύσης με την μεγαλύτερη αξιολόγηση.

Η σχέση (5-13) απεικονίζεται γραφικά στο Σχήμα 5-3.



Σχήμα 5-3

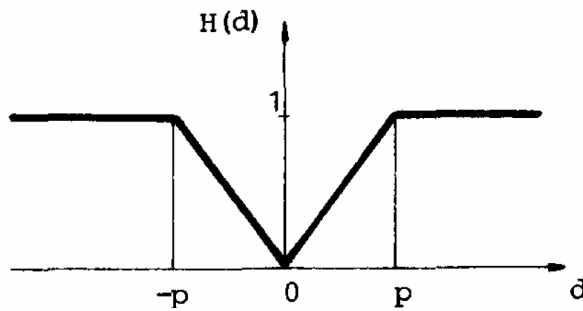
Γραφική παράσταση για το φαινομενικό κριτήριο

5.2.1.3 Κριτήριο με γραμμική προτίμηση (Criterion with linear preference)

Σε αυτό το κριτήριο ορίζεται αρχικά η τιμή του *κατωφλίου προτίμησης (preference threshold) p* . Όσο η απόλυτη τιμή του d είναι μικρότερη της τιμής του p , η προτίμηση του λήπτη αποφάσεων αυξάνει γραμμικά με την τιμή του d . Όταν η απόλυτη τιμή του d γίνει μεγαλύτερη της τιμής του p , υπάρχει απόλυτη προτίμηση. Μαθηματικά το κριτήριο με γραμμική προτίμηση περιγράφεται από τη σχέση

$$H(d) = \begin{cases} d/p & \text{εάν } -p \leq d \leq p \\ 1 & \text{εάν } d < -p \text{ ή } d > p \end{cases} \quad (5-14)$$

Η σχέση (5-14) απεικονίζεται γραφικά στο Σχήμα 5-4.



Σχήμα 5-4

Γραφική παράσταση για το κριτήριο με γραμμική προτίμηση

Για την εφαρμογή αυτού του τύπου κριτηρίου ο λήπτης αποφάσεων πρέπει να προσδιορίσει την τιμή του κατωφλίου προτίμησης (p), η οποία είναι η ελάχιστη τιμή του d πάνω από την οποία υπάρχει απόλυτη προτίμηση για μία από τις δύο εναλλακτικές λύσεις.

Οι δύο παραπάνω τύποι γενικευμένων κριτηρίων χρησιμοποιούν δύο είδη τιμών κατωφλίου:

- το κατώφλι αδιαφορίας (indifference threshold) q , το οποίο αντιστοιχεί στην μέγιστη απόλυτη τιμή του d κάτω από την οποία υπάρχει αδιαφορία μεταξύ των δύο εναλλακτικών λύσεων
- το κατώφλι προτίμησης (preference threshold) p , το οποίο αντιστοιχεί στην ελάχιστη απόλυτη τιμή του d πάνω από την οποία υπάρχει απόλυτη προτίμηση για μία εναλλακτική λύση

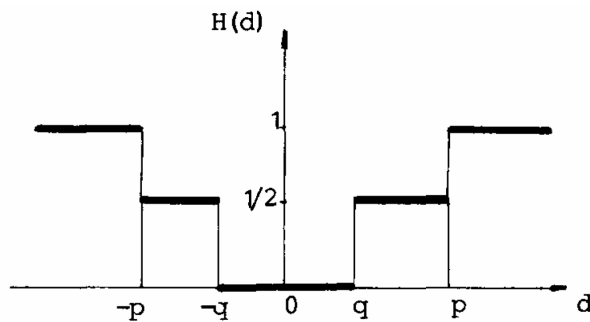
Οι τιμές των δύο παραπάνω κατωφλίων δεν ταυτίζονται κατανάγκη και συνεπώς μεταξύ των δύο παραπάνω «ακραίων» καταστάσεων μπορεί να υπάρξει ασθενής προτίμηση για μία εναλλακτική λύση. Η περίπτωση αυτή αφορά τους δύο επόμενους τύπους γενικευμένων κριτηρίων που παρουσιάζονται.

5.2.1.4 Κριτήριο στάθμης (Level criterion)

Στο κριτήριο στάθμης ορίζονται δύο τιμές κατωφλίου ταυτόχρονα. Η μία τιμή είναι το κατώφλι αδιαφορίας q και η άλλη είναι το κατώφλι προτίμησης p . Είναι αυτονόητο ότι το κατώφλι προτίμησης είναι μεγαλύτερο ή ίσο του κατωφλίου αδιαφορίας, δηλαδή ισχύει $p \geq q$. Όταν η τιμή του d είναι μεταξύ των τιμών των δύο κατωφλίων, τότε υπάρχει ασθενής προτίμηση. Μαθηματικά το κριτήριο στάθμης δίνεται από τη σχέση

$$H(d) = \begin{cases} 0 & \text{εάν } |d| \leq q \\ 1/2 & \text{εάν } q < |d| \leq p \\ 1 & \text{εάν } p < |d| \end{cases} \quad (5-15)$$

Η σχέση (5-15) απεικονίζεται γραφικά στο Σχήμα 5-5.



Σχήμα 5-5

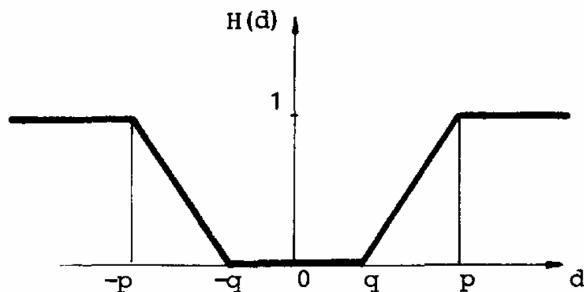
Γραφική παράσταση για το κριτήριο στάθμης

5.2.1.5 Κριτήριο με γραμμική προτίμηση και περιοχή αδιαφορίας (Criterion with linear preference and indifference area)

Στο γενικευμένο αυτό κριτήριο ορίζονται και πάλι δύο τιμές κατωφλίου, το κατώφλι αδιαφορίας q και το κατώφλι προτίμησης p . Υπάρχει αδιαφορία για τις δύο εναλλακτικές λύσεις όταν η τιμή του d είναι μικρότερη από την τιμή του κατωφλίου αδιαφορίας q . Όταν η τιμή του d είναι μεταξύ των τιμών του κατωφλίου αδιαφορίας q και του κατωφλίου προτίμησης p , η προτίμηση αυξάνει γραμμικά ενώ όταν η τιμή του d ξεπεράσει την τιμή του p υπάρχει απόλυτη προτίμηση. Μαθηματικά το γενικευμένο αυτό κριτήριο περιγράφεται από τη σχέση

$$H(d) = \begin{cases} 0 & \text{εάν } |d| \leq q \\ (|d| - q)/(p - q) & \text{εάν } q < |d| \leq p \\ 1 & \text{εάν } p < |d| \end{cases} \quad (5-16)$$

Η σχέση (5-16) απεικονίζεται γραφικά στο Σχήμα 5-6.



Σχήμα 5-6

Γραφική παράσταση για το κριτήριο με γραμμική προτίμηση και περιοχή αδιαφορίας

5.2.1.6 Gaussian κριτήριο (Gaussian criterion)

Το Gaussian κριτήριο περιγράφεται μαθηματικά από τη σχέση

$$H(d) = 1 - \exp\{-d^2/2\sigma^2\} \quad (5-17)$$

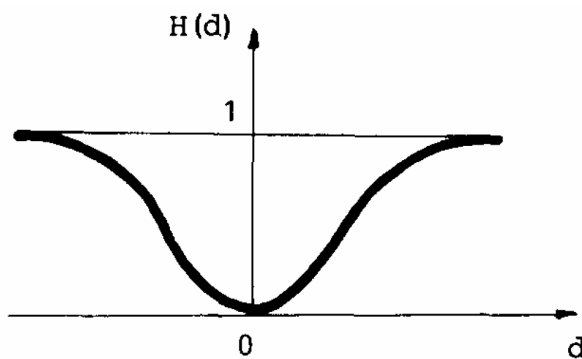
Απαιτεί τον ορισμό μίας μόνο παραμέτρου, της *τυπικής απόκλισης (standard deviation)* σ , η οποία μπορεί να βρεθεί εύκολα από την κανονική κατανομή της στατιστικής [84, 186]. Η τυπική απόκλιση σ δίνεται από τη σχέση

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (5-18)$$

δηλαδή η τετραγωνική ρίζα του αθροίσματος των τετραγώνων των διαφορών των τιμών του δείγματος από τη μέση τιμή τους προς τον αριθμό των δειγμάτων μείον ένα.

Η συνάρτηση (5-17) είναι συνεχής. Στην κανονική κατανομή μικρές διαφορές στις αξιολογήσεις των λύσεων έχουν μικρή σημασία, η οποία αυξάνει σημαντικά όσο μεγαλώνουν οι αποκλίσεις των αξιολογήσεων αυτών [229].

Η σχέση (5-17) απεικονίζεται γραφικά στο Σχήμα 5-7.



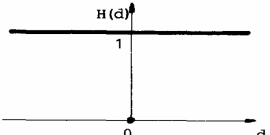
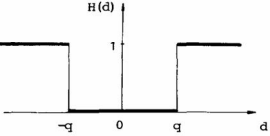
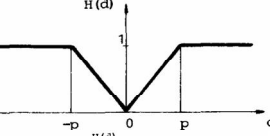
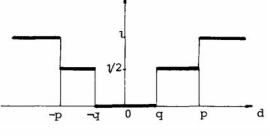
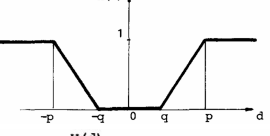
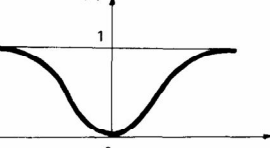
Σχήμα 5-7

Γραφική παράσταση για το Gaussian κριτήριο

Η σύνοψη των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων μεταξύ των οποίων θα επιλέξει ο λήπτης αποφάσεων καθώς και οι παράμετροι που πρέπει να προσδιοριστούν σε κάθε περίπτωση συνοψίζονται στον Πίνακα 5-1.

Πίνακας 5-1

Οι έξι τύποι γενικευμένων κριτηρίων στην μέθοδο PROMETHEE

Τύπος	Ονομασία γενικευμένου κριτηρίου	Γραφική απεικόνιση γενικευμένου κριτηρίου	Παράμετροι
I	Συνηθισμένο κριτήριο (Usual criterion)		Καμία
II	Φαινομενικό κριτήριο (Quasi-criterion)		q
III	Κριτήριο με γραμμική προτίμηση (Criterion with linear preference)		p
IV	Κριτήριο στάθμης (Level criterion)		q, p
V	Κριτήριο με γραμμική προτίμηση και περιοχή αδιαφορίας (Criterion with linear preference and indifference area)		q, p
VI	Gaussian κριτήριο (Gaussian criterion)		σ

5.2.2 Πολυκριτηριακός δείκτης προτίμησης

Μετά τον ορισμό των γενικευμένων κριτηρίων θα πρέπει οι αξιολογήσεις κάθε εναλλακτικής λύσης για τα επιμέρους κριτήρια να συντεθούν σε έναν καθολικό δείκτη που θα λαμβάνει υπόψη όλα τα κριτήρια αξιολόγησης μαζί. Ας θεωρήσουμε ότι ο λήπτης αποφάσεων έχει καθορίσει την συνάρτηση προτίμησης P_i και το βάρος π_i για κάθε κριτήριο f_i ($i=1, \dots, k$) του εξεταζόμενου προβλήματος. Ο **πολυκριτηριακός δείκτης προτίμησης (multicriteria preference index) Π** ορίζεται ως ο ζυγισμένος μέσος όρος των συναρτήσεων προτίμησης P_i , δηλαδή ισχύει:

$$\Pi(a, b) = \frac{\sum_{i=1}^k \pi_i P_i(a, b)}{\sum_{i=1}^k \pi_i} \quad (5-19)$$

Ο πολυκριτηριακός δείκτης $\Pi(a,b)$ καταδεικνύει το βαθμό προτίμησης του λήπτη αποφάσεων για μια εναλλακτική λύση a ως προς μία εναλλακτική λύση b όταν συνυπολογίζονται όλα τα κριτήρια αξιολόγησης. Η τιμή του κυμαίνεται από 0 έως 1 και ισχύει:

$$\Pi(a,b) \approx 0 \quad (5-20)$$

ερμηνεύεται ως ασθενής προτίμηση της a σε σχέση με την b ως προς το σύνολο των κριτηρίων

$$\Pi(a,b) \approx 1 \quad (5-21)$$

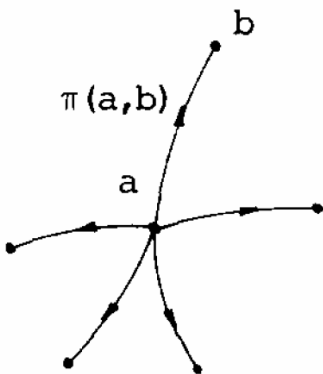
ερμηνεύεται ως ισχυρή προτίμηση της a σε σχέση με την b ως προς το σύνολο των κριτηρίων

5.2.3 Ιεράρχηση λύσεων στην μέθοδο PROMETHEE

Η τιμή του πολυκριτηριακού δείκτη προτίμησης μπορεί να αναπαρασταθεί με γράφο του οποίου οι κόμβοι είναι οι εναλλακτικές λύσεις του προβλήματος και κάθε τόξο που συνδέει δύο κόμβους a και b αναπαριστά την τιμή του πολυκριτηριακού δείκτη προτίμησης $\Pi(a,b)$ μεταξύ των δύο εναλλακτικών λύσεων. Ο γράφος αυτός ονομάζεται *γράφος τιμών υπεροχής (valued outranking graph)* και για κάθε κόμβο του a , ορίζεται η *εξερχόμενη ροή (leaving flow)* σύμφωνα με τη σχέση:

$$\varphi^+(a) = \sum_{b \in K} \Pi(a,b) \quad (5-22)$$

Η εξερχόμενη ροή είναι δηλαδή το άθροισμα των τιμών των τόξων που ξεκινούν από τον κόμβο a και κατά συνέπεια αποτελούν μέτρο της υπεροχής του a έναντι των υπολοίπων εναλλακτικών λύσεων. Η γραφική απεικόνιση της εξερχόμενης ροής για μία λύση a φαίνεται στο Σχήμα 5-8.



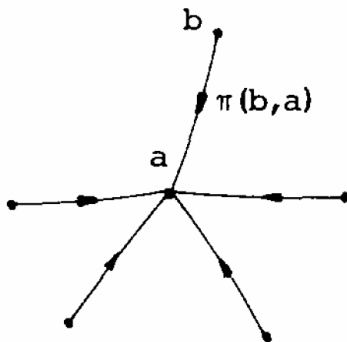
Σχήμα 5-8

Γραφική απεικόνιση της εξερχόμενης ροής

Παρόμοια ορίζεται και η *εισερχόμενη ροή (entering flow)* για τον κόμβο a σύμφωνα με τη σχέση:

$$\varphi^-(a) = \sum_{b \in K} \Pi(b, a) \quad (5-23)$$

Η εισερχόμενη ροή απεικονίζει το βαθμό υπεροχής των υπολοίπων εναλλακτικών λύσεων του προβλήματος έναντι της a . Η γραφική απεικόνιση της εισερχόμενης ροής για μία λύση a φαίνεται στο Σχήμα 5-9.



Σχήμα 5-9

Γραφική απεικόνιση της εισερχόμενης ροής

Εκτός από την εξερχόμενη και την εισερχόμενη ροή μίας εναλλακτικής λύσης a ορίζεται και η *καθαρή ροή (net flow)* $\varphi(a)$, η οποία προκύπτει από την διαφορά αυτών των δύο, δηλαδή ισχύει:

$$\varphi(a) = \varphi^+(a) - \varphi^-(a) \quad (5-24)$$

5.2.3.1 PROMETHEE I

Η μέθοδος PROMETHEE I έχει σχεδιαστεί για την δημιουργία μερικής ταξινόμησης (partial ranking) [44, 229]. Οι μερικές ταξινόμησεις εστιάζουν στην εύρεση των καλύτερων λύσεων και όχι της πλήρους ταξινόμησης. Οι εναλλακτικές λύσεις συγκρίνονται κατά ζεύγη και κατηγοριοποιούνται ως προς την προτίμηση (preference), την αδιαφορία (indifference) και την μη συγκρισιμότητα (incomparability).

Στη μέθοδο PROMETHEE I δημιουργούνται αρχικά δύο ταξινόμησεις. Για την δημιουργία της πρώτης ταξινόμησης εξετάζονται οι εξερχόμενες ροές. Προτίμηση ως προς μία λύση a εκφράζεται όταν η εξερχόμενη ροή της είναι μεγαλύτερη από την εξερχόμενη ροή της άλλης λύσης με την οποία συγκρίνεται. Οι λύσεις είναι αδιάφορες όταν οι εξερχόμενες ροές τους είναι ίσες. Μαθηματικά η πρώτη αυτή ταξινόμηση περιγράφεται από τις ακόλουθες σχέσεις

$$aP^+b \quad \text{εάν } \varphi^+(a) > \varphi^+(b) \quad (5-25)$$

$$aI^+b \quad \text{εάν } \varphi^+(a) = \varphi^+(b) \quad (5-26)$$

Για την δημιουργία της δεύτερης ταξινόμησης εξετάζονται οι εισερχόμενες ροές. Προτίμηση σε μία λύση a έναντι μίας λύσης b εκφράζεται όταν η εισερχόμενη ροή της a είναι μικρότερη από την εισερχόμενη ροή της b . Οι δύο λύσεις είναι αδιάφορες όταν οι εισερχόμενες ροές τους είναι ίσες. Μαθηματικά η δεύτερη αυτή ταξινόμηση περιγράφεται από τις ακόλουθες σχέσεις

$$aP^-b \quad \text{εάν } \varphi^-(a) < \varphi^-(b) \quad (5-27)$$

$$aI^-b \quad \text{εάν } \varphi^-(a) = \varphi^-(b) \quad (5-28)$$

Η μερική ταξινόμηση παράγεται από την τομή των δύο αυτών ταξινομήσεων και συμβολίζεται (P_1, I_1, R).

Πιο συγκεκριμένα για να υπερισχύει μία λύση a μία άλλης λύσης b θα πρέπει η εξερχόμενη ροή της a να είναι μεγαλύτερη της b και η εισερχόμενη ροής της a να είναι μικρότερη ή το πολύ ίση της εισερχόμενης ροής της b . Εναλλακτικά η a υπερισχύει της b εάν η εισερχόμενη ροή της a είναι μικρότερη της εισερχόμενης ροής της b και η εξερχόμενη ροή της a είναι μεγαλύτερη ή το πολύ ίση με την εξερχόμενη ροή της b . Μαθηματικά τα παραπάνω περιγράφονται από την σχέση

$$aP_1b \quad \text{εάν } (aP^+b \text{ και } aP^-b) \text{ ή} \\ (aP^+b \text{ και } aI^-b) \text{ ή} \\ (aI^+b \text{ και } aP^-b) \quad (5-29)$$

Οι δύο λύσεις είναι αδιάφορες εάν τόσο οι εισερχόμενες όσο και οι εξερχόμενες ροές τους είναι ίσες, δηλαδή ισχύει

$$aI_1b \quad \text{εάν } (aI^+b \text{ και } aI^-b) \quad (5-30)$$

Οι δύο λύσεις είναι μη συγκρίσιμες εάν η εξερχόμενη ροή του a είναι μεγαλύτερη της εξερχόμενης ροής του b και η εισερχόμενη ροή του a είναι επίσης μεγαλύτερη της εισερχόμενης ροής του b . Επίσης οι δύο λύσεις είναι μη συγκρίσιμες όταν η εξερχόμενη ροή του a είναι μικρότερη της εξερχόμενης ροής του b και η εισερχόμενη ροή του a είναι επίσης μικρότερη της εισερχόμενης ροής του b . Μαθηματικά τα παραπάνω περιγράφονται από την σχέση

$$aRb \quad \text{εάν } (\varphi^+(a) > \varphi^+(b) \text{ και } \varphi^-(a) > \varphi^-(b)) \text{ ή} \quad (5-31)$$

$$(\varphi^+(a) < \varphi^+(b) \text{ και } \varphi^-(a) < \varphi^-(b))$$

Η μέθοδος PROMETHEE I παράγει την μερική ταξινόμηση για τον λήπτη αποφάσεων σύμφωνα με τις σχέσεις (5-29) και (5-30), οι οποίες περιγράφουν μόνο επιβεβαιωμένες σχέσεις υπεροχής ενώ στις υπόλοιπες περιπτώσεις δεν είναι δυνατή η σύγκριση μεταξύ των λύσεων, όπως φαίνεται στη σχέση (5-31).

5.2.3.2 PROMETHEE II

Όταν απαιτείται *πλήρης ταξινόμηση (complete ranking)* των εναλλακτικών λύσεων χωρίς την ύπαρξη μη συγκρίσιμων δράσεων, εφαρμόζεται η μέθοδος PROMETHEE II, η οποία βασίζεται στην καθαρή ροή. Η πλήρης ταξινόμηση (P_{II} , I_{II}) περιγράφεται από τις ακόλουθες σχέσεις:

$$aP_{II}b \quad \text{εάν } \varphi(a) > \varphi(b) \quad (5-32)$$

$$aI_{II}b \quad \text{εάν } \varphi(a) = \varphi(b) \quad (5-33)$$

Αν και για το λήπτη αποφάσεων είναι ευκολότερη η αντιμετώπιση του προβλήματος μέσω της πλήρους ταξινόμησης της μεθόδου PROMETHEE II, ωστόσο η μερική ταξινόμηση που παράγεται από τη μέθοδο PROMETHEE I περιέχει πιο ρεαλιστική πληροφορία. Ιδιαίτερα η πληροφορία της μη δυνατότητας σύγκρισης μεταξύ λύσεων (incomparabilities), μπορεί να αποδειχθεί πολύ χρήσιμη σε αρκετά στάδια της διαδικασίας λήψης αποφάσεων.

5.3 Αξιολόγηση ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με την μέθοδο PROMETHEE II για το σενάριο αναφοράς

Η μέθοδος PROMETHEE II επιλέχθηκε για την αξιολόγηση των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων γιατί βασίζεται σε ισχυρή επιστημονική βάση και διακρίνεται από απλότητα, σαφήνεια και σταθερότητα [44]. Ο κώδικας για την μέθοδο PROMETHEE παρουσιάζεται στο παράρτημα 3. Όπως και οι υπόλοιπες πολυκριτηριακές μέθοδοι, η PROMETHEE παρουσιάζει ορισμένες αδυναμίες σε ειδικές περιπτώσεις που θα πρέπει να εξετάσει με προσοχή ο λήπτης αποφάσεων [74]. Επίσης δίνει τη δυνατότητα για αποτελεσματική διαχείριση της αβεβαιότητας είτε αυτή αφορά τις αξιολογήσεις των εναλλακτικών λύσεων ως προς τα κριτήρια, είτε η αβεβαιότητα αναφέρεται στην βαρύτητα των κριτηρίων.

Ο πρώτος τύπος αβεβαιότητας διαχειρίζεται με τη χρήση των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων που παρουσιάστηκαν στην ενότητα 5.2.1, ενώ η αβεβαιότητα στην βαρύτητα των κριτηρίων μπορεί να αντιμετωπιστεί με την διαφοροποίηση των τιμών των κατωφλίων αδιαφορίας και προτίμησης ή με τη χρήση διαφορετικών συνόλων βαρών,

δηλαδή με ανάλυση ευαισθησίας [140, 326]. Η χρήση διαστήματος (εύρους) τιμών μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ορισμένες περιπτώσεις [172].

Τα στοιχεία αυτά έχουν οδηγήσει στην εφαρμογή της μεθόδου σε πλειάδα εφαρμογών, όπως για παράδειγμα στον αειφόρο ενεργειακό σχεδιασμό [110, 246], στην αξιολόγηση οχημάτων με βάση τις εκπομπές ρύπων [29], σε αυτοματοποιημένα συστήματα ελέγχου στην βιομηχανία [238], σε ιατρικές διαγνώσεις και νοσοκομειακές υπηρεσίες [33, 69, 86] και διάφορες άλλες [3, 4, 46, 61, 75, 77, 78, 214, 324]. Επίσης υπάρχουν αρκετές εφαρμογές της μεθόδου αυτής με παράλληλη σύγκρισή της με τα αποτελέσματα άλλων πολυκριτηριακών μεθόδων [13, 196, 253, 277]. Υπάρχουν περιπτώσεις που η μέθοδος PROMETHEE εφαρμόζεται και σε συνδυασμό με την ασαφή λογική (fuzzy logic) όπως για παράδειγμα στην ιεράρχηση έργων εκμετάλλευσης εναλλακτικών ενεργειακών πόρων [119].

Η μέθοδος PROMETHEE σε αντίθεση με την Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία δεν χρησιμοποιεί ιεραρχική δομή κριτηρίων. Κατά συνέπεια η αξιολόγηση των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων γίνεται μόνο ως προς τα είκοσι κριτήρια τελικού κόμβου και όχι τα κριτήρια των ανωτέρω επιπέδων της ιεραρχικής δομής που απεικονίζεται στο Σχήμα 3-1. Για να υπάρχει δυνατότητα σύγκρισης των αποτελεσμάτων της μεθόδου PROMETHEE με την Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία χρησιμοποιούνται τα ίδια σενάρια. Δηλαδή η αξιολόγηση των μονάδων με τη μέθοδο PROMETHEE πραγματοποιείται με το σενάριο αναφοράς και ακολουθεί ανάλυση ευαισθησίας με τα επτά εναλλακτικά σενάρια τα οποία έχουν τα ίδια σύνολα βαρών για τα κριτήρια, όπως και στην Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία. Στην μέθοδο PROMETHEE γίνεται καταμερισμός των βαρών των τριών βασικών κριτηρίων στα κριτήρια τελικού κόμβου προκειμένου τα αποτελέσματα της κατάταξης των μονάδων με τις δύο μεθόδους να είναι συγκρίσιμα. Η κατανομή των βαρών των κριτηρίων τελικού κόμβου για το σενάριο αναφοράς και τα επτά εναλλακτικά σενάρια της ανάλυσης ευαισθησίας παρουσιάζεται στον Πίνακα 5-2.

Για την εφαρμογή της μεθόδου PROMETHEE απαιτείται ο προσδιορισμός του γενικευμένου κριτηρίου που θα χρησιμοποιηθεί (Πίνακας 5-1) καθώς και των παραμέτρων που απαιτούνται από αυτό. Στο συνηθισμένο κριτήριο (Τύπος I) δεν απαιτείται ο προσδιορισμός καμίας παραμέτρου, ενώ στο Gaussian κριτήριο η τυπική απόκλιση σ προσδιορίζεται σύμφωνα με την σχέση (5-18). Στους υπόλοιπους τέσσερις τύπους γενικευμένων κριτηρίων (τύποι II-V) απαιτείται ο προσδιορισμός των τιμών των κατωφλίων αδιαφορίας και προτίμησης, ο οποίος δεν είναι μια τετριμμένη διαδικασία και απαιτεί την προσεκτική εξέταση των αξιολογήσεων των εναλλακτικών λύσεων ως προς κάθε κριτήριο [258]. Οι τιμές των κατωφλίων άλλες φορές επιλέγονται με ξεχωριστή θεώρηση των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών κάθε κριτηρίου και άλλες φορές με κάποιο τυποποιημένο κανόνα, όπως για παράδειγμα την ελάχιστη και την μέγιστη αξιολόγηση ως προς ένα κριτήριο [78, 127]. Η τιμή του κατωφλίου αδιαφορίας για κάθε κριτήριο ορίζεται στο 10% της μέσης τιμής των αξιολογήσεων των εναλλακτικών λύσεων ως προς το κριτήριο αυτό, ενώ η τιμή του κατωφλίου προτίμησης ορίζεται στο 40% της μέσης τιμής. Οι τιμές των παραμέτρων για την εφαρμογή της μεθόδου PROMETHEE παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-3.

Ο λήπτης αποφάσεων μπορεί να επιλέξει οποιοδήποτε από τους έξι τύπους γενικευμένων κριτηρίων της μεθόδου PROMETHEE (Πίνακας 5-1) για καθένα από τα είκοσι κριτήρια τελικού κόμβου. Αυτό θα απαιτούσε την εξέταση 6²⁰ διαφορετικών περιπτώσεων μόνο για ένα συγκεκριμένο σύνολο βαρών κριτηρίων και συγκεκριμένες τιμές καταφλίων αδιαφορίας και προτίμησης. Σε περίπτωση διαφοροποίησης των βαρών των κριτηρίων τελικού κόμβου και των τιμών καταφλίων αδιαφορίας και προτίμησης ο αριθμός των πιθανών σεναρίων αυξάνεται εκθετικά.

Στην παρούσα μελέτη, οι αξιολογήσεις των μονάδων γίνονται και για τους έξι τύπους γενικευμένων κριτηρίων, αλλά με την παραδοχή ότι όλα τα κριτήρια χρησιμοποιούν τον ίδιο τύπο γενικευμένου κριτηρίου κάθε φορά. Δηλαδή στην πρώτη περίπτωση και τα είκοσι κριτήρια τελικού κόμβου αξιολογούνται με βάση το γενικευμένο κριτήριο τύπου I (συνηθισμένο κριτήριο) και ακολουθούν ανάλογα οι υπόλοιποι πέντε τύποι γενικευμένων κριτηρίων. Με τον τρόπο αυτό αντιμετωπίζεται η ενδεχόμενη αβεβαιότητα ως προς τις αξιολογήσεις των λύσεων για κάθε κριτήριο.

Η κατάταξη των μονάδων γίνεται με τη μέθοδο PROMETHEE II, η οποία δίνει πλήρη ταξινόμηση των μονάδων σε αντίθεση με την PROMETHEE I στην οποία υπάρχει το ενδεχόμενο μη δυνατότητας σύγκρισης (*incomparabilities*). Η χρήση της μεθόδου PROMETHEE II παρέχει τη δυνατότητα σύγκρισης με την Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία αλλά και τη μέθοδο ELECTRE III η οποία περιγράφεται στο επόμενο κεφάλαιο.

Στις ενότητες που ακολουθούν εξετάζονται 48 διαφορετικές περιπτώσεις που αντιστοιχούν στα οκτώ σεναρία (σενάριο αναφοράς και επτά εναλλακτικά σεναρία της ανάλυσης ευαισθησίας) και τους έξι τύπους γενικευμένων κριτηρίων που εφαρμόζονται για καθένα από αυτά. Στο τέλος εξετάζεται και ο μέσος όρος των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων κάθε σεναρίου.

Σε κάθε αξιολόγηση που ακολουθεί στις επόμενες ενότητες δίνεται ένας πίνακας, στον οποίο απεικονίζονται η εξερχόμενη ροή κάθε τύπου ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας που καταδεικνύει το βαθμό υπεροχής της έναντι των υπολοίπων και η εισερχόμενη ροή της που καταδεικνύει το βαθμό υπεροχής των υπολοίπων μονάδων έναντι αυτής. Στην τρίτη στήλη κάθε πίνακα δίνεται η καθαρή ροή που προκύπτει από τη διαφορά της εξερχόμενης και της εισερχόμενης ροής. Στην τέταρτη στήλη κάθε πίνακα δίνεται η κανονικοποιημένη επί τοις εκατό αξιολόγηση που προκύπτει από τη διαίρεση της καθαρής ροής κάθε μονάδας με τη μέγιστη ροή μεταξύ όλων των μονάδων. Τέλος στην τελευταία στήλη του κάθε πίνακα φαίνεται η συνολική κατάταξη καθενός από τους δέκα τύπους ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων.

Πίνακας 5-2

Βάρη κριτηρίων τελικών κόμβων για το σενάριο αναφοράς και τα επτά εναλλακτικά σενάρια της ανάλυσης ευαισθησίας

Σενάριο	Δημιουργία θέσεων Εργασίας (%)	Κοινωνική Αποδοχή (%)	Θανατοφόρα στυχήματα (%)	ΜΜΠΟΕ (%)	CO ₂ -εφ (%)	NO _x (%)	SO ₂ (%)	Αιωρούμενα Σωματίδια (%)	Εκπομπές ραδιενέργειας (%)	Απατομένη έκταση (%)	Ισορροπία Οικοσυστήματος (%)	Αποβέματα προς παραγωγή (%)	Συντελεστής απόδοσης (%)	Συντελεστής διαθεσιμότητας (%)	Συντελεστής φορτίου (%)	Κόστος κεφαλαίου (%)	Σταθερό κόστος λειτουργίας και συντήρησης (%)	Μεταβλητό κόστος λειτουργίας και συντήρησης (%)	Κόστος καυσίμου (%)	Εξωτερικό κόστος (%)
Σενάριο αναφοράς 63,70%, 10,47%, 25,83%	5,31	10,61	3,6	0,9	2,09	1,86	1,67	5,43	9,45	1,14	10,42	11,22	4,64	4,06	1,77	11,88	0,34	1,38	3,84	8,39
Σενάριο 1 33,33%, 33,33%, 33,33%	2,78	5,56	1,88	0,47	1,09	0,98	0,87	2,84	4,94	0,60	5,45	5,87	14,78	12,91	5,64	15,33	0,44	1,77	4,95	10,83
Σενάριο 2 100%, 0%, 0%	8,33	16,67	5,66	1,41	3,28	2,93	2,62	8,52	14,83	1,79	16,36	17,61	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Σενάριο 3 60%, 20%, 20%	5,00	10,00	3,39	0,85	1,97	1,76	1,57	5,11	8,90	1,07	9,81	10,57	8,87	7,75	3,38	9,20	0,27	1,06	2,97	6,50
Σενάριο 4 20%, 60%, 20%	1,67	3,33	1,13	0,28	0,66	0,59	0,52	1,70	2,97	0,36	3,27	3,52	26,61	23,24	10,15	9,20	0,27	1,06	2,97	6,50
Σενάριο 5 0%, 100%, 0%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	44,34	38,74	16,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Σενάριο 6 20%, 20%, 60%	1,67	3,33	1,13	0,28	0,66	0,59	0,52	1,70	2,97	0,36	3,27	3,52	8,87	7,75	3,38	27,60	0,80	3,19	8,91	19,49
Σενάριο 7 0%, 0%, 100%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	46,01	1,33	5,32	14,86	32,49

Πίνακας 5-3
Τιμές παραμέτρων για την εφαρμογή της μεθόδου PROMETHEE

Τύπος Μονάδας	Διευμενία θέσων Εργασίας (Νέοι εργαζόμενοι ανά 500 MW)	Κανονική Αποδοχή (%)	Θανατηφόρα σπυρίσματα (αριθμός θανάτων/ΓWέτος)	MMPOE (mg/kWh)	CO2-εq (mg/kWh)	NOx (mg/kWh)	SO2 (mg/kWh)	Αιωρούμενα Σωματίδια (mg/kWh)	Εκπεμπές ραδιενέργειας (person-rem/έτος)	Απαιτούμενη έκταση (km2/1000MW)	Ισορροπία Οικουσιμματος (%)	Απεθέματα προς παραγωγή (έτη)	Συντελεστής απόδοσης (%)	Συντελεστής διαθεσιμότητας (%)	Συντελεστής φορτίου (%)	Κόστος κεφαλαίου (€/KW)	Σταθερό κόστος λειτουργίας και συντήρησης (€/KWέτος)	Μεταβλητό κόστος λειτουργίας και συντήρησης (€cents/KWh)	Κόστος καυσίμου (€cents/KWh)	Εξωτερικό κόστος (€cents/KWh)
Ανθρακα/ Λιγνίτη	2500	3,86	342	24	986000	2986	16511	347	490	2,5	3,19	164	39,4	85,4	70,8	975	19	0,183	1,31	8,40
Πετρελαίου	2500	2,93	385	18	1131178	5253	81590	128	0	2,5	4,96	40,5	37,5	92	26,2	483	6,25	0,233	1,84	6,75
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α. Συνδυασμένου Κύκλου με καύσιμο φ.α.	2460	4,32	85	118	560000	1477	152	34	0	2,5	9,39	66,7	39	91	16,6	612	10,83	0,27	2,34	2,00
Πυρηνική	2460	5,81	85	118	450000	756	152	6	0	2,5	15,40	66,7	54,8	91	38,2	587	10	0,233	2,34	1,33
Υδροηλεκτρική	2500	1,78	8	0	21435	51	27	2	4,8	2,5	2,77	70	33,5	96	90,5	1590	30	0,033	0,27	0,49
Υδροηλεκτρική	2500	10,75	883	0	22696	23	33	5	0	750	6,00	10000	80	50	29,6	2417	72,5	0,486	0	0,56
Αιολική	5635	20,55	103	0	17652	32	54	20	0	100	7,73	10000	35	38	32,1	1250	25	0,417	0	0,16
Φωτοβολταϊκή	5370	23,53	3	70	49174	178	257	101	0	35	26,86	10000	9,4	20	22,4	4167	16,67	1,667	0	0,24
Βιομάζας	36055	8,52	0	80	58000	1325	76	269	0	5000	15,30	10000	28	80	70	1667	60,83	0,708	2,05	2,65
Γεωθερμική	27050	17,95	0	0	18913	280	20	0	0	18	8,40	10000	6	95	82,5	2158	83,33	0,025	0	0,20
Ελαχιστοποίηση /Μεγιστοποίηση	max	max	min	min	min	min	min	min	min	min	max	max	max	max	max	min	min	min	min	min
Μέση τιμή	8903,00	10,00	189,40	42,80	331504,80	1236,10	9887,20	91,20	49,48	591,55	10,00	5040,79	36,26	73,84	47,89	1590,60	33,44	0,43	1,02	2,28
Κατώφλι αδιαφορίας (α)	890,30	1,00	18,94	4,28	33150,48	123,61	988,72	9,12	4,95	59,16	1,00	504,08	3,63	7,38	4,79	159,06	3,34	0,04	0,10	0,23
Κατώφλι προτίμησης (ρ)	3561,20	4,00	75,76	17,12	132601,92	494,44	3954,88	36,48	19,79	236,62	4,00	2016,32	14,50	29,54	19,16	636,24	13,38	0,17	0,41	0,91
Τυπική απόκλιση (σ)	12187,08	7,93	281,13	49,14	431577,38	1694,88	25716,61	123,74	154,79	1566,13	7,38	5227,56	21,06	27,45	27,50	1122,26	28,16	0,48	1,06	2,94

5.3.1 Εφαρμογή του συνηθισμένου κριτηρίου (Τύπος I)

Το συνηθισμένο κριτήριο (γενικευμένο κριτήριο Τύπου I) παρουσιάστηκε στην ενότητα 5.2.1.1 και δεν απαιτεί τον προσδιορισμό κάποιας παραμέτρου για την εφαρμογή του. Στη σύγκριση δύο εναλλακτικών λύσεων με αυτό το κριτήριο την απόλυτη προτίμηση έχει εκείνη με την μεγαλύτερη αξιολόγηση, έστω κι αν αυτή η υπεροχή είναι οριακή.

Με βάση τα βάρη των κριτηρίων τελικού κόμβου για το σενάριο αναφοράς που παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-2 και την εφαρμογή του κριτηρίου Τύπου I, υπολογίζονται οι εξερχόμενες, οι εισερχόμενες και οι καθαρές ροές, η κανονικοποιημένη αξιολόγηση καθώς και η κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων, οι οποίες παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-4.

Πίνακας 5-4

Ροές και κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο PROMETHEE II για το συνηθισμένο κριτήριο (Τύπος I) και τα βάρη του σεναρίου αναφοράς

Τύπος Μονάδας	Εξερχόμενη ροή ϕ^+	Εισερχόμενη ροή ϕ^-	Καθαρή ροή ϕ	Κανονικοποιημένη αξιολόγηση %	Κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	0,29819	0,67904	-0,38086	-107,16%	10
Πετρελαίου	0,30842	0,59378	-0,28536	-80,29%	9
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	0,38174	0,50569	-0,12394	-34,87%	7
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,47979	0,40611	0,07368	20,73%	4
Πυρηνική	0,40710	0,56713	-0,16003	-45,03%	8
Υδροηλεκτρική	0,44580	0,39733	0,04847	13,64%	5
Αιολική	0,57913	0,28170	0,29743	83,69%	2
Φωτοβολταϊκή	0,50990	0,35393	0,15597	43,88%	3
Βιομάζας	0,44593	0,42670	0,01923	5,41%	6
Γεωθερμική	0,60612	0,25071	0,35541	100,00%	1

Οι γεωθερμικές μονάδες βρίσκονται στην πρώτη θέση της κατάταξης και ακολουθούν οι αιολικές και οι φωτοβολταϊκές μονάδες με κανονικοποιημένες αξιολογήσεις 83,69% και 43,88% αντίστοιχα, έναντι της μέγιστης. Στην τέταρτη θέση βρίσκονται οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο με 20,73%, οι οποίες είναι οι μόνες μονάδες μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που κατέχουν θέση στην πρώτη εξάδα. Την εξάδα των μονάδων οι οποίες έχουν θετικές καθαρές ροές συμπληρώνουν οι υδροηλεκτρικές μονάδες και οι μονάδες βιομάζας με 13,64% και 5,41% αντίστοιχα. Με αρνητικές αξιολογήσεις είναι οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο με -34,87% και οι πυρηνικές μονάδες με -45,03%. Στις δύο τελευταίες θέσεις του πίνακα κατάταξης με πολύ αρνητικές αξιολογήσεις κατατάσσονται οι μονάδες πετρελαίου και οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη με -80,29% και -107,16% αντίστοιχα.

5.3.2 Εφαρμογή του φαινομενικού κριτηρίου (Τύπος II)

Το φαινομενικό κριτήριο (γενικευμένο κριτήριο Τύπου II) παρουσιάστηκε στην ενότητα 5.2.1.2 και απαιτεί τον ορισμό της τιμής του κατωφλίου αδιαφορίας q ενώ δεν απαιτεί τον ορισμό τιμής κατωφλίου προτίμησης p . Εάν η διαφορά των αξιολογήσεων των δύο εναλλακτικών λύσεων είναι μικρότερη της τιμής του κατωφλίου αδιαφορίας q τότε δεν υπάρχει προτίμηση για καμία από τις δύο λύσεις. Όταν η διαφορά αυτή είναι μεγαλύτερη από την τιμή q τότε υπάρχει απόλυτη προτίμηση.

Με βάση τα βάρη των κριτηρίων τελικού κόμβου για το σενάριο αναφοράς που παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-2 και την εφαρμογή του κριτηρίου Τύπου II για τις τιμές κατωφλίων αδιαφορίας που απεικονίζονται στον Πίνακα 5-3, υπολογίζονται οι εξερχόμενες, οι εισερχόμενες και οι καθαρές ροές, η κανονικοποιημένη αξιολόγηση καθώς και η κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων, οι οποίες παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-5.

Πίνακας 5-5

Ροές και κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο PROMETHEE II για το φαινομενικό κριτήριο (Τύπος II) και τα βάρη του σεναρίου αναφοράς

Τύπος Μονάδας	Εξερχόμενη ροή ϕ^+	Εισερχόμενη ροή ϕ^-	Καθαρή ροή ϕ	Κανονικοποιημένη αξιολόγηση %	Κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	0,19383	0,65334	-0,45951	-151,70%	10
Πετρελαίου	0,23500	0,51082	-0,27582	-91,06%	9
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	0,31736	0,39934	-0,08199	-27,07%	7
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,41723	0,30347	0,11377	37,56%	4
Πυρηνική	0,28696	0,42373	-0,13678	-45,15%	8
Υδροηλεκτρική	0,39977	0,36330	0,03647	12,04%	5
Αιολική	0,51819	0,24933	0,26886	88,76%	2
Φωτοβολταϊκή	0,48548	0,28954	0,19593	64,68%	3
Βιομάζας	0,42187	0,38570	0,03617	11,94%	6
Γεωθερμική	0,51233	0,20942	0,30291	100,00%	1

Η κατάταξη των μονάδων για το γενικευμένο κριτήριο Τύπου II είναι απολύτως ταυτόσημη με εκείνη του Τύπου I, αν και οι επιμέρους ροές διαφέρουν. Οι γεωθερμικές μονάδες βρίσκονται και σε αυτή την περίπτωση στην πρώτη θέση της κατάταξης και ακολουθούν οι αιολικές και οι φωτοβολταϊκές μονάδες με κανονικοποιημένες αξιολογήσεις 88,76% και 64,68% αντίστοιχα, έναντι της μέγιστης. Στην τέταρτη θέση βρίσκονται οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο με 37,56%. Οι κανονικοποιημένες αξιολογήσεις των τριών αυτών μονάδων είναι αυξημένες σε σχέση με τις αντίστοιχες του κριτηρίου Τύπου I. Στην πέμπτη και έκτη θέση βρίσκονται και πάλι οι υδροηλεκτρικές μονάδες και οι μονάδες βιομάζας αλλά η διαφορά των αξιολογήσεων τους είναι τώρα πολύ μικρότερη. Με αρνητικές αξιολογήσεις είναι οι μονάδες

αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο, οι πυρηνικές μονάδες, οι μονάδες πετρελαίου και οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη. Τα ποσοστά των αρνητικών αξιολογήσεων για τις τρεις πρώτες είναι παραπλήσια με εκείνα στις προηγούμενης ενότητας ενώ οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη παρουσιάζουν σημαντική αύξηση της αρνητικής τους αξιολόγησης.

5.3.3 Εφαρμογή του κριτηρίου με γραμμική προτίμηση (Τύπος III)

Το κριτήριο με γραμμική προτίμηση (γενικευμένο κριτήριο Τύπου III) παρουσιάστηκε στην ενότητα 5.2.1.3 και απαιτεί τον προσδιορισμό μόνο κατωφλίου προτίμησης. Η προτίμηση αυξάνεται γραμμικά με την αύξηση της διαφοράς των αξιολογήσεων των δύο εξεταζόμενων λύσεων από το μηδέν έως την τιμή του κατωφλίου προτίμησης οπότε και υπάρχει απόλυτη προτίμηση για την μία από τις δύο λύσεις.

Με βάση τα βάρη των κριτηρίων τελικού κόμβου για το σενάριο αναφοράς που παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-2 και την εφαρμογή του κριτηρίου Τύπου III για τις τιμές κατωφλίων προτίμησης που απεικονίζονται στον Πίνακα 5-3, υπολογίζονται οι εξερχόμενες, οι εισερχόμενες και οι καθαρές ροές, η κανονικοποιημένη αξιολόγηση καθώς και η κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων, οι οποίες παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-6.

Πίνακας 5-6

Ροές και κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο PROMETHEE II για το κριτήριο με γραμμική προτίμηση (Τύπος III) και τα βάρη του σεναρίου αναφοράς

Τύπος Μονάδας	Εξερχόμενη ροή ϕ^+	Εισερχόμενη ροή ϕ^-	Καθαρή ροή ϕ	Κανονικοποιημένη αξιολόγηση %	Κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	0,12808	0,55830	-0,43021	-163,12%	10
Πετρελαίου	0,16509	0,47002	-0,30493	-115,61%	9
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	0,24527	0,29921	-0,05394	-20,45%	8
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,32710	0,24718	0,07992	30,30%	4
Πυρηνική	0,19929	0,25284	-0,05355	-20,30%	7
Υδροηλεκτρική	0,31957	0,28496	0,03460	13,12%	6
Αιολική	0,39400	0,15866	0,23534	89,23%	2
Φωτοβολταϊκή	0,42549	0,27116	0,15433	58,51%	3
Βιομάζας	0,37342	0,29874	0,07468	28,31%	5
Γεωθερμική	0,41253	0,14878	0,26375	100,00%	1

Οι γεωθερμικές μονάδες βρίσκονται στην πρώτη θέση της κατάταξης και σε αυτό τον τύπο γενικευμένου κριτηρίου και ακολουθούν οι αιολικές και οι φωτοβολταϊκές μονάδες με 89,23% και 58,51%. Στην τέταρτη θέση είναι και πάλι οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο. Στην πέμπτη και έκτη θέση υπάρχει αντιστροφή των κατατάξεων σε σχέση με τους δύο προηγούμενους τύπους γενικευμένων κριτηρίων για τις μονάδες βιομάζας και τις υδροηλεκτρικές μονάδες. Επίσης οι πυρηνικές μονάδες είναι

στην έβδομη θέση και οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο στην όγδοη, αντίστροφα από ότι ισχύει για τα γενικευμένα κριτήρια Τύπου I και II, αν και η διαφορά τους είναι οριακή αφού οι αξιολογήσεις τους είναι -20,30% και -20,45% αντίστοιχα. Οι μονάδες πετρελαίου και οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη είναι και για μια ακόμη φορά στις τελευταίες θέσεις με ιδιαίτερα μάλιστα αρνητικές αξιολογήσεις, όπως φαίνεται στον Πίνακα 5-6.

5.3.4 Εφαρμογή του κριτηρίου στάθμης (Τύπος IV)

Το κριτήριο στάθμης (γενικευμένο κριτήριο Τύπου IV) παρουσιάστηκε στην ενότητα 5.2.1.4 και απαιτεί τον προσδιορισμό τόσο της τιμής κατωφλίου αδιαφορίας όσο και της τιμής του κατωφλίου προτίμησης. Όταν η διαφορά των αξιολογήσεων δύο λύσεων είναι μικρότερη του κατωφλίου αδιαφορίας δεν υπάρχει προτίμηση, όταν είναι μεταξύ των κατωφλίων αδιαφορίας και προτίμησης υπάρχει σταθερή μέτρια προτίμηση (1/2) και όταν είναι μεγαλύτερη της τιμής του κατωφλίου προτίμησης υπάρχει απόλυτη προτίμηση.

Με βάση τα βάρη των κριτηρίων τελικού κόμβου για το σενάριο αναφοράς που παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-2 και την εφαρμογή του κριτηρίου Τύπου IV για τις τιμές κατωφλίων αδιαφορίας και προτίμησης που απεικονίζονται στον Πίνακα 5-3, υπολογίζονται οι εξερχόμενες, οι εισερχόμενες και οι καθαρές ροές, η κανονικοποιημένη αξιολόγηση καθώς και η κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων, οι οποίες παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-7.

Πίνακας 5-7

Ροές και κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο PROMETHEE II για το κριτήριο στάθμης (Τύπος IV) και τα βάρη του σεναρίου αναφοράς

Τύπος Μονάδας	Εξερχόμενη ροή ϕ^+	Εισερχόμενη ροή ϕ^-	Καθαρή ροή ϕ	Κανονικοποιημένη αξιολόγηση %	Κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	0,16169	0,60208	-0,44038	-156,98%	10
Πετρελαίου	0,19851	0,46802	-0,26951	-96,07%	9
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	0,27096	0,35859	-0,08763	-31,24%	8
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,37389	0,27823	0,09567	34,10%	4
Πυρηνική	0,25696	0,34456	-0,08759	-31,22%	7
Υδροηλεκτρική	0,35604	0,31751	0,03853	13,73%	6
Αιολική	0,44338	0,20501	0,23837	84,97%	2
Φωτοβολταϊκή	0,44492	0,28067	0,16424	58,55%	3
Βιομάζας	0,40388	0,33612	0,06777	24,16%	5
Γεωθερμική	0,46659	0,18606	0,28054	100,00%	1

Η κατάταξη των μονάδων για το γενικευμένο κριτήριο Τύπου IV είναι απολύτως ταυτόσημη με την κατάταξη του γενικευμένου κριτηρίου Τύπου III. Τόσο οι καθαρές

ροές όσο και οι κανονικοποιημένες αξιολογήσεις των μονάδων για τα δύο αυτά γενικευμένα κριτήρια έχουν πολύ μικρές αποκλίσεις μεταξύ τους. Είναι ενδεικτικό ότι η διαφορά των πυρηνικών μονάδων και των μονάδων αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο είναι μόλις 0,02% για το κριτήριο Τύπου IV ενώ και στο κριτήριο Τύπου III είναι μόλις 0,15%.

5.3.5 Εφαρμογή του κριτηρίου με γραμμική προτίμηση και περιοχή αδιαφορίας (Τύπος V)

Το κριτήριο με γραμμική προτίμηση και περιοχή αδιαφορίας (γενικευμένο κριτήριο Τύπου V) παρουσιάστηκε στην ενότητα 5.2.1.5 και απαιτεί τον προσδιορισμό τόσο της τιμής κατωφλίου αδιαφορίας όσο και της τιμής του κατωφλίου προτίμησης. Όταν η διαφορά των αξιολογήσεων δύο λύσεων είναι μικρότερη του κατωφλίου αδιαφορίας δεν υπάρχει προτίμηση, όταν είναι μεταξύ των κατωφλίων αδιαφορίας και προτίμησης υπάρχει γραμμικά αυξανόμενη προτίμηση μεταξύ των τιμών μηδέν και ένα και όταν είναι μεγαλύτερη της τιμής του κατωφλίου προτίμησης υπάρχει απόλυτη προτίμηση.

Με βάση τα βάρη των κριτηρίων τελικού κόμβου για το σενάριο αναφοράς που παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-2 και την εφαρμογή του κριτηρίου Τύπου V για τις τιμές κατωφλίων αδιαφορίας και προτίμησης που απεικονίζονται στον Πίνακα 5-3, υπολογίζονται οι εξερχόμενες, οι εισερχόμενες και οι καθαρές ροές, η κανονικοποιημένη αξιολόγηση καθώς και η κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων, οι οποίες παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-8.

Πίνακας 5-8

Ροές και κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο PROMETHEE II για το κριτήριο με γραμμική προτίμηση και περιοχή αδιαφορίας (Τύπος V) και τα βάρη του σεναρίου αναφοράς

Τύπος Μονάδας	Εξερχόμενη ροή ϕ^+	Εισερχόμενη ροή ϕ^-	Καθαρή ροή ϕ	Κανονικοποιημένη αξιολόγηση %	Κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	0,15789	0,60064	-0,44275	-166,00%	10
Πετρελαίου	0,18655	0,46676	-0,28021	-105,06%	9
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	0,26243	0,36401	-0,10158	-38,09%	8
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,36754	0,28969	0,07785	29,19%	5
Πυρηνική	0,25964	0,33110	-0,07146	-26,79%	7
Υδροηλεκτρική	0,35196	0,30779	0,04417	16,56%	6
Αιολική	0,44113	0,18574	0,25539	95,75%	2
Φωτοβολταϊκή	0,44753	0,27727	0,17026	63,83%	3
Βιομάζας	0,40750	0,32588	0,08162	30,60%	4
Γεωθερμική	0,45893	0,19222	0,26672	100,00%	1

Στην πρώτη θέση βρίσκονται οι γεωθερμικές μονάδες, όπως άλλωστε και σε όλους τους υπόλοιπους τύπους γενικευμένων κριτηρίων στο σενάριο αναφοράς. Στην δεύτερη και τρίτη θέση είναι οι αιολικές και οι φωτοβολταϊκές μονάδες με κανονικοποιημένες αξιολογήσεις 95,75% και 63,83% αντίστοιχα. Για πρώτη φορά στην τέταρτη θέση βρίσκονται οι μονάδες βιομάζας με 30,60% και ακολουθούν οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο που βρίσκονται στην πέμπτη θέση με 29,19%. Στην έκτη θέση κατατάσσονται οι υδροηλεκτρικές μονάδες με θετική καθαρή ροή, ενώ στην έβδομη και όγδοη οι πυρηνικές μονάδες και οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο με αρνητικές καθαρές ροές. Στις τελευταίες θέσεις και πάλι βρίσκονται οι μονάδες πετρελαίου και οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη.

5.3.6 Εφαρμογή του Gaussian κριτηρίου (Τύπος VI)

Το Gaussian κριτήριο (γενικευμένο κριτήριο Τύπου VI) παρουσιάστηκε στην ενότητα 5.2.1.6 και δεν απαιτεί τον προσδιορισμό κάποιας τιμής κατωφλίου, παρά μόνο της τυπικής απόκλισης σ . Η προτίμηση αυξάνει εκθετικά σύμφωνα με την σχέση 5-17.

Με βάση τα βάρη των κριτηρίων τελικού κόμβου για το σενάριο αναφοράς που παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-2 και την εφαρμογή του κριτηρίου Τύπου VI για τις τιμές της παραμέτρου σ που απεικονίζονται στον Πίνακα 5-3, υπολογίζονται οι εξερχόμενες, οι εισερχόμενες και οι καθαρές ροές, η κανονικοποιημένη αξιολόγηση καθώς και η κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων, οι οποίες παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-9.

Πίνακας 5-9

Ροές και κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο PROMETHEE II για το Gaussian κριτήριο (Τύπος VI) και τα βάρη του σεναρίου αναφοράς

Τύπος Μονάδας	Εξερχόμενη ροή ϕ^+	Εισερχόμενη ροή ϕ^-	Καθαρή ροή ϕ	Κανονικοποιημένη αξιολόγηση %	Κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	0,07640	0,41162	-0,33522	-172,48%	10
Πετρελαίου	0,09859	0,30422	-0,20563	-105,80%	9
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	0,13120	0,17757	-0,04637	-23,86%	8
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,18650	0,14784	0,03866	19,89%	6
Πυρηνική	0,14191	0,17220	-0,03028	-15,58%	7
Υδροηλεκτρική	0,20996	0,17120	0,03876	19,94%	5
Αιολική	0,24957	0,08121	0,16836	86,62%	2
Φωτοβολταϊκή	0,31069	0,21143	0,09926	51,07%	3
Βιομάζας	0,23748	0,15936	0,07812	40,19%	4
Γεωθερμική	0,28758	0,09322	0,19436	100,00%	1

Στην πρώτη θέση για το γενικευμένο κριτήριο Τύπου VI βρίσκονται οι γεωθερμικές μονάδες και ακολουθούν οι αιολικές μονάδες, οι φωτοβολταϊκές μονάδες και οι μονάδες

βιομάζας, όπως ακριβώς και στο γενικευμένο κριτήριο Τύπου V. Η διαφορά έγκειται στις μειωμένες κανονικοποιημένες αξιολογήσεις των αιολικών και των φωτοβολταϊκών μονάδων και την αυξημένη αξιολόγηση των μονάδων βιομάζας στο Gaussian κριτήριο σε σχέση με το κριτήριο με γραμμική προτίμηση και περιοχή αδιαφορίας. Στην πέμπτη και έκτη θέση κατατάσσονται οι υδροηλεκτρικές μονάδες και οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο, ενώ αντίστροφη ήταν η κατάταξη των μονάδων αυτών στο κριτήριο Τύπου V. Στις τέσσερις τελευταίες θέσεις με αρνητικές καθαρές ροές και κατά συνέπεια αρνητικές κανονικοποιημένες αξιολογήσεις βρίσκονται οι πυρηνικές μονάδες, οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο, οι μονάδες πετρελαίου και οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη.

5.3.7 Μέσος όρος των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων στο σενάριο αναφοράς

Ο μέσος όρος των καθαρών ροών των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων της μεθόδου PROMETHEE II που εφαρμόστηκαν με βάση τα βάρη των κριτηρίων τελικού κόμβου του σεναρίου αναφοράς (Πίνακας 5-2), οι κανονικοποιημένες αξιολογήσεις και η κατάταξη των μονάδων που προκύπτουν από τις ροές αυτές, παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-10.

Πίνακας 5-10

Κανονικοποιημένες αξιολογήσεις και κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με βάση τον μέσο όρο των καθαρών ροών που προκύπτουν από την εφαρμογή των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων στο σενάριο αναφοράς

Τύπος Μονάδας	Μέση καθαρή ροή Φ	Κανονικοποιημένη αξιολόγηση %	Κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	-0,41482	-149,60%	10
Πετρελαίου	-0,27024	-97,46%	9
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	-0,08258	-29,78%	7
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,07992	28,82%	4
Πυρηνική	-0,08995	-32,44%	8
Υδροηλεκτρική	0,04017	14,49%	6
Αιολική	0,24396	87,98%	2
Φωτοβολταϊκή	0,15666	56,50%	3
Βιομάζας	0,05960	21,49%	5
Γεωθερμική	0,27728	100,00%	1

Στην πρώτη θέση της κατάταξης με βάση τους μέσους όρους των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων κατατάσσονται οι γεωθερμικές μονάδες, όπως άλλωστε και στις επιμέρους περιπτώσεις. Στην δεύτερη θέση βρίσκονται οι αιολικές μονάδες με κανονικοποιημένη αξιολόγηση 87,98% αρκετά κοντά στην αντίστοιχη των γεωθερμικών μονάδων. Οι φωτοβολταϊκές μονάδες καταλαμβάνουν την τρίτη θέση με βάση τον μέσο

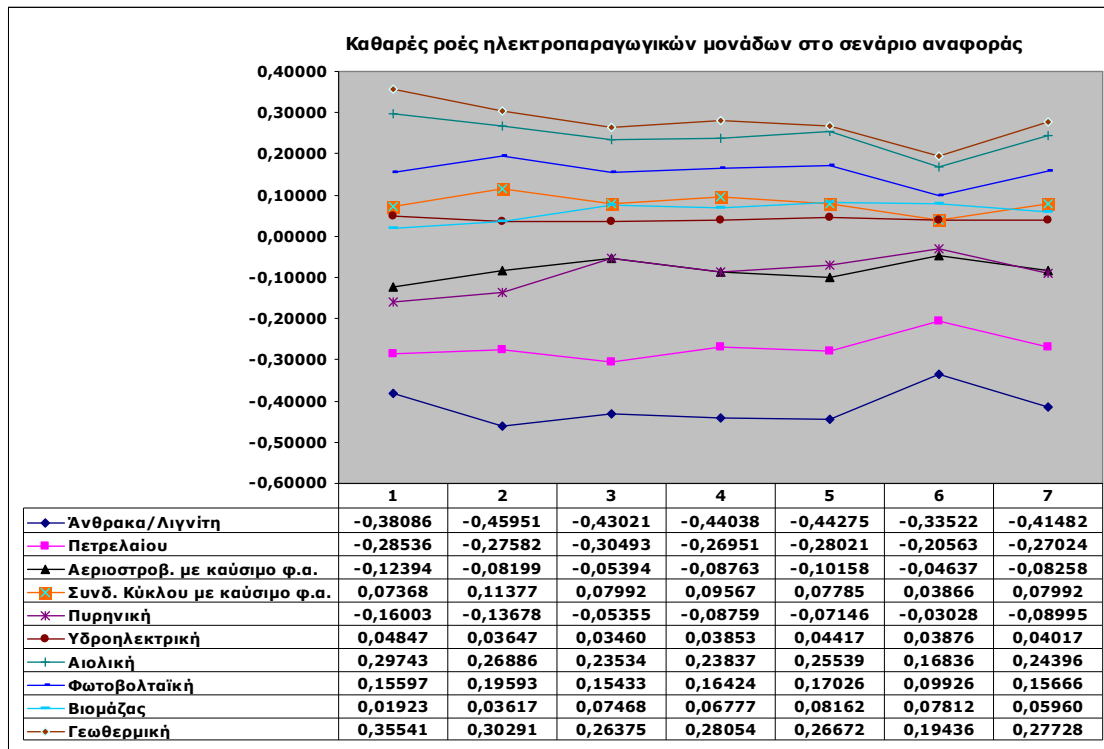
όρο των καθαρών ροών, όπως και σε όλες τις επιμέρους εφαρμογές των έξι γενικευμένων κριτηρίων, με κανονικοποιημένη αξιολόγηση 56,50%. Στην τέταρτη θέση βρίσκονται οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο με 28,82% και στην πέμπτη θέση οι μονάδες βιομάζας με 21,49%. Την εξάδα των θετικών αξιολογήσεων συμπληρώνουν οι υδροηλεκτρικές μονάδες με 14,49%. Οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο και οι πυρηνικές μονάδες που συχνά εναλλάσσονταν στις επιμέρους κατατάξεις, καταλαμβάνουν την έβδομη και όγδοη θέση αντίστοιχα με πολύ μικρές αποκλίσεις στις αξιολογήσεις τους, που είναι -29,78% και -32,44% αντίστοιχα. Στις τελευταίες δύο θέσεις κατατάσσονται οι μονάδες πετρελαίου και οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη, όπως και στην εφαρμογή όλων των επιμέρους γενικευμένων κριτηρίων και μάλιστα με πολύ αρνητικές αξιολογήσεις που είναι -97,46% και -149,60% αντίστοιχα.

5.3.8 Σύγκριση των αξιολογήσεων των μονάδων με βάση τους έξι τύπους γενικευμένων κριτηρίων στο σενάριο αναφοράς

Η συγκριτική παρουσίαση των καθαρών ροών των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων που προκύπτουν από την εφαρμογή των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων καθώς και του μέσου όρου τους παρουσιάζονται γραφικά στο Σχήμα 5-10. Οι έξι πρώτες στήλες του πίνακα δεδομένων στο Σχήμα 5-10 παρουσιάζουν τις καθαρές ροές για τους έξι τύπους γενικευμένων κριτηρίων και η έβδομη στήλη το μέσο όρο αυτών των ροών.

Όπως έχει αναλυθεί και στις προηγούμενες ενότητες και φαίνεται γραφικά στο Σχήμα 5-10, οι γεωθερμικές μονάδες αναμφισβήτητα αξιολογούνται ως οι καλύτερες μονάδες σύμφωνα με τη βαρύτητα των κριτηρίων τελικού κόμβου του σεναρίου αναφοράς και τις παραδοχές των παραμέτρων που έγιναν για την εφαρμογή της μεθόδου PROMETHEE. Οι αιολικές μονάδες με αξιολογήσεις πολύ κοντά στις αντίστοιχες των γεωθερμικών μονάδων βρίσκονται στην δεύτερη θέση σε όλες τις περιπτώσεις. Οι φωτοβολταϊκές μονάδες με σχετική διαφορά από τις δύο πρώτες αλλά και τις υπόλοιπες μονάδες που τις ακολουθούν κατατάσσονται τρίτες. Από την τέταρτη έως την έκτη θέση οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο, οι μονάδες βιομάζας και οι υδροηλεκτρικές μονάδες εναλλάσσονται καθώς οι αξιολογήσεις τους εμφανίζουν πολύ μικρές αποκλίσεις.

Ο μέσος όρος των επιμέρους καθαρών ροών δίνει ελαφρά υπεροχή στις μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο, ακολουθούν οι μονάδες βιομάζας και οι υδροηλεκτρικές μονάδες (Πίνακας 5-10). Οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο και οι πυρηνικές μονάδες είναι δύο άλλοι τύποι μονάδων με πολύ κοντινές επιμέρους αξιολογήσεις και συχνή εναλλαγή στην κατάταξη. Ο μέσος όρος αυτών οδηγεί τις μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο στην έβδομη θέση και τις πυρηνικές μονάδες στην όγδοη θέση. Στις δύο τελευταίες θέσεις με πολύ μεγάλες αποκλίσεις από τις αξιολογήσεις των υπολοίπων τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων βρίσκονται οι μονάδες πετρελαίου και οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη αντίστοιχα.



Σχήμα 5-10

Συγκριτική παρουσίαση των καθαρών ροών των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων που προκύπτουν από την εφαρμογή των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων και του μέσου όρου τους για το σενάριο αναφοράς

5.4 Ανάλυση ευαισθησίας

Η ανάλυση ευαισθησίας δίνει τη δυνατότητα στο λήπτη αποφάσεων να εξετάσει την ιεράρχηση των μονάδων όταν οι προτεραιότητες των κριτηρίων αξιολόγησης μεταβάλλονται. Τα σενάρια που εξετάζονται είναι επτά και αντιστοιχούν σε ισάριθμα σύνολα βαρών κριτηρίων, τα οποία είναι ταυτόσημα με αυτά που παρουσιάστηκαν στην Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία.

5.4.1 Σενάριο 1

Στο σενάριο 1 υιοθετείται ίση βαρύτητα για τα τρία βασικά κριτήρια, δηλαδή το βιοτικό επίπεδο, οι τεχνολογικοί παράγοντες και οι οικονομικοί παράγοντες έχουν από 33,33%. Πλήρης ανάλυση του πρώτου σεναρίου παρουσιάστηκε στην ενότητα 4.3.1.1. Η κατανομή των βαρών των βασικών κριτηρίων στα κριτήρια τελικού κόμβου παρουσιάζεται στον Πίνακα 5-2. Με βάση αυτές τις βαρύτητες υπολογίζονται οι εξερχόμενες, οι εισερχόμενες και οι καθαρές ροές για καθένα από τους έξι τύπους γενικευμένων κριτηρίων της μεθόδου PROMETHEE. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων αυτών πραγματοποιείται στις ενότητες 5.4.1.1 έως 5.4.1.6.

5.4.1.1 Εφαρμογή του συνηθισμένου κριτηρίου (Τύπος I)

Η εξερχόμενη, η εισερχόμενη και η καθαρή ροή κάθε τύπου ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας με βάση τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου I και το γενικευμένο κριτήριο Τύπου I, καθώς και η κανονικοποιημένη αξιολόγηση και κατάταξη που προκύπτουν από αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-11.

Πίνακας 5-11

Ροές και κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο PROMETHEE II για το συνηθισμένο κριτήριο (Τύπος I) και τα βάρη του σεναρίου I

Τύπος Μονάδας	Εξερχόμενη ροή ϕ^+	Εισερχόμενη ροή ϕ^-	Καθαρή ροή ϕ	Κανονικοποιημένη αξιολόγηση %	Κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	0,42016	0,56771	-0,14756	-70,32%	8
Πετρελαίου	0,44091	0,50657	-0,06566	-31,29%	7
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	0,44106	0,48462	-0,04357	-20,76%	6
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,56474	0,35897	0,20578	98,06%	2
Πυρηνική	0,51911	0,46719	0,05192	24,74%	4
Υδροηλεκτρική	0,46463	0,44332	0,02131	10,16%	5
Αιολική	0,53020	0,38702	0,14318	68,23%	3
Φωτοβολταϊκή	0,35726	0,56153	-0,20428	-97,35%	10
Βιομάζας	0,38111	0,55209	-0,17098	-81,48%	9
Γεωθερμική	0,56249	0,35264	0,20984	100,00%	1

Οι σημαντικές μεταβολές των βαρών των κριτηρίων στο σενάριο I σε σχέση με το σενάριο αναφοράς οδηγούν σε σημαντικές διαφοροποιήσεις στην κατάταξη των μονάδων. Οι γεωθερμικές μονάδες παραμένουν στην πρώτη θέση με οριακή υπεροχή έναντι των μονάδων συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο που είναι δεύτερες με κανονικοποιημένη αξιολόγηση ίση με το 98,06% αυτής των γεωθερμικών μονάδων. Στην τρίτη θέση είναι οι αιολικές μονάδες και στην τέταρτη οι πυρηνικές μονάδες με αρκετά χαμηλότερες αξιολογήσεις. Στην πέμπτη θέση με θετική καθαρή ροή και ανάλογη αξιολόγηση κατατάσσονται οι υδροηλεκτρικές μονάδες. Οι υπόλοιποι πέντε τύποι μονάδων έχουν αρνητικές αξιολογήσεις, λόγω των αρνητικών καθαρών τους ροών. Στην έκτη θέση βρίσκονται οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο με -20,76%, στην έβδομη οι μονάδες πετρελαίου με -31,29% και στην όγδοη οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη με -70,32%. Στις τελευταίες θέσεις κατατάσσονται οι μονάδες βιομάζας και οι φωτοβολταϊκές μονάδες με πολύ αρνητικές βαθμολογίες, σε αντίθεση με το σενάριο αναφοράς στο οποίο βρίσκονταν σε πολύ υψηλότερες θέσεις.

5.4.1.2 Εφαρμογή του φαινομενικού κριτηρίου (Τύπος II)

Η εξερχόμενη, η εισερχόμενη και η καθαρή ροή κάθε τύπου ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας με βάση τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου I και το γενικευμένο

κριτήριο Τύπου II, καθώς και η κανονικοποιημένη αξιολόγηση και κατάταξη που προκύπτουν από αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-12.

Για πρώτη φορά οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο βρίσκονται στην πρώτη θέση σύμφωνα με το γενικευμένο κριτήριο Τύπου II και μάλιστα με μεγάλη διαφορά από τις γεωθερμικές μονάδες που είναι στην δεύτερη θέση με κανονικοποιημένη αξιολόγηση που φθάνει στο 68,62%. Τρίτες κατατάσσονται οι αιολικές μονάδες με 43,61%. Στις θέσεις τέσσερα έως έξι βρίσκονται τρεις τύποι μονάδων με αξιολογήσεις που παρουσιάζουν πολύ μικρές διαφορές και πιο συγκεκριμένα οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο, οι υδροηλεκτρικές μονάδες και οι πυρηνικές μονάδες με ποσοστά 10,11%, 8,90% και 5,51% αντίστοιχα. Αρνητικές αξιολογήσεις που κυμαίνονται από -32,23% έως -79,09% έχουν οι μονάδες πετρελαίου, οι μονάδες βιομάζας, οι φωτοβολταϊκές μονάδες και οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη που καταλαμβάνουν τις τέσσερις τελευταίες θέσεις της κατάταξης.

Πίνακας 5-12

Ροές και κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο PROMETHEE II για το φαινομενικό κριτήριο (Τύπος II) και τα βάρη του σεναρίου I

Τύπος Μονάδας	Εξερχόμενη ροή ϕ^+	Εισερχόμενη ροή ϕ^-	Καθαρή ροή ϕ	Κανονικοποιημένη αξιολόγηση %	Κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	0,32087	0,51801	-0,19714	-79,09%	10
Πετρελαίου	0,32616	0,40650	-0,08034	-32,23%	7
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	0,38166	0,35644	0,02521	10,11%	4
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,50846	0,25920	0,24926	100,00%	1
Πυρηνική	0,39106	0,37732	0,01373	5,51%	6
Υδροηλεκτρική	0,43532	0,41314	0,02218	8,90%	5
Αιολική	0,46507	0,35638	0,10869	43,61%	3
Φωτοβολταϊκή	0,33047	0,50832	-0,17786	-71,35%	9
Βιομάζας	0,36854	0,50331	-0,13477	-54,07%	8
Γεωθερμική	0,46920	0,29816	0,17104	68,62%	2

5.4.1.3 Εφαρμογή του κριτηρίου με γραμμική προτίμηση (Τύπος III)

Η εξερχόμενη, η εισερχόμενη και η καθαρή ροή κάθε τύπου ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας με βάση τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου I και το γενικευμένο κριτήριο Τύπου III, καθώς και η κανονικοποιημένη αξιολόγηση και κατάταξη που προκύπτουν από αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-13.

Η εφαρμογή του κριτηρίου με γραμμική προτίμηση οδηγεί στην πρώτη θέση της κατάταξης τις μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο και ακολουθούν οι γεωθερμικές μονάδες με κανονικοποιημένη αξιολόγηση 60,76%. Στην τρίτη θέση για πρώτη φορά βρίσκονται οι πυρηνικές μονάδες με 52,08% και στην τέταρτη οι αιολικές μονάδες με 26,94%. Όπως και στα κριτήρια Τύπου I και II, έτσι και στο κριτήριο Τύπου

III οι υδροηλεκτρικές μονάδες κατατάσσονται στην πέμπτη θέση με 18,31%. Θετική είναι και η καθαρή ροή των μονάδων αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο που κατατάσσονται έκτης. Στις τελευταίες τέσσερις θέσεις βρίσκονται δύο μονάδες που βασίζονται σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και δύο μονάδες φυσικών καυσίμων. Και στους τρεις τύπους γενικευμένων κριτηρίων για το σενάριο 1 που εξετάστηκαν μέχρι στιγμής, οι τέσσερις αυτές μονάδες βρίσκονται στις τελευταίες θέσεις της κατάταξης με μικρές διαφοροποιήσεις στις θέσεις που καταλαμβάνουν. Στο κριτήριο με γραμμική προτίμηση (Τύπου III), οι μονάδες βιομάζας είναι στην έβδομη θέση με -22,65%, οι μονάδες πετρελαίου στην όγδοη με -64,80%, οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη στην ένατη με -78,30% και στην τελευταία θέση οι φωτοβολταϊκές μονάδες με -97,23%.

Πίνακας 5-13

Ροές και κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο PROMETHEE II για το κριτήριο με γραμμική προτίμηση (Τύπος III) και τα βάρη του σεναρίου 1

Τύπος Μονάδας	Εξερχόμενη ροή ϕ^+	Εισερχόμενη ροή ϕ^-	Καθαρή ροή ϕ	Κανονικοποιημένη αξιολόγηση %	Κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	0,23027	0,40151	-0,17124	-78,30%	9
Πετρελαίου	0,24335	0,38505	-0,14170	-64,80%	8
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	0,28710	0,27641	0,01069	4,89%	6
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,41639	0,19770	0,21868	100,00%	1
Πυρηνική	0,28961	0,17572	0,11390	52,08%	3
Υδροηλεκτρική	0,36305	0,32301	0,04004	18,31%	5
Αιολική	0,32243	0,26352	0,05891	26,94%	4
Φωτοβολταϊκή	0,27332	0,48594	-0,21262	-97,23%	10
Βιομάζας	0,31354	0,36307	-0,04953	-22,65%	7
Γεωθερμική	0,36188	0,22901	0,13287	60,76%	2

5.4.1.4 Εφαρμογή του κριτηρίου στάθμης (Τύπος IV)

Η εξερχόμενη, η εισερχόμενη και η καθαρή ροή κάθε τύπου ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας με βάση τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου 1 και το γενικευμένο κριτήριο Τύπου IV, καθώς και η κανονικοποιημένη αξιολόγηση και κατάταξη που προκύπτουν από αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-14.

Το κριτήριο στάθμης παράγει σχεδόν την ίδια κατάταξη των μονάδων με το κριτήριο με γραμμική προτίμηση που αναλύθηκε στην προηγούμενη ενότητα. Η μόνη διαφοροποίηση παρουσιάζεται στην εναλλαγή της τρίτης και τέταρτης θέσης μεταξύ των αιολικών μονάδων και των πυρηνικών μονάδων. Με βάση το κριτήριο Τύπου IV, οι αιολικές μονάδες είναι στην τρίτη θέση με αξιολόγηση 36,02% και οι πυρηνικές μονάδες στην τέταρτη με 25,55%, ενώ στο κριτήριο Τύπου III η ταξινόμησή τους ήταν αντίστροφη. Οι υπόλοιπες μονάδες κατατάσσονται στις ίδιες θέσεις που έχουν και στο κριτήριο Τύπου III. Οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο είναι και πάλι στην

κορυφή και οι γεωθερμικές μονάδες είναι στην δεύτερη θέση όπως και στα γενικευμένα κριτήρια Τύπου II και III. Οι υδροηλεκτρικές μονάδες είναι για μια ακόμη φορά στην πέμπτη θέση όπως και στην πλειονότητα των περιπτώσεων του σεναρίου 1 και του σεναρίου αναφοράς, γεγονός που αποδεικνύει ότι η κατάταξή τους δεν επηρεάζεται δραματικά από την αλλαγή των βαρών των κριτηρίων, ούτε από τον τύπο γενικευμένου κριτηρίου που εφαρμόζεται. Οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο έχουν οριακά θετική αξιολόγηση και καταλαμβάνουν την έκτη θέση, ενώ στις τέσσερις τελευταίες θέσεις βρίσκονται οι μονάδες που αναφέρθηκαν και στις προηγούμενες ενότητες για το σενάριο 1.

Πίνακας 5-14

Ροές και κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο PROMETHEE II για το κριτήριο στάθμης (Τύπος IV) και τα βάρη του σεναρίου 1

Τύπος Μονάδας	Εξερχόμενη ροή ϕ^+	Εισερχόμενη ροή ϕ^-	Καθαρή ροή ϕ	Κανονικοποιημένη αξιολόγηση %	Κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	0,27129	0,45979	-0,18849	-84,19%	9
Πετρελαίου	0,27744	0,37828	-0,10083	-45,03%	8
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	0,32128	0,31870	0,00258	1,15%	6
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,46037	0,23647	0,22390	100,00%	1
Πυρηνική	0,34467	0,28746	0,05721	25,55%	4
Υδροηλεκτρική	0,39585	0,37004	0,02581	11,53%	5
Αιολική	0,38556	0,30490	0,08066	36,02%	3
Φωτοβολταϊκή	0,29753	0,48938	-0,19185	-85,69%	10
Βιομάζας	0,35065	0,40021	-0,04956	-22,13%	7
Γεωθερμική	0,41361	0,27302	0,14059	62,79%	2

5.4.1.5 Εφαρμογή του κριτηρίου με γραμμική προτίμηση και περιοχή αδιαφορίας (Τύπος V)

Η εξερχόμενη, η εισερχόμενη και η καθαρή ροή κάθε τύπου ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας με βάση τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου 1 και το γενικευμένο κριτήριο Τύπου V, καθώς και η κανονικοποιημένη αξιολόγηση και κατάταξη που προκύπτουν από αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-15.

Η κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων που προκύπτει από την εφαρμογή του γενικευμένου κριτηρίου Τύπου V, είναι ακριβώς ταυτόσημη με εκείνη που παρουσιάστηκε στην προηγούμενη ενότητα για το κριτήριο Τύπου IV. Οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο είναι και πάλι στην πρώτη θέση και οι γεωθερμικές μονάδες στην δεύτερη με ελαφρά χαμηλότερη αξιολόγηση από την αντίστοιχη του κριτηρίου Τύπου IV. Οι αιολικές, οι πυρηνικές και οι υδροηλεκτρικές μονάδες που βρίσκονται στις θέσεις τρία έως πέντε αυξάνουν επίσης τις αξιολογήσεις τους. Οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο μειώνουν την αξιολογήσή τους και οι μονάδες βιομάζας αυξάνουν την δική τους χωρίς ωστόσο να ανατρέπεται η

σειρά κατάταξής τους στις θέσεις έξι και επτά. Στις τρεις τελευταίες θέσεις είναι οι μονάδες πετρελαίου, οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη και οι φωτοβολταϊκές μονάδες που έχουν χειρότερες αξιολογήσεις στο κριτήριο Τύπου V σε σχέση με το κριτήριο Τύπου IV, χωρίς ωστόσο να διαφοροποιείται η ιεράρχησή τους.

Πίνακας 5-15

Ροές και κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο PROMETHEE II για το κριτήριο με γραμμική προτίμηση και περιοχή αδιαφορίας (Τύπος V) και τα βάρη του σεναρίου 1

Τύπος Μονάδας	Εξερχόμενη ροή ϕ^+	Εισερχόμενη ροή ϕ^-	Καθαρή ροή ϕ	Κανονικοποιημένη αξιολόγηση %	Κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	0,26324	0,45198	-0,18874	-92,21%	9
Πετρελαίου	0,26245	0,37492	-0,11247	-54,95%	8
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	0,30472	0,32122	-0,01650	-8,06%	6
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,45185	0,24716	0,20469	100,00%	1
Πυρηνική	0,34139	0,26083	0,08056	39,36%	4
Υδροηλεκτρική	0,39119	0,35393	0,03726	18,20%	5
Αιολική	0,37438	0,27459	0,09978	48,75%	3
Φωτοβολταϊκή	0,29096	0,48611	-0,19515	-95,34%	10
Βιομάζας	0,35536	0,37989	-0,02454	-11,99%	7
Γεωθερμική	0,39557	0,28046	0,11511	56,23%	2

5.4.1.6 Εφαρμογή του Gaussian κριτηρίου (Τύπος VI)

Η εξερχόμενη, η εισερχόμενη και η καθαρή ροή κάθε τύπου ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας με βάση τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου 1 και το γενικευμένο κριτήριο Τύπου VI, καθώς και η κανονικοποιημένη αξιολόγηση και κατάταξη που προκύπτουν από αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-16.

Στο Gaussian κριτήριο οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο είναι και πάλι στην πρώτη θέση και ακολουθούν στην δεύτερη θέση οι γεωθερμικές μονάδες με πολύ αυξημένη συγκριτική αξιολόγηση 82,40%. Την τρίτη θέση καταλαμβάνουν οι πυρηνικές μονάδες με 65,58% ενώ στην τέταρτη βρίσκονται για πρώτη φορά στο σενάριο 1 οι υδροηλεκτρικές μονάδες με 51,78%. Οι αιολικές μονάδες, οι μονάδες βιομάζας και μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο συμπληρώνουν την επτάδα των μονάδων που έχουν θετικές αξιολογήσεις. Αντίθετα στις τρεις τελευταίες θέσεις με ιδιαίτερα αρνητικές αξιολογήσεις που κυμαίνονται από -94,04% έως -159,27% κατατάσσονται οι μονάδες πετρελαίου, οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη και οι φωτοβολταϊκές μονάδες αντίστοιχα.

Πίνακας 5-16

Ροές και κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο PROMETHEE II για το Gaussian κριτήριο (Τύπος VI) και τα βάρη του σεναρίου 1

Τύπος Μονάδας	Εξερχόμενη ροή ϕ^+	Εισερχόμενη ροή ϕ^-	Καθαρή ροή ϕ	Κανονικοποιημένη αξιολόγηση %	Κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	0,14053	0,29995	-0,15941	-135,36%	9
Πετρελαίου	0,14323	0,25397	-0,11075	-94,04%	8
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	0,16729	0,15272	0,01457	12,37%	7
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,23458	0,11681	0,11777	100,00%	1
Πυρηνική	0,19974	0,12251	0,07723	65,58%	3
Υδροηλεκτρική	0,26207	0,20109	0,06098	51,78%	4
Αιολική	0,20126	0,15307	0,04819	40,92%	5
Φωτοβολταϊκή	0,19408	0,38166	-0,18758	-159,27%	10
Βιομάζας	0,20461	0,16266	0,04195	35,62%	6
Γεωθερμική	0,25413	0,15709	0,09704	82,40%	2

5.4.1.7 Μέσος όρος των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων στο σεναριο 1

Ο μέσος όρος των καθαρών ροών των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων της μεθόδου PROMETHEE που εφαρμόστηκαν με βάση τα βάρη των κριτηρίων τελικού κόμβου του σεναρίου 1 (Πίνακας 5-2), οι κανονικοποιημένες αξιολογήσεις και η κατάταξη των μονάδων που προκύπτουν από τις ροές αυτές, παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-17.

Πίνακας 5-17

Κανονικοποιημένες αξιολογήσεις και κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με βάση τον μέσο όρο των καθαρών ροών που προκύπτουν από την εφαρμογή των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων στο σεναριο 1

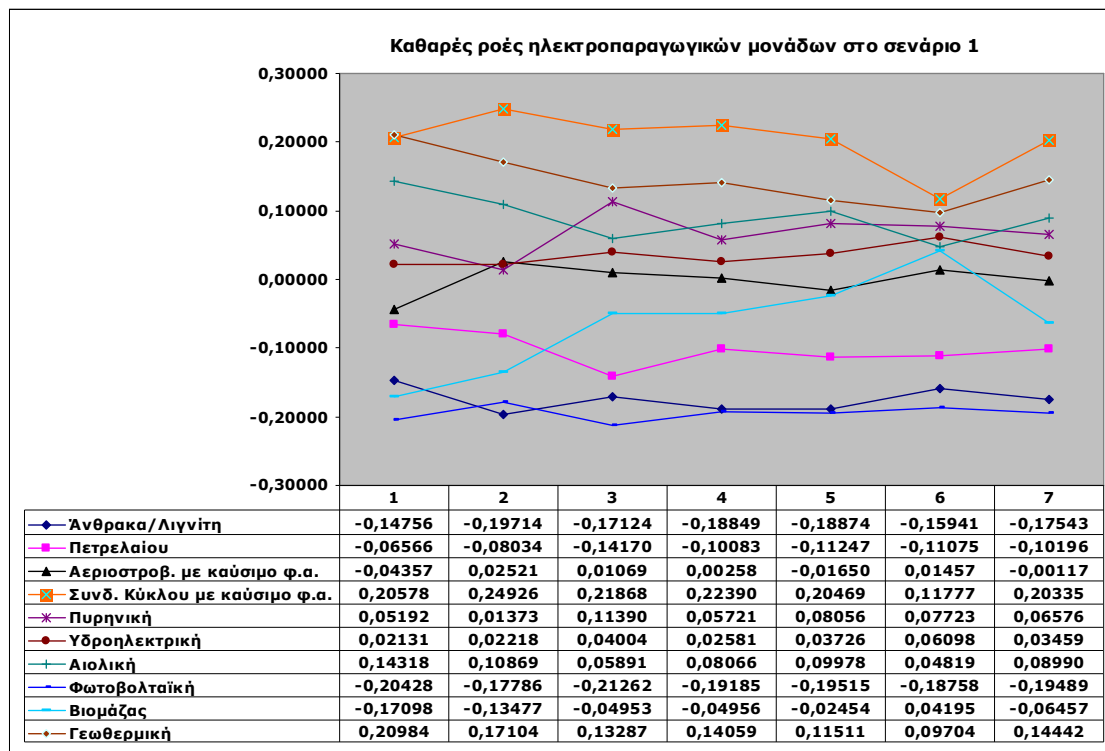
Τύπος Μονάδας	Μέση καθαρή ροή ϕ	Κανονικοποιημένη αξιολόγηση %	Κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	-0,17543	-86,27%	9
Πετρελαίου	-0,10196	-50,14%	8
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	-0,00117	-0,57%	6
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,20335	100,00%	1
Πυρηνική	0,06576	32,34%	4
Υδροηλεκτρική	0,03459	17,01%	5
Αιολική	0,08990	44,21%	3
Φωτοβολταϊκή	-0,19489	-95,84%	10
Βιομάζας	-0,06457	-31,75%	7
Γεωθερμική	0,14442	71,02%	2

Με βάση τους μέσους όρους των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων του σεναρίου 1 στην πρώτη θέση κατατάσσονται οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο και ακολουθούν οι γεωθερμικές μονάδες με κανονικοποιημένη αξιολόγηση 71,02%. Τις ίδιες θέσεις καταλαμβάνουν αυτές οι μονάδες και σε πέντε από τα έξι κριτήρια (όλα εκτός του Τύπου I). Στην τρίτη θέση βρίσκονται οι αιολικές μονάδες με 44,21% και στην τέταρτη οι πυρηνικές μονάδες με 32,34%. Πέμπτες σύμφωνα με τον μέσο όρο κατατάσσονται οι υδροηλεκτρικές μονάδες με 17,01%, θέση που καταλαμβάνουν και στους πέντε πρώτους τύπους γενικευμένων κριτηρίων (στον τύπο VI είναι στην τέταρτη θέση). Οι υπόλοιποι πέντε τύποι ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων έχουν αρνητικό μέσο όρο καθαρών ροών. Οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο καταλαμβάνουν την έκτη θέση με οριακά αρνητική αξιολόγηση -0,57%. Πολύ περισσότερο αρνητικές είναι οι επιδόσεις των μονάδων βιομάζας οι οποίες με -31,75% κατατάσσονται έβδομες. Στην όγδοη και ένατη θέση βρίσκονται δύο μονάδες φυσικών καυσίμων, οι μονάδες πετρελαίου και οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη με κανονικοποιημένες αξιολογήσεις -50,14% και -86,27% αντίστοιχα. Τελευταίες στην κατάταξη σύμφωνα με τους μέσους όρους των καθαρών ροών του σεναρίου 1 βρίσκονται οι φωτοβολταϊκές μονάδες με -95,84%.

5.4.1.8 Σύγκριση των αξιολογήσεων των μονάδων με βάση τους έξι τύπους γενικευμένων κριτηρίων στο σενάριο 1

Η συγκριτική παρουσίαση των καθαρών ροών των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων που προκύπτουν από την εφαρμογή των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων καθώς και του μέσου όρου τους για το σενάριο 1 παρουσιάζονται γραφικά στο Σχήμα 5-11. Οι έξι πρώτες στήλες του πίνακα δεδομένων στο Σχήμα 5-11 παρουσιάζουν τις καθαρές ροές για τους έξι τύπους γενικευμένων κριτηρίων και η έβδομη στήλη το μέσο όρο αυτών των ροών.

Στο Σχήμα 5-11 φαίνεται πως οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο παρά την οριακή απώλεια της πρώτης θέσης στο κριτήριο Τύπου I, είναι στην κορυφή της κατάταξης και μάλιστα με διαφορά από τις δεύτερες γεωθερμικές μονάδες στους υπόλοιπους πέντε τύπους γενικευμένων κριτηρίων καθώς και στον μέσο όρο των καθαρών ροών όλων των κριτηρίων, στο σενάριο 1. Στην τρίτη θέση των περισσότερων τύπων γενικευμένων κριτηρίων και του μέσου όρου βρίσκονται οι αιολικές μονάδες. Οι πυρηνικές μονάδες κατατάσσονται τέταρτες με βάση τον μέσο όρο ενώ στα επιμέρους κριτήρια οι θέσεις τους κυμαίνονται μεταξύ της τρίτης και της έκτης. Στην πέμπτη και έκτη θέση είναι οι υδροηλεκτρικές μονάδες και οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο αντίστοιχα, όπως και στην πλειονότητα των επιμέρους κριτηρίων. Οι μονάδες βιομάζας παρουσιάζουν μεγάλες διαφοροποιήσεις των καθαρών ροών τους με καλύτερη αυτή στο κριτήριο Τύπου VI, ενώ σύμφωνα με τον μέσο όρο κατατάσσονται στην έβδομη θέση. Στις τρεις τελευταίες θέσεις είναι οι μονάδες πετρελαίου, οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη και οι φωτοβολταϊκές μονάδες με πολύ χαμηλότερες καθαρές ροές από όλους τους υπόλοιπους τύπους μονάδων σε όλα τα γενικευμένα κριτήρια πλην των δύο πρώτων. Μικρότερες αποκλίσεις μεταξύ των καθαρών ροών των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων παρουσιάζονται στο Gaussian κριτήριο (Τύπος VI), όπως ακριβώς και στο σενάριο αναφοράς.



Σχήμα 5-11

Συγκριτική παρουσίαση των καθαρών ροών των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων που προκύπτουν από την εφαρμογή των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων και του μέσου όρου τους για το σενάριο 1

5.4.2 Σενάριο 2

Στο σενάριο 2 υιοθετείται απόλυτη προτεραιότητα στο βασικό κριτήριο, δηλαδή το κριτήριο αυτό έχει 100% βαρύτητα ενώ τα κριτήρια των τεχνολογικών και οικονομικών παραγόντων αγνοούνται. Το δεύτερο σενάριο αναλύθηκε διεξοδικά στην ενότητα 4.3.1.2. Η κατανομή των βαρών των βασικών κριτηρίων στα κριτήρια τελικού κόμβου για το δεύτερο σενάριο παρουσιάζεται στον Πίνακα 5-2. Με βάση αυτές τις βαρύτητες υπολογίζονται οι εξερχόμενες, οι εισερχόμενες και οι καθαρές ροές για καθένα από τους έξι τύπους γενικευμένων κριτηρίων της μεθόδου PROMETHEE. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων αυτών πραγματοποιείται στις ενότητες 5.4.2.1 έως 5.4.2.6.

5.4.2.1 Εφαρμογή του συνηθισμένου κριτηρίου (Τύπος I)

Η εξερχόμενη, η εισερχόμενη και η καθαρή ροή κάθε τύπου ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας με βάση τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου 2 και το γενικευμένο κριτήριο Τύπου I, καθώς και η κανονικοποιημένη αξιολόγηση και κατάταξη που προκύπτουν από αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-18.

Στην πρώτη θέση βρίσκονται οι γεωθερμικές μονάδες και ακολουθούν οι φωτοβολταϊκές μονάδες με κανονικοποιημένη αξιολόγηση 95,21%, δηλαδή πολύ κοντά στην

αξιολόγηση των γεωθερμικών μονάδων. Στην τρίτη θέση είναι οι αιολικές μονάδες με 68,01% και στην τέταρτη οι μονάδες βιομάζας με 53,80%. Οι υδροηλεκτρικές μονάδες συμπληρώνουν την πεντάδα των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων που έχουν θετικές αξιολογήσεις. Όλες αυτές οι μονάδες βασίζονται σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Αντίθετα με ελαφρώς αρνητική αξιολόγηση -8,72% στην έκτη θέση είναι οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο. Έβδομες και όγδοες κατατάσσονται οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο και οι πυρηνικές μονάδες με -42,02% και -72,09% αντίστοιχα. Η απόλυτη προτεραιότητα σε θέματα βιοτικού επιπέδου οδηγεί σε πολύ αρνητικές αξιολογήσεις τις μονάδες φυσικών καυσίμων του πετρελαίου και του άνθρακα/λιγνίτη, οι οποίες έχουν κανονικοποιημένες αξιολογήσεις -109,14% και -115,65% αντίστοιχα.

Πίνακας 5-18

Ροές και κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο PROMETHEE II για το συνηθισμένο κριτήριο (Τύπος I) και τα βάρη του σεναρίου 2

Τύπος Μονάδας	Εξερχόμενη ροή ϕ^+	Εισερχόμενη ροή ϕ^-	Καθαρή ροή ϕ	Κανονικοποιημένη αξιολόγηση %	Κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	0,19060	0,77378	-0,58318	-115,65%	10
Πετρελαίου	0,14934	0,69969	-0,55034	-109,14%	9
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	0,31266	0,52456	-0,21190	-42,02%	7
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,39662	0,44059	-0,04397	-8,72%	6
Πυρηνική	0,29809	0,66159	-0,36350	-72,09%	8
Υδροηλεκτρική	0,46417	0,30986	0,15431	30,60%	5
Αιολική	0,57236	0,22943	0,34292	68,01%	3
Φωτοβολταϊκή	0,64329	0,16320	0,48009	95,21%	2
Βιομάζας	0,53576	0,26444	0,27131	53,80%	4
Γεωθερμική	0,64988	0,14562	0,50426	100,00%	1

5.4.2.2 Εφαρμογή του φαινομενικού κριτηρίου (Τύπος II)

Η εξερχόμενη, η εισερχόμενη και η καθαρή ροή κάθε τύπου ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας με βάση τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου 2 και το γενικευμένο κριτήριο Τύπου II, καθώς και η κανονικοποιημένη αξιολόγηση και κατάταξη που προκύπτουν από αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-19.

Η εφαρμογή του γενικευμένου κριτηρίου Τύπου II στο σενάριο 2 αλλάζει τα δεδομένα στην κορυφή της κατάταξης, στην οποία αυτή τη φορά βρίσκονται οι φωτοβολταϊκές μονάδες και ακολουθούν οι γεωθερμικές μονάδες με κανονικοποιημένη αξιολόγηση 82,89%. Όλες οι υπόλοιπες θέσεις της κατάταξης στην εφαρμογή του κριτηρίου Τύπου II είναι ταυτόσημες με τις αντίστοιχες του κριτηρίου Τύπου I. Στην τρίτη, τέταρτη και πέμπτη θέση κατατάσσονται οι αιολικές μονάδες, οι μονάδες βιομάζας και οι υδροηλεκτρικές μονάδες με ελαφρώς χαμηλότερες αξιολογήσεις από τις αντίστοιχες στο κριτήριο Τύπου I. Οι αιολικές μονάδες έχουν βαθμολογία 63,65% στο κριτήριο Τύπου II

έναντι 68,01% στο κριτήριο Τύπου I, οι μονάδες βιομάζας έχουν 51,43% στο τρέχον κριτήριο έναντι 53,80% που είχαν στον προηγούμενο, ενώ τα αντίστοιχα ποσοστά για τις υδροηλεκτρικές μονάδες είναι 23,28% και 30,60%. Η αξιολόγηση των μονάδων συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο είναι αυτή τη φορά θετική με 1,49%. Λιγότερο αρνητικές σε σχέση με το κριτήριο Τύπου I είναι οι αξιολογήσεις των μονάδων αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο, των πυρηνικών μονάδων και των μονάδων πετρελαίου που βρίσκονται στην έβδομη, όγδοη και ένατη θέση αντίστοιχα. Αντίθετα περισσότερο αρνητική είναι στο γενικευμένο κριτήριο Τύπου II η βαθμολογία των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη, οι οποίες βρίσκονται στην τελευταία θέση με -135,24%.

Πίνακας 5-19

Ροές και κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο PROMETHEE II για το φαινομενικό κριτήριο (Τύπος II) και τα βάρη του σεναρίου 2

Τύπος Μονάδας	Εξερχόμενη ροή ϕ^+	Εισερχόμενη ροή ϕ^-	Καθαρή ροή ϕ	Κανονικοποιημένη αξιολόγηση %	Κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	0,05314	0,75526	-0,70211	-135,24%	10
Πετρελαίου	0,11038	0,60290	-0,49252	-94,87%	9
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	0,22673	0,43384	-0,20711	-39,89%	7
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,32922	0,32148	0,00774	1,49%	6
Πυρηνική	0,17321	0,44698	-0,27377	-52,73%	8
Υδροηλεκτρική	0,39500	0,27417	0,12083	23,28%	5
Αιολική	0,51714	0,18669	0,33046	63,65%	3
Φωτοβολταϊκή	0,61362	0,09448	0,51914	100,00%	1
Βιομάζας	0,49797	0,23098	0,26699	51,43%	4
Γεωθερμική	0,54094	0,11060	0,43034	82,89%	2

5.4.2.3 Εφαρμογή του κριτηρίου με γραμμική προτίμηση (Τύπος III)

Η εξερχόμενη, η εισερχόμενη και η καθαρή ροή κάθε τύπου ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας με βάση τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου 2 και το γενικευμένο κριτήριο Τύπου III, καθώς και η κανονικοποιημένη αξιολόγηση και κατάταξη που προκύπτουν από αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-20.

Η κατάταξη των μονάδων στο γενικευμένο κριτήριο Τύπου III όπως και στα κριτήρια Τύπου IV, V και VI που ακολουθούν είναι απολύτως ταυτόσημη με εκείνη του γενικευμένου κριτηρίου Τύπου II. Οι επιμέρους αξιολογήσεις δεν διαφοροποιούνται ουσιαστικά με σημαντικότερη την αρνητική βαθμολογία των μονάδων συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο, οι οποίες έχουν -9,33%, ποσοστό που προσεγγίζει εκείνο που είχαν στην εφαρμογή του γενικευμένου κριτηρίου Τύπου I, ενώ αντίθετα η κανονικοποιημένη αξιολόγησή τους με βάση το κριτήριο Τύπου II ήταν οριακά θετική.

Πίνακας 5-20

Ροές και κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο PROMETHEE II για το κριτήριο με γραμμική προτίμηση (Τύπος III) και τα βάρη του σεναρίου 2

Τύπος Μονάδας	Εξερχόμενη ροή ϕ^+	Εισερχόμενη ροή ϕ^-	Καθαρή ροή ϕ	Κανονικοποιημένη αξιολόγηση %	Κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	0,04161	0,72733	-0,68573	-138,51%	10
Πετρελαίου	0,06970	0,54111	-0,47140	-95,22%	9
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	0,19258	0,32670	-0,13412	-27,09%	7
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,25835	0,30455	-0,04620	-9,33%	6
Πυρηνική	0,12212	0,37160	-0,24948	-50,39%	8
Υδροηλεκτρική	0,31485	0,24854	0,06631	13,39%	5
Αιολική	0,45647	0,09676	0,35971	72,66%	3
Φωτοβολταϊκή	0,57151	0,07644	0,49507	100,00%	1
Βιομάζας	0,48258	0,20165	0,28093	56,75%	4
Γεωθερμική	0,47756	0,09266	0,38490	77,75%	2

5.4.2.4 Εφαρμογή του κριτηρίου στάθμης (Τύπος IV)

Η εξερχόμενη, η εισερχόμενη και η καθαρή ροή κάθε τύπου ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας με βάση τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου 2 και το γενικευμένο κριτήριο Τύπου IV, καθώς και η κανονικοποιημένη αξιολόγηση και κατάταξη που προκύπτουν από αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-21.

Πίνακας 5-21

Ροές και κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο PROMETHEE II για το κριτήριο στάθμης (Τύπος IV) και τα βάρη του σεναρίου 2

Τύπος Μονάδας	Εξερχόμενη ροή ϕ^+	Εισερχόμενη ροή ϕ^-	Καθαρή ροή ϕ	Κανονικοποιημένη αξιολόγηση %	Κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	0,03974	0,71778	-0,67803	-141,11%	10
Πετρελαίου	0,08116	0,53998	-0,45882	-95,49%	9
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	0,18904	0,38821	-0,19917	-41,45%	7
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,28916	0,30133	-0,01218	-2,53%	6
Πυρηνική	0,15767	0,39176	-0,23409	-48,72%	8
Υδροηλεκτρική	0,34393	0,23764	0,10628	22,12%	5
Αιολική	0,45213	0,14244	0,30968	64,45%	3
Φωτοβολταϊκή	0,57008	0,08959	0,48049	100,00%	1
Βιομάζας	0,48708	0,21364	0,27343	56,91%	4
Γεωθερμική	0,50886	0,09646	0,41240	85,83%	2

Η κατάταξη των μονάδων για το κριτήριο στάθμης είναι απολύτως ταυτόσημη με εκείνη των δύο προηγούμενων κριτηρίων. Ως προς τις κανονικοποιημένες αξιολογήσεις οι γεωθερμικές μονάδες εμφανίζονται ενισχυμένες με 85,83%, ενώ οι αιολικές μονάδες έχουν ελαφρώς χαμηλότερη βαθμολογία από την αντίστοιχη στο κριτήριο Τύπου III με 64,45%. Οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο έχουν και σε αυτό το κριτήριο οριακά αρνητική αξιολόγηση με -2,53%. Γενικά δεν υπάρχουν ουσιαστικές διαφοροποιήσεις των βαθμολογιών των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων.

5.4.2.5 Εφαρμογή του κριτηρίου με γραμμική προτίμηση και περιοχή αδιαφορίας (Τύπος V)

Η εξερχόμενη, η εισερχόμενη και η καθαρή ροή κάθε τύπου ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας με βάση τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου 2 και το γενικευμένο κριτήριο Τύπου V, καθώς και η κανονικοποιημένη αξιολόγηση και κατάταξη που προκύπτουν από αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-22.

Όπως προκύπτει από τη σύγκριση των Πινάκων 5-21 και 5-22, εκτός από την κατάταξη όπου υπάρχει πλήρη ταύτιση, σχεδόν ταυτόσημες είναι και οι κανονικοποιημένες αξιολογήσεις που προκύπτουν για τους δέκα τύπους ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων από την εφαρμογή των γενικευμένων κριτηρίων Τύπου IV και V της μεθόδου PROMETHEE στο σενάριο 2.

Πίνακας 5-22

Ροές και κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο PROMETHEE II για το κριτήριο με γραμμική προτίμηση και περιοχή αδιαφορίας (Τύπος V) και τα βάρη του σεναρίου 2

Τύπος Μονάδας	Εξερχόμενη ροή ϕ^+	Εισερχόμενη ροή ϕ^-	Καθαρή ροή ϕ	Κανονικοποιημένη αξιολόγηση %	Κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	0,03611	0,71665	-0,68054	-135,58%	10
Πετρελαίου	0,06539	0,54031	-0,47492	-94,62%	9
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	0,18217	0,39521	-0,21304	-42,44%	7
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,28105	0,30976	-0,02870	-5,72%	6
Πυρηνική	0,15463	0,38901	-0,23438	-46,69%	8
Υδροηλεκτρική	0,33561	0,24315	0,09246	18,42%	5
Αιολική	0,46233	0,12745	0,33487	66,72%	3
Φωτοβολταϊκή	0,58716	0,08521	0,50195	100,00%	1
Βιομάζας	0,48700	0,20529	0,28171	56,12%	4
Γεωθερμική	0,51597	0,09538	0,42060	83,79%	2

5.4.2.6 Εφαρμογή του Gaussian κριτηρίου (Τύπος VI)

Η εξερχόμενη, η εισερχόμενη και η καθαρή ροή κάθε τύπου ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας με βάση τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου 2 και το γενικευμένο

κριτήριο Τύπου VI, καθώς και η κανονικοποιημένη αξιολόγηση και κατάταξη που προκύπτουν από αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-23.

Στο Gaussian κριτήριο παρουσιάζεται σημαντική μείωση των καθαρών ροών των πέντε πρώτων μονάδων στην κατάταξη, δηλαδή των μονάδων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Οι κανονικοποιημένες αξιολογήσεις των γεωθερμικών μονάδων, των αιολικών μονάδων, των μονάδων βιομάζας και των υδροηλεκτρικών μονάδων που βρίσκονται από την δεύτερη έως την πέμπτη θέση της κατάταξης, παρουσιάζουν επίσης μείωση σε σχέση με τις αντίστοιχες των Τύπων II έως V. Οι πέντε τελευταίες μονάδες της κατάταξης, δηλαδή οι μονάδες φυσικών καυσίμων και οι πυρηνικές μονάδες, εμφανίζουν αύξηση των καθαρών ροών τους στο κριτήριο Τύπου VI, με μικρές βελτιώσεις στις αντίστοιχες κανονικοποιημένες αξιολογήσεις τους σε σχέση με τα υπόλοιπα κριτήρια, στην πλειονότητα των περιπτώσεων.

Πίνακας 5-23

Ροές και κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο PROMETHEE II για το Gaussian κριτήριο (Τύπος VI) και τα βάρη του σεναρίου 2

Τύπος Μονάδας	Εξερχόμενη ροή ϕ^+	Εισερχόμενη ροή ϕ^-	Καθαρή ροή ϕ	Κανονικοποιημένη αξιολόγηση %	Κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	0,01722	0,50055	-0,48333	-124,23%	10
Πετρελαίου	0,04133	0,33308	-0,29175	-74,99%	9
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	0,07940	0,21095	-0,13155	-33,81%	7
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,14006	0,18151	-0,04145	-10,65%	6
Πυρηνική	0,08409	0,23219	-0,14810	-38,07%	8
Υδροηλεκτρική	0,18522	0,14381	0,04140	10,64%	5
Αιολική	0,27626	0,05244	0,22382	57,53%	3
Φωτοβολταϊκή	0,42383	0,03478	0,38905	100,00%	1
Βιομάζας	0,29020	0,13940	0,15081	38,76%	4
Γεωθερμική	0,32902	0,03792	0,29111	74,83%	2

5.4.2.7 Μέσος όρος των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων στο σενάριο 2

Ο μέσος όρος των καθαρών ροών των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων της μεθόδου PROMETHEE που εφαρμόστηκαν με βάση τα βάρη των κριτηρίων τελικού κόμβου του σεναρίου 2 (Πίνακας 5-2), οι κανονικοποιημένες αξιολογήσεις και η κατάταξη των μονάδων που προκύπτουν από τις ροές αυτές, παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-24.

Ο μέσος όρος των καθαρών ροών που προκύπτουν από την εφαρμογή των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων στο σενάριο 2, όπου δίνεται απόλυτη προτεραιότητα σε ζητήματα του βιοτικού επιπέδου, φέρνει στην κορυφή της κατάταξης τις φωτοβολταϊκές μονάδες. Στην δεύτερη θέση είναι οι γεωθερμικές μονάδες με κανονικοποιημένη αξιολόγηση 85,27% και στην τρίτη οι αιολικές μονάδες με 66,35%. Την πρώτη πεντάδα συμπληρώνουν άλλες δύο μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, οι μονάδες βιομάζας

και οι υδροηλεκτρικές μονάδες με θετικές αξιολογήσεις 53,22% και 20,29% αντίστοιχα. Οι μονάδες φυσικών καυσίμων και οι πυρηνικές μονάδες βρίσκονται στις πέντε τελευταίες θέσεις με αρνητικές αξιολογήσεις. Από αυτές, λιγότερο αρνητική αξιολόγηση εμφανίζουν οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο με -5,75% καταλαμβάνοντας την έκτη θέση, γεγονός που αποδεικνύει την μικρότερη συγκριτικά αρνητική επίδρασή τους στο βιοτικό επίπεδο σε σχέση με τις υπόλοιπες τέσσερις τύπους μονάδων μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Αντίθετα την πιο αρνητική βαθμολογία έχουν οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη που βρίσκονται στην τελευταία θέση της κατάταξης με -133,05%, με βάση τους μέσους όρους για το σενάριο 2.

Πίνακας 5-24

Κανονικοποιημένες αξιολογήσεις και κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με βάση τον μέσο όρο των καθαρών ροών που προκύπτουν από την εφαρμογή των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων στο σενάριο 2

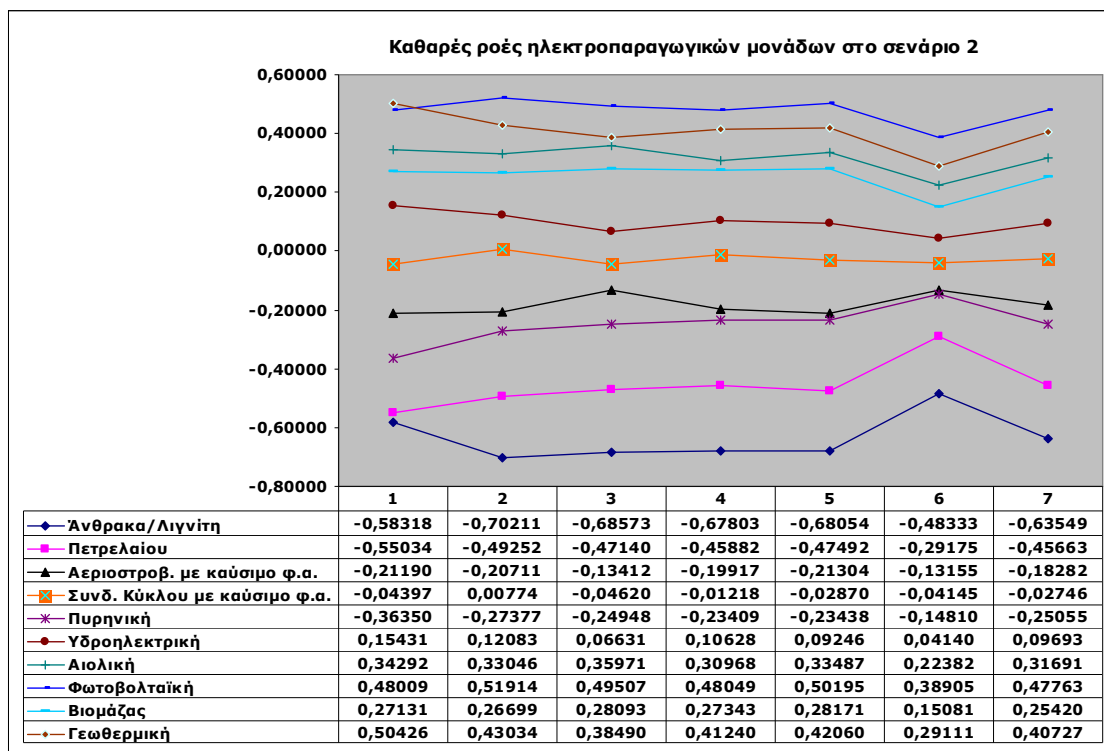
Τύπος Μονάδας	Μέση καθαρή ροή φ	Κανονικοποιημένη αξιολόγηση %	Κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	-0,63549	-133,05%	10
Πετρελαίου	-0,45663	-95,60%	9
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	-0,18282	-38,28%	7
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	-0,02746	-5,75%	6
Πυρηνική	-0,25055	-52,46%	8
Υδροηλεκτρική	0,09693	20,29%	5
Αιολική	0,31691	66,35%	3
Φωτοβολταϊκή	0,47763	100,00%	1
Βιομάζας	0,25420	53,22%	4
Γεωθερμική	0,40727	85,27%	2

5.4.2.8 Σύγκριση των αξιολογήσεων των μονάδων με βάση τους έξι τύπους γενικευμένων κριτηρίων στο σενάριο 2

Η συγκριτική παρουσίαση των καθαρών ροών των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων που προκύπτουν από την εφαρμογή των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων καθώς και του μέσου όρου τους για το σενάριο 2 παρουσιάζονται γραφικά στο Σχήμα 5-12. Οι έξι πρώτες στήλες του πίνακα δεδομένων στο Σχήμα 5-12 παρουσιάζουν τις καθαρές ροές για τους έξι τύπους γενικευμένων κριτηρίων και η έβδομη στήλη το μέσο όρο αυτών των ροών.

Στο Σχήμα 5-12 φαίνεται πως οι καθαρές ροές των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων στο σενάριο 2 ακολουθούν μία «παράλληλη» πορεία χωρίς να τέμνονται, με μοναδική εξαίρεση τις γεωθερμικές και τις φωτοβολταϊκές μονάδες που τέμνονται μεταξύ των κριτηρίων Τύπου I και II. Ανεξάρτητα από την αυξομείωση των καθαρών ροών των μονάδων μεταξύ των διαφόρων τύπων γενικευμένων κριτηρίων, η κατάταξη

τους είναι σαφής και δεν επιδέχεται αμφισβήτηση. Οι μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας καταλαμβάνουν τις πέντε πρώτες θέσεις με τις φωτοβολταϊκές μονάδες να είναι στην κορυφή ενώ ακολουθούν οι γεωθερμικές, οι αιολικές, οι μονάδες βιομάζας και οι υδροηλεκτρικές μονάδες. Οι δύο τύποι μονάδων φυσικού αερίου ξεχωρίζουν μεταξύ των μονάδων μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, με τις μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο να είναι στην έκτη θέση και τις μονάδες αεριοστρόβιλου με καύσιμο φυσικό αέριο να καταλαμβάνουν την έβδομη θέση. Οι πυρηνικές μονάδες είναι όγδοες ενώ στις δύο τελευταίες θέσεις με πολύ αρνητικές αξιολογήσεις και σημαντική διαφορά καθαρών ροών από τους υπόλοιπους τύπους μονάδων βρίσκονται οι μονάδες πετρελαίου και οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη.



Σχήμα 5-12

Συγκριτική παρουσίαση των καθαρών ροών των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων που προκύπτουν από την εφαρμογή των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων και του μέσου όρου τους για το σενάριο 2

5.4.3 Σενάριο 3

Στο σενάριο 3 δίνεται μεγάλη προτεραιότητα στο βασικό κριτήριο του βιοτικού επιπέδου το οποίο έχει βαρύτητα 60%, ενώ τα κριτήρια των τεχνολογικών και οικονομικών παραγόντων έχουν μέτρια προτεραιότητα με βαρύτητα 20%. Το τρίτο σενάριο αναλύθηκε διεξοδικά στην ενότητα 4.3.1.3. Η κατανομή των βαρών των βασικών κριτηρίων στα κριτήρια τελικού κόμβου για το τρίτο σενάριο παρουσιάζεται στον Πίνακα 5-2. Με βάση αυτές τις βαρύτητες υπολογίζονται οι εξερχόμενες, οι εισερχόμενες και οι καθαρές ροές για καθένα από τους έξι τύπους γενικευμένων κριτηρίων της

μεθόδου PROMETHEE. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων αυτών πραγματοποιείται στις ενότητες 5.4.3.1 έως 5.4.3.6.

5.4.3.1 Εφαρμογή του συνηθισμένου κριτηρίου (Τύπος I)

Η εξερχόμενη, η εισερχόμενη και η καθαρή ροή κάθε τύπου ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας με βάση τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου 3 και το γενικευμένο κριτήριο Τύπου I, καθώς και η κανονικοποιημένη αξιολόγηση και κατάταξη που προκύπτουν από αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-25.

Για το σενάριο 3 και το κριτήριο Τύπου I η αξιολόγηση οδηγεί τις γεωθερμικές μονάδες στην κορυφή και ακολουθούν οι αιολικές μονάδες με 68,14%. Στην τρίτη θέση κατατάσσονται οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο με 32,31% ενώ οι υδροηλεκτρικές μονάδες είναι στην τέταρτη θέση με 22,78%. Την εξάδα των μονάδων με θετικές ροές και κατά συνέπεια και θετικές κανονικοποιημένες αξιολογήσεις συμπληρώνουν οι φωτοβολταϊκές μονάδες με 21,20% ενώ οι μονάδες βιομάζας είναι οριακά θετικές με 1,80% στην έκτη θέση. Αρνητικές είναι οι αξιολογήσεις των υπολοίπων μονάδων με διακύμανση από -33,86% έως -98,27%. Πιο συγκεκριμένα οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο είναι στην έβδομη θέση και οι πυρηνικές μονάδες στην όγδοη ενώ για μια ακόμη φορά οι μονάδες πετρελαίου και οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη καταλαμβάνουν τις δύο τελευταίες θέσεις με -79,21% και -98,27% αντίστοιχα.

Πίνακας 5-25

Ροές και κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο PROMETHEE II για το συνηθισμένο κριτήριο (Τύπος I) και τα βάρη του σεναρίου 3

Τύπος Μονάδας	Εξερχόμενη ροή φ ⁺	Εισερχόμενη ροή φ ⁻	Καθαρή ροή φ	Κανονικοποιημένη αξιολόγηση %	Κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	0,32836	0,65022	-0,32187	-98,27%	10
Πετρελαίου	0,32437	0,58381	-0,25944	-79,21%	9
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	0,38972	0,50063	-0,11091	-33,86%	7
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,49750	0,39168	0,10582	32,31%	3
Πυρηνική	0,43074	0,54500	-0,11426	-34,88%	8
Υδροηλεκτρική	0,46450	0,38990	0,07460	22,78%	4
Αιολική	0,54712	0,32394	0,22318	68,14%	2
Φωτοβολταϊκή	0,47167	0,40223	0,06943	21,20%	5
Βιομάζας	0,44297	0,43707	0,00590	1,80%	6
Γεωθερμική	0,59742	0,26988	0,32754	100,00%	1

5.4.3.2 Εφαρμογή του φαινομενικού κριτηρίου (Τύπος II)

Η εξερχόμενη, η εισερχόμενη και η καθαρή ροή κάθε τύπου ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας με βάση τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου 3 και το γενικευμένο

κριτήριο Τύπου II, καθώς και η κανονικοποιημένη αξιολόγηση και κατάταξη που προκύπτουν από αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-26.

Πίνακας 5-26

Ροές και κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο PROMETHEE II για το φαινομενικό κριτήριο (Τύπος II) και τα βάρη του σεναρίου 3

Τύπος Μονάδας	Εξερχόμενη ροή ϕ^+	Εισερχόμενη ροή ϕ^-	Καθαρή ροή ϕ	Κανονικοποιημένη αξιολόγηση %	Κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	0,21380	0,61298	-0,39918	-145,33%	10
Πετρελαίου	0,23992	0,48503	-0,24511	-89,24%	9
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	0,31972	0,38741	-0,06769	-24,64%	7
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,43677	0,28416	0,15261	55,56%	3
Πυρηνική	0,30393	0,40520	-0,10127	-36,87%	8
Υδροηλεκτρική	0,41924	0,35751	0,06173	22,48%	5
Αιολική	0,48593	0,28847	0,19747	71,89%	2
Φωτοβολταϊκή	0,44371	0,34284	0,10087	36,72%	4
Βιομάζας	0,42031	0,39441	0,02590	9,43%	6
Γεωθερμική	0,49787	0,22320	0,27467	100,00%	1

Οι γεωθερμικές και οι αιολικές μονάδες είναι και σε αυτό το γενικευμένο κριτήριο στις δύο πρώτες θέσεις της κατάταξης, κάτι που συμβαίνει και κατά την εφαρμογή των υπολοίπων τεσσάρων τύπων γενικευμένων κριτηρίων που παρουσιάζονται στις επόμενες ενότητες. Οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο είναι στην τρίτη θέση με 55,56%. Εναλλαγή στην κατάταξη υπάρχει για τις φωτοβολταϊκές και τις υδροηλεκτρικές μονάδες που καταλαμβάνουν στο κριτήριο Τύπου II την τέταρτη και πέμπτη θέση ενώ στο κριτήριο Τύπου I η σειρά τους ήταν αντίστροφη. Στην έκτη θέση βρίσκονται οι μονάδες βιομάζας με αξιολόγηση 9,43%, πολύ καλύτερη από εκείνη που είχαν στο κριτήριο Τύπου I. Αρνητικές είναι οι κανονικοποιημένες αξιολογήσεις των υπολοίπων τεσσάρων μονάδων. Πιο συγκεκριμένα οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο είναι στην έβδομη θέση με -24,64%, οι πυρηνικές μονάδες στην όγδοη με -36,87% και οι μονάδες πετρελαίου στην ένατη θέση με -89,24%. Τέλος οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη παρουσιάζουν μια εντυπωσιακή πτώση της βαθμολογίας τους στο -145,33% σε σχέση με το προηγούμενο γενικευμένο κριτήριο που είχαν -98,27%, γεγονός που τις διατηρεί στην τελευταία θέση της συνολικής κατάταξης.

5.4.3.3 Εφαρμογή του κριτηρίου με γραμμική προτίμηση (Τύπος III)

Η εξερχόμενη, η εισερχόμενη και η καθαρή ροή κάθε τύπου ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας με βάση τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου 3 και το γενικευμένο κριτήριο Τύπου III, καθώς και η κανονικοποιημένη αξιολόγηση και κατάταξη που προκύπτουν από αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-27.

Κατά την εφαρμογή του κριτηρίου Τύπου III στις τρεις πρώτες θέσεις της κατάταξης είναι οι γεωθερμικές μονάδες, οι αιολικές μονάδες και οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο αντίστοιχα. Αλλαγή υπάρχει στην τέταρτη θέση της κατάταξης που τώρα καταλαμβάνουν οι μονάδες βιομάζας με 35,38%, αφήνοντας στην πέμπτη θέση τις φωτοβολταϊκές μονάδες με 30,13% και τις υδροηλεκτρικές μονάδες στην έκτη θέση με 21,68%. Οι πυρηνικές μονάδες είναι για πρώτη φορά σε αυτό το σενάριο έβδομες με σχετικά μικρή αρνητική αξιολόγηση -13,44% και ακολουθούν οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο στην όγδοη θέση με -20,22%. Πολύ αρνητικές είναι οι κανονικοποιημένες αξιολογήσεις για τις μονάδες πετρελαίου και τις μονάδες άνθρακα/λιγνίτη, αφού αυτές είναι -117,09% και -161,40% αντίστοιχα, με συνέπεια να βρίσκονται στις δύο τελευταίες θέσεις της κατάταξης.

Πίνακας 5-27

Ροές και κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο PROMETHEE II για το κριτήριο με γραμμική προτίμηση (Τύπος III) και τα βάρη του σεναρίου 3

Τύπος Μονάδας	Εξερχόμενη ροή φ*	Εισερχόμενη ροή φ*	Καθαρή ροή φ	Κανονικοποιημένη αξιολόγηση %	Κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	0,15482	0,53187	-0,37705	-161,40%	10
Πετρελαίου	0,17393	0,44747	-0,27354	-117,09%	9
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	0,24932	0,29655	-0,04723	-20,22%	8
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,35317	0,24048	0,11269	48,24%	3
Πυρηνική	0,22264	0,25403	-0,03139	-13,44%	7
Υδροηλεκτρική	0,34381	0,29317	0,05065	21,68%	6
Αιολική	0,37607	0,19684	0,17923	76,72%	2
Φωτοβολταϊκή	0,39256	0,32217	0,07038	30,13%	5
Βιομάζας	0,38114	0,29849	0,08265	35,38%	4
Γεωθερμική	0,40813	0,17452	0,23361	100,00%	1

5.4.3.4 Εφαρμογή του κριτηρίου στάθμης (Τύπος IV)

Η εξερχόμενη, η εισερχόμενη και η καθαρή ροή κάθε τύπου ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας με βάση τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου 3 και το γενικευμένο κριτήριο Τύπου IV, καθώς και η κανονικοποιημένη αξιολόγηση και κατάταξη που προκύπτουν από αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-28.

Η εφαρμογή του γενικευμένου κριτηρίου Τύπου IV παράγει απολύτως ταυτόσημη κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με εκείνη του κριτηρίου Τύπου III που παρουσιάστηκε στην προηγούμενη παράγραφο. Για τον λόγο αυτό θα εξεταστούν οι επιμέρους διαφοροποιήσεις των αξιολογήσεων των μονάδων για τους δύο αυτούς τύπους κριτηρίων. Οι αιολικές μονάδες παρουσιάζουν ελαφρά μείωση της βαθμολογίας τους σε αυτό το κριτήριο ενώ οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο που είναι στην τρίτη θέση παρουσιάζουν άνοδο της αξιολογήσεως

τους σε σχέση με το κριτήριο Τύπου III. Οι μονάδες βιομάζας έχουν ελαφρά μείωση και οι φωτοβολταϊκές μονάδες οριακή άνοδο των βαθμολογιών τους που είναι πολύ κοντά (31,95% και 30,90% αντίστοιχα), χωρίς ωστόσο να διαφοροποιούνται οι θέσεις τους στην κατάταξη. Στην έκτη θέση είναι οι υδροηλεκτρικές μονάδες με 23,31% και οριακή άνοδο. Για τις πυρηνικές μονάδες και τις μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο οι αξιολογήσεις τους είναι λίγο χειρότερες, σε σχέση πάντα με το γενικευμένο κριτήριο Τύπου III, με ποσοστά -23,80% και -31,34% αντίστοιχα. Οι βαθμολογίες των μονάδων πετρελαίου και των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη είναι -97,88% και -154,22%, ελαφρώς βελτιωμένες σε σχέση με το προηγούμενο κριτήριο, χωρίς ωστόσο να διαφοροποιείται η συνολική τους ιεράρχηση.

Πίνακας 5-28

Ροές και κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο PROMETHEE II για το κριτήριο στάθμης (Τύπος IV) και τα βάρη του σεναρίου 3

Τύπος Μονάδας	Εξερχόμενη ροή ϕ^+	Εισερχόμενη ροή ϕ^-	Καθαρή ροή ϕ	Κανονικοποιημένη αξιολόγηση %	Κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	0,17869	0,56304	-0,38435	-154,22%	10
Πετρελαίου	0,19900	0,44295	-0,24395	-97,88%	9
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	0,26842	0,34652	-0,07811	-31,34%	8
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,39189	0,26246	0,12944	51,94%	3
Πυρηνική	0,26988	0,32919	-0,05931	-23,80%	7
Υδροηλεκτρική	0,37514	0,31704	0,05809	23,31%	6
Αιολική	0,41222	0,23991	0,17232	69,14%	2
Φωτοβολταϊκή	0,40653	0,32952	0,07701	30,90%	5
Βιομάζας	0,40522	0,32559	0,07963	31,95%	4
Γεωθερμική	0,45168	0,20246	0,24922	100,00%	1

5.4.3.5 Εφαρμογή του κριτηρίου με γραμμική προτίμηση και περιοχή αδιαφορίας (Τύπος V)

Η εξερχόμενη, η εισερχόμενη και η καθαρή ροή κάθε τύπου ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας με βάση τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου 3 και το γενικευμένο κριτήριο Τύπου V, καθώς και η κανονικοποιημένη αξιολόγηση και κατάταξη που προκύπτουν από αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-29.

Η κατάταξη των μονάδων κατά την εφαρμογή του γενικευμένου κριτηρίου Τύπου V είναι η ίδια ακριβώς με τους δύο προηγούμενους τύπους κριτηρίων, δηλαδή τον III και IV. Τις γεωθερμικές μονάδες που είναι στην πρώτη θέση ακολουθούν οι αιολικές μονάδες με αυξημένη αξιολόγηση που φθάνει το 81,73%. Οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο, οι μονάδες βιομάζας και οι φωτοβολταϊκές μονάδες με κανονικοποιημένες αξιολογήσεις που κυμαίνονται μεταξύ 35,25% και 46,93% καταλαμβάνουν την τρίτη, τέταρτη και πέμπτη θέση της κατάταξης αντίστοιχα. Στην έκτη θέση βρίσκονται οι υδροηλεκτρικές μονάδες με 25,06% συμπληρώνοντας την εξέδρα

των μονάδων με θετικές αξιολογήσεις. Από τις υπόλοιπες τέσσερις μονάδες με αρνητικές αξιολογήσεις οι μονάδες πετρελαίου είναι στην έβδομη θέση με -19,14% και οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο στην όγδοη θέση με -40,09%. Οι μονάδες πετρελαίου και οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη ξεπερνούν το -100% και με βαθμολογίες -108,51% και -162,52% είναι στην ένατη και δέκατη θέση αντίστοιχα.

Πίνακας 5-29

Ροές και κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο PROMETHEE II για το κριτήριο με γραμμική προτίμηση και περιοχή αδιαφορίας (Τύπος V) και τα βάρη του σεναρίου 3

Τύπος Μονάδας	Εξερχόμενη ροή ϕ^+	Εισερχόμενη ροή ϕ^-	Καθαρή ροή ϕ	Κανονικοποιημένη αξιολόγηση %	Κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	0,17241	0,55790	-0,38549	-162,52%	10
Πετρελαίου	0,18369	0,44107	-0,25738	-108,51%	9
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	0,25574	0,35083	-0,09510	-40,09%	8
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,38355	0,27224	0,11131	46,93%	3
Πυρηνική	0,26670	0,31211	-0,04541	-19,14%	7
Υδροηλεκτρική	0,36901	0,30958	0,05944	25,06%	6
Αιολική	0,40959	0,21574	0,19385	81,73%	2
Φωτοβολταϊκή	0,40942	0,32580	0,08362	35,25%	5
Βιομάζας	0,40801	0,31005	0,09796	41,30%	4
Γεωθερμική	0,44370	0,20650	0,23720	100,00%	1

5.4.3.6 Εφαρμογή του Gaussian κριτηρίου (Τύπος VI)

Η εξερχόμενη, η εισερχόμενη και η καθαρή ροή κάθε τύπου ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας με βάση τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου 3 και το γενικευμένο κριτήριο Τύπου VI, καθώς και η κανονικοποιημένη αξιολόγηση και κατάταξη που προκύπτουν από αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-30.

Το Gaussian κριτήριο παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον γιατί όπως και στα προηγούμενα σενάρια, έτσι και στο σενάριο 3 δίνει αξιόλογα στοιχεία τα οποία διαφοροποιούνται από τους υπόλοιπους τύπους γενικευμένων κριτηρίων. Και σε αυτό το κριτήριο οι γεωθερμικές μονάδες είναι στην πρώτη θέση και ακολουθούν οι αιολικές μονάδες με 67,84%. Για πρώτη φορά ωστόσο στο σενάριο 3 οι μονάδες βιομάζας καταλαμβάνουν την τρίτη θέση, ενώ η χειρότερή τους θέση ήταν η έκτη, στην οποία κατατάσσονταν κατά την εφαρμογή των γενικευμένων κριτηρίων Τύπου I και II. Η αξιολόγησή τους είναι 48,99%, σημαντικά μεγαλύτερη από το 30,97% των μονάδων συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο που είναι στην τέταρτη θέση. Οριακά χαμηλότερα από τις μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο είναι οι υδροηλεκτρικές μονάδες, οι οποίες με αξιολόγηση 30,46% καταλαμβάνουν την πέμπτη θέση. Έκτες κατατάσσονται οι φωτοβολταϊκές μονάδες με 24,63%. Η θέση αυτή είναι η

χειρότερη που καταλαμβάνουν οι φωτοβολταϊκές μονάδες στο σενάριο 3, αφού στους υπόλοιπους τύπους κριτηρίων κατατάσσονται μεταξύ της τέταρτης και πέμπτης θέσης. Με αρνητικές αξιολογήσεις που κυμαίνονται από -7,38% έως -165,52% κατατάσσονται στις τέσσερις τελευταίες θέσεις οι πυρηνικές μονάδες, οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο, οι μονάδες πετρελαίου και οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη αντίστοιχα. Οι τέσσερις αυτοί τύποι μονάδων βρίσκονται πάντα στις τελευταίες θέσεις για το σενάριο 3 και η μόνη διαφοροποίηση είναι μεταξύ της έβδομης και όγδοης θέσης που άλλες φορές καταλαμβάνουν οι πυρηνικές μονάδες και άλλες φορές οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο.

Πίνακας 5-30

Ροές και κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο PROMETHEE II για το Gaussian κριτήριο (Τύπος VI) και τα βάρη του σεναρίου 3

Τύπος Μονάδας	Εξερχόμενη ροή ϕ^+	Εισερχόμενη ροή ϕ^-	Καθαρή ροή ϕ	Κανονικοποιημένη αξιολόγηση %	Κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	0,09122	0,38025	-0,28902	-165,52%	10
Πετρελαίου	0,10252	0,28563	-0,18311	-104,87%	9
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	0,13216	0,17604	-0,04387	-25,13%	8
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,19679	0,14272	0,05407	30,97%	4
Πυρηνική	0,15350	0,16638	-0,01288	-7,38%	7
Υδροηλεκτρική	0,23138	0,17819	0,05319	30,46%	5
Αιολική	0,23129	0,11283	0,11846	67,84%	2
Φωτοβολταϊκή	0,28596	0,24295	0,04302	24,63%	6
Βιομάζας	0,23886	0,15332	0,08554	48,99%	3
Γεωθερμική	0,28409	0,10948	0,17461	100,00%	1

5.4.3.7 Μέσος όρος των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων στο σενάριο 3

Ο μέσος όρος των καθαρών ροών των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων της μεθόδου PROMETHEE που εφαρμόστηκαν με βάση τα βάρη των κριτηρίων τελικού κόμβου του σεναρίου 3 (Πίνακας 5-2), οι κανονικοποιημένες αξιολογήσεις και η κατάταξη των μονάδων που προκύπτουν από τις ροές αυτές, παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-31.

Ο μέσος όρος των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων είναι σχεδόν προφανής αφού δεν υπάρχουν σημαντικές διαφοροποιήσεις στις αξιολογήσεις και κατατάξεις των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων κατά την εφαρμογή τους. Με βάση τον μέσο όρο των καθαρών ροών, οι γεωθερμικές μονάδες είναι στην πρώτη θέση και οι αιολικές μονάδες στην δεύτερη με 72,45%. Την τρίτη θέση καταλαμβάνουν οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο με 44,49% και ακολουθούν οι φωτοβολταϊκές μονάδες με 29,68%. Πολύ κοντά στις φωτοβολταϊκές μονάδες είναι οι μονάδες βιομάζας και οι υδροηλεκτρικές μονάδες, οι οποίες με 25,22% και 23,90% αντίστοιχα συμπληρώνουν την πρώτη εξάδα της κατάταξης. Μικρές διαφορές παρουσιάζουν και οι αρνητικές βαθμολογίες των πυρηνικών μονάδων και των μονάδων αεριοστροβίλου με καύσιμο

φυσικό αέριο που με ποσοστά -24,35% και -29,59% βρίσκονται στην έβδομη και όγδοη θέση αντίστοιχα. Καμιά αμφισβήτηση δεν υπάρχει για τις μονάδες πετρελαίου και τις μονάδες άνθρακα/λιγνίτη που είναι μακράν οι χειρότερες μονάδες στο σενάριο 3 με πολύ αρνητικές αξιολογήσεις που φθάνουν το -144,10%.

Πίνακας 5-31

Κανονικοποιημένες αξιολογήσεις και κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με βάση τον μέσο όρο των καθαρών ροών που προκύπτουν από την εφαρμογή των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων στο σενάριο 3

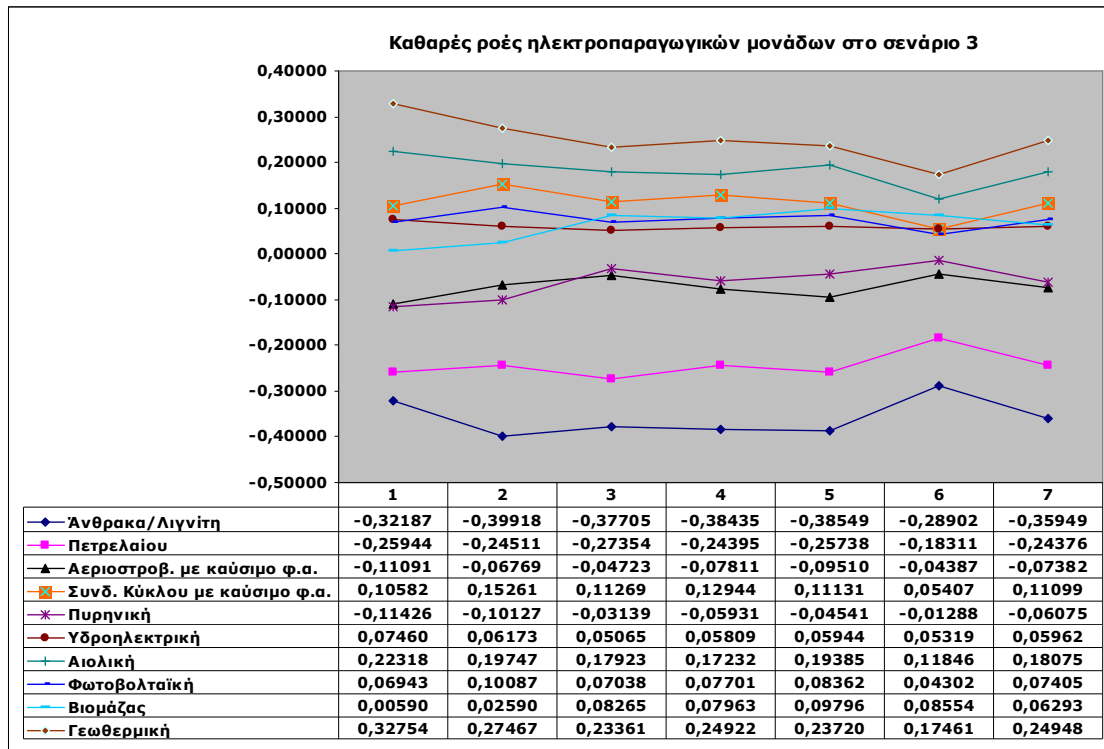
Τύπος Μονάδας	Μέση καθαρή ροή φ	Κανονικοποιημένη αξιολόγηση %	Κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	-0,35949	-144,10%	10
Πετρελαίου	-0,24376	-97,71%	9
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	-0,07382	-29,59%	8
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,11099	44,49%	3
Πυρηνική	-0,06075	-24,35%	7
Υδροηλεκτρική	0,05962	23,90%	6
Αιολική	0,18075	72,45%	2
Φωτοβολταϊκή	0,07405	29,68%	4
Βιομάζας	0,06293	25,22%	5
Γεωθερμική	0,24948	100,00%	1

5.4.3.8 Σύγκριση των αξιολογήσεων των μονάδων με βάση τους έξι τύπους γενικευμένων κριτηρίων στο σενάριο 3

Η συγκριτική παρουσίαση των καθαρών ροών των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων που προκύπτουν από την εφαρμογή των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων καθώς και του μέσου όρου τους για το σενάριο 3 παρουσιάζονται γραφικά στο Σχήμα 5-13. Οι έξι πρώτες στήλες του πίνακα δεδομένων στο Σχήμα 5-13 παρουσιάζουν τις καθαρές ροές για τους έξι τύπους γενικευμένων κριτηρίων και η έβδομη στήλη το μέσο όρο αυτών των ροών.

Η συγκριτική αξιολόγηση των μονάδων στο σενάριο 3 με την μέθοδο PROMETHEE δείχνει την ξεκάθαρη υπεροχή των γεωθερμικών μονάδων και των αιολικών μονάδων που είναι στις δύο πρώτες θέσεις. Οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο, οι φωτοβολταϊκές μονάδες, οι μονάδες βιομάζας και οι υδροηλεκτρικές μονάδες αποτελούν μία τετράδα μονάδων με πολύ κοντινές αξιολογήσεις μεταξύ τους και τακτικές εναλλαγές μεταξύ της τρίτης και της έκτης θέσης. Στην έβδομη και όγδοη θέση συχνά εναλλάσσονται οι πυρηνικές μονάδες και οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο που παρουσιάζουν πολύ μικρές αποκλίσεις στις βαθμολογίες τους. Αντίθετα οι μονάδες πετρελαίου είναι με μεγάλη διαφορά στην ένατη θέση και οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη με ακόμα μεγαλύτερη διαφορά από τις υπόλοιπες μονάδες στην

δέκατη θέση, για όλους τους τύπους γενικευμένων κριτηρίων και φυσικά και για το μέσο όρο τους.



Σχήμα 5-13

Συγκριτική παρουσίαση των καθαρών ροών των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων που προκύπτουν από την εφαρμογή των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων και του μέσου όρου τους για το σενάριο 3

5.4.4 Σενάριο 4

Στο σενάριο 4 δίνεται μεγάλη προτεραιότητα στο κριτήριο των τεχνολογικών παραγόντων το οποίο έχει βαρύτητα 60%, ενώ τα κριτήρια του βιοτικού επιπέδου και των οικονομικών παραγόντων έχουν μέτρια προτεραιότητα με βαρύτητα 20%. Το τέταρτο σενάριο αναλύθηκε διεξοδικά στην ενότητα 4.3.1.4. Η κατανομή των βαρών των βασικών κριτηρίων στα κριτήρια τελικού κόμβου για το τέταρτο σενάριο παρουσιάζεται στον Πίνακα 5-2. Με βάση αυτές τις βαρύτητες υπολογίζονται οι εξερχόμενες, οι εισερχόμενες και οι καθαρές ροές για καθένα από τους έξι τύπους γενικευμένων κριτηρίων της μεθόδου PROMETHEE. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων αυτών πραγματοποιείται στις ενότητες 5.4.4.1 έως 5.4.4.6.

5.4.4.1 Εφαρμογή του συνηθισμένου κριτηρίου (Τύπος I)

Η εξερχόμενη, η εισερχόμενη και η καθαρή ροή κάθε τύπου ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας με βάση τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου 4 και το γενικευμένο

κριτήριο Τύπου I, καθώς και η κανονικοποιημένη αξιολόγηση και κατάταξη που προκύπτουν από αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-32.

Πίνακας 5-32

Ροές και κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο PROMETHEE II για το συνηθισμένο κριτήριο (Τύπος I) και τα βάρη του σεναρίου 4

Τύπος Μονάδας	Εξερχόμενη ροή ϕ^+	Εισερχόμενη ροή ϕ^-	Καθαρή ροή ϕ	Κανονικοποιημένη αξιολόγηση %	Κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	0,51159	0,48124	0,03034	10,00%	5
Πετρελαίου	0,49872	0,46983	0,02889	9,52%	6
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	0,46904	0,46922	-0,00018	-0,06%	7
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,62028	0,31681	0,30347	100,00%	1
Πυρηνική	0,59324	0,39866	0,19459	64,12%	2
Υδροηλεκτρική	0,51317	0,43169	0,08148	26,85%	4
Αιολική	0,44431	0,50611	-0,06180	-20,36%	8
Φωτοβολταϊκή	0,24163	0,70972	-0,46809	-154,25%	10
Βιομάζας	0,36489	0,59511	-0,23022	-75,86%	9
Γεωθερμική	0,53534	0,41382	0,12152	40,04%	3

Η βασική προτεραιότητα στους τεχνολογικούς παράγοντες οδηγεί στην πρώτη θέση της κατάταξης του σεναρίου 4 κατά την εφαρμογή του γενικευμένου κριτηρίου Τύπου I, τις μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο. Στη δεύτερη θέση είναι οι πυρηνικές μονάδες με αξιολόγηση 64,12% και στην τρίτη οι γεωθερμικές μονάδες με 40,04%. Τέταρτες κατατάσσονται οι υδροηλεκτρικές μονάδες με ποσοστό 26,85%. Την εξάδα των μονάδων με θετικές αξιολογήσεις συμπληρώνουν οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη και οι μονάδες πετρελαίου με ποσοστά που είναι πολύ κοντά μεταξύ τους, δηλαδή 10% και 9,52% αντίστοιχα. Το σενάριο 4 είναι το πρώτο από όσα εξετάστηκαν μέχρι τώρα, στο οποίο οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη και οι μονάδες πετρελαίου καταλαμβάνουν την πέμπτη και έκτη θέση, αφού σε όλα τα προηγούμενα κατατάσσονταν μεταξύ των τεσσάρων τελευταίων θέσεων της κατάταξης. Έβδομες είναι οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο με οριακά αρνητικό ποσοστό αξιολόγησης -0,06% και ακολουθούν οι αιολικές μονάδες με -20,36%. Στην ένατη και δέκατη θέση είναι οι μονάδες βιομάζας και οι φωτοβολταϊκές μονάδες με ιδιαίτερα αρνητικά ποσοστά που φθάνουν το -75,86% και -154,25% αντίστοιχα.

5.4.4.2 Εφαρμογή του φαινομενικού κριτηρίου (Τύπος II)

Η εξερχόμενη, η εισερχόμενη και η καθαρή ροή κάθε τύπου ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας με βάση τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου 4 και το γενικευμένο κριτήριο Τύπου II, καθώς και η κανονικοποιημένη αξιολόγηση και κατάταξη που προκύπτουν από αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-33.

Πίνακας 5-33

Ροές και κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο PROMETHEE II για το φαινομενικό κριτήριο (Τύπος II) και τα βάρη του σεναρίου 4

Τύπος Μονάδας	Εξερχόμενη ροή ϕ^+	Εισερχόμενη ροή ϕ^-	Καθαρή ροή ϕ	Κανονικοποιημένη αξιολόγηση %	Κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	0,38787	0,39978	-0,01191	-3,27%	7
Πετρελαίου	0,35098	0,32843	0,02254	6,19%	6
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	0,39648	0,32096	0,07552	20,75%	5
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,56928	0,20532	0,36396	100,00%	1
Πυρηνική	0,44756	0,32496	0,12260	33,69%	2
Υδροηλεκτρική	0,48806	0,40606	0,08200	22,53%	4
Αιολική	0,37797	0,46801	-0,09004	-24,74%	8
Φωτοβολταϊκή	0,20582	0,67026	-0,46443	-127,61%	10
Βιομάζας	0,35734	0,54111	-0,18377	-50,49%	9
Γεωθερμική	0,42772	0,34419	0,08353	22,95%	3

Η εφαρμογή του γενικευμένου κριτηρίου Τύπου II αξιολογεί και πάλι τις μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο ως τις καλύτερες και ακολουθούν οι πυρηνικές μονάδες με 33,69%, αξιολόγηση σημαντικά χαμηλότερη από την αντίστοιχη στο κριτήριο Τύπου I. Στην τρίτη και τέταρτη θέση είναι οι γεωθερμικές μονάδες και οι υδροηλεκτρικές μονάδες με οριακή διαφορά, αφού οι αξιολογήσεις τους είναι 22,95% και 22,53% αντίστοιχα, ενώ στο κριτήριο Τύπου I η διαφορά τους ήταν μεγαλύτερη από 13 μονάδες. Οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο εμφανίζουν μία σημαντική άνοδο της αξιολόγησής τους ανεβαίνοντας δύο θέσεις στην κατάταξη (στην πέμπτη θέση), σε σχέση με τον προηγούμενο τύπο γενικευμένου κριτηρίου. Έκτες κατατάσσονται οι μονάδες πετρελαίου με θετική αξιολόγηση 6,19% και ακολουθούν οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη στην έβδομη θέση με αρνητική αξιολόγηση -3,27%. Στην όγδοη και ένατη θέση βρίσκονται οι αιολικές μονάδες και οι μονάδες βιομάζας, οι οποίες έχουν κανονικοποιημένες αξιολογήσεις -24,74% και -50,49% αντίστοιχα. Τελευταίες στην κατάταξη με πολύ αρνητική βαθμολογία και μάλιστα με μεγάλη διαφορά από όλες τις υπόλοιπες είναι οι φωτοβολταϊκές μονάδες με -127,61%.

5.4.4.3 Εφαρμογή του κριτηρίου με γραμμική προτίμηση (Τύπος III)

Η εξερχόμενη, η εισερχόμενη και η καθαρή ροή κάθε τύπου ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας με βάση τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου 4 και το γενικευμένο κριτήριο Τύπου III, καθώς και η κανονικοποιημένη αξιολόγηση και κατάταξη που προκύπτουν από αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-34.

Στο γενικευμένο κριτήριο Τύπου III οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο είναι πρώτες και ακολουθούν οι πυρηνικές μονάδες με 60,25%. Στην τρίτη θέση με μεγάλη διαφορά από τις πυρηνικές μονάδες είναι για πρώτη φορά σε αυτό το σενάριο οι υδροηλεκτρικές μονάδες με 25,05%. Οι γεωθερμικές μονάδες που στους δύο

προηγούμενους τύπους κριτηρίων ήταν στην τρίτη θέση, είναι τώρα τέταρτες με 12,73% και πολύ κοντά τους βρίσκονται οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο με 11,44%. Οι υπόλοιποι πέντε τύποι ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων έχουν αρνητικές κανονικοποιημένες αξιολογήσεις. Οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη είναι έκτης με οριακά αρνητική βαθμολογία -1,32% και ακολουθούν οι μονάδες πετρελαίου με -13,01%. Οι μονάδες βιομάζας ανεβαίνουν στην όγδοη θέση σε σχέση με την ένατη που καταλάμβαναν στους δύο προηγούμενους τύπους γενικευμένων κριτηρίων, ενώ οι αιολικές μονάδες πέφτουν στην ένατη θέση με -32,69%. Στην τελευταία θέση με αξιολόγηση -147,70% και διαφορά 115 μονάδων από τις αιολικές μονάδες κατατάσσονται οι φωτοβολταϊκές μονάδες, αποδεικνύοντας και σε αυτόν τον τύπο γενικευμένου κριτηρίου, όπως και στους δύο προηγούμενους, την χειρίστη απόδοσή τους όταν προτεραιότητα δίνεται στους τεχνολογικούς παράγοντες.

Πίνακας 5-34

Ροές και κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο PROMETHEE II για το κριτήριο με γραμμική προτίμηση (Τύπος III) και τα βάρη του σεναρίου 4

Τύπος Μονάδας	Εξερχόμενη ροή ϕ^+	Εισερχόμενη ροή ϕ^-	Καθαρή ροή ϕ	Κανονικοποιημένη αξιολόγηση %	Κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	0,31043	0,31463	-0,00420	-1,32%	6
Πετρελαίου	0,27611	0,31760	-0,04149	-13,01%	7
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	0,30295	0,26648	0,03647	11,44%	5
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,49308	0,17424	0,31884	100,00%	1
Πυρηνική	0,35988	0,16777	0,19211	60,25%	2
Υδροηλεκτρική	0,42868	0,34879	0,07989	25,05%	3
Αιολική	0,26810	0,37235	-0,10425	-32,69%	9
Φωτοβολταϊκή	0,17089	0,64182	-0,47093	-147,70%	10
Βιομάζας	0,32432	0,37138	-0,04706	-14,76%	8
Γεωθερμική	0,34410	0,30350	0,04060	12,73%	4

5.4.4.4 Εφαρμογή του κριτηρίου στάθμης (Τύπος IV)

Η εξερχόμενη, η εισερχόμενη και η καθαρή ροή κάθε τύπου ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας με βάση τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου 4 και το γενικευμένο κριτήριο Τύπου IV, καθώς και η κανονικοποιημένη αξιολόγηση και κατάταξη που προκύπτουν από αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-35.

Οι πέντε πρώτες θέσεις της κατάταξης κατά την εφαρμογή του γενικευμένου κριτηρίου Τύπου IV είναι ακριβώς οι ίδιες με εκείνες του κριτηρίου Τύπου III. Μάλιστα οι κανονικοποιημένες αξιολογήσεις των πέντε αυτών μονάδων παρουσιάζουν πολύ μικρές αποκλίσεις μεταξύ των Τύπων III και IV, με μόνη εξαίρεση τις πυρηνικές μονάδες, των οποίων οι βαθμολογίες στους δύο τύπους διαφέρουν κατά 15 περίπου μονάδες. Αντίθετα υπάρχει εναλλαγή στις θέσεις έξι και επτά, αφού τώρα οι μονάδες πετρελαίου είναι στην

έκτη θέση με -4,41% υπερέχοντας οριακά των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη που είναι στην έβδομη θέση με -4,71%. Στην όγδοη, ένατη και δέκατη θέση είναι και πάλι οι μονάδες βιομάζας, οι αιολικές μονάδες και οι φωτοβολταϊκές μονάδες αντίστοιχα με μικρές διαφοροποιήσεις των βαθμολογιών τους σε σχέση με το γενικευμένο κριτήριο Τύπου III.

Πίνακας 5-35

Ροές και κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο PROMETHEE II για το κριτήριο στάθμης (Τύπος IV) και τα βάρη του σεναρίου 4

Τύπος Μονάδας	Εξερχόμενη ροή φ ⁺	Εισερχόμενη ροή φ ⁻	Καθαρή ροή φ	Κανονικοποιημένη αξιολόγηση %	Κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	0,32855	0,34386	-0,01531	-4,71%	7
Πετρελαίου	0,28966	0,30399	-0,01433	-4,41%	6
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	0,32207	0,28328	0,03879	11,93%	5
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,51678	0,19168	0,32511	100,00%	1
Πυρηνική	0,38889	0,24146	0,14743	45,35%	2
Υδροηλεκτρική	0,44824	0,37643	0,07182	22,09%	3
Αιολική	0,30051	0,40505	-0,10454	-32,16%	9
Φωτοβολταϊκή	0,18229	0,63899	-0,45670	-140,48%	10
Βιομάζας	0,34661	0,38316	-0,03655	-11,24%	8
Γεωθερμική	0,36963	0,32534	0,04429	13,62%	4

5.4.4.5 Εφαρμογή του κριτηρίου με γραμμική προτίμηση και περιοχή αδιαφορίας (Τύπος V)

Η εξερχόμενη, η εισερχόμενη και η καθαρή ροή κάθε τύπου ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας με βάση τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου 4 και το γενικευμένο κριτήριο Τύπου V, καθώς και η κανονικοποιημένη αξιολόγηση και κατάταξη που προκύπτουν από αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-36.

Η εφαρμογή του κριτηρίου με γραμμική προτίμηση και περιοχή αδιαφορίας (Τύπος V) αξιολογεί τις μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο ως τις καλύτερες και ακολουθούν οι πυρηνικές μονάδες με 54,52%. Στην τρίτη θέση είναι οι υδροηλεκτρικές μονάδες με 24,09% και στην τέταρτη οι γεωθερμικές μονάδες με 7,09%. Την εξάδα των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με θετικές αξιολογήσεις συμπληρώνουν οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο με 3,77% και οι μονάδες βιομάζας με 0,36%. Οι τελευταίες εμφανίζουν για πρώτη φορά μέχρι στιγμής θετική αξιολόγηση και ανεβαίνουν στην έκτη θέση, ενώ στους προηγούμενους τέσσερις τύπους γενικευμένων κριτηρίων κατατάσσονταν όγδοες ή ένατες. Στην έβδομη και όγδοη θέση της κατάταξης με βάση το κριτήριο Τύπου V και ελαφρά αρνητικές αξιολογήσεις είναι οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη με -4,03% και οι μονάδες πετρελαίου με -10,76%. Οι αιολικές μονάδες και οι φωτοβολταϊκές μονάδες είναι για μια ακόμα φορά στο σενάριο 4 στις δύο τελευταίες θέσεις της κατάταξης με -24,25% και -150,79% αντίστοιχα.

Πίνακας 5-36

Ροές και κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο PROMETHEE II για το κριτήριο με γραμμική προτίμηση και περιοχή αδιαφορίας (Τύπος V) και τα βάρη του σεναρίου 4

Τύπος Μονάδας	Εξερχόμενη ροή ϕ^+	Εισερχόμενη ροή ϕ^-	Καθαρή ροή ϕ	Κανονικοποιημένη αξιολόγηση %	Κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	0,31375	0,32605	-0,01229	-4,03%	7
Πετρελαίου	0,26601	0,29881	-0,03280	-10,76%	8
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	0,29420	0,28270	0,01151	3,77%	5
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,50306	0,19810	0,30496	100,00%	1
Πυρηνική	0,37036	0,20410	0,16626	54,52%	2
Υδροηλεκτρική	0,43846	0,36499	0,07347	24,09%	3
Αιολική	0,28717	0,36113	-0,07396	-24,25%	9
Φωτοβολταϊκή	0,17512	0,63498	-0,45986	-150,79%	10
Βιομάζας	0,34943	0,34835	0,00108	0,36%	6
Γεωθερμική	0,34936	0,32773	0,02163	7,09%	4

5.4.4.6 Εφαρμογή του Gaussian κριτηρίου (Τύπος VI)

Η εξερχόμενη, η εισερχόμενη και η καθαρή ροή κάθε τύπου ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας με βάση τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου 4 και το γενικευμένο κριτήριο Τύπου VI, καθώς και η κανονικοποιημένη αξιολόγηση και κατάταξη που προκύπτουν από αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-37.

Πίνακας 5-37

Ροές και κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο PROMETHEE II για το Gaussian κριτήριο (Τύπος VI) και τα βάρη του σεναρίου 4

Τύπος Μονάδας	Εξερχόμενη ροή ϕ^+	Εισερχόμενη ροή ϕ^-	Καθαρή ροή ϕ	Κανονικοποιημένη αξιολόγηση %	Κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	0,18601	0,20712	-0,02110	-12,65%	7
Πετρελαίου	0,15912	0,20105	-0,04193	-25,13%	8
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	0,17471	0,14541	0,02929	17,56%	6
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,26669	0,09983	0,16686	100,00%	1
Πυρηνική	0,23643	0,10119	0,13524	81,05%	2
Υδροηλεκτρική	0,32205	0,22254	0,09951	59,64%	3
Αιολική	0,14931	0,24107	-0,09175	-54,99%	9
Φωτοβολταϊκή	0,11686	0,48322	-0,36635	-219,56%	10
Βιομάζας	0,20357	0,14832	0,05525	33,11%	4
Γεωθερμική	0,24091	0,20592	0,03500	20,97%	5

Η εφαρμογή του Gaussian κριτηρίου (Τύπος VI) έχει σαν αποτέλεσμα την κατάταξη στην πρώτη θέση και πάλι των μονάδων συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο. Στην δεύτερη θέση είναι οι πυρηνικές μονάδες με 81,05%, την μεγαλύτερη κανονικοποιημένη αξιολόγηση που επιτυγχάνουν σε όλους τους τύπους γενικευμένων κριτηρίων. Στην τρίτη θέση βρίσκονται οι υδροηλεκτρικές μονάδες με συγκριτικά αυξημένη βαθμολογία 59,64%. Τέταρτες κατατάσσονται για πρώτη φορά σε αυτό το σενάριο οι μονάδες βιομάζας με 33,11%, ενώ στους προηγούμενους τύπους γενικευμένων κριτηρίων ήταν μεταξύ της έκτης και ένατης θέσης. Οι γεωθερμικές μονάδες είναι στην πέμπτη θέση με 20,97% και την εξάδα των μονάδων με θετικές αξιολογήσεις συμπληρώνουν οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο με 17,56%. Αντίθετα αρνητικές είναι οι αξιολογήσεις των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη, οι οποίες με -12,65% είναι στην έβδομη θέση και ακολουθούν οι μονάδες πετρελαίου με -25,13%. Στην δύο τελευταίες θέσεις είναι και σε αυτό το κριτήριο, όπως και στους υπόλοιπους πέντε τύπους γενικευμένων κριτηρίων, οι αιολικές και οι φωτοβολταϊκές μονάδες με -54,99% και -219,56% αντίστοιχα.

5.4.4.7 Μέσος όρος των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων στο σενάριο 4

Ο μέσος όρος των καθαρών ροών των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων της μεθόδου PROMETHEE που εφαρμόστηκαν με βάση τα βάρη των κριτηρίων τελικού κόμβου του σεναρίου 4 (Πίνακας 5-2), οι κανονικοποιημένες αξιολογήσεις και η κατάταξη των μονάδων που προκύπτουν από τις ροές αυτές, παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-38.

Πίνακας 5-38

Κανονικοποιημένες αξιολογήσεις και κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με βάση τον μέσο όρο των καθαρών ροών που προκύπτουν από την εφαρμογή των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων στο σενάριο 4

Τύπος Μονάδας	Μέση καθαρή ροή Φ	Κανονικοποιημένη αξιολόγηση %	Κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	-0,00574	-1,93%	6
Πετρελαίου	-0,01319	-4,44%	7
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	0,03190	10,73%	5
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,29720	100,00%	1
Πυρηνική	0,15971	53,74%	2
Υδροηλεκτρική	0,08136	27,38%	3
Αιολική	-0,08772	-29,52%	9
Φωτοβολταϊκή	-0,44773	-150,65%	10
Βιομάζας	-0,07354	-24,75%	8
Γεωθερμική	0,05776	19,44%	4

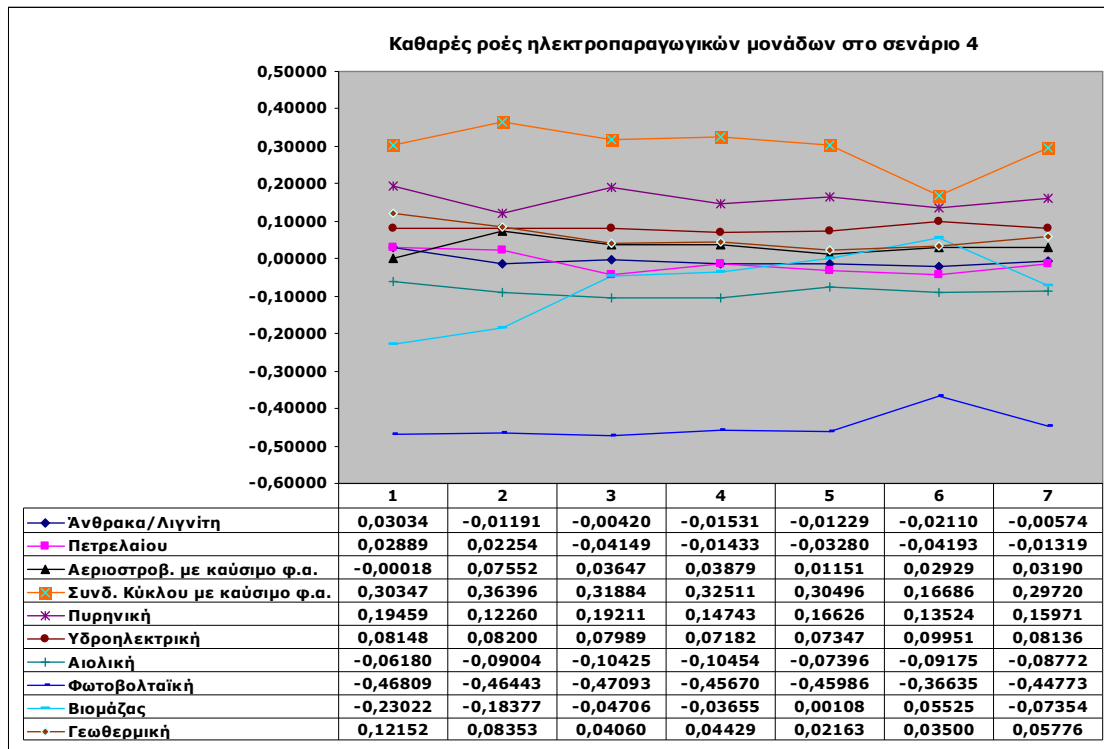
Ο μέσος όρος των καθαρών ροών των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων κατατάσσει τις μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο στην πρώτη θέση και

ακολουθούν οι πυρηνικές μονάδες με 53,74%. Αρκετά σημαντική διαφορά από τις πυρηνικές μονάδες έχουν οι υδροηλεκτρικές μονάδες των οποίων η βαθμολογία είναι 27,38%, ποσοστό που τις οδηγεί στην τρίτη θέση της κατάταξης. Οι γεωθερμικές μονάδες είναι τέταρτες με 19,44% και οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο πέμπτες με 10,73%. Οι υπόλοιποι πέντε τύποι μονάδων έχουν αρνητικό μέσο όρο αξιολογήσεων με λιγότερο αρνητικές τις μονάδες άνθρακα/λιγνίτη, οι οποίες με -1,93% βρίσκονται στην έκτη θέση. Ελαφρώς χειρότερη είναι η βαθμολογία των μονάδων πετρελαίου, οι οποίες με -4,44% είναι στην έβδομη θέση. Οι μονάδες βιομάζας, οι οποίες παρουσίασαν εντυπωσιακή διακύμανση στις κατατάξεις των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων καταλαμβάνοντας από την τέταρτη μέχρι και την ένατη θέση, κατατάσσονται στην όγδοη θέση σύμφωνα με τον μέσο όρο των καθαρών ροών των έξι κριτηρίων, με -24,75%. Στην ένατη θέση με -29,52% είναι οι αιολικές μονάδες και στην δέκατη, όπως είναι αναμενόμενο, κατατάσσονται οι φωτοβολταϊκές μονάδες, με εντυπωσιακή διαφορά στην βαθμολογία τους από όλες τις υπόλοιπες μονάδες.

5.4.4.8 Σύγκριση των αξιολογήσεων των μονάδων με βάση τους έξι τύπους γενικευμένων κριτηρίων στο σενάριο 4

Η συγκριτική παρουσίαση των καθαρών ροών των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων που προκύπτουν από την εφαρμογή των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων καθώς και του μέσου όρου τους για το σενάριο 4 παρουσιάζονται γραφικά στο Σχήμα 5-14. Οι έξι πρώτες στήλες του πίνακα δεδομένων στο Σχήμα 5-14 παρουσιάζουν τις καθαρές ροές για τους έξι τύπους γενικευμένων κριτηρίων και η έβδομη στήλη το μέσο όρο αυτών των ροών.

Η συγκριτική παρουσίαση των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων στο σενάριο 4 με βάση την μέθοδο PROMETHEE καταδεικνύει την σαφή υπεροχή των μονάδων συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο και των πυρηνικών μονάδων που είναι ξεκάθαρα στις δύο πρώτες θέσεις ανεξάρτητα από τον τύπο γενικευμένου κριτηρίου που εφαρμόζεται. Οι υδροηλεκτρικές μονάδες είναι στην τρίτη θέση για όλους τους τύπους κριτηρίων εκτός των I και II, ενώ στον τύπο II χάνει οριακά την τρίτη θέση από τις γεωθερμικές μονάδες. Στις θέσεις τέσσερα έως οκτώ εναλλάσσονται τακτικά οι γεωθερμικές μονάδες, οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο, οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη, οι μονάδες πετρελαίου και οι μονάδες βιομάζας. Οι τελευταίες παρουσιάζουν μάλιστα μια εντυπωσιακή άνοδο στις καθαρές ροές τους καθώς και στις θέσεις που καταλαμβάνουν στην συνολική κατάταξη από τον Τύπο I έως τον Τύπο VI. Οι αιολικές μονάδες αν και είναι όγδοες στους δύο πρώτους τύπους κριτηρίων καταλήγουν τελικά στην ένατη θέση κατά την εφαρμογή των Τύπων III έως VI. Οι φωτοβολταϊκές μονάδες είναι μακράν οι χειρότερες στο σενάριο 4, καταλαμβάνοντας ξεκάθαρα την τελευταία θέση σε όλους τους τύπους γενικευμένων κριτηρίων και φυσικά και στο μέσο όρο των καθαρών ροών τους.



Σχήμα 5-14

Συγκριτική παρουσίαση των καθαρών ροών των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων που προκύπτουν από την εφαρμογή των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων και του μέσου όρου τους για το σενάριο 4

5.4.5 Σενάριο 5

Στο σενάριο 5 δίνεται απόλυτη προτεραιότητα στο κριτήριο των τεχνολογικών παραγόντων το οποίο έχει βαρύτητα 100%, ενώ τα κριτήρια του βιοτικού επιπέδου και των οικονομικών παραγόντων αγνοούνται τελείως από τον λήπτη αποφάσεων, χωρίς να συμμετέχουν καθόλου στην αξιολόγηση των μονάδων. Το πέμπτο σενάριο αναλύθηκε διεξοδικά στην ενότητα 4.3.1.5. Η κατανομή των βαρών των βασικών κριτηρίων στα κριτήρια τελικού κόμβου για το πέμπτο σενάριο παρουσιάζεται στον Πίνακα 5-2. Με βάση αυτές τις βαρύτητες υπολογίζονται οι εξερχόμενες, οι εισερχόμενες και οι καθαρές ροές για καθένα από τους έξι τύπους γενικευμένων κριτηρίων της μεθόδου PROMETHEE. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων αυτών πραγματοποιείται στις ενότητες 5.4.5.1 έως 5.4.5.6.

5.4.5.1 Εφαρμογή του συνηθισμένου κριτηρίου (Τύπος I)

Η εξερχόμενη, η εισερχόμενη και η καθαρή ροή κάθε τύπου ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας με βάση τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου 5 και το γενικευμένο κριτήριο Τύπου I, καθώς και η κανονικοποιημένη αξιολόγηση και κατάταξη που προκύπτουν από αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-39.

Πίνακας 5-39

Ροές και κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο PROMETHEE II για το συνηθισμένο κριτήριο (Τύπος I) και τα βάρη του σεναρίου 5

Τύπος Μονάδας	Εξερχόμενη ροή ϕ^+	Εισερχόμενη ροή ϕ^-	Καθαρή ροή ϕ	Κανονικοποιημένη αξιολόγηση %	Κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	0,64864	0,35136	0,29729	66,10%	3
Πετρελαίου	0,58524	0,41476	0,17049	37,91%	5
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	0,51082	0,44613	0,06469	14,38%	6
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,70336	0,25360	0,44976	100,00%	1
Πυρηνική	0,70440	0,29560	0,40880	90,89%	2
Υδροηλεκτρική	0,58589	0,41411	0,17178	38,19%	4
Αιολική	0,31531	0,68469	-0,36938	-82,13%	9
Φωτοβολταϊκή	0,06807	0,93193	-0,86387	-192,07%	10
Βιομάζας	0,34047	0,65953	-0,31907	-70,94%	8
Γεωθερμική	0,49476	0,50524	-0,01049	-2,33%	7

Η εφαρμογή του συνηθισμένου κριτηρίου (Τύπος I) στο σενάριο 5 αξιολογεί ως καλύτερες τις μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο και ακολουθούν στη δεύτερη θέση οι πυρηνικές μονάδες με 90,89%, βαθμολογία πολύ κοντά στην αντίστοιχη των μονάδων συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο. Στην τρίτη θέση είναι οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη, για πρώτη φορά στα σενάρια που εξετάστηκαν μέχρι στιγμής με 66,10%. Την τέταρτη θέση καταλαμβάνουν οι υδροηλεκτρικές μονάδες με 38,19%, ενώ πολύ κοντά σε αυτή την αξιολόγηση είναι και οι μονάδες πετρελαίου, οι οποίες με 37,91% βρίσκονται στην πέμπτη θέση. Παρατηρείται δηλαδή σε αυτό το σενάριο το οποίο δίνει απόλυτη προτεραιότητα στους τεχνολογικούς παράγοντες, μια κυριαρχία των μονάδων φυσικών καυσίμων και των πυρηνικών μονάδων, αφού εκ μέρους των μονάδων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μόνο οι υδροηλεκτρικές μονάδες καταφέρνουν να είναι στην πρώτη πεντάδα. Έκτες κατατάσσονται οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο με θετική αξιολόγηση 14,38%. Αρνητικές αξιολογήσεις κατά την εφαρμογή του γενικευμένου κριτηρίου Τύπου I στο σενάριο 5 έχουν οι υπόλοιποι τέσσερις τύποι μονάδων που βασίζονται σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα οι γεωθερμικές μονάδες είναι με οριακά αρνητική βαθμολογία -2,33% στην έβδομη θέση και ακολουθούν οι μονάδες βιομάζας και οι αιολικές μονάδες στην όγδοη και ένατη θέση με ποσοστά -70,94% και -82,13% αντίστοιχα. Τελευταίες με το εντυπωσιακό -192,07% κατατάσσονται οι φωτοβολταϊκές μονάδες, καταδεικνύοντας τις πολύ άσχημες επιδόσεις τους στον τεχνολογικό τομέα.

5.4.5.2 Εφαρμογή του φαινομενικού κριτηρίου (Τύπος II)

Η εξερχόμενη, η εισερχόμενη και η καθαρή ροή κάθε τύπου ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας με βάση τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου 5 και το γενικευμένο κριτήριο Τύπου II, καθώς και η κανονικοποιημένη αξιολόγηση και κατάταξη που προκύπτουν από αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-40.

Πίνακας 5-40

Ροές και κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο PROMETHEE II για το φαινομενικό κριτήριο (Τύπος II) και τα βάρη του σεναρίου 5

Τύπος Μονάδας	Εξερχόμενη ροή ϕ^+	Εισερχόμενη ροή ϕ^-	Καθαρή ροή ϕ	Κανονικοποιημένη αξιολόγηση %	Κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	0,48827	0,22222	0,26604	49,65%	3
Πετρελαίου	0,38804	0,21133	0,17671	32,98%	4
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	0,41851	0,26773	0,15078	28,14%	6
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,66031	0,12447	0,53584	100,00%	1
Πυρηνική	0,53222	0,24633	0,28589	53,35%	2
Υδροηλεκτρική	0,56709	0,39531	0,17178	32,06%	5
Αιολική	0,24724	0,63542	-0,38818	-72,44%	9
Φωτοβολταϊκή	0,01880	0,91313	-0,89433	-166,90%	10
Βιομάζας	0,34047	0,59769	-0,25722	-48,00%	8
Γεωθερμική	0,36562	0,41293	-0,04731	-8,83%	7

Η εφαρμογή του κριτηρίου Τύπου II φέρνει στην κορυφή και πάλι τις μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο, ενώ ακολουθούν οι πυρηνικές μονάδες με 53,35%, αξιολόγηση σημαντικά χαμηλότερη από την αντίστοιχη στην εφαρμογή του γενικευμένου κριτηρίου Τύπου I. Συγκριτικά χαμηλότερη είναι και η βαθμολογία των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη, οι οποίες με 49,65% διατηρούν την τρίτη θέση που είχαν καταλάβει και στο προηγούμενο κριτήριο. Οι μονάδες πετρελαίου κατατάσσονται τέταρτες στο παρόν κριτήριο, κερδίζοντας μία θέση σε σχέση με το προηγούμενο κριτήριο και ξεπερνώντας τις υδροηλεκτρικές μονάδες που βρίσκονται στην πέμπτη θέση. Η διαφορά των αξιολογήσεων τους ωστόσο είναι οριακή αφού οι μονάδες πετρελαίου έχουν κανονικοποιημένη αξιολόγηση 32,98% και οι υδροηλεκτρικές μονάδες 32,06%. Στην έκτη θέση είναι οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο με 28,14%, ποσοστό σχεδόν διπλάσιο από εκείνο που είχαν στην εφαρμογή του γενικευμένου κριτηρίου Τύπου I. Έβδομες κατατάσσονται και σε αυτή την περίπτωση οι γεωθερμικές μονάδες με ελαφρώς αρνητική αξιολόγηση -8,83%. Οι μονάδες βιομάζας και οι αιολικές μονάδες βρίσκονται στην όγδοη και ένατη θέση της κατάταξης με καλύτερες ωστόσο επιδόσεις σε σχέση με το προηγούμενο κριτήριο Τύπου I. Καλύτερη είναι και η αξιολόγηση των φωτοβολταϊκών μονάδων, αν και παραμένουν στην τελευταία θέση με μεγάλη και πάλι διαφορά από όλες τις υπόλοιπες μονάδες.

5.4.5.3 Εφαρμογή του κριτηρίου με γραμμική προτίμηση (Τύπος III)

Η εξερχόμενη, η εισερχόμενη και η καθαρή ροή κάθε τύπου ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας με βάση τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου 5 και το γενικευμένο κριτήριο Τύπου III, καθώς και η κανονικοποιημένη αξιολόγηση και κατάταξη που προκύπτουν από αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-41.

Πίνακας 5-41

Ροές και κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο PROMETHEE II για το κριτήριο με γραμμική προτίμηση (Τύπος III) και τα βάρη του σεναρίου 5

Τύπος Μονάδας	Εξερχόμενη ροή ϕ^+	Εισερχόμενη ροή ϕ^-	Καθαρή ροή ϕ	Κανονικοποιημένη αξιολόγηση %	Κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	0,43067	0,18419	0,24648	52,56%	3
Πετρελαίου	0,32520	0,21639	0,10881	23,20%	5
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	0,32660	0,25154	0,07507	16,01%	6
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,60796	0,13904	0,46892	100,00%	1
Πυρηνική	0,46522	0,15595	0,30927	65,95%	2
Υδροηλεκτρική	0,52709	0,38740	0,13968	29,79%	4
Αιολική	0,18661	0,53555	-0,34894	-74,41%	9
Φωτοβολταϊκή	0,01724	0,87573	-0,85849	-183,08%	10
Βιομάζας	0,34047	0,38383	-0,04336	-9,25%	7
Γεωθερμική	0,31755	0,41499	-0,09744	-20,78%	8

Η εφαρμογή του κριτηρίου με γραμμική προτίμηση (Τύπος III) δεν επιφέρει αλλαγές στις τρεις πρώτες θέσεις της κατάταξης, σε σχέση με τα γενικευμένα κριτήρια Τύπου I και II που παρουσιάστηκαν στις προηγούμενες ενότητες. Οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο είναι στην κορυφή και οι πυρηνικές μονάδες ακολουθούν με 65,95%. Οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη σημειώνουν και σε αυτό το κριτήριο πολύ καλή επίδοση, αφού με 52,56% κατατάσσονται στην τρίτη θέση. Τέταρτες είναι οι υδροηλεκτρικές μονάδες με 29,79% και πέμπτες οι μονάδες πετρελαίου με 23,20%, όπως και στο κριτήριο Τύπου I, αν και σε εκείνη την περίπτωση οι αξιολογήσεις τους ήταν πολύ διαφορετικές. Έκτες κατατάσσονται οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο, όπως και στα δύο προηγούμενα κριτήρια, με 16,01%. Διαφοροποίηση στην κατάταξη παρατηρείται στην έβδομη θέση, στην οποία για πρώτη φορά σε αυτό το σενάριο βρίσκονται οι μονάδες βιομάζας με ποσοστό -9,25%. Πρώτη φορά κατατάσσονται όγδοες και οι γεωθερμικές μονάδες με -20,78%. Στις δύο τελευταίες θέσεις παραμένουν σταθερά οι αιολικές μονάδες με -74,41% και οι φωτοβολταϊκές μονάδες με -183,08%, αξιολογήσεις πολύ χαμηλότερες όλων των υπολοίπων τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων.

5.4.5.4 Εφαρμογή του κριτηρίου στάθμης (Τύπος IV)

Η εξερχόμενη, η εισερχόμενη και η καθαρή ροή κάθε τύπου ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας με βάση τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου 5 και το γενικευμένο κριτήριο Τύπου IV, καθώς και η κανονικοποιημένη αξιολόγηση και κατάταξη που προκύπτουν από αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-42.

Πίνακας 5-42

Ροές και κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο PROMETHEE II για το κριτήριο στάθμης (Τύπος IV) και τα βάρη του σεναρίου 5

Τύπος Μονάδας	Εξερχόμενη ροή φ ⁺	Εισερχόμενη ροή φ ⁻	Καθαρή ροή φ	Κανονικοποιημένη αξιολόγηση %	Κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	0,41437	0,16978	0,24459	51,31%	3
Πετρελαίου	0,30786	0,19253	0,11532	24,19%	5
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	0,32309	0,23013	0,09296	19,50%	6
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,60119	0,12447	0,47672	100,00%	1
Πυρηνική	0,45514	0,17243	0,28271	59,30%	2
Υδροηλεκτρική	0,52677	0,38591	0,14086	29,55%	4
Αιολική	0,17289	0,55523	-0,38234	-80,20%	9
Φωτοβολταϊκή	0,00940	0,86341	-0,85401	-179,14%	10
Βιομάζας	0,34047	0,35751	-0,01704	-3,58%	7
Γεωθερμική	0,30378	0,40353	-0,09976	-20,93%	8

Η εφαρμογή του κριτηρίου στάθμης (Τύπος IV) έχει σαν αποτέλεσμα την ίδια ακριβώς κατάταξη με αυτή του κριτηρίου γραμμικής προτίμησης (Τύπος III). Όσον αφορά τις καθαρές ροές, οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο έχουν ελαφρώς μεγαλύτερη καθαρή ροή στο κριτήριο στάθμης σε σχέση με το κριτήριο γραμμικής προτίμησης. Ελαφρώς χαμηλότερη είναι η κανονικοποιημένη αξιολόγηση των πυρηνικών μονάδων στην δεύτερη θέση με 59,30%. Οριακά χαμηλότερη κατά μία περίπου μονάδα είναι επίσης η βαθμολογία των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη με 51,31% και σχεδόν ταυτόσημη είναι η αξιολόγηση των υδροηλεκτρικών μονάδων μεταξύ των δύο τύπων γενικευμένων κριτηρίων Τύπου III και IV. Οι μονάδες πετρελαίου κατατάσσονται πέμπτες στο κριτήριο στάθμης με 24,19% κερδίζοντας μία περίπου μονάδα σε σχέση με το προηγούμενο κριτήριο. Οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο κερδίζουν 3,5 μονάδες φθάνοντας το 19,50% στο τρέχον κριτήριο, σε σχέση με το 16,01% που είχαν στο γενικευμένο κριτήριο Τύπου III. Οι μονάδες βιομάζας είναι οριακά αρνητικές με -3,58% στην έβδομη θέση της κατάταξης. Οι γεωθερμικές μονάδες βρίσκονται στην όγδοη θέση έχοντας ταυτόσημη αξιολόγηση στους δύο τύπους γενικευμένων κριτηρίων (III και IV). Μικρές είναι οι διαφοροποιήσεις στις αξιολογήσεις των δύο τελευταίων μονάδων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Οι αιολικές μονάδες είναι στην ένατη θέση με -80,20%. Τελευταίες κατατάσσονται οι φωτοβολταϊκές μονάδες με ποσοστό -179,14%.

5.4.5.5 Εφαρμογή του κριτηρίου με γραμμική προτίμηση και περιοχή αδιαφορίας (Τύπος V)

Η εξερχόμενη, η εισερχόμενη και η καθαρή ροή κάθε τύπου ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας με βάση τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου 5 και το γενικευμένο κριτήριο Τύπου V, καθώς και η κανονικοποιημένη αξιολόγηση και κατάταξη που προκύπτουν από αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-43.

Πίνακας 5-43

Ροές και κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο PROMETHEE II για το κριτήριο με γραμμική προτίμηση και περιοχή αδιαφορίας (Τύπος V) και τα βάρη του σεναρίου 5

Τύπος Μονάδας	Εξερχόμενη ροή ϕ^+	Εισερχόμενη ροή ϕ^-	Καθαρή ροή ϕ	Κανονικοποιημένη αξιολόγηση %	Κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	0,38946	0,13694	0,25252	55,48%	3
Πετρελαίου	0,27122	0,18462	0,08660	19,03%	5
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	0,27825	0,22490	0,05335	11,72%	6
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,57963	0,12447	0,45517	100,00%	1
Πυρηνική	0,41374	0,11897	0,29477	64,76%	2
Υδροηλεκτρική	0,50931	0,38150	0,12782	28,08%	4
Αιολική	0,15632	0,49090	-0,33458	-73,51%	9
Φωτοβολταϊκή	0,00132	0,85830	-0,85698	-188,28%	10
Βιομάζας	0,34047	0,30098	0,03949	8,68%	7
Γεωθερμική	0,28017	0,39833	-0,11816	-25,96%	8

Η εφαρμογή του κριτηρίου με γραμμική προτίμηση και περιοχή αδιαφορίας (Τύπος V) δημιουργεί την ίδια κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τους δύο προηγούμενους τύπους γενικευμένων κριτηρίων III και IV. Η καθαρή ροή των μονάδων συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο είναι ελαφρώς χαμηλότερη σε αυτό το κριτήριο σε σχέση με τα δύο προηγούμενα. Οι πυρηνικές μονάδες που βρίσκονται στην δεύτερη θέση έχουν κανονικοποιημένη αξιολόγηση 64,76%, όση δηλαδή είχαν περίπου και στο κριτήριο Τύπου III, όπου δεν υπάρχει περιοχή αδιαφορίας. Η βαθμολογία των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη είναι 55,48% ελαφρώς αυξημένη σε σχέση με τους δύο προηγούμενους τύπους κριτηρίων. Οι υδροηλεκτρικές μονάδες έχουν βαθμολογία 28,08% δηλαδή μία μονάδα περίπου χαμηλότερα από τις αντίστοιχες βαθμολογίες τους στους προηγούμενους τύπους γενικευμένων κριτηρίων. Μείωση των αξιολογήσεών τους εμφανίζουν οι μονάδες πετρελαίου, οι οποίες βρίσκονται στην πέμπτη θέση με 19,03%. Χαμηλότερη είναι και η βαθμολογία των μονάδων αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο κατά την εφαρμογή του κριτηρίου με γραμμική προτίμηση και περιοχή αδιαφορίας, συγκεντρώνοντας 11,72%. Η μεγαλύτερη διαφοροποίηση κατά την εφαρμογή του τρέχοντος κριτηρίου αφορά τις μονάδες βιομάζας, οι οποίες για πρώτη φορά εμφανίζουν θετική καθαρή ροή και κανονικοποιημένη αξιολόγηση 8,68%, ενώ κατατάσσονται έβδομες στην ιεράρχηση των μονάδων. Οι γεωθερμικές μονάδες είναι στην όγδοη θέση με -25,96%. Οι αιολικές και οι φωτοβολταϊκές μονάδες είναι και σε αυτό το κριτήριο στις δύο τελευταίες θέσεις, χωρίς να παρουσιάζουν κάποια ιδιαίτερη διαφοροποίηση στις βαθμολογίες τους, σε σχέση με τα γενικευμένα κριτήρια Τύπου III και IV.

5.4.5.6 Εφαρμογή του Gaussian κριτηρίου (Τύπος VI)

Η εξερχόμενη, η εισερχόμενη και η καθαρή ροή κάθε τύπου ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας με βάση τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου 5 και το γενικευμένο κριτήριο Τύπου VI, καθώς και η κανονικοποιημένη αξιολόγηση και κατάταξη που προκύπτουν από αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-44.

Πίνακας 5-44

Ροές και κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο PROMETHEE II για το Gaussian κριτήριο (Τύπος VI) και τα βάρη του σεναρίου 5

Τύπος Μονάδας	Εξερχόμενη ροή ϕ^+	Εισερχόμενη ροή ϕ^-	Καθαρή ροή ϕ	Κανονικοποιημένη αξιολόγηση %	Κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	0,25421	0,06767	0,18654	77,63%	3
Πετρελαίου	0,18288	0,12159	0,06129	25,51%	6
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	0,18573	0,13449	0,05124	21,32%	7
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,31472	0,07442	0,24030	100,00%	1
Πυρηνική	0,29143	0,06924	0,22219	92,46%	2
Υδροηλεκτρική	0,41190	0,25460	0,15729	65,46%	4
Αιολική	0,07141	0,37307	-0,30166	-125,54%	9
Φωτοβολταϊκή	0,00105	0,63556	-0,63451	-264,05%	10
Βιομάζας	0,20193	0,12683	0,07510	31,25%	5
Γεωθερμική	0,22115	0,27893	-0,05778	-24,05%	8

Η εφαρμογή του Gaussian κριτηρίου (Τύπος VI) έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον στο σενάριο 5 όπως και στα προηγούμενα σενάρια, αφού τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του οδηγούν στην εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων σε συνδυασμό με τους υπόλοιπους πέντε τύπους γενικευμένων κριτηρίων. Οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο έχουν σημαντικά χαμηλότερη καθαρή ροή σε σχέση με τους προηγούμενους τύπους κριτηρίων. Οι πυρηνικές μονάδες, οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη και οι υδροηλεκτρικές μονάδες βρίσκονται και σε αυτό το κριτήριο στις θέσεις δύο, τρία και τέσσερα αντίστοιχα, με πολύ αυξημένες κανονικοποιημένες αξιολογήσεις. Πιο συγκεκριμένα, οι πυρηνικές μονάδες έχουν αξιολόγηση 92,46%, οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη 77,63% και οι υδροηλεκτρικές μονάδες 65,46% ποσοστά σημαντικά υψηλότερα από τα αντίστοιχα όλων των υπολοίπων τύπων γενικευμένων κριτηρίων. Οι μονάδες βιομάζας για πρώτη φορά στο σενάριο 5 ανεβαίνουν στην πέμπτη θέση με 31,25%, υποσκελίζοντας κατά μία θέση τις μονάδες πετρελαίου και τις μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο, σε σχέση με τους τρεις προηγούμενους τύπους κριτηρίων. Οι μονάδες πετρελαίου είναι τώρα έκτης με 25,51% και οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο είναι έβδομες με 21,32% στην ιεράρχηση των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων. Είναι αξιοσημείωτο ότι στο Gaussian κριτήριο για πρώτη φορά επτά τύποι μονάδων εμφανίζονται με θετικές κανονικοποιημένες αξιολογήσεις. Στην όγδοη θέση με -24,05% είναι οι γεωθερμικές μονάδες και στην ένατη θέση με -125,54% κατατάσσονται οι αιολικές μονάδες. Το πιο

αρνητικό ρεκόρ μεταξύ όλων των σεναρίων και γενικευμένων τύπων κριτηρίων σημειώνουν οι φωτοβολταϊκές μονάδες με -264,05%.

5.4.5.7 Μέσος όρος των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων στο σενάριο 5

Ο μέσος όρος των καθαρών ροών των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων της μεθόδου PROMETHEE που εφαρμόστηκαν με βάση τα βάρη των κριτηρίων τελικού κόμβου του σεναρίου 5 (Πίνακας 5-2), οι κανονικοποιημένες αξιολογήσεις και η κατάταξη των μονάδων που προκύπτουν από τις ροές αυτές, παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-45.

Πίνακας 5-45

Κανονικοποιημένες αξιολογήσεις και κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με βάση τον μέσο όρο των καθαρών ροών που προκύπτουν από την εφαρμογή των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων στο σενάριο 5

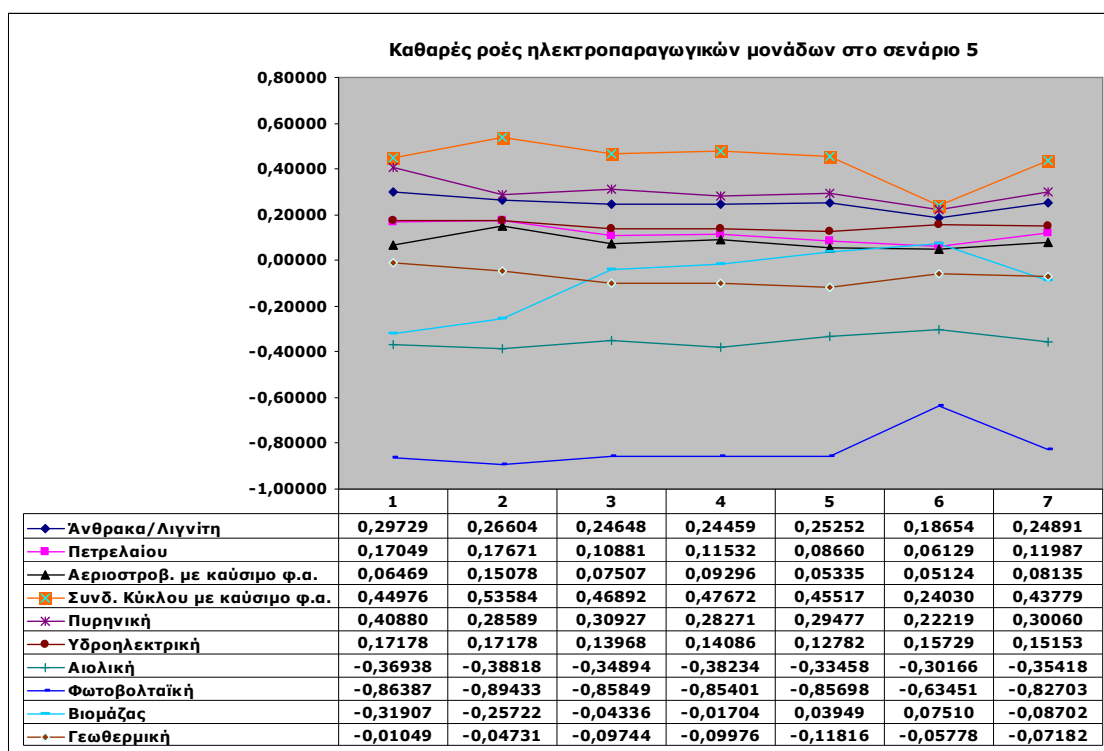
Τύπος Μονάδας	Μέση καθαρή ροή φ	Κανονικοποιημένη αξιολόγηση %	Κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	0,24891	56,86%	3
Πετρελαίου	0,11987	27,38%	5
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	0,08135	18,58%	6
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,43779	100,00%	1
Πυρηνική	0,30060	68,66%	2
Υδροηλεκτρική	0,15153	34,61%	4
Αιολική	-0,35418	-80,90%	9
Φωτοβολταϊκή	-0,82703	-188,91%	10
Βιομάζας	-0,08702	-19,88%	8
Γεωθερμική	-0,07182	-16,41%	7

Ο μέσος όρος των καθαρών ροών των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων στο σενάριο 5 φέρνει στην κορυφή της κατάταξης τις μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο, αφού αυτές ήταν πρώτες και σε όλα τα επιμέρους κριτήρια. Οι πυρηνικές μονάδες είναι στην δεύτερη θέση με βαθμολογία που φθάνει το 68,66% της αντίστοιχης των μονάδων συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο. Χαμηλότερη κατά δώδεκα περίπου μονάδες είναι η αξιολόγηση των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη, οι οποίες με 56,86% είναι στην τρίτη θέση με βάση το μέσο όρο των καθαρών ροών, όπως άλλωστε και σε όλα τα επιμέρους κριτήρια. Οι υδροηλεκτρικές μονάδες καταλαμβάνουν την τέταρτη θέση της κατάταξης με 34,61% και ακολουθούν οι μονάδες πετρελαίου με 27,38%. Έκτες στην ιεράρχηση των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων στο σενάριο 5 είναι οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο με 18,58%. Ο μέσος όρος των τελευταίων τεσσάρων τύπων μονάδων, οι οποίες βασίζονται σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, είναι αρνητικός. Πιο συγκεκριμένα οι γεωθερμικές μονάδες καταλαμβάνουν την έβδομη θέση με -16,41%. Ακολουθούν οι μονάδες βιομάζας

με -19,88% ενώ στην ένατη θέση είναι οι αιολικές μονάδες με -80,90%. Τελευταίες είναι οι φωτοβολταϊκές μονάδες με κανονικοποιημένη αξιολόγηση -188,91%.

5.4.5.8 Σύγκριση των αξιολογήσεων των μονάδων με βάση τους έξι τύπους γενικευμένων κριτηρίων στο σενάριο 5

Η συγκριτική παρουσίαση των καθαρών ροών των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων που προκύπτουν από την εφαρμογή των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων καθώς και του μέσου όρου τους για το σενάριο 5 παρουσιάζονται γραφικά στο Σχήμα 5-15. Οι έξι πρώτες στήλες του πίνακα δεδομένων στο Σχήμα 5-15 παρουσιάζουν τις καθαρές ροές για τους έξι τύπους γενικευμένων κριτηρίων και η έβδομη στήλη το μέσο όρο αυτών των ροών.



Σχήμα 5-15

Συγκριτική παρουσίαση των καθαρών ροών των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων που προκύπτουν από την εφαρμογή των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων και του μέσου όρου τους για το σενάριο 5

Η συγκριτική αξιολόγηση των μονάδων για τους έξι τύπους γενικευμένων κριτηρίων και τον μέσο όρο τους δείχνει μια σταθερότητα στις τέσσερις πρώτες θέσεις. Πιο συγκεκριμένα οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο, οι πυρηνικές μονάδες και οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη είναι σταθερά στις τρεις πρώτες θέσεις για όλα τα κριτήρια και το μέσο όρο των καθαρών ροών τους. Οι υδροηλεκτρικές μονάδες είναι στην τέταρτη θέση σε όλες τις περιπτώσεις πλην εκείνης του γενικευμένου κριτηρίου Τύπου II, στο οποίο χάνει οριακά την τέταρτη θέση από τις μονάδες πετρελαίου. Οι

μονάδες πετρελαίου είναι στην πλειονότητα των κριτηρίων και στο μέσο όρο στην πέμπτη θέση. Οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο είναι στα πέντε πρώτα κριτήρια και στον μέσο όρο στην έκτη θέση, ενώ μόνο στο Gaussian κριτήριο βρίσκονται στην έβδομη θέση λόγω της μεγάλης ανόδου των μονάδων βιομάζας σε αυτό το κριτήριο. Οι μονάδες βιομάζας παρουσιάζουν την μεγαλύτερη διακύμανση θέσεων στην κατάταξη καταλαμβάνοντας από την πέμπτη έως την όγδοη θέση ανάλογα με τον τύπο του γενικευμένου κριτηρίου που εφαρμόζεται. Οι γεωθερμικές μονάδες στους δύο πρώτους τύπους γενικευμένων κριτηρίων και στο μέσο όρο εμφανίζονται στην έβδομη θέση, ενώ στους Τύπους III έως VI είναι όγδοες. Οι αιολικές μονάδες είναι στην ένατη θέση σε μεγάλη απόσταση από τους υπόλοιπους τύπους μονάδων. Τέλος οι φωτοβολταϊκές μονάδες με μέση καθαρή ροή $-0,82703$ πλησιάζει το όριο της απόλυτης απόρριψης, καθώς σημειώνει τις πιο αρνητικές επιδόσεις που εμφανίζει οποιαδήποτε μονάδα σε όλα τα σενάρια που εξετάζονται.

5.4.6 Σενάριο 6

Στο σενάριο 6 δίνεται μεγάλη προτεραιότητα στο κριτήριο των οικονομικών παραγόντων το οποίο έχει βαρύτητα 60%, ενώ τα κριτήρια του βιοτικού επιπέδου και των οικονομικών παραγόντων έχουν μέτρια προτεραιότητα με βαρύτητα 20%. Το έκτο σενάριο αναλύθηκε διεξοδικά στην ενότητα 4.3.1.6. Η κατανομή των βαρών των βασικών κριτηρίων στα κριτήρια τελικού κόμβου για το έκτο σενάριο παρουσιάζεται στον Πίνακα 5-2. Με βάση αυτές τις βαρύτητες υπολογίζονται οι εξερχόμενες, οι εισερχόμενες και οι καθαρές ροές για καθένα από τους έξι τύπους γενικευμένων κριτηρίων της μεθόδου PROMETHEE. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων αυτών πραγματοποιείται στις ενότητες 5.4.6.1 έως 5.4.6.6.

5.4.6.1 Εφαρμογή του συνηθισμένου κριτηρίου (Τύπος I)

Η εξερχόμενη, η εισερχόμενη και η καθαρή ροή κάθε τύπου ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας με βάση τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου 6 και το γενικευμένο κριτήριο Τύπου I, καθώς και η κανονικοποιημένη αξιολόγηση και κατάταξη που προκύπτουν από αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-46.

Η εφαρμογή του συνηθισμένου κριτηρίου (Τύπος I) στο σενάριο 6 έχει σαν αποτέλεσμα οι αιολικές μονάδες να είναι στην κορυφή με την μεγαλύτερη καθαρή ροή και ακολουθούν οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο με κανονικοποιημένη αξιολόγηση 77,67%. Στην τρίτη θέση είναι οι γεωθερμικές μονάδες με 67,20% και στην τέταρτη οι πυρηνικές μονάδες με 28,11%. Την πεντάδα των μονάδων με θετικές κανονικοποιημένες αξιολογήσεις συμπληρώνουν οι μονάδες πετρελαίου με 12,65%. Έκτες κατατάσσονται οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο με ελαφρά αρνητική επίδοση -7,21%. Στην έβδομη θέση βρίσκονται οι υδροηλεκτρικές μονάδες με -34,43% και στην όγδοη οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη με -56,44%. Στις δύο τελευταίες θέσεις είναι δύο μονάδες ανανεώσιμων πηγές ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα οι φωτοβολταϊκές μονάδες κατατάσσονται ένατες με -79,92% και οι μονάδες βιομάζας τελευταίες με κανονικοποιημένη αξιολόγηση -107,62%.

Πίνακας 5-46

Ροές και κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο PROMETHEE II για το συνηθισμένο κριτήριο (Τύπος I) και τα βάρη του σεναρίου 6

Τύπος Μονάδας	Εξερχόμενη ροή ϕ^+	Εισερχόμενη ροή ϕ^-	Καθαρή ροή ϕ	Κανονικοποιημένη αξιολόγηση %	Κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	0,42069	0,57204	-0,15136	-56,44%	8
Πετρελαίου	0,50001	0,46608	0,03393	12,65%	5
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	0,46472	0,48406	-0,01933	-7,21%	6
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,57676	0,36848	0,20828	77,67%	2
Πυρηνική	0,53359	0,45821	0,07538	28,11%	4
Υδροηλεκτρική	0,41631	0,50864	-0,09233	-34,43%	7
Αιολική	0,59934	0,33118	0,26817	100,00%	1
Φωτοβολταϊκή	0,35857	0,57289	-0,21432	-79,92%	9
Βιομάζας	0,33564	0,62426	-0,28861	-107,62%	10
Γεωθερμική	0,55473	0,37453	0,18020	67,20%	3

5.4.6.2 Εφαρμογή του φαινομενικού κριτηρίου (Τύπος II)

Η εξερχόμενη, η εισερχόμενη και η καθαρή ροή κάθε τύπου ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας με βάση τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου 6 και το γενικευμένο κριτήριο Τύπου II, καθώς και η κανονικοποιημένη αξιολόγηση και κατάταξη που προκύπτουν από αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-47.

Πίνακας 5-47

Ροές και κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο PROMETHEE II για το φαινομενικό κριτήριο (Τύπος II) και τα βάρη του σεναρίου 6

Τύπος Μονάδας	Εξερχόμενη ροή ϕ^+	Εισερχόμενη ροή ϕ^-	Καθαρή ροή ϕ	Κανονικοποιημένη αξιολόγηση %	Κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	0,36112	0,54162	-0,18050	-78,01%	9
Πετρελαίου	0,38788	0,40604	-0,01817	-7,85%	6
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	0,42908	0,36092	0,06816	29,45%	4
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,51957	0,28818	0,23139	100,00%	1
Πυρηνική	0,42187	0,40186	0,02001	8,65%	5
Υδροηλεκτρική	0,39872	0,47610	-0,07738	-33,44%	7
Αιολική	0,53137	0,31279	0,21858	94,46%	2
Φωτοβολταϊκή	0,34188	0,51208	-0,17020	-73,56%	8
Βιομάζας	0,32810	0,57454	-0,24644	-106,51%	10
Γεωθερμική	0,48194	0,32739	0,15456	66,79%	3

Η εφαρμογή του φαινομενικού κριτηρίου αλλάζει την κατάταξη στην κορυφή, στην οποία αυτή τη φορά είναι οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο και ακολουθούν οι αιολικές μονάδες, αντίστροφα με ότι ίσχυε στο κριτήριο Τύπου I. Οι αιολικές μονάδες έχουν το 94,46% της βαθμολογίας των μονάδων συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο. Στην τρίτη θέση είναι οι γεωθερμικές μονάδες με 66,79% ποσοστό περίπου ίδιο με εκείνο του προηγούμενου τύπου κριτηρίου. Οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο είναι με βάση το φαινομενικό κριτήριο τέταρτες και μάλιστα με σημαντική θετική αξιολόγηση 29,45%, σε αντίθεση με το κριτήριο Τύπου I στο οποίο είχαν αρνητική βαθμολογία και βρισκόταν στην έκτη θέση. Στην πέμπτη θέση είναι οι πυρηνικές μονάδες με 8,65% ενώ οι υπόλοιποι πέντε τύποι μονάδων έχουν αρνητικές αξιολογήσεις. Εκτες κατατάσσονται οι μονάδες πετρελαίου με -7,85% και έβδομες οι υδροηλεκτρικές μονάδες με -33,44%. Στην όγδοη θέση ανεβαίνουν οι φωτοβολταϊκές μονάδες με -73,56%, ενώ στον προηγούμενο τύπο κριτηρίου ήταν ένατες. Μία θέση χάνουν οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη που τώρα είναι προτελευταίες με -78,01%. Στην τελευταία θέση βρίσκονται οι μονάδες βιομάζας με -106,51%.

5.4.6.3 Εφαρμογή του κριτηρίου με γραμμική προτίμηση (Τύπος III)

Η εξερχόμενη, η εισερχόμενη και η καθαρή ροή κάθε τύπου ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας με βάση τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου 6 και το γενικευμένο κριτήριο Τύπου III, καθώς και η κανονικοποιημένη αξιολόγηση και κατάταξη που προκύπτουν από αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-48.

Πίνακας 5-48

Ροές και κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο PROMETHEE II για το κριτήριο με γραμμική προτίμηση (Τύπος III) και τα βάρη του σεναρίου 6

Τύπος Μονάδας	Εξερχόμενη ροή ϕ^+	Εισερχόμενη ροή ϕ^-	Καθαρή ροή ϕ	Κανονικοποιημένη αξιολόγηση %	Κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	0,22562	0,35820	-0,13258	-59,01%	8
Πετρελαίου	0,28017	0,39013	-0,10996	-48,94%	7
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	0,30926	0,26622	0,04304	19,16%	5
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,40312	0,17844	0,22468	100,00%	1
Πυρηνική	0,28650	0,10520	0,18130	80,69%	2
Υδροηλεκτρική	0,31669	0,32726	-0,01058	-4,71%	6
Αιολική	0,32311	0,22157	0,10154	45,19%	4
Φωτοβολταϊκή	0,25648	0,49393	-0,23744	-105,68%	10
Βιομάζας	0,23522	0,41931	-0,18409	-81,93%	9
Γεωθερμική	0,33335	0,20926	0,12409	55,23%	3

Η εφαρμογή του κριτηρίου με γραμμική προτίμηση (Τύπος III) οδηγεί και πάλι στην κορυφή τις μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο. Στην δεύτερη θέση

όμως σε αυτή την περίπτωση είναι οι πυρηνικές μονάδες, που παρουσιάζουν εντυπωσιακή άνοδο στην κατάταξη αφού στους δύο προηγούμενους τύπους κριτηρίων ήταν στην τέταρτη και πέμπτη θέση. Στην τρίτη θέση βρίσκονται οι γεωθερμικές μονάδες με 55,23% και στην τέταρτη οι αιολικές μονάδες με 45,19%, χάνοντας τρεις και δύο θέσεις σε σχέση με το συνηθισμένο και το φαινομενικό κριτήριο αντίστοιχα. Πέμπτες είναι οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο με 19,16%. Στην έκτη θέση είναι οι υδροηλεκτρικές μονάδες που παρουσιάζουν λιγότερο αρνητική αξιολόγηση (-4,71%) από τους προηγούμενους τύπους κριτηρίων. Έβδομες κατατάσσονται οι μονάδες πετρελαίου με -48,94% και όγδοες οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη με -59,01%. Οι μονάδες βιομάζας ανεβαίνουν για πρώτη φορά στην ένατη θέση σε αυτό το σενάριο με -81,93%, ξεπερνώντας τις φωτοβολταϊκές μονάδες που πέφτουν στην τελευταία θέση σε αυτό τον τύπο γενικευμένου κριτηρίου με αξιολόγηση -105,68%.

5.4.6.4 Εφαρμογή του κριτηρίου στάθμης (Τύπος IV)

Η εξερχόμενη, η εισερχόμενη και η καθαρή ροή κάθε τύπου ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας με βάση τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου 6 και το γενικευμένο κριτήριο Τύπου IV, καθώς και η κανονικοποιημένη αξιολόγηση και κατάταξη που προκύπτουν από αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-49.

Πίνακας 5-49

Ροές και κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο PROMETHEE II για το κριτήριο στάθμης (Τύπος IV) και τα βάρη του σεναρίου 6

Τύπος Μονάδας	Εξερχόμενη ροή ϕ^+	Εισερχόμενη ροή ϕ^-	Καθαρή ροή ϕ	Κανονικοποιημένη αξιολόγηση %	Κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	0,30679	0,47276	-0,16597	-76,35%	8
Πετρελαίου	0,34394	0,38794	-0,04400	-20,24%	6
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	0,37363	0,32629	0,04734	21,78%	5
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,47269	0,25532	0,21737	100,00%	1
Πυρηνική	0,37541	0,29175	0,08366	38,48%	4
Υδροηλεκτρική	0,36423	0,41688	-0,05266	-24,22%	7
Αιολική	0,44399	0,26991	0,17408	80,09%	2
Φωτοβολταϊκή	0,30379	0,49982	-0,19603	-90,18%	10
Βιομάζας	0,30024	0,49192	-0,19167	-88,18%	9
Γεωθερμική	0,41945	0,29157	0,12788	58,83%	3

Την πρώτη θέση στο κριτήριο στάθμης διατηρούν οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο, στην δεύτερη θέση όμως τώρα είναι οι αιολικές μονάδες, όπως δηλαδή και στο κριτήριο Τύπου II (στο κριτήριο Τύπου III δεύτερες είναι οι πυρηνικές μονάδες). Στην τρίτη θέση είναι οι γεωθερμικές μονάδες με 58,83% και ακολουθούν οι πυρηνικές μονάδες με 38,48%. Οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο κατατάσσονται πέμπτες με 21,78%. Αρνητική είναι η βαθμολογία των μονάδων πετρελαίου, οι οποίες με -20,24% είναι στην έκτη θέση ενώ ελαφρώς μικρότερη είναι η

κανονικοποιημένη αξιολόγηση των υδροηλεκτρικών μονάδων, οι οποίες με -24,22% βρίσκονται στην έκτη θέση. Πολύ πιο αρνητική είναι η βαθμολογία των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη, οι οποίες με -76,35% κατατάσσονται όγδοες. Στην προτελευταία θέση της κατάταξης βρίσκονται οι μονάδες βιομάζας που συγκεντρώνουν -88,18%. Οριακά πιο αρνητική από αυτή είναι η κανονικοποιημένη αξιολόγηση των φωτοβολταϊκών μονάδων, οι οποίες κατατάσσονται τελευταίες μεταξύ των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με -90,18%.

5.4.6.5 Εφαρμογή του κριτηρίου με γραμμική προτίμηση και περιοχή αδιαφορίας (Τύπος V)

Η εξερχόμενη, η εισερχόμενη και η καθαρή ροή κάθε τύπου ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας με βάση τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου 6 και το γενικευμένο κριτήριο Τύπου V, καθώς και η κανονικοποιημένη αξιολόγηση και κατάταξη που προκύπτουν από αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-50.

Πίνακας 5-50

Ροές και κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο PROMETHEE II για το κριτήριο με γραμμική προτίμηση και περιοχή αδιαφορίας (Τύπος V) και τα βάρη του σεναρίου 6

Τύπος Μονάδας	Εξερχόμενη ροή ϕ^+	Εισερχόμενη ροή ϕ^-	Καθαρή ροή ϕ	Κανονικοποιημένη αξιολόγηση %	Κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	0,30370	0,47229	-0,16859	-85,12%	8
Πετρελαίου	0,33791	0,38493	-0,04702	-23,74%	7
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	0,36452	0,33013	0,03439	17,37%	5
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,46924	0,27119	0,19805	100,00%	1
Πυρηνική	0,38728	0,26631	0,12097	61,08%	3
Υδροηλεκτρική	0,36614	0,38744	-0,02131	-10,76%	6
Αιολική	0,42641	0,24710	0,17931	90,54%	2
Φωτοβολταϊκή	0,28836	0,49773	-0,20937	-105,72%	10
Βιομάζας	0,30875	0,48128	-0,17253	-87,11%	9
Γεωθερμική	0,39356	0,30748	0,08608	43,47%	4

Οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο είναι στην πρώτη θέση της κατάταξης και κατά την εφαρμογή του κριτηρίου με γραμμική προτίμηση και περιοχή αδιαφορίας (Τύπος V). Στην δεύτερη θέση βρίσκονται οι αιολικές μονάδες με ιδιαίτερα αυξημένη βαθμολογία 90,54% και ακολουθούν οι πυρηνικές μονάδες στην τρίτη θέση με 61,08%. Τέταρτες κατατάσσονται οι γεωθερμικές μονάδες, σε αντίθεση με όλους τους προηγούμενους τύπους κριτηρίων (Τύπου I έως IV) στους οποίους ήταν στην τρίτη θέση. Στην πέμπτη θέση βρίσκονται οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο με 17,37%. Με μικρή αρνητική αξιολόγηση που φθάνει το -10,76%, οι υδροηλεκτρικές μονάδες καταλαμβάνουν την έκτη θέση της κατάταξης. Ακολουθούν οι μονάδες πετρελαίου με κανονικοποιημένη αξιολόγηση -23,74%. Στις τρεις τελευταίες θέσεις και

μάλιστα με την ίδια σειρά όπως και στους προηγούμενους δύο τύπους κριτηρίων (Τύπου III έως IV), βρίσκονται οι μονάδες πετρελαίου με -85,12% στην όγδοη θέση, οι αιολικές μονάδες με -87,11% στην ένατη θέση, ενώ τελευταίες κατατάσσονται οι φωτοβολταϊκές μονάδες με -105,72%.

5.4.6.6 Εφαρμογή του Gaussian κριτηρίου (Τύπος VI)

Η εξερχόμενη, η εισερχόμενη και η καθαρή ροή κάθε τύπου ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας με βάση τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου 6 και το γενικευμένο κριτήριο Τύπου VI, καθώς και η κανονικοποιημένη αξιολόγηση και κατάταξη που προκύπτουν από αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-51.

Πίνακας 5-51

Ροές και κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο PROMETHEE II για το Gaussian κριτήριο (Τύπος VI) και τα βάρη του σεναρίου 6

Τύπος Μονάδας	Εξερχόμενη ροή ϕ^+	Εισερχόμενη ροή ϕ^-	Καθαρή ροή ϕ	Κανονικοποιημένη αξιολόγηση %	Κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	0,14444	0,31272	-0,16828	-126,91%	9
Πετρελαίου	0,16821	0,27531	-0,10710	-80,77%	8
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	0,19518	0,13668	0,05850	44,11%	5
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,24045	0,10785	0,13260	100,00%	1
Πυρηνική	0,20940	0,09992	0,10948	82,56%	3
Υδροηλεκτρική	0,23290	0,20279	0,03011	22,70%	6
Αιολική	0,22319	0,10538	0,11780	88,84%	2
Φωτοβολταϊκή	0,17941	0,41898	-0,23958	-180,67%	10
Βιομάζας	0,17151	0,18626	-0,01476	-11,13%	7
Γεωθερμική	0,23734	0,15612	0,08123	61,26%	4

Η εφαρμογή του Gaussian κριτηρίου έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση των καθαρών ροών των μονάδων συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο και των αιολικών μονάδων σε σχέση με τους δύο προηγούμενους τύπους κριτηρίων. Οι δύο αυτοί τύποι μονάδων εξακολουθούν να καταλαμβάνουν τις δύο πρώτες θέσεις της κατάταξης αντίστοιχα. Ο συσχετισμός μάλιστα των καθαρών ροών τους, όπως προκύπτει από τις κανονικοποιημένες αξιολογήσεις τους στα κριτήρια Τύπου V και VI, είναι περίπου ο ίδιος. Στην τρίτη θέση της κατάταξης είναι οι πυρηνικές μονάδες με αξιολόγηση 82,56%, πολύ μεγαλύτερη από εκείνη που είχε στον προηγούμενο τύπο κριτηρίου. Αύξηση της βαθμολογίας τους σημειώνουν και οι γεωθερμικές μονάδες, οι οποίες κατατάσσονται τέταρτες με 61,26%. Στο Gaussian κριτήριο παρουσιάζουν την μεγαλύτερη κανονικοποιημένη αξιολόγηση και οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο με 44,11%, ποσοστό που τις οδηγεί στην πέμπτη θέση. Για πρώτη φορά στο σενάριο 6 οι υδροηλεκτρικές μονάδες εμφανίζουν θετική αξιολόγηση και μάλιστα με ποσοστό 22,70% που τις κατατάσσει έκτης. Οι μονάδες βιομάζας που στους προηγούμενους πέντε τύπους γενικευμένων κριτηρίων κατατάσσονταν στις δύο τελευταίες θέσεις, κερδίζουν τώρα την

έβδομη θέση με ελαφρώς αρνητική αξιολόγηση -11,13%. Πολύ πιο αρνητική είναι η βαθμολογία των μονάδων πετρελαίου, οι οποίες είναι στην όγδοη θέση με -80,77%. Ιδιαίτερα αυξημένες σε σχέση με όλους τους προηγούμενους τύπους γενικευμένων κριτηρίων είναι και οι αρνητικές αξιολογήσεις των δύο τελευταίων μονάδων. Πιο συγκεκριμένα οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη με -126,91% βρίσκονται στην ένατη θέση, ενώ οι φωτοβολταϊκές μονάδες είναι τελευταίες με -180,67%.

5.4.6.7 Μέσος όρος των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων στο σενάριο 6

Ο μέσος όρος των καθαρών ροών των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων της μεθόδου PROMETHEE που εφαρμόστηκαν με βάση τα βάρη των κριτηρίων τελικού κόμβου του σεναρίου 6 (Πίνακας 5-2), οι κανονικοποιημένες αξιολογήσεις και η κατάταξη των μονάδων που προκύπτουν από τις ροές αυτές, παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-52.

Πίνακας 5-52

Κανονικοποιημένες αξιολογήσεις και κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με βάση τον μέσο όρο των καθαρών ροών που προκύπτουν από την εφαρμογή των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων στο σενάριο 6

Τύπος Μονάδας	Μέση καθαρή ροή φ	Κανονικοποιημένη αξιολόγηση %	Κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	-0,16121	-79,78%	8
Πετρελαίου	-0,04872	-24,11%	7
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	0,03868	19,14%	5
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,20206	100,00%	1
Πυρηνική	0,09846	48,73%	4
Υδροηλεκτρική	-0,03736	-18,49%	6
Αιολική	0,17658	87,39%	2
Φωτοβολταϊκή	-0,21116	-104,50%	10
Βιομάζας	-0,18302	-90,58%	9
Γεωθερμική	0,12567	62,20%	3

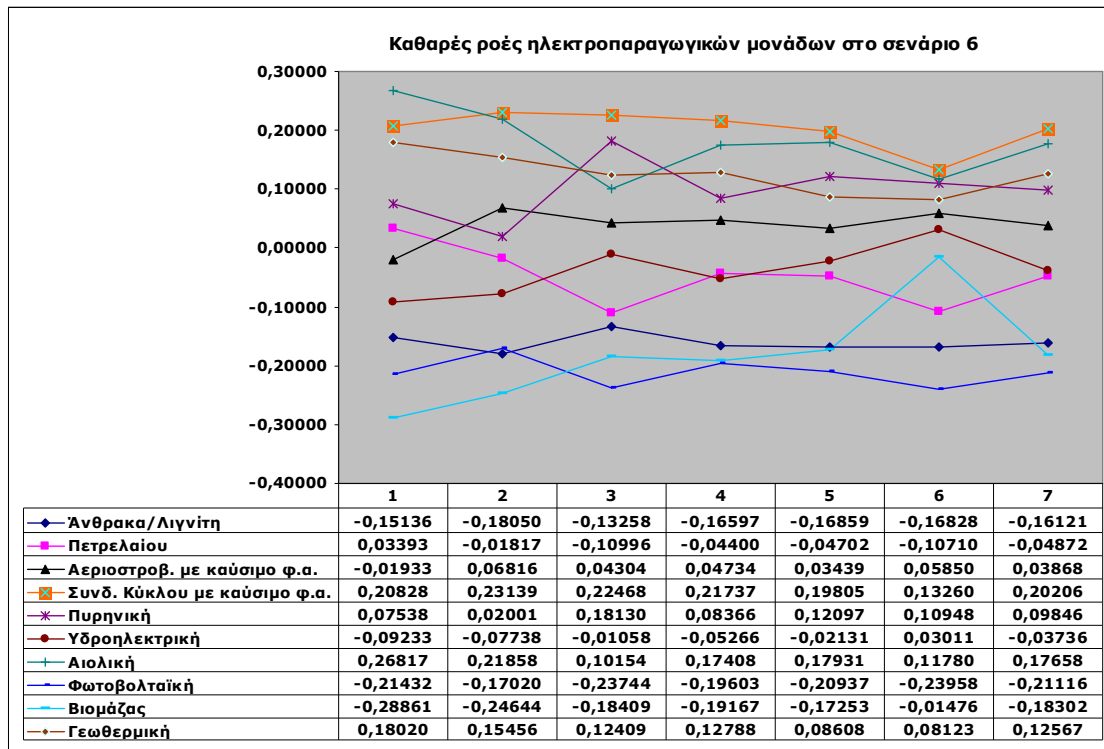
Σύμφωνα με τον μέσο όρο των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων της μεθόδου PROMETHEE για το σενάριο 6, οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο είναι οι πρώτες στην ιεραρχία σημειώνοντας την μεγαλύτερη μέση καθαρή ροή με 0,20206. Ακολουθούν στην δεύτερη θέση οι αιολικές μονάδες με κανονικοποιημένη αξιολόγηση 87,39%, δηλαδή η μέση καθαρή ροή τους είναι το 87,39% της μέσης καθαρής ροής των μονάδων συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο. Οι γεωθερμικές μονάδες είναι στην τρίτη θέση με ποσοστό 62,20%, δηλαδή 25 περίπου μονάδες χαμηλότερα από την αξιολόγηση των αιολικών μονάδων. Με σχετικά μεγάλη διαφορά βρίσκονται στην τέταρτη θέση οι πυρηνικές μονάδες που συγκεντρώνουν 48,73%. Οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο ακολουθούν στην πέμπτη θέση με θετική κανονικοποιημένη αξιολόγηση 19,14%. Αντίθετα αρνητική είναι η μέση

καθαρή ροή και η αντίστοιχη αξιολόγηση των υδροηλεκτρικών μονάδων, οι οποίες κατατάσσονται έκτες με -18,49%. Ελαφρώς χαμηλότερη είναι η αξιολόγηση των μονάδων πετρελαίου οι οποίες με ποσοστό -24,11% είναι στην έβδομη θέση της ιεράρχησης των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων, στο σενάριο 6. Πολύ αρνητικές είναι οι αξιολογήσεις των τελευταίων τριών τύπων μονάδων. Πιο συγκεκριμένα την όγδοη θέση καταλαμβάνουν οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη με -79,78%, την ένατη θέση οι μονάδες βιομάζας με -90,58%, ενώ τελευταίες είναι οι φωτοβολταϊκές μονάδες με -104,50%.

5.4.6.8 Σύγκριση των αξιολογήσεων των μονάδων με βάση τους έξι τύπους γενικευμένων κριτηρίων στο σενάριο 6

Η συγκριτική παρουσίαση των καθαρών ροών των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων που προκύπτουν από την εφαρμογή των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων καθώς και του μέσου όρου τους για το σενάριο 6 παρουσιάζονται γραφικά στο Σχήμα 5-16. Οι έξι πρώτες στήλες του πίνακα δεδομένων στο Σχήμα 5-16 παρουσιάζουν τις καθαρές ροές για τους έξι τύπους γενικευμένων κριτηρίων και η έβδομη στήλη το μέσο όρο αυτών των ροών.

Η συγκριτική αξιολόγηση των μονάδων στο σενάριο 6 δεν είναι τόσο ξεκάθαρη όσο σε προηγούμενα σενάρια και αυτό γιατί υπάρχουν πολλές διαφοροποιήσεις στις κατατάξεις με βάση τους έξι τύπους γενικευμένων κριτηρίων. Οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο, αν και είναι δεύτερες στον πρώτο τύπο γενικευμένου κριτηρίου, ανεβαίνουν στην πρώτη θέση σε όλους τους υπόλοιπους Τύπους (II έως VI). Οι αιολικές μονάδες παρουσιάζουν σημαντική διακύμανση από την πρώτη έως την τέταρτη θέση στους τρεις πρώτους τύπους κριτηρίων για να σταθεροποιηθούν στην δεύτερη θέση στα κριτήρια Τύπου IV, V και VI καθώς και στο μέσο όρο των καθαρών ροών. Τρίτες στην κατάταξη είναι οι γεωθερμικές μονάδες, κάτι αναμενόμενο αφού την ίδια θέση έχουν και στην πλειονότητα των επιμέρους κριτηρίων. Τέταρτες είναι οι πυρηνικές μονάδες οι οποίες κατατάσσονται από την δεύτερη έως την πέμπτη θέση στους διαφόρους τύπους κριτηρίων. Πέμπτες σύμφωνα με τον μέσο όρο είναι οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο, θέση την οποία έχουν και στα περισσότερα γενικευμένα κριτήρια. Έκτες είναι οι υδροηλεκτρικές μονάδες, οι οποίες τρεις φορές είναι στην έκτη και τρεις φορές στην έβδομη θέση κατά την εφαρμογή των επιμέρους κριτηρίων. Οι μονάδες πετρελαίου παρουσιάζουν σημαντική διακύμανση μεταξύ της πέμπτης και της όγδοης θέσης και κατατάσσονται τελικά έβδομες με βάση τον μέσο όρο των καθαρών ροών. Στην όγδοη, ένατη και δέκατη θέση βρίσκονται οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη, οι μονάδες βιομάζας και οι φωτοβολταϊκές μονάδες όπως και στην πλειονότητα των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων. Πιο εντυπωσιακή μεταξύ των τριών αυτών περιπτώσεων είναι η διακύμανση στην κατάταξη των μονάδων βιομάζας, οι οποίες από την δέκατη θέση που έχουν στους πρώτους δύο τύπους κριτηρίων, ανεβαίνουν μέχρι και την έβδομη θέση στο Gaussian κριτήριο (Τύπος VI).



Σχήμα 5-16

Συγκριτική παρουσίαση των καθαρών ροών των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων που προκύπτουν από την εφαρμογή των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων και του μέσου όρου τους για το σενάριο 6

5.4.7 Σενάριο 7

Στο σενάριο 7 δίνεται απόλυτη προτεραιότητα στο κριτήριο των οικονομικών παραγόντων το οποίο έχει βαρύτητα 100%, ενώ τα κριτήρια του βιοτικού επιπέδου και των τεχνολογικών παραγόντων αγνοούνται τελείως από τον λήπτη αποφάσεων, χωρίς να συμμετέχουν καθόλου στην αξιολόγηση των μονάδων. Το έβδομο σενάριο αναλύθηκε διεξοδικά στην ενότητα 4.3.1.7. Η κατανομή των βαρών των βασικών κριτηρίων στα κριτήρια τελικού κόμβου για το έβδομο σενάριο παρουσιάζεται στον Πίνακα 5-2. Με βάση αυτές τις βαρύτητες υπολογίζονται οι εξερχόμενες, οι εισερχόμενες και οι καθαρές ροές για καθένα από τους έξι τύπους γενικευμένων κριτηρίων της μεθόδου PROMETHEE. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων αυτών πραγματοποιείται στις ενότητες 5.4.7.1 έως 5.4.7.6.

5.4.7.1 Εφαρμογή του συνηθισμένου κριτηρίου (Τύπος I)

Η εξερχόμενη, η εισερχόμενη και η καθαρή ροή κάθε τύπου ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας με βάση τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου 7 και το γενικευμένο κριτήριο Τύπου I, καθώς και η κανονικοποιημένη αξιολόγηση και κατάταξη που προκύπτουν από αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-53.

Πίνακας 5-53

Ροές και κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο PROMETHEE II για το συνηθισμένο κριτήριο (Τύπος I) και τα βάρη του σεναρίου 7

Τύπος Μονάδας	Εξερχόμενη ροή φ ⁺	Εισερχόμενη ροή φ ⁻	Καθαρή ροή φ	Κανονικοποιημένη αξιολόγηση %	Κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	0,42154	0,57856	-0,15701	-34,44%	7
Πετρελαίου	0,58859	0,40560	0,18299	40,14%	3
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	0,50014	0,48344	0,01670	3,66%	6
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,59476	0,38292	0,21183	46,47%	2
Πυρηνική	0,55537	0,44473	0,11063	24,27%	5
Υδροηλεκτρική	0,34399	0,60658	-0,26259	-57,60%	9
Αιολική	0,70322	0,24734	0,45588	100,00%	1
Φωτοβολταϊκή	0,36063	0,58993	-0,22930	-50,30%	8
Βιομάζας	0,26746	0,73264	-0,46519	-102,04%	10
Γεωθερμική	0,54331	0,40726	0,13606	29,84%	4

Με βάση το συνηθισμένο κριτήριο στο σενάριο 7 οι αιολικές μονάδες καταλαμβάνουν την πρώτη θέση στην κατάταξη και ακολουθούν με μεγάλη διαφορά οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο στην δεύτερη θέση με κανονικοποιημένη αξιολόγηση 46,47%. Τρίτες είναι οι μονάδες πετρελαίου που συγκεντρώνουν 40,14% και τέταρτες οι γεωθερμικές μονάδες με 29,84%. Οι πυρηνικές μονάδες κατατάσσονται στην πέμπτη θέση με 24,27%, ενώ οριακά θετική είναι η αξιολόγηση των μονάδων αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο με 3,66%. Τέσσερις τύποι μονάδων έχουν αρνητικές καθαρές ροές και αξιολογήσεις που κυμαίνονται από -34,44% για τις μονάδες άνθρακα/λιγνίτη στην έβδομη θέση έως -102,04% για τις μονάδες βιομάζας που είναι τελευταίες. Στην όγδοη και ένατη θέση βρίσκονται οι φωτοβολταϊκές και οι υδροηλεκτρικές μονάδες αντίστοιχα.

5.4.7.2 Εφαρμογή του φαινομενικού κριτηρίου (Τύπος II)

Η εξερχόμενη, η εισερχόμενη και η καθαρή ροή κάθε τύπου ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας με βάση τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου 7 και το γενικευμένο κριτήριο Τύπου II, καθώς και η κανονικοποιημένη αξιολόγηση και κατάταξη που προκύπτουν από αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-54.

Στο κριτήριο Τύπου II οι αιολικές μονάδες είναι και πάλι στην πρώτη θέση και ακολουθούν οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο με 53,29%. Στην τρίτη θέση με εντυπωσιακή άνοδο κατά τρεις θέσεις σε σχέση με το κριτήριο Τύπου I βρίσκονται οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο με 34,47%. Τέταρτες είναι οι γεωθερμικές μονάδες με οριακά χαμηλότερη αξιολόγηση 33,92% από την αντίστοιχη των μονάδων αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο. Δύο θέσεις χαμηλότερα σε σχέση με το προηγούμενο κριτήριο, δηλαδή στην πέμπτη θέση είναι οι μονάδες πετρελαίου με 19,50%. Στην έκτη θέση με θετική αξιολόγηση 7,64%

κατατάσσονται οι πυρηνικές μονάδες. Στις τέσσερις τελευταίες θέσεις με αρνητικές αξιολογήσεις και την ίδια ακριβώς σειρά που είχαν στο κριτήριο Τύπου I βρίσκονται οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη με -40,54%, οι φωτοβολταϊκές μονάδες με -41,33%, οι υδροηλεκτρικές μονάδες με -59,03% και οι μονάδες βιομάζας με κανονικοποιημένη αξιολόγηση -107,92%.

Πίνακας 5-54

Ροές και κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο PROMETHEE II για το φαινομενικό κριτήριο (Τύπος II) και τα βάρη του σεναρίου 7

Τύπος Μονάδας	Εξερχόμενη ροή ϕ^+	Εισερχόμενη ροή ϕ^-	Καθαρή ροή ϕ	Κανονικοποιημένη αξιολόγηση %	Κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	0,42154	0,57708	-0,15553	-40,54%	7
Πετρελαίου	0,48043	0,40560	0,07483	19,50%	5
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	0,50014	0,36790	0,13224	34,47%	3
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,53624	0,33180	0,20444	53,29%	2
Πυρηνική	0,46814	0,43882	0,02932	7,64%	6
Υδροηλεκτρική	0,34399	0,57048	-0,22649	-59,03%	9
Αιολική	0,63102	0,24734	0,38368	100,00%	1
Φωτοβολταϊκή	0,35916	0,51773	-0,15858	-41,33%	8
Βιομάζας	0,26746	0,68152	-0,41407	-107,92%	10
Γεωθερμική	0,50130	0,37116	0,13014	33,92%	4

5.4.7.3 Εφαρμογή του κριτηρίου με γραμμική προτίμηση (Τύπος III)

Η εξερχόμενη, η εισερχόμενη και η καθαρή ροή κάθε τύπου ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας με βάση τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου 7 και το γενικευμένο κριτήριο Τύπου III, καθώς και η κανονικοποιημένη αξιολόγηση και κατάταξη που προκύπτουν από αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-55.

Η εφαρμογή του κριτηρίου με γραμμική προτίμηση (Τύπος III) προκαλεί τις μεγαλύτερες μεταβολές στην κατάταξη όχι μόνο στο σενάριο 7, αλλά και σε όλα τα σενάρια που εξετάστηκαν. Πιο συγκεκριμένα οι πυρηνικές μονάδες, οι οποίες ήταν στην πέμπτη και έκτη θέση στους δύο προηγούμενους Τύπους κριτηρίων (I και II), είναι στην κορυφή της ιεράρχησης των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με βάση το κριτήριο Τύπου III. Στην δεύτερη θέση είναι οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο με 82,72%. Στην τρίτη θέση με 58,71% είναι οι αιολικές μονάδες που βρίσκονταν στην κορυφή στους δύο προηγούμενους Τύπους κριτηρίων (I και II). Σταθερά τέταρτες είναι οι γεωθερμικές μονάδες με 39,38% και ακολουθούν οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο με 32,36%. Με αρνητική αξιολόγηση -22,15% οι μονάδες πετρελαίου είναι στην έκτη θέση και ακολουθούν οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη με -26,42%. Αντιστροφή υπάρχει στις κατατάξεις των υδροηλεκτρικών και των φωτοβολταϊκών μονάδων στο παρόν κριτήριο σε σχέση με τα δύο προηγούμενα και μάλιστα με μεγάλη διαφορά στις αξιολογήσεις τους. Πιο συγκεκριμένα οι

υδροηλεκτρικές μονάδες είναι στο παρόν κριτήριο Τύπου III όγδοες ενώ οι φωτοβολταϊκές μονάδες βρίσκονται στην ένατη θέση. Τελευταίες και πάλι κατατάσσονται οι μονάδες βιομάζας με -136,76%.

Πίνακας 5-55

Ροές και κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο PROMETHEE II για το κριτήριο με γραμμική προτίμηση (Τύπος III) και τα βάρη του σεναρίου 7

Τύπος Μονάδας	Εξερχόμενη ροή φ ⁺	Εισερχόμενη ροή φ ⁻	Καθαρή ροή φ	Κανονικοποιημένη αξιολόγηση %	Κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	0,21872	0,29331	-0,07459	-26,42%	7
Πετρελαίου	0,33541	0,39795	-0,06254	-22,15%	6
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	0,34244	0,25107	0,09137	32,36%	5
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,38319	0,14964	0,23355	82,72%	2
Πυρηνική	0,28187	-0,00046	0,28233	100,00%	1
Υδροηλεκτρική	0,24728	0,33355	-0,08626	-30,55%	8
Αιολική	0,32431	0,15857	0,16574	58,71%	3
Φωτοβολταϊκή	0,23135	0,50601	-0,27465	-97,28%	9
Βιομάζας	0,11774	0,50385	-0,38612	-136,76%	10
Γεωθερμική	0,29073	0,17956	0,11117	39,38%	4

5.4.7.4 Εφαρμογή του κριτηρίου στάθμης (Τύπος IV)

Η εξερχόμενη, η εισερχόμενη και η καθαρή ροή κάθε τύπου ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας με βάση τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου 7 και το γενικευμένο κριτήριο Τύπου IV, καθώς και η κανονικοποιημένη αξιολόγηση και κατάταξη που προκύπτουν από αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-56.

Η εφαρμογή του κριτηρίου στάθμης (Τύπος IV) επαναφέρει τις αιολικές μονάδες στην κορυφή και ακολουθούν στην δεύτερη θέση οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο με 65,95%. Τρίτες είναι οι πυρηνικές μονάδες με 39,19% και τέταρτες οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο με 36,31%. Οι γεωθερμικές μονάδες, οι οποίες στους τρεις προηγούμενους τύπους κριτηρίων ήταν τέταρτες είναι τώρα στην πέμπτη θέση με 34,70%. Θετική είναι και η αξιολόγηση των μονάδων πετρελαίου που με 13,04% καταλαμβάνουν την έκτη θέση. Έβδομες είναι και πάλι, όπως και σε όλους τους προηγούμενους τύπους κριτηρίων, οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη με -42,03%. Τις ίδιες τρεις τελευταίες θέσεις με το προηγούμενο κριτήριο Τύπου III καταλαμβάνουν οι υδροηλεκτρικές μονάδες με -54,09%, οι φωτοβολταϊκές μονάδες με -64,29% και οι μονάδες βιομάζας με -128,78%.

Πίνακας 5-56

Ροές και κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο PROMETHEE II για το κριτήριο στάθμης (Τύπος IV) και τα βάρη του σεναρίου 7

Τύπος Μονάδας	Εξερχόμενη ροή ϕ^+	Εισερχόμενη ροή ϕ^-	Καθαρή ροή ϕ	Κανονικοποιημένη αξιολόγηση %	Κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	0,36008	0,49227	-0,13219	-42,03%	7
Πετρελαίου	0,44366	0,40264	0,04102	13,04%	6
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	0,45210	0,33790	0,11420	36,31%	4
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,49116	0,28375	0,20741	65,95%	2
Πυρηνική	0,42158	0,29831	0,12327	39,19%	3
Υδροηλεκτρική	0,31694	0,48707	-0,17013	-54,09%	8
Αιολική	0,53185	0,21735	0,31450	100,00%	1
Φωτοβολταϊκή	0,31332	0,51552	-0,20219	-64,29%	9
Βιομάζας	0,22464	0,62966	-0,40501	-128,78%	10
Γεωθερμική	0,42843	0,31929	0,10913	34,70%	5

5.4.7.5 Εφαρμογή του κριτηρίου με γραμμική προτίμηση και περιοχή αδιαφορίας (Τύπος V)

Η εξερχόμενη, η εισερχόμενη και η καθαρή ροή κάθε τύπου ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας με βάση τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου 7 και το γενικευμένο κριτήριο Τύπου V, καθώς και η κανονικοποιημένη αξιολόγηση και κατάταξη που προκύπτουν από αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-57.

Η εφαρμογή του κριτηρίου με γραμμική προτίμηση και περιοχή αδιαφορίας (Τύπος V) δεν διαφοροποιεί τις τέσσερις πρώτες θέσεις της κατάταξης, σε σχέση με το κριτήριο Τύπου IV που παρουσιάστηκε στην προηγούμενη ενότητα. Οι κανονικοποιημένες αξιολογήσεις των μονάδων είναι περίπου ταυτόσημες, με μόνη εξαίρεση τις πυρηνικές μονάδες οι οποίες έχουν κανονικοποιημένη αξιολόγηση 60,75% στο κριτήριο Τύπου V, σε αντιδιαστολή με το 39,19% που είχαν στο κριτήριο Τύπου IV. Στην πέμπτη θέση με 17,04% είναι οι μονάδες πετρελαίου και στην έκτη οι γεωθερμικές μονάδες με 14,34%, ενώ στους προηγούμενους τέσσερις τύπους κριτηρίων ήταν στην τέταρτη ή πέμπτη θέση. Έβδομες είναι για πρώτη φορά οι υδροηλεκτρικές μονάδες με -36,44% και ακολουθούν οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη με -46,29% στην όγδοη θέση, οι οποίες στους προηγούμενους τέσσερις τύπους κριτηρίων ήταν έβδομες. Στις τελευταίες δύο θέσεις είναι για μια ακόμη φορά με πολύ αρνητικές κανονικοποιημένες αξιολογήσεις οι φωτοβολταϊκές μονάδες με -77,16% και οι μονάδες βιομάζας με -132,07%.

Πίνακας 5-57

Ροές και κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο PROMETHEE II για το κριτήριο με γραμμική προτίμηση και περιοχή αδιαφορίας (Τύπος V) και τα βάρη του σεναρίου 7

Τύπος Μονάδας	Εξερχόμενη ροή ϕ^+	Εισερχόμενη ροή ϕ^-	Καθαρή ροή ϕ	Κανονικοποιημένη αξιολόγηση %	Κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	0,36444	0,50280	-0,13835	-46,29%	8
Πετρελαίου	0,45109	0,40014	0,05094	17,04%	5
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	0,45415	0,34370	0,11045	36,95%	4
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,49528	0,30739	0,18789	62,86%	2
Πυρηνική	0,45621	0,27465	0,18156	60,75%	3
Υδροηλεκτρική	0,32872	0,43762	-0,10890	-36,44%	7
Αιολική	0,50465	0,20577	0,29888	100,00%	1
Φωτοβολταϊκή	0,28459	0,51520	-0,23061	-77,16%	9
Βιομάζας	0,23886	0,63358	-0,39472	-132,07%	10
Γεωθερμική	0,39077	0,34791	0,04286	14,34%	6

5.4.7.6 Εφαρμογή του Gaussian κριτηρίου (Τύπος VI)

Η εξερχόμενη, η εισερχόμενη και η καθαρή ροή κάθε τύπου ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας με βάση τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου 7 και το γενικευμένο κριτήριο Τύπου VI, καθώς και η κανονικοποιημένη αξιολόγηση και κατάταξη που προκύπτουν από αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-58.

Η εφαρμογή του Gaussian κριτηρίου (Τύπος VI) αξιολογεί τις αιολικές μονάδες ως τις καλύτερες ανάμεσα στους δέκα τύπους ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων, με βάση τις βαρύτητες του σεναρίου 7. Στην δεύτερη θέση είναι οι πυρηνικές μονάδες με 70,96% και στην τρίτη με οριακά χαμηλότερη αξιολόγηση 69,53% βρίσκονται οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο. Τέταρτες με 55,84% είναι οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο και την πεντάδα των μονάδων με θετικές κανονικοποιημένες αξιολογήσεις συμπληρώνουν οι γεωθερμικές μονάδες, οι οποίες συγκεντρώνουν 25,95%. Με ελαφρώς αρνητική αξιολόγηση -7,22% στην έκτη θέση είναι οι υδροηλεκτρικές μονάδες. Μεγάλη είναι η άνοδος των μονάδων βιομάζας, οι οποίες παρά την αρνητική αξιολόγησή τους με -44,96% ανεβαίνουν για πρώτη φορά στην έβδομη θέση, ενώ και στους πέντε προηγούμενους τύπους κριτηρίων ήταν στην δέκατη θέση. Οι μονάδες πετρελαίου με οριακά χαμηλότερη αξιολόγηση -45,76% καταλαμβάνουν την όγδοη θέση, ενώ τελευταίες είναι οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη με -81,61% και οι φωτοβολταϊκές μονάδες με -142,73%.

Πίνακας 5-58

Ροές και κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο PROMETHEE II για το Gaussian κριτήριο (Τύπος VI) και τα βάρη του σεναρίου 7

Τύπος Μονάδας	Εξερχόμενη ροή ϕ^+	Εισερχόμενη ροή ϕ^-	Καθαρή ροή ϕ	Κανονικοποιημένη αξιολόγηση %	Κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	0,15032	0,33184	-0,18152	-81,61%	9
Πετρελαίου	0,20565	0,30742	-0,10177	-45,76%	8
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	0,23695	0,11277	0,12419	55,84%	4
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,24920	0,09455	0,15466	69,53%	3
Πυρηνική	0,22392	0,06611	0,15782	70,96%	2
Υδροηλεκτρική	0,18918	0,20524	-0,01606	-7,22%	6
Αιολική	0,25622	0,03380	0,22242	100,00%	1
Φωτοβολταϊκή	0,15751	0,47497	-0,31746	-142,73%	10
Βιομάζας	0,12181	0,22180	-0,09999	-44,96%	7
Γεωθερμική	0,21230	0,15457	0,05772	25,95%	5

5.4.7.7 Μέσος όρος των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων στο σεναριο 7

Ο μέσος όρος των καθαρών ροών των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων της μεθόδου PROMETHEE που εφαρμόστηκαν με βάση τα βάρη των κριτηρίων τελικού κόμβου του σεναρίου 7 (Πίνακας 5-2), οι κανονικοποιημένες αξιολογήσεις και η κατάταξη των μονάδων που προκύπτουν από τις ροές αυτές, παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-59.

Πίνακας 5-59

Κανονικοποιημένες αξιολογήσεις και κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με βάση τον μέσο όρο των καθαρών ροών που προκύπτουν από την εφαρμογή των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων στο σεναριο 7

Τύπος Μονάδας	Μέση καθαρή ροή ϕ	Κανονικοποιημένη αξιολόγηση %	Κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	-0,13987	-45,58%	7
Πετρελαίου	0,03091	10,07%	6
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	0,09819	32,00%	4
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,19996	65,17%	2
Πυρηνική	0,14749	48,07%	3
Υδροηλεκτρική	-0,14507	-47,28%	8
Αιολική	0,30685	100,00%	1
Φωτοβολταϊκή	-0,23547	-76,74%	9
Βιομάζας	-0,36085	-117,60%	10
Γεωθερμική	0,09785	31,89%	5

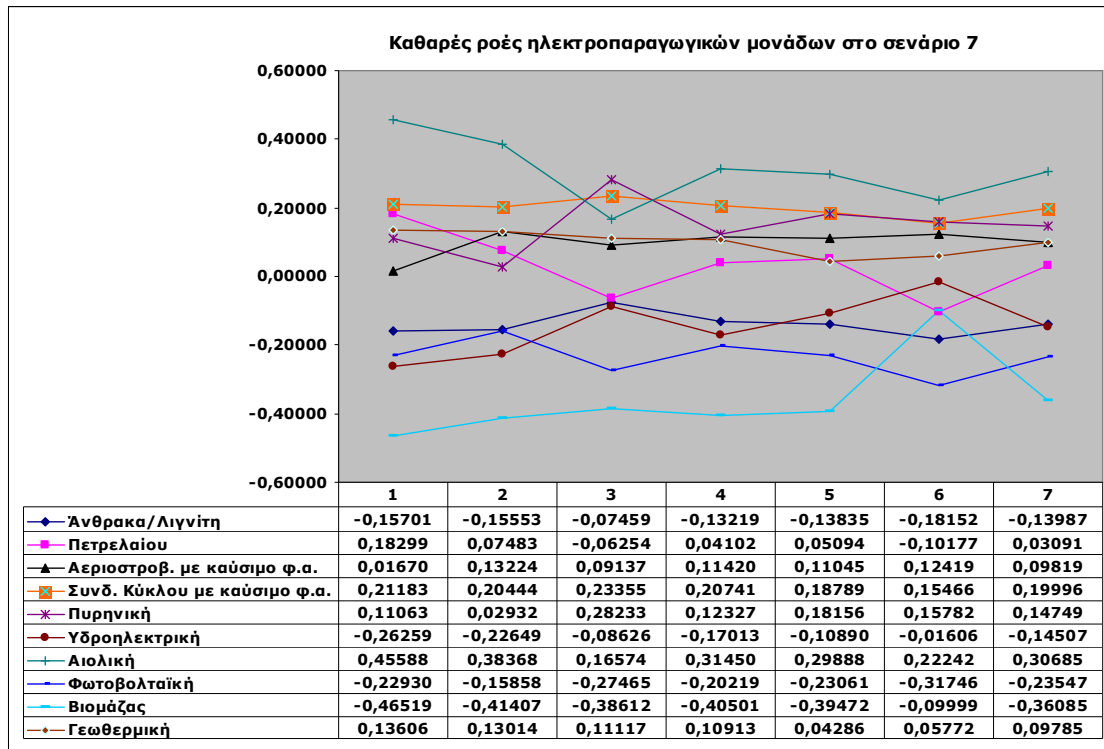
Ο μέσος όρος των καθαρών ροών των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων στο σενάριο 7 δίνει την πρώτη θέση στις αιολικές μονάδες και ακολουθούν οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο με 65,17%. Οι πυρηνικές μονάδες είναι στην τρίτη θέση συγκεντρώνοντας 48,07%, 17 περίπου μονάδες χαμηλότερα από την βαθμολογία των μονάδων συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο. Σημαντικά μικρότερη είναι η αξιολόγηση των μονάδων αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο, οι οποίες με 32,00% καταλαμβάνουν την τέταρτη θέση, οριακά υψηλότερα από τις γεωθερμικές μονάδες που είναι στην πέμπτη θέση συγκεντρώνοντας 31,89%. Οι μονάδες πετρελαίου είναι έκτες με θετική αξιολόγηση 10,07%. Στην έβδομη και όγδοη θέση με σημαντικά αρνητικές αξιολογήσεις αλλά πολύ κοντά μεταξύ τους είναι οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη και οι υδροηλεκτρικές μονάδες αντίστοιχα. Στην προτελευταία θέση κατατάσσονται οι φωτοβολταϊκές μονάδες με -76,74%. Τελευταίες, όπως είναι άλλωστε αναμενόμενο με βάση την κατάταξη στους έξι τύπους γενικευμένων κριτηρίων, είναι οι μονάδες βιομάζας με αξιολόγηση -117,60%.

5.4.7.8 Σύγκριση των αξιολογήσεων των μονάδων με βάση τους έξι τύπους γενικευμένων κριτηρίων στο σενάριο 7

Η συγκριτική παρουσίαση των καθαρών ροών των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων που προκύπτουν από την εφαρμογή των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων καθώς και του μέσου όρου τους για το σενάριο 7 παρουσιάζονται γραφικά στο Σχήμα 5-17. Οι έξι πρώτες στήλες του πίνακα δεδομένων στο Σχήμα 5-17 παρουσιάζουν τις καθαρές ροές για τους έξι τύπους γενικευμένων κριτηρίων και η έβδομη στήλη το μέσο όρο αυτών των ροών.

Στο σενάριο 7, όπως και στο σενάριο 6 παρατηρούνται σημαντικές διαφοροποιήσεις στις κατατάξεις των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων κατά την εφαρμογή των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων και του μέσου όρου τους. Στην πρώτη θέση της κατάταξης σε όλες τις περιπτώσεις και στον μέσο όρο είναι οι αιολικές μονάδες, με μοναδική εξαίρεση το γενικευμένο κριτήριο Τύπου III στο οποίο καταλαμβάνουν την τρίτη θέση. Παρόμοια οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο είναι στην δεύτερη θέση σε όλα τα κριτήρια και στον μέσο όρο, εκτός από το Gaussian κριτήριο με βάση το οποίο κατατάσσονται τρίτες. Οι πυρηνικές μονάδες κατατάσσονται τρίτες στο σενάριο 7 με βάση το μέσο όρο των καθαρών ροών τους, ενώ στους επιμέρους τύπους γενικευμένων κριτηρίων παρουσιάζουν έντονες διακυμάνσεις στην κατάταξή τους, καταλαμβάνοντας από την πρώτη έως την έκτη θέση. Οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο με κατατάξεις από την τρίτη έως την έκτη θέση στα επιμέρους κριτήρια είναι τελικά τέταρτες, με βάση τον μέσο όρο. Στην πέμπτη θέση είναι οι γεωθερμικές μονάδες με αξιολόγηση σχεδόν ταυτόσημη με εκείνη των μονάδων αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο. Οι μονάδες πετρελαίου παρουσιάζουν επίσης έντονη διακύμανση μεταξύ της τρίτης και της όγδοης θέσης στους επιμέρους τύπους κριτηρίων, για να καταταχθούν τελικά έκτες με βάση το μέσο όρο των καθαρών ροών στο σενάριο 7. Στην έβδομη θέση είναι οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη, θέση που καταλαμβάνουν στην πλειονότητα των επιμέρους τύπων κριτηρίων (Τύποι I-IV). Ογδοες κατατάσσονται οι υδροηλεκτρικές μονάδες που καταλαμβάνουν από την έκτη έως την ένατη θέση στους έξι τύπους γενικευμένων κριτηρίων. Στην ένατη και δέκατη θέση είναι

οι φωτοβολταϊκές μονάδες και οι μονάδες βιομάζας αντίστοιχα, θέσεις που καταλαμβάνουν και στην πλειονότητα των επιμέρους κατατάξεων, με σημαντικότερη εξαίρεση την έβδομη θέση των μονάδων βιομάζας κατά την εφαρμογή του Gaussian κριτηρίου.



Σχήμα 5-17

Συγκριτική παρουσίαση των καθαρών ροών των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων που προκύπτουν από την εφαρμογή των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων και του μέσου όρου τους για το σενάριο 7

5.5 Συγκριτική αξιολόγηση κατατάξεων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων

Τα οκτώ διαφορετικά σενάρια, η εφαρμογή των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων και ο μέσος όρος των καθαρών ροών τους παρέχουν πληθώρα πολύτιμων πληροφοριών στο λήπτη αποφάσεων. Εκτός όμως από την σύγκριση των αποτελεσμάτων των έξι τύπων κριτηρίων μέσα σε κάθε σενάριο, απαιτούνται οι συγκριτικές αξιολογήσεις των κατατάξεων των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων ανά σενάριο και ανά τύπο ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας. Οι συγκριτικές αυτές αξιολογήσεις με βάση την μέθοδο PROMETHEE II παρουσιάζονται στις ενότητες 5.5.1 και 5.5.2.

5.5.1 Συγκριτική αξιολόγηση κατατάξεων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων ανά σενάριο

Η συγκριτική αξιολόγηση των κατατάξεων των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων ανά σενάριο με βάση την μέθοδο PROMETHEE II παρουσιάζεται στο Σχήμα 5-18.

Στα σενάρια με αυξημένη βαρύτητα του κριτηρίου του βιοτικού επιπέδου παρατηρείται πτώση στις θέσεις κατάταξης για τις μονάδες ορυκτών καυσίμων και τις πυρηνικές μονάδες. Ιδιαίτερα στο σενάριο 2 όπου το κριτήριο του βιοτικού επιπέδου έχει βαρύτητα 100% οι πέντε τύποι μονάδων που βασίζονται σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας καταλαμβάνουν τις πέντε πρώτες θέσεις. Στο σενάριο αναφοράς και το σενάριο 3 όπου το κριτήριο του βιοτικού επιπέδου έχει σημαντική αλλά όχι απόλυτη βαρύτητα οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο είναι τέταρτες και τρίτες αντίστοιχα ενώ οι μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι στην πρώτη εξάδα της συνολικής κατάταξης.

Όταν δίνεται απόλυτη βαρύτητα στους τεχνολογικούς παράγοντες (σενάριο 5) οι μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας καταλαμβάνουν τις τελευταίες θέσεις στην κατάταξη εκτός των υδροηλεκτρικών μονάδων που είναι τέταρτες. Στις δύο πρώτες θέσεις είναι οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο και οι πυρηνικές μονάδες. Στο σενάριο 4 στο οποίο οι τεχνολογικοί παράγοντες έχουν βαρύτητα 60% η κατάταξη στις δύο πρώτες θέσεις δεν αλλάζει ενώ στην τρίτη και τέταρτη θέση είναι οι υδροηλεκτρικές και οι γεωθερμικές μονάδες αντίστοιχα. Ακολουθούν οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο, οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη και οι μονάδες πετρελαίου ενώ στις τρεις τελευταίες θέσεις είναι οι υπόλοιποι τρεις τύποι μονάδων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Στα σενάρια 6 και 7 στα οποία οι οικονομικοί παράγοντες έχουν αυξημένη και απόλυτη βαρύτητα αντίστοιχα οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο και οι αιολικές μονάδες καταλαμβάνουν τις δύο πρώτες θέσεις και ακολουθούν οι πυρηνικές και οι γεωθερμικές μονάδες. Αντίθετα στις δύο τελευταίες θέσεις βρίσκονται οι φωτοβολταϊκές μονάδες και οι μονάδες βιομάζας που σημειώνουν τις χειρότερες αξιολογήσεις όσον αφορά τους οικονομικούς παράγοντες.

5.5.2 Συγκριτική αξιολόγηση κατατάξεων ανά τύπο ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας

Η συγκριτική αξιολόγηση των κατατάξεων ανά τύπο ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας με βάση την μέθοδο PROMETHEE II παρουσιάζεται στο Σχήμα 5-19.

Οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη καταλαμβάνουν την καλύτερή τους θέση η οποία είναι η τρίτη στο σενάριο 5, όπου αξιολογούνται μόνο οι τεχνολογικοί παράγοντες των μονάδων. Στα σενάρια αυξημένης βαρύτητας των οικονομικών παραγόντων καταλαμβάνουν την έβδομη και όγδοη θέση ενώ όταν προτεραιότητα δίνεται στο βιοτικό επίπεδο βρίσκονται στην τελευταία θέση της κατάταξης.

Οι μονάδες πετρελαίου καταλαμβάνουν την πέμπτη και έκτη θέση στα δύο σενάρια απόλυτης βαρύτητας για τους τεχνολογικούς και οικονομικούς παράγοντες αντίστοιχα. Όταν δίνεται προτεραιότητα στο βιοτικό επίπεδο βρίσκονται στην ένατη θέση.

Οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο βρίσκονται μεταξύ της τέταρτης και της όγδοης θέσης στα οκτώ σενάρια. Ελαφρώς καλύτερη είναι η κατάταξή τους στους οικονομικούς και τεχνολογικούς σε σχέση με το κριτήριο του βιοτικού επιπέδου.

Οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο είναι στις πρώτες θέσεις της κατάταξης στα σενάρια αυξημένης βαρύτητας των τεχνολογικών και οικονομικών παραγόντων. Ικανοποιητική είναι η κατάταξή τους και στα υπόλοιπα σενάρια αφού η έκτη είναι η χειρότερη θέση τους στο σενάριο 2.

Οι πυρηνικές μονάδες είναι δεύτερες όταν προτεραιότητα δίνεται στους τεχνολογικούς παράγοντες και τρίτες ή τέταρτες όταν σπουδαιότεροι θεωρούνται οι οικονομικοί παράγοντες. Στα σενάρια αυξημένης βαρύτητας του βιοτικού επιπέδου καταλαμβάνουν την έβδομη ή όγδοη θέση.

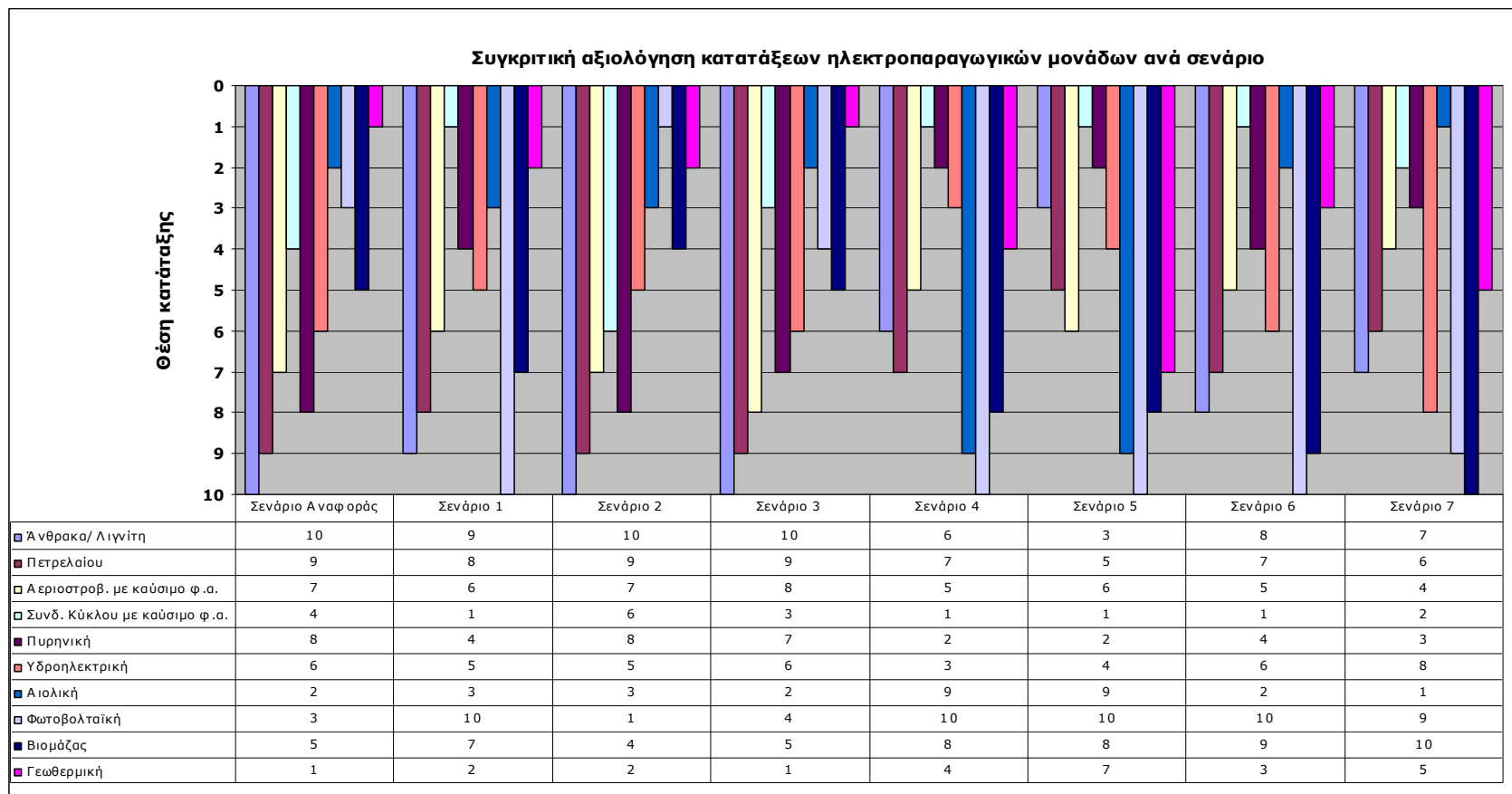
Οι υδροηλεκτρικές μονάδες παρουσιάζουν εξαιρετική σταθερότητα στην κατάταξή τους σε όλα τα σενάρια. Ελαφρώς καλύτερες είναι η τρίτη και τέταρτη θέση που καταλαμβάνουν στα σενάρια αυξημένης βαρύτητας των τεχνολογικών παραγόντων και ελαφρώς χειρότερες η έκτη και όγδοη θέση στα σενάρια 6 και 7 αντίστοιχα, όπου προτεραιότητα δίνεται στους οικονομικούς παράγοντες.

Οι αιολικές μονάδες είναι στις πρώτες δύο θέσεις της κατάταξης στα σενάρια όπου σπουδαιότεροι θεωρούνται οι οικονομικοί παράγοντες. Στα σενάρια αυξημένης βαρύτητας του βιοτικού επιπέδου καταλαμβάνουν την δεύτερη ή τρίτη θέση ενώ πέφτουν στην ένατη θέση όταν προτεραιότητα δίνεται στους τεχνολογικούς παράγοντες.

Οι φωτοβολταϊκές μονάδες βρίσκονται στις πρώτες θέσεις της κατάταξης στα σενάρια αυξημένης βαρύτητας του βιοτικού επιπέδου και στις τελευταίες όταν προτεραιότητα δίνεται στους τεχνολογικούς και οικονομικούς παράγοντες.

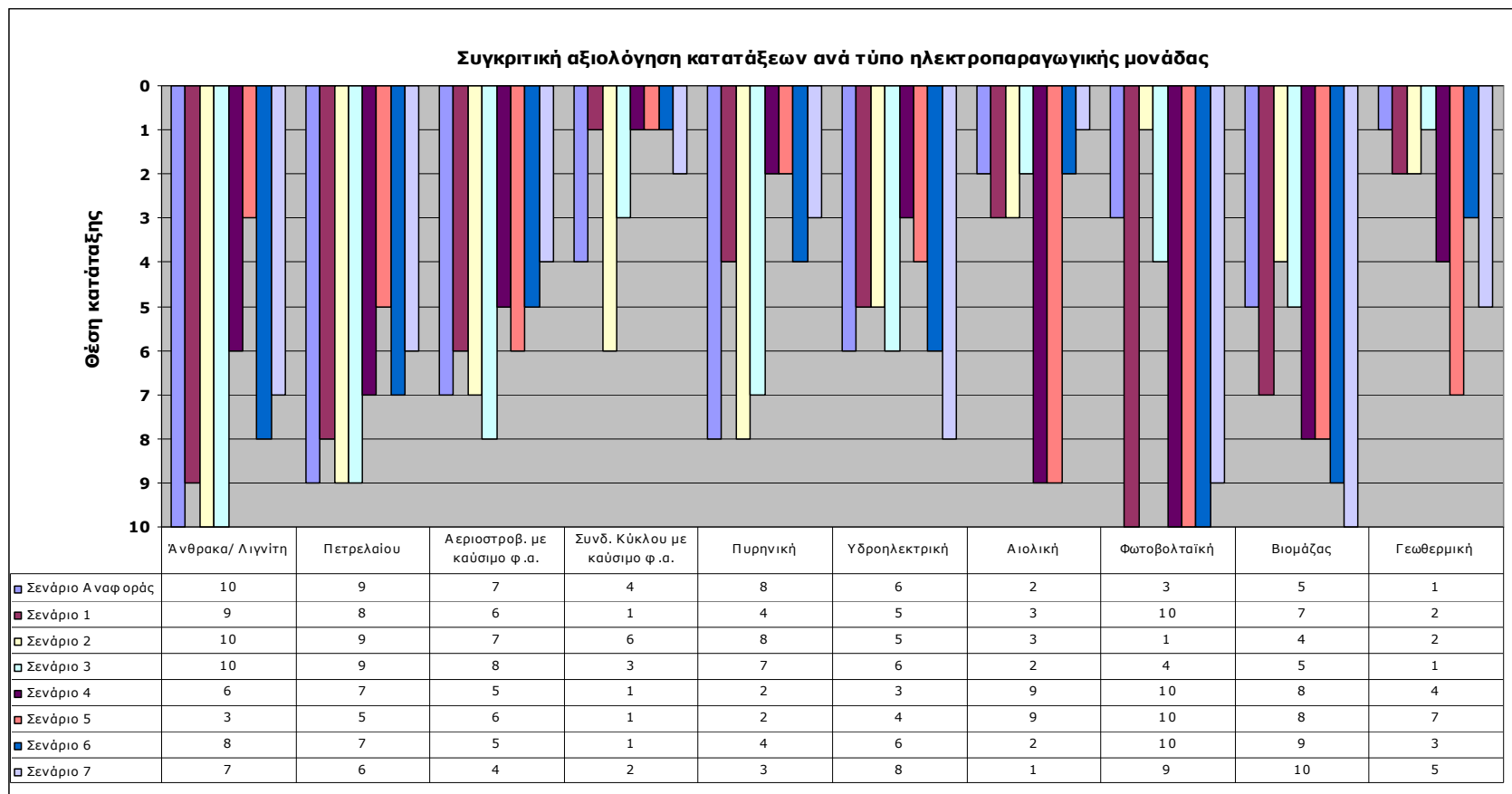
Οι μονάδες βιομάζας καταλαμβάνουν την τέταρτη ή πέμπτη θέση όταν προτεραιότητα δίνεται στο βιοτικό επίπεδο και μεταξύ της όγδοης και δέκατης θέσης στα τέσσερα σενάρια αυξημένης βαρύτητας των τεχνολογικών και οικονομικών παραγόντων.

Οι γεωθερμικές μονάδες είναι πρώτες ή δεύτερες στην συνολική κατάταξη όταν σπουδαιότερο θεωρείται το βιοτικό επίπεδο ενώ όταν προτεραιότητα δίνεται στους οικονομικούς και τεχνολογικούς παράγοντες κατατάσσονται μεταξύ της τρίτης και έβδομης θέσης.



Σχήμα 5-18

Συγκριτική αξιολόγηση των κατατάξεων των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων ανά σενάριο με την μέθοδο PROMETHEE II



Σχήμα 5-19

Συγκριτική αξιολόγηση των κατατάξεων ανά τύπο ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας με την μέθοδο PROMETHEE II

Κεφάλαιο 6

Electre

Η μέθοδος ELECTRE είναι η δεύτερη μέθοδος υπεροχής μετά την PROMETHEE με τη οποία θα αξιολογηθούν οι ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες. Μεταξύ των διαφορετικών εκδοχών της ELECTRE επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί η ELECTRE III, η οποία εκτός από τις τιμές κατωφλίου προτίμησης και αδιαφορίας, χρησιμοποιεί και τιμή κατωφλίου απόρριψης ενώ γενικότερα διαφοροποιείται σημαντικά από την PROMETHEE αν και οι δύο ανήκουν στην κατηγορία των μεθόδων υπεροχής. Η διαφοροποίηση αυτή συμβάλλει στην εξαγωγή πιο αξιόπιστων αποτελεσμάτων.

6.1 Γενική περιγραφή της μεθόδου

Η *ELECTRE (ELimination Et Choix Traduisant la REalité ή ELimination Et Choice Translating REality)* ανήκει στις μεθόδους υπεροχής (outranking methods) και έχει αρκετές διαφορετικές εκδοχές, όπως η ELECTRE I, II, III, IV, η ELECTRE IS, και η ELECTRE TRI [263, 264].

Η ELECTRE θεωρείται από αρκετούς ερευνητές ως μη συμβιβαστική πολυκριτηριακή μέθοδος (noncompensatory multicriteria method), κάτι που αμφισβητείται από άλλη ομάδα ερευνητών [35-37]. Στην πραγματικότητα η ELECTRE μπορεί να θεωρηθεί ως μερικώς συμβιβαστική πολυκριτηριακή μέθοδος. Το πιο σημαντικό στοιχείο της μεθόδου είναι ίσως ότι μια πολύ κακή αξιολόγηση ως προς κάποιο κριτήριο, δεν είναι δυνατό να αντισταθμιστεί από πολύ καλές αξιολογήσεις σε άλλα κριτήρια και αυτό την καθιστά μερικώς μη συμβιβαστική πολυκριτηριακή μέθοδο.

Το βασικότερο στοιχείο στην διαδικασία λήψης αποφάσεων μετά τον ορισμό του προβλήματος που αντιμετωπίζεται είναι ο καθορισμός του είδους της λύσης που επιδιώκεται. Υπάρχουν τέσσερις βασικές κατηγορίες λύσεων:

1. επιλογή (choice or selection)

2. κατηγοριοποίηση (assignment or sorting)
3. ταξινόμηση (ranking or ordering)
4. περιγραφή (description)

Με τον όρο επιλογή περιγράφεται η διαδικασία κατά την οποία οι καλύτερες ή οι πιο ικανοποιητικές λύσεις (μία ή περισσότερες) επιλέγονται για την επίλυση ενός προβλήματος. Η κατηγοριοποίηση κατανέμει τις εναλλακτικές λύσεις σε κατηγορίες ανάλογα με τα χαρακτηριστικά και τις ιδιότητές τους. Η διαδικασία ταξινόμησης ιεραρχεί τις λύσεις ή τις κατηγορίες λύσεων ανάλογα με τον βαθμό συμβολής τους στην επίλυση του προβλήματος. Η περιγραφική επίλυση του προβλήματος αναλύει τα είδη των ενεργειών και τις συνέπειές τους σε σχέση με το πρόβλημα που αντιμετωπίζεται.

Η μέθοδος ELECTRE I έχει σχεδιαστεί για προβλήματα επιλογής, οι μέθοδοι ELECTRE II, III και IV αναφέρονται σε προβλήματα ταξινόμησης και η μέθοδος ELECTRE TRI σε προβλήματα κατηγοριοποίησης.

6.2 Βασικά στοιχεία των μεθόδων ELECTRE

Η ELECTRE είναι μια πολυκριτηριακή μέθοδος που αναλύει προβλήματα με τις ακόλουθες παραμέτρους [209]:

- m εναλλακτικές λύσεις $M_i, i=1, \dots, m$
- n κριτήρια $g_j, j=1, \dots, n$
- n συντελεστές βαρύτητας $\omega_j, j=1, \dots, n$ και $\sum_{j=1}^n \omega_j = 1$

Δοθέντων του πίνακα αξιολόγησης (performance matrix) $m \times n$ που περιλαμβάνει τις αξιολογήσεις των m εναλλακτικών λύσεων ως προς τα n κριτήρια και των βαρών των κριτηρίων, στόχος είναι η επιλογή της βέλτιστης εναλλακτικής λύσης. Για την μοντελοποίηση της προτίμησης μιας εναλλακτικής λύσης M_i ως προς μια λύση M_k η ELECTRE χρησιμοποιεί την αρχή της υπεροχής που συμβολίζεται μαθηματικά και περιγράφεται ως εξής:

Μια σχέση υπεροχής $M_i \rightarrow M_k$ (η οποία συμβολίζεται επίσης και ως $M_i S M_k$) συμβολίζει ότι η εναλλακτική λύση M_i προτιμάται έναντι της M_k εφόσον η M_i είναι καλύτερη της M_k στην πλειοψηφία των κριτηρίων και δεν υστερεί σημαντικά της M_k ως προς κάποιο κριτήριο (δηλαδή η διαφορά των αξιολογήσεων τους είναι εντός μιας προκαθορισμένης τιμής κατωφλίου).

Με τον παραπάνω ορισμό οι εναλλακτικές λύσεις που υστερούν (κυριαρχούνται) από άλλες λύσεις απαλείφονται και αξιολογούνται οι εναπομείνουσες λύσεις.

Η ταυτοποίηση μιας σχέσης υπεροχής μεταξύ δύο εναλλακτικών λύσεων M_i και M_k προϋποθέτει την καταγραφή δύο διαφορετικών συνόλων συγκρίσεων. Στο πρώτο σύνολο καταγράφονται τα κριτήρια στα οποία ισχύει $g_j(M_i) > g_j(M_k)$, δηλαδή τα κριτήρια στα οποία η πρώτη εναλλακτική λύση υπερτερεί της δεύτερης, ενώ στο δεύτερο σύνολο καταγράφονται τα κριτήρια στα οποία ισχύει $g_j(M_i) < g_j(M_k)$, δηλαδή τα κριτήρια στα

οποία η πρώτη εναλλακτική λύση υστερεί της δεύτερης. Τα στοιχεία αυτών των δύο συνόλων συγκρίσεων καταγράφονται στους λεγόμενους **πίνακες συμφωνίας (concordance matrix) και διαφωνίας (discordance matrix)**.

Στους πίνακες συμφωνίας αποτυπώνεται η υπεροχή ή μη της εναλλακτικής λύσης M_i ως προς την M_k και έχει διαφορετικές τιμές ανάλογα με την παραλλαγή της μεθόδου ELECTRE που χρησιμοποιείται. Στις μεθόδους ELECTRE I και II η αποτύπωση αυτού του ελέγχου είναι δυαδικός, δηλαδή καταχωρείται η τιμή 1 εάν η M_i είναι καλύτερη της M_k και η τιμή 0 εάν ισχύει το αντίθετο. Άλλες παραλλαγές της ELECTRE όπως η III, IV, IS χρησιμοποιούν ασαφή σχέση υπεροχής (fuzzy outranking relation) και ψευδοκριτήρια (pseudocriteria), στα οποία οι τιμές στον πίνακα συμφωνίας μπορεί να κυμαίνονται μεταξύ του μηδενός και του ένα (και όχι να είναι αποκλειστικά 0 και 1), ανάλογα με το πόσο καλύτερο είναι το $g_i(M_i)$ από το $g_i(M_k)$.

Στους πίνακες διαφωνίας αποτυπώνεται η τυχόν σημαντική υστέρηση μιας εναλλακτικής λύσης M_i ως προς μία άλλη λύση M_k με βάση κάποιο κριτήριο, στοιχείο που μπορεί να οδηγήσει σε απόρριψη της λύσης M_i ακόμα κι αν αυτή υπερείχε της M_k σε σημαντικό αριθμό κριτηρίων. Οι τιμές του πίνακα διαφωνίας μπορεί να είναι 0 και 1 ή και οποιαδήποτε άλλη τιμή σε αυτό το διάστημα.

Εάν δεν ισχύει $M_i S M_k$, ούτε και $M_k S M_i$, δηλαδή καμία εναλλακτική λύση δεν υπερέχει της άλλης, τότε $M_i R M_k$ που σημαίνει ότι οι δύο λύσεις είναι **μη συγκρίσιμες (incomparable)**. Αυτό δεν έχει καμία σχέση με την περίπτωση κατά την οποία η M_i είναι **αδιάφορη (indifferent)** ως προς την M_k ($M_i I M_k$) για τον λήπτη αποφάσεων, κάτι που σημαίνει ότι ο λήπτης αποφάσεων δεν προτιμά την μία ως προς την άλλη.

6.3 Παραλλαγές των μεθόδων ELECTRE

6.3.1 ELECTRE I

Αρχικά ορίζονται τα σύνολα συμφωνίας και διαφωνίας με βάση τις συγκρίσεις κατά ζεύγη των εναλλακτικών λύσεων. Θεωρώντας ότι είναι επιθυμητή η μεγιστοποίηση (ανάλογα προκύπτουν και οι σχέσεις όταν είναι επιθυμητή η ελαχιστοποίηση) ως προς ένα κριτήριο j ($j=1, \dots, n$), για κάθε ζεύγος εναλλακτικών λύσεων M_i και M_k ($i, k=1, \dots, m$) με i διάφορο του k (μία εναλλακτική λύση δεν χρειάζεται να συγκριθεί με τον εαυτό της) ισχύει [209]

$$\text{Στοιχεία συνόλου συμφωνίας} = J_{ik}^+ = \{j \mid r_{ij} \geq r_{kj}\} \quad (6-1)$$

$$\text{Στοιχεία συνόλου διαφωνίας} = J_{ik}^- = \{j \mid r_{ij} < r_{kj}\} \quad (6-2)$$

όπου το r_{ij} αναφέρεται στην εναλλακτική λύση i και στο κριτήριο j στις αντίστοιχες γραμμές και στήλες του πίνακα αξιολόγησης. Στη συνέχεια, για κάθε ζεύγος στοιχείων του συνόλου συμφωνίας τα αντίστοιχα βάρη αθροίζονται και παράγεται ο **καθολικός δείκτης συμφωνίας (global concordance index)**, C_{ik} ($0 \leq C_{ik} \leq 1$), σύμφωνα με την σχέση

$$C_{ik} = \frac{\sum_{j \in J_{ik}^+} \omega_j}{\sum_{j=1}^n \omega_j} \quad (6-3)$$

Παρόμοια ορίζεται ο **καθολικός δείκτης διαφωνίας (global discordance index)**, D_{ik} ($0 \leq D_{ik} \leq 1$), για κάθε ζεύγος εναλλακτικών λύσεων, σύμφωνα με την σχέση

$$D_{ik} = \frac{\max_{j \in J_{ik}^-} |\omega_j(r_{ij} - r_{kj})|}{\max_{j \in \{1, \dots, n\}} |\omega_j(r_{ij} - r_{kj})|} \quad (6-4)$$

Στο επόμενο βήμα καθορίζονται το καθολικό κατώφλι συμφωνίας c και το καθολικό κατώφλι διαφωνίας d , με βάση τα οποία γίνονται οι έλεγχοι καθολικής συμφωνίας και διαφωνίας. Όσο πιο ακραίες είναι οι τιμές των κατωφλίων τόσο πιο δύσκολα περνά τον έλεγχο μια εναλλακτική λύση. Τυπικές τιμές κατωφλίων είναι $c=0,7$ και $d=0,3$ [64]. Για να αποδειχθεί μια σχέση υπεροχής πρέπει και οι δύο καθολικοί δείκτες να μην παραβιάζουν τις αντίστοιχες τιμές κατωφλίων. Πρέπει δηλαδή να ισχύει

$$C_{ik} \geq c \text{ και } D_{ik} \leq d \quad (6-5)$$

Μετά τον έλεγχο των παραπάνω σχέσεων για όλα τα ζεύγη των εναλλακτικών λύσεων, προτιμώνται εκείνες που υπερτερούν περισσότερο των άλλων και υστερούν λιγότερο έναντι εκείνων.

6.3.2 ELECTRE IS

Αυτή η μέθοδος είναι παραπλήσια της ELECTRE I με βασική διαφορά τη χρήση **ψευδοκριτηρίων (pseudocriteria)** αντί για τα πραγματικά κριτήρια. Η έννοια του ψευδοκριτηρίου σχετίζεται άμεσα με την **ασαφή λογική (fuzzy logic)**, με βάση την οποία οι αξιολογήσεις γίνονται σε ένα επιτρεπτό εύρος τιμών που καλύπτει την πιθανότητα λάθους λόγω αβεβαιότητας. Αντίθετα η **σαφής λογική (sharp logic)** σχετίζεται με την έννοια του **πραγματικού κριτηρίου (real criterion)**, όπου μόνο μία συγκεκριμένη τιμή επιτρέπεται, χωρίς να δίνεται η δυνατότητα περιθωρίου λάθους.

Για το κριτήριο j , το αντίστοιχο ψευδοκριτήριο είναι μια συνάρτηση στην οποία η διάκριση μεταξύ δύο εναλλακτικών λύσεων ελέγχεται με τη χρήση δύο τιμών κατωφλίου. Το πρώτο κατώφλι ονομάζεται **κατώφλι αδιαφορίας (indifference threshold)** και συμβολίζεται q_j και το δεύτερο κατώφλι ονομάζεται **κατώφλι ισχυρής προτίμησης (strict preference threshold)** και συμβολίζεται p_j , ενώ ισχύει $p_j \geq q_j$. Ο προσδιορισμός των τιμών κατωφλίου πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή καθώς είναι καθοριστικός για την σωστή επίλυση του προβλήματος. Σε μερικές περιπτώσεις είναι υποκειμενικός, άλλες φορές βασίζεται στην μέση ή την ελάχιστη και την μέγιστη τιμή των αξιολογήσεων ως προς το κάθε κριτήριο ενώ έχει προταθεί και η χρήση διαφόρων αλγορίθμων για τον υπολογισμό των τιμών κατωφλίου προτίμησης, αδιαφορίας και απόρριψης [225, 261].

Πιο συγκεκριμένα ισχύει [201]

- η εναλλακτική λύση M_i είναι αδιάφορη ως προς την M_k ($M_i I M_k$), όταν η διαφορά των επιδόσεων των δύο λύσεων είναι μικρότερη από το κατώφλι αδιαφορίας, δηλαδή ισχύει

$$(M_i I M_k) \Leftrightarrow |g_j(M_i) - g_j(M_k)| \leq q_j(g_j(M_i)) \quad (6-6)$$

- η εναλλακτική λύση M_i προτιμάται ελαφρώς της M_k ($M_i Q M_k$), όταν η διαφορά των επιδόσεων των δύο λύσεων κυμαίνεται μεταξύ του κατώφλιου αδιαφορίας και του κατώφλιου ισχυρής προτίμησης, δηλαδή ισχύει

$$(M_i Q M_k) \Leftrightarrow q_j(g_j(M_i)) < g_j(M_i) - g_j(M_k) \leq p_j(g_j(M_i)) \quad (6-7)$$

- η εναλλακτική λύση M_i προτιμάται ισχυρώς της M_k ($M_i P M_k$), όταν η διαφορά των επιδόσεων των δύο λύσεων είναι μεγαλύτερη από το κατώφλι ισχυρής προτίμησης, δηλαδή ισχύει

$$(M_i P M_k) \Leftrightarrow p_j(g_j(M_i)) < g_j(M_i) - g_j(M_k) \quad (6-8)$$

- Επιπλέον των τιμών κατώφλιου αδιαφορίας και προτίμησης, ορίζεται η τιμή του **κατώφλιου απόρριψης (veto threshold)** v_j ως προς το κριτήριο j . Ισχύει $v_j \geq p_j \geq q_j$. Για το κατώφλι απόρριψης ισχύει ότι μια εναλλακτική λύση M_i **απορρίπτεται εάν συγκρινόμενη με την M_k** η διαφορά των επιδόσεων των δύο λύσεων είναι μεγαλύτερη από το κατώφλι απόρριψης (ακόμα και εάν η M_i υπερτερεί σημαντικά των άλλων λύσεων σε άλλα κριτήρια), δηλαδή ισχύει

$$\text{non}(M_i S M_k) \Leftrightarrow g_j(M_i) - g_j(M_k) \geq v_j(g_j(M_i)) \quad (6-9)$$

Το κατώφλι αδιαφορίας μπορεί εν δυνάμει να αναπαριστά το ελάχιστο όριο αβεβαιότητας αξιολόγησης μίας λύσης ως προς ένα κριτήριο, ενώ το κατώφλι ισχυρής προτίμησης μπορεί εν δυνάμει να αναπαριστά το μέγιστο επιτρεπτό όριο αβεβαιότητας. Κατά την σύγκριση δύο εναλλακτικών λύσεων M_i και M_k , με αναφορά σε ένα κριτήριο g_j , ο δείκτης συμφωνίας (concordance index) $c_j(M_i, M_k)$ μπορεί να πάρει τιμές μεταξύ 0 και 1 ανάλογα με τη διαφορά των επιδόσεων των εναλλακτικών λύσεων ως προς το κριτήριο (δηλαδή $g_j(M_k) - g_j(M_i)$). Υποθέτοντας ότι είναι επιθυμητή η μεγιστοποίηση της επίδοσης ως προς το κριτήριο g_j , ο δείκτης συμφωνίας $c_j(M_i, M_k)$ δίνεται από την σχέση

$$c_j(M_i, M_k) = \begin{cases} 0 & p_j < g_j(M_k) - g_j(M_i) \\ \frac{g_j(M_i) + p_j - g_j(M_k)}{p_j - q_j} & q_j < (M_k) - g_j(M_i) \leq p_j \\ 1 & g_j(M_k) - g_j(M_i) \leq q_j \end{cases} \quad (6-10)$$

Στο επόμενο στάδιο, οι επιμέρους δείκτες συμφωνίας αθροίζονται σε έναν καθολικό δείκτη συμφωνίας, όπως και στην μέθοδο ELECTRE I, με βάση τα βάρη των κριτηρίων και χρήση της σχέσης

$$C(M_i, M_k) = \frac{\sum_{j=1}^m \omega_j c_j(M_i, M_k)}{\sum_{j=1}^m \omega_j} \quad (6-11)$$

Οι δείκτες διαφωνίας παίρνουν δυαδικές τιμές (0 ή 1). Το βασικό πλεονέκτημα της μεθόδου είναι ότι δίνει τη δυνατότητα στο λήπτη αποφάσεων να ορίσει τις παραμέτρους της απόφασης σαν διαστήματα τιμών και όχι σαν σταθερές (πραγματικές) τιμές. Ένα ψευδοκριτήριο ταυτίζεται με ένα πραγματικό κριτήριο όταν $p_j=q_j$.

6.3.3 ELECTRE II

Η κύρια διαφορά ανάμεσα σε αυτήν την μέθοδο και την ELECTRE I έγκειται στην χρήση δύο σχέσεων υπεροχής αντί για μία. Η μία σχέση ελέγχει την ισχυρή υπεροχή και η δεύτερη την ασθενή υπεροχή. Οι τιμές των δεικτών συμφωνίας $C(a,b)$ και διαφωνίας $D(a,b)$ για κάθε ζεύγος εναλλακτικών λύσεων (a,b) δίνονται από τις σχέσεις [23, 338]

$$C(a,b) = \frac{\sum_{i \in Q(a,b)} w_i}{\sum_{i=1}^m w_i} \quad (6-12)$$

$$D(a,b) = \frac{\max_i [g_i(b) - g_i(a)]}{\delta} \quad (6-13)$$

όπου

- $Q(a,b)$ είναι το σύνολο των κριτηρίων για τα οποία το a είναι ίσο ή καλύτερο του b και w_i είναι το βάρος του κριτηρίου i
- $g_i(a)$ και $g_i(b)$ είναι οι αποδόσεις των εναλλακτικών λύσεων a και b σε σχέση με το κριτήριο C_i
- δ είναι η μέγιστη διαφορά σε οποιοδήποτε κριτήριο, δηλαδή $\delta = \max_i |g_i(b) - g_i(a)|$

Η μέθοδος αυτή απαιτεί πολλές τιμές κατωφλίου προκειμένου να ελεγχθούν οι δύο τύποι ισχυρής και ασθενούς υπεροχής [338]. Πιο συγκεκριμένα, απαιτείται ο ορισμός δύο ζευγών τιμών κατωφλίων, του (C^*, D^*) και (C^-, D^-) . Το (C^*, D^*) αποτελεί το ζεύγος τιμών των κατωφλίων συμφωνίας και διαφωνίας για την ισχυρή υπεροχή ενώ το (C^-, D^-) αποτελεί το ζεύγος τιμών των κατωφλίων συμφωνίας και διαφωνίας για την ασθενή υπεροχή. Ισχύει

$$C^* > C \text{ και } D^* < D^- \quad (6-14)$$

Οι σχέσεις υπεροχής ορίζονται σύμφωνα με τους ακόλουθους κανόνες:

$$\begin{aligned} & \text{Η εναλλακτική λύση } a \text{ υπερέχει ισχυρά της } b, \text{ όταν} \\ & C(a,b) \geq C^*, D(a,b) \leq D^* \text{ και } C(a,b) \geq C(b,a) \end{aligned} \quad (6-15)$$

$$\begin{aligned} & \text{Η εναλλακτική λύση } a \text{ υπερέχει ασθενώς της } b, \text{ όταν} \\ & C(a,b) \geq C^-, D(a,b) \leq D^- \text{ και } C(a,b) \geq C(b,a) \end{aligned} \quad (6-16)$$

Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του C^* και μικρότερη η τιμή του D^* , τόσο πιο δύσκολο είναι για μια εναλλακτική λύση να υπερέχει μιας άλλης [23, 338]. Η εφαρμογή της μεθόδου είναι αρκετά πολύπλοκη αλλά παρέχει ισχυρό υπόβαθρο για την τελική ταξινόμηση των εναλλακτικών λύσεων με βάση τις σχέσεις υπεροχής. Ενδεικτικές εφαρμογές της μεθόδου είναι στην αξιολόγηση της ποιότητας του αέρα σε ένα κλιματιζόμενο γραφείο [265] και η επιλογή του καταλληλότερου συστήματος διαχείρισης στερεών αποβλήτων [135].

6.3.4 ELECTRE III

Αν και αυτή η μέθοδος βασίζεται στις ίδιες αρχές με αυτές του ELECTRE II, έχει αρκετές ομοιότητες με την ELECTRE IS στη χρήση ψευδοκριτηρίων αντί για πραγματικά κριτήρια. Πιο συγκεκριμένα, για κάθε κριτήριο ορίζονται ένα κατώφλι αδιαφορίας και ένα κατώφλι ισχυρής προτίμησης, καθένα από τα οποία μπορεί να έχει σταθερή τιμή ή να είναι συνάρτηση της επίδοσης της εναλλακτικής λύσης ως προς το συγκεκριμένο κριτήριο. Με την χρήση αυτών των τιμών κατώφλιου επιτυγχάνεται ο ασαφής (fuzzy) προσδιορισμός των τιμών των σχέσεων υπεροχής μεταξύ του 0 και του 1. Η κύρια διαφορά του ELECTRE III από το ELECTRE IS είναι ότι στην πρώτη μέθοδο, τόσο ο δείκτης συμφωνίας όσο και ο δείκτης διαφωνίας παίρνουν τιμές μεταξύ του 0 και του 1, ενώ στο ELECTRE IS ο δείκτης διαφωνίας παίρνει δυαδικές τιμές 0 ή 1. Ο δείκτης διαφωνίας στο ELECTRE III ορίζεται ως εξής

$$d_j(M_i, M_k) = \begin{cases} 0 & g_j(M_k) - g_j(M_i) \leq p_j \\ \frac{g_j(M_k) - p_j - g_j(M_i)}{v_j - p_j} & p_j < g_j(M_k) - g_j(M_i) \leq v_j \\ 1 & v_j < g_j(M_k) - g_j(M_i) \end{cases} \quad (6-17)$$

όπου v_j είναι το κατώφλι απόρριψης (veto threshold) ως προς το κριτήριο j . Ισχύει $v_j \geq p_j \geq q_j$.

Ο καθολικός δείκτης συμφωνίας για κάθε ζεύγος εναλλακτικών λύσεων M_i και M_k ($i, k=1, \dots, m$) ως προς όλα τα κριτήρια με βάση τα οποία αξιολογούνται, υπολογίζεται με βάση τις σχέσεις (6-10) και (6-11), όπως δηλαδή και στην ELECTRE IS.

Επιπρόσθετα στο ELECTRE III εισάγεται η έννοια του *πίνακα αξιοπιστίας (credibility matrix)*. Δεν ορίζεται πλέον ένας καθολικός δείκτης διαφωνίας αλλά ένας βαθμός αξιοπιστίας υπεροχής (outranking credibility degree), ο οποίος προκύπτει από τον συνδυασμό των επιμέρους δεικτών διαφωνίας και του καθολικού δείκτη συμφωνίας, με βάση το σύνολο των κριτηρίων για τα οποία οι τιμές των δεικτών διαφωνίας είναι μεγαλύτερες από την τιμή του καθολικού δείκτη συμφωνίας. Ο πίνακας αξιοπιστίας καταγράφει στην ουσία την επιτυχία μιας εναλλακτικής λύσης στον έλεγχο συμφωνίας και διαφωνίας κατά την σύγκριση της κατά ζεύγη με τις υπόλοιπες εναλλακτικές λύσεις. Αν συμβολίσουμε με $S(M_i, M_k)$ τον βαθμό αξιοπιστίας κάθε ζεύγους εναλλακτικών λύσεων M_i και M_k ($i, k=1, 2, \dots, m$), τότε ισχύει [338]

$$S(M_i, M_k) = \begin{cases} C(M_i, M_k), & \text{εάν } d_j(M_i, M_k) \leq C(M_i, M_k) \quad \forall j \\ C(M_i, M_k) * \prod_{j \in J(M_i, M_k)} \frac{1 - d_j(M_i, M_k)}{1 - C(M_i, M_k)} \end{cases} \quad (6-18)$$

όπου $J(M_i, M_k)$ είναι το σύνολο των κριτηρίων
για τα οποία $d_j(M_i, M_k) > C(M_i, M_k)$

Η τελική ταξινόμηση γίνεται με βάση δύο επιμέρους ταξινομήσεις, *μία φθίνουσα και μία αύξουσα (descending and ascending distillation)* Z_1 και Z_2 , με βάση τον πίνακα αξιοπιστίας. Η τελική ταξινόμηση Z προκύπτει από την σχέση

$$Z = Z_1 \cap Z_2 \quad (6-19)$$

Ο βαθμός αξιοπιστίας μεταξύ δύο εναλλακτικών λύσεων συγκρίνεται με μια τιμή *κατωφλίου διάκρισης (discrimination threshold)* $s(\lambda)$, το οποίο δίνεται από τη σχέση [201]

$$s(\lambda) = \alpha + \beta * \lambda \quad \text{όπου συνήθως } \alpha = 0,30 \text{ και } \beta = -0,15 \quad (6-20)$$

όπου λ είναι η μεγαλύτερη τιμή μεταξύ όλων των βαθμών αξιοπιστίας. Το κατώφλι διάκρισης εξετάζει για ένα ζεύγος εναλλακτικών λύσεων, εάν ο βαθμός αξιοπιστίας είναι αρκετά μεγάλος ώστε να είναι αποδεκτός. Γίνεται έτσι ο διαχωρισμός των εναλλακτικών λύσεων με βάση τους βαθμούς αξιοπιστίας και την δημιουργία του πίνακα T ($m \times m$) που ορίζεται ως εξής [47]

$$T(M_i, M_k) = \begin{cases} 1, & \text{εάν } S(M_i, M_k) > \lambda - s(\lambda) \\ 0, & \text{σε κάθε άλλη περίπτωση} \end{cases} \quad (6-21)$$

Κατόπιν ορίζεται η συνάρτηση $Q(M_i)$ που απεικονίζει τον αριθμό των εναλλακτικών λύσεων των οποίων υπερέχει η M_i μείον τον αριθμό των εναλλακτικών λύσεων που υπερτερούν έναντι της M_i . Η $Q(M_i)$ προκύπτει από τη διαφορά του αθροίσματος των στοιχείων της i γραμμής του πίνακα T , μείον το άθροισμα των στοιχείων της στήλης i του πίνακα T . Το στοιχείο ή τα στοιχεία $Q(M_i)$ με τη μεγαλύτερη τιμή αποτελούν τα πρώτα στοιχεία της φθίνουσας ταξινόμησης. Αν τα στοιχεία με τη μεγαλύτερη τιμή είναι περισσότερα από ένα, η ίδια διαδικασία επαναλαμβάνεται για αυτά τα στοιχεία. Στη συνέχεια τα στοιχεία αυτά αφαιρούνται από το σύνολο των εναλλακτικών λύσεων και η διαδικασία επαναλαμβάνεται με τον νέο πίνακα αξιοπιστίας που προκύπτει για τις υπόλοιπες εναλλακτικές λύσεις. Υπολογίζεται το νέο λ και το $s(\lambda)$ και κατόπιν ο νέος πίνακας T . Η διαδικασία σταματά όταν ταξινομηθούν όλες οι λύσεις. Αυτή είναι η φθίνουσα ταξινόμηση Z_1 .

Η αύξουσα ταξινόμηση Z_2 εξάγεται με παρόμοιο τρόπο, με μόνη διαφορά ότι αρχικά επιλέγονται οι λύσεις με τη χαμηλότερη τιμή $Q(M_i)$ (αντί για την μεγαλύτερη τιμή που χρησιμοποιείται στην φθίνουσα). Η τελική ταξινόμηση Z προκύπτει από την τομή της φθίνουσας ταξινόμησης Z_1 και της αύξουσας ταξινόμησης Z_2 .

Το ισχυρό θεωρητικό υπόβαθρο και τα πλεονεκτήματα της ELECTRE III την έχουν καταστήσει μία από τις δημοφιλέστερες μεθόδους πολυκριτηριακής αξιολόγησης σε μεγάλη ποικιλία εφαρμογών [153], ενώ έχουν αναπτυχθεί και παραλλαγές που βασίζονται σε αυτή τη μέθοδο [304].

6.3.5 ELECTRE IV

Σε όλες τις προηγούμενες παραλλαγές της μεθόδου ELECTRE τα βάρη των κριτηρίων θεωρούνταν εκ των προτέρων γνωστά. Η ELECTRE IV είναι η μόνη έκδοχή της ELECTRE που δεν προϋποθέτει τη ακριβή γνώση των βαρών των κριτηρίων ενώ ο υπολογισμός τους μπορεί να γίνει με διάφορες μεθόδους [104, 134].

Η φιλοσοφία της μεθόδου είναι παρόμοια με της ELECTRE III. Με βάση την τιμή της διαφοράς $g_j(M_k) - g_j(M_i)$ και τις προκαθορισμένες τιμές κατωφλίων, η εναλλακτική λύση M_i μπορεί να προτιμάται πολύ, μέτρια ή ελάχιστα έναντι της εναλλακτικής λύσης M_k , ή το αντίστροφο, ή υπάρχει η πιθανότητα οι δύο λύσεις να είναι αδιάφορες. Η κύρια διαφορά με την ELECTRE III είναι ότι αντί για τις τιμές των βαρών που δεν θεωρούνται γνωστές στην έκδοση IV χρησιμοποιείται ο αριθμός των κριτηρίων που ομαδοποιούνται σε διαφορετικές περιοχές προτιμήσεων. Και στην έκδοση IV εξάγονται βαθμοί αξιοπιστίας που χρησιμοποιούνται για την αύξουσα και φθίνουσα κατάταξη των λύσεων, από τις οποίες προκύπτει και η τελική ταξινόμηση.

6.3.6 ELECTRE TRI

Σε μερικές περιπτώσεις ο αριθμός των εναλλακτικών λύσεων είναι μεγάλος. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να αυξάνεται σημαντικά ο αριθμός των συγκρίσεων των ζευγών τους, κάτι που απαιτεί ιδιαίτερη υπολογιστική προσπάθεια. Για την μείωση των υπολογισμών

έχει αναπτυχθεί η έκδοση ELECTRE TRI με την οποία επιμερίζονται οι εναλλακτικές λύσεις σε κατηγορίες [206].

Στην ELECTRE TRI θεωρούνται κάποιες εναλλακτικές λύσεις αναφοράς με τις οποίες συγκρίνονται όλες οι εναλλακτικές λύσεις [221]. Πιο συγκεκριμένα υπάρχουν προκαθορισμένες κατηγορίες οι οποίες βασίζονται σε συγκεκριμένα προφίλ (profiles). Οι κατηγορίες ορίζονται με ταξινομημένο τρόπο και μπορούν να αναπαρασταθούν σαν C^1, C^2, \dots, C^r ($r > 1$), όπου C^r είναι η καλύτερη και C^1 η χειρότερη κατηγορία. Η τιμή του πάνω ορίου του προφίλ κάθε κατηγορίας αντιστοιχεί στο κάτω όριο της τιμής του προφίλ της αμέσως ανώτερης κατηγορίας [193]. Για παράδειγμα η τιμή του πάνω ορίου του προφίλ της κατηγορίας C^2 αντιστοιχεί στην τιμή του κάτω ορίου της κατηγορίας C^3 .

Η ταξινόμηση μιας εναλλακτικής λύσης σε μια συγκεκριμένη κατηγορία γίνεται με βάση τη σύγκριση των αξιολογήσεων της σε όλα τα κριτήρια με τις τιμές του κάτω και πάνω ορίου του προφίλ της κάθε κατηγορίας, καθώς και των τιμών κατωφλίων που ορίζονται από τον λήπτη αποφάσεων για την αξιολόγηση των σχέσεων υπεροχής και την εκτίμηση των δεικτών συμφωνίας, διαφωνίας και αξιοπιστίας [80, 291]. Επίσης αρκετές προσαρμογές στις βασικές αυτές αρχές έχουν υιοθετηθεί από διάφορους ερευνητές [81, 219, 220].

6.4 Αξιολόγηση ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με το ELECTRE III για το σενάριο αναφοράς

Για την αξιολόγηση των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων επιλέχθηκε να εφαρμοσθεί η μέθοδος ELECTRE III. Αυτό έγινε γιατί η συγκεκριμένη μέθοδος έχει συγκεκριμένα πλεονεκτήματα καθώς επίσης χρησιμοποιείται εκτενώς από την ερευνητική κοινότητα [21, 32, 47, 109, 134, 224, 261, 284, 325]. Επιπρόσθετα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με συναρτήσεις ωφελείας [308]. Πιο συγκεκριμένα, η εφαρμογή της ELECTRE III έχει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- η μέθοδος δίνει τη δυνατότητα χρήσης ψευδοκριτηρίων, κάτι που την καθιστά πιο ευέλικτη σε πιθανές διακυμάνσεις των πραγματικών δεδομένων (αβεβαιότητα)
- γίνεται χρήση ασαφούς λογικής τόσο για τον δείκτη συμφωνίας όσο και για τον δείκτη διαφωνίας
- γίνεται συνδυασμός των δεικτών συμφωνίας και διαφωνίας και εξαγωγή των δεικτών αξιοπιστίας που καθιστούν πιο κατανοητή την επίλυση του προβλήματος
- η τελική ταξινόμηση προκύπτει από συνδυασμό δύο επιμέρους ταξινομήσεων, της αύξουσας και της φθίνουσας, με βάση τον πίνακα αξιοπιστίας
- θεωρούνται γνωστά τα βάρη των κριτηρίων (όπως αυτά υπολογίστηκαν με βάση την Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία, οπότε υπάρχει ένα κοινό μέτρο σύγκρισης των δύο μεθόδων)

Η μέθοδος ELECTRE III όπως και η PROMETHEE δεν χρησιμοποιεί ιεραρχική δομή κριτηρίων. Η αξιολόγηση των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων γίνεται ως προς τα είκοσι κριτήρια τελικού κόμβου για το σενάριο αναφοράς και τα επτά εναλλακτικά σενάρια της ανάλυσης ευαισθησίας. Ο κώδικας για την μέθοδο ELECTRE

παρουσιάζεται στο παράρτημα 4. Η βαρύτητα των κριτηρίων τελικού κόμβου απεικονίζεται στον Πίνακα 5-2.

Η εφαρμογή της μεθόδου ELECTRE III προϋποθέτει τον προσδιορισμό τριών τιμών κατωφλίου: του κατωφλίου αδιαφορίας, του κατωφλίου προτίμησης και του κατωφλίου απόρριψης. Στην παρούσα μελέτη αναλύονται δύο διαφορετικές τιμές κατωφλίου απόρριψης v_1 και v_2 για την εξαγωγή πιο αξιόπιστων συμπερασμάτων.

Οι τιμές του κατωφλίου αδιαφορίας και προτίμησης είναι οι ίδιες με εκείνες της μεθόδου PROMETHEE, προκειμένου να υπάρχει δυνατότητα σύγκρισης των δύο μεθόδων. Δηλαδή, η τιμή του κατωφλίου αδιαφορίας για κάθε κριτήριο ορίζεται στο 10% της μέσης τιμής των αξιολογήσεων των εναλλακτικών λύσεων ως προς το κριτήριο αυτό, ενώ η τιμή του κατωφλίου προτίμησης ορίζεται στο 40% της μέσης τιμής. Για το κατώφλι απόρριψης αναλύονται τρεις διαφορετικές περιπτώσεις. Στην πρώτη περίπτωση το κατώφλι απόρριψης απενεργοποιείται. Στην δεύτερη περίπτωση η τιμή του κατωφλίου απόρριψης v_1 κάθε κριτηρίου είναι ίση με τη μέση τιμή των αξιολογήσεων των εναλλακτικών λύσεων ως προς το κριτήριο αυτό. Στην τρίτη περίπτωση η τιμή του κατωφλίου απόρριψης v_2 κάθε κριτηρίου είναι ίση με το διπλάσιο της μέσης τιμής των αξιολογήσεων των εναλλακτικών λύσεων ως προς το κριτήριο αυτό.

Ο προσδιορισμός των τιμών των κατωφλίων μπορεί να γίνει με πολλούς διαφορετικούς τρόπους και ανάλογη επίδραση στην αξιολόγηση των μονάδων. Όπως αναλύθηκε και στη μέθοδο PROMETHEE, οι δυνατότητες διαφοροποίησης των τιμών των κατωφλίων αλλά και των βαρών των κριτηρίων τελικού κόμβου οδηγεί σε εκθετική αύξηση των δυνατών περιπτώσεων που δεν είναι δυνατό πρακτικά να εξεταστούν. Η ανάλυση τριών αντιπροσωπευτικών περιπτώσεων για το κατώφλι απόρριψης σε συνδυασμό με την ανάλυση ευαισθησίας της βαρύτητας των κριτηρίων, δίνει στο λήπτη αποφάσεων την δυνατότητα να αξιολογήσει τον τρόπο επίδρασης των επιμέρους συνιστωσών του προβλήματος στην τελική κατάταξη των μονάδων. Οι τιμές των παραμέτρων για την εφαρμογή της μεθόδου ELECTRE III παρουσιάζονται στον Πίνακα 6-1.

Σε κάθε σενάριο, τις αξιολογήσεις των μονάδων για τις τρεις διαφορετικές περιπτώσεις της τιμής του κατωφλίου απόρριψης ακολουθεί η εξαγωγή της μέσης κατάταξης των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων που προκύπτει από τις επιμέρους αυτές περιπτώσεις. Συνολικά αναλύονται 24 διαφορετικές περιπτώσεις (3 περιπτώσεις κατωφλίου απόρριψης για καθένα από τα 8 σενάρια) και εξάγονται 8 μέσοι όροι (ένας για κάθε σενάριο) κατά την εφαρμογή της μεθόδου ELECTRE III στο σενάριο αναφοράς και τα επτά εναλλακτικά σενάρια της ανάλυσης ευαισθησίας.

Σε κάθε αξιολόγηση που ακολουθεί στις επόμενες ενότητες δίνεται ο πίνακας αξιοπιστίας, καθώς και η φθίνουσα και η αύξουσα ταξινόμηση (descending and ascending distillation) που προκύπτουν από την επεξεργασία του πίνακα αυτού. Η σύνθεση των δύο αυτών ταξινομήσεων δίνει την τελική κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων για κάθε περίπτωση. Επίσης παρουσιάζεται η κανονικοποιημένη κατάταξη των μονάδων προκειμένου να υπάρχει δυνατότητα σύγκρισης των αποτελεσμάτων με τις άλλες δύο μεθόδους, την Αναλυτική Ιεραρχική

Διαδικασία και την PROMETHEE. Η κανονικοποιημένη κατάταξη προκύπτει από την τελική κατάταξη και διαφοροποιείται στις περιπτώσεις εκείνες που περισσότερες από μία μονάδες κατατάσσονται στην ίδια θέση. Αν για παράδειγμα στην τελική κατάταξη τρεις μονάδες είναι στην πρώτη θέση, πέντε μονάδες στην δεύτερη και δύο μονάδες στην τρίτη, τότε στην κανονικοποιημένη κατάταξη οι πέντε μονάδες θα είναι στην τέταρτη θέση πίσω από τις τρεις πρώτες μονάδες και οι δύο τελευταίες θα είναι στην ένατη θέση πίσω από τις υπόλοιπες οκτώ μονάδες.

6.4.1 Κατάταξη χωρίς χρήση κατωφλίου απόρριψης

Ο πίνακας αξιοπιστίας, η φθίνουσα, η αύξουσα και η τελική κατάταξη που προκύπτουν από την εφαρμογή της μεθόδου ELECTRE III για τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου αναφοράς (Πίνακας 5-2), χωρίς τη χρήση κατωφλίου απόρριψης, παρουσιάζονται στον Πίνακα 6-2.

Η μη χρήση τιμής κατωφλίου αντιστοιχεί πρακτικά σε άπειρη τιμή κατωφλίου απόρριψης. Ο πίνακας αξιοπιστίας που προκύπτει σε αυτή την περίπτωση παρουσιάζει τις σχέσεις υπεροχής των μονάδων, όταν αυτές συγκρίνονται κατά ζεύγη. Οι αιολικές μονάδες είναι στην πρώτη θέση στην φθίνουσα, την αύξουσα και την τελική κατάταξη. Στην δεύτερη θέση κατατάσσονται οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο και οι γεωθερμικές μονάδες αν και οι επιμέρους αύξουσες και φθίνουσες κατατάξεις τους διαφοροποιούνται. Τέταρτες στην κανονικοποιημένη τελική κατάταξη είναι οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο, οι πυρηνικές μονάδες και οι φωτοβολταϊκές μονάδες. Οι δύο πρώτες έχουν ταυτόσημες φθίνουσες και αύξουσες ταξινομήσεις ενώ οι φωτοβολταϊκές μονάδες είναι τέταρτες και πρώτες στις δύο ταξινομήσεις αντίστοιχα. Στην έβδομη θέση βρίσκονται οι μονάδες βιομάζας, στην όγδοη οι υδροηλεκτρικές μονάδες και στις δύο τελευταίες οι μονάδες πετρελαίου και οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη αντίστοιχα.

6.4.2 Κατάταξη με τιμή κατωφλίου απόρριψης ίση με τη μέση τιμή των αξιολογήσεων για κάθε κριτήριο

Ο πίνακας αξιοπιστίας, η φθίνουσα, η αύξουσα και η τελική κατάταξη που προκύπτουν από την εφαρμογή της μεθόδου ELECTRE III για τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου αναφοράς (Πίνακας 5-2) και τιμή κατωφλίου απόρριψης v_1 ίση με τη μέση τιμή των αξιολογήσεων των μονάδων για κάθε κριτήριο, παρουσιάζονται στον Πίνακα 6-3.

Η χρήση τιμής κατωφλίου απόρριψης οδηγεί σε σημαντικές διαφοροποιήσεις τόσο στον πίνακα αξιοπιστίας όσο και στις κατατάξεις των μονάδων. Οι σχέσεις υπεροχής είναι πλέον ελάχιστες, με συνέπεια την κατάταξη πολλών μονάδων στην ίδια θέση τόσο στην φθίνουσα όσο και στην αύξουσα ταξινόμηση. Στην πρώτη θέση της κανονικοποιημένης τελικής κατάταξης είναι οι αιολικές μονάδες και στην δεύτερη οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο μαζί με τις πυρηνικές μονάδες. Τέταρτες κατατάσσονται οι υδροηλεκτρικές, οι φωτοβολταϊκές, οι γεωθερμικές και οι μονάδες βιομάζας. Στην όγδοη θέση είναι οι μονάδες πετρελαίου και στην ένατη βρίσκονται οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη μαζί με τις μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο.

6.4.3 Κατάταξη με τιμή κατωφλίου απόρριψης ίση με το διπλάσιο της μέσης τιμής των αξιολογήσεων για κάθε κριτήριο

Ο πίνακας αξιοπιστίας, η φθίνουσα, η αύξουσα και η τελική κατάταξη που προκύπτουν από την εφαρμογή της μεθόδου ELECTRE III για τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου αναφοράς (Πίνακας 5-2) και τιμή κατωφλίου απόρριψης v_2 ίση με το διπλάσιο της μέσης τιμής των αξιολογήσεων των μονάδων για κάθε κριτήριο, παρουσιάζονται στον Πίνακα 6-4.

Η αύξηση της τιμής του κατωφλίου απόρριψης στο διπλάσιο της μέσης τιμής των αξιολογήσεων των μονάδων για κάθε κριτήριο έχει σαν συνέπεια την αύξηση του αριθμού των σχέσεων υπεροχής, οι οποίες ωστόσο παραμένουν σημαντικά λιγότερες από εκείνες που παρουσιάζονται στην πρώτη περίπτωση, στην οποία δεν υπήρχε κατώφλι απόρριψης. Πρώτες στην κανονικοποιημένη τελική κατάταξη στην περίπτωση αυτή είναι οι αιολικές και οι γεωθερμικές μονάδες. Στην τρίτη θέση βρίσκονται οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο μαζί με τις φωτοβολταϊκές μονάδες και στην πέμπτη θέση οι πυρηνικές μονάδες μαζί με τις μονάδες βιομάζας. Έβδομες είναι οι υδροηλεκτρικές μονάδες, όγδοες οι μονάδες πετρελαίου και στην ένατη θέση κατατάσσονται τόσο οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη όσο και οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο.

Πίνακας 6-1
Αξιολογήσεις εναλλακτικών λύσεων και τιμές παραμέτρων για την μέθοδο ELECTRE III

Τύπος Μονάδας	Διμυριγία θέσεων Εργασίας (Νέοι εργαζόμενοι ανά 500 MW)	Κανονική Αποδοχή (%)	Θανατηφόρα σπυρίσματα (αριθμός θανάτων/ΓWέτος)	MMPOE (mg/kWh)	CO ₂ -eq (mg/kWh)	NO _x (mg/kWh)	SO ₂ (mg/kWh)	Αιωρούμενα Σωματίδια (mg/kWh)	Εκπομπές ραδιενέργειας (person-rem/έτος)	Απατούμενη έκταση (km2/1000MW)	Ισορροπία Οικουσιμότητας (%)	Αποθέματα προς παραγωγή (έτη)	Συντελεστής απόδοσης (%)	Συντελεστής διαθεσιμότητας (%)	Συντελεστής φορτίου (%)	Κόστος κεφαλαίου (€/KW)	Σταθερό κόστος λειτουργίας και συντήρησης (€/KWέτος)	Μεταβλητό κόστος λειτουργίας και συντήρησης (€cents/KWh)	Κόστος καυσίμου (€cents/KWh)	Εξωτερικό κόστος (€cents/KWh)
Ανθρακα/ Λιγνίτη	2500	3,86	342	24	986000	2986	16511	347	490	2,5	3,19	164	39,4	85,4	70,8	975	19	0,183	1,31	8,40
Πετρελαίου	2500	2,93	385	18	1131178	5253	81590	128	0	2,5	4,96	40,5	37,5	92	26,2	483	6,25	0,233	1,84	6,75
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	2460	4,32	85	118	560000	1477	152	34	0	2,5	9,39	66,7	39	91	16,6	612	10,83	0,27	2,34	2,00
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	2460	5,81	85	118	450000	756	152	6	0	2,5	15,40	66,7	54,8	91	38,2	587	10	0,233	2,34	1,33
Πυρηνική	2500	1,78	8	0	21435	51	27	2	4,8	2,5	2,77	70	33,5	96	90,5	1590	30	0,033	0,27	0,49
Υδροηλεκτρική	2500	10,75	883	0	22696	23	33	5	0	750	6,00	10000	80	50	29,6	2417	72,5	0,486	0	0,56
Αιολική	5635	20,55	103	0	17652	32	54	20	0	100	7,73	10000	35	38	32,1	1250	25	0,417	0	0,16
Φωτοβολταϊκή	5370	23,53	3	70	49174	178	257	101	0	35	26,86	10000	9,4	20	22,4	4167	16,67	1,667	0	0,24
Βιομάζας	36055	8,52	0	80	58000	1325	76	269	0	5000	15,30	10000	28	80	70	1667	60,83	0,708	2,05	2,65
Γεωθερμική	27050	17,95	0	0	18913	280	20	0	0	18	8,40	10000	6	95	82,5	2158	83,33	0,025	0	0,20
Ελαχιστοποίηση /Μεγιστοποίηση	max	max	min	min	min	min	min	min	min	min	max	max	max	max	max	min	min	min	min	min
Μέση τιμή	8903,00	10,00	189,40	42,80	331504,80	1236,10	9887,20	91,20	49,48	591,55	10,00	5040,79	36,26	73,84	47,89	1590,60	33,44	0,43	1,02	2,28
Κατώφλι αδιαφορίας (q)	890,30	1,00	18,94	4,28	33150,48	123,61	988,72	9,12	4,95	59,16	1,00	504,08	3,63	7,38	4,79	159,06	3,34	0,04	0,10	0,23
Κατώφλι προτίμησης (p)	3561,20	4,00	75,76	17,12	132601,92	494,44	3954,88	36,48	19,79	236,62	4,00	2016,32	14,50	29,54	19,16	636,24	13,38	0,17	0,41	0,91
Κατώφλι απόρριψης (v₁)	8903,00	10,00	189,40	42,80	331504,80	1236,10	9887,20	91,20	49,48	591,55	10,00	5040,79	36,26	73,84	47,89	1590,60	33,44	0,43	1,02	2,28
Κατώφλι απόρριψης (v₂)	17806,00	20,00	378,80	85,60	663009,60	2472,20	19774,40	182,40	98,96	1183,10	20,00	10081,58	72,52	147,68	95,78	3181,20	66,88	0,85	2,03	4,56

Πίνακας 6-2

Πίνακας αξιοπιστίας, φθίνουσα, αύξουσα και τελική κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο ELECTRE III για το σενάριο αναφοράς χωρίς χρήση τιμής κατωφλίου απόρριψης

Τύπος Μονάδας	Άνθρακα/ Λιγνίτη	Πετρελαίου	Αεριοστρόβιλου με καύσιμο φ.α.	Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	Πυρηνική	Υδροηλεκτρική	Αιολική	Φωτοβολταϊκή	Βιομάζας	Γεωθερμική	Φθίνουσα κατάταξη	Αύξουσα κατάταξη	Τελική κατάταξη	Κανονικοποιημένη τελική κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	1	0,6533	0,5185	0,4320	0,5924	0,3361	0,2606	0,2748	0,2995	0,2270	7	7	7	10
Πετρελαίου	0,8714	1	0,6516	0,5436	0,6907	0,4921	0,3964	0,3882	0,4306	0,3346	6	6	6	9
Αεριοστρόβιλου με καύσιμο φ.α.	0,9299	0,9463	1	0,6879	0,7163	0,5149	0,5426	0,4293	0,5158	0,4409	3	4	3	4
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,9338	0,9525	1	1	0,7703	0,5818	0,5655	0,4305	0,6671	0,4912	1	3	2	2
Πυρηνική	0,8360	0,8296	0,7112	0,6211	1	0,6368	0,5539	0,6112	0,6244	0,5959	3	4	3	4
Υδροηλεκτρική	0,7583	0,7760	0,6930	0,6671	0,7583	1	0,6303	0,6884	0,6268	0,6318	5	5	5	8
Αιολική	0,8924	0,8209	0,7989	0,6590	0,8718	0,9335	1	0,7877	0,7484	0,8157	1	1	1	1
Φωτοβολταϊκή	0,7537	0,7690	0,7253	0,7114	0,6992	0,7126	0,7311	1	0,7096	0,6927	4	1	3	4
Βιομάζας	0,7720	0,7422	0,7084	0,6428	0,7250	0,6802	0,5810	0,5757	1	0,6398	5	2	4	7
Γεωθερμική	0,8314	0,8314	0,8314	0,7272	0,8391	0,9444	0,7686	0,7863	0,7103	1	2	1	2	2

Πίνακας 6-3

Πίνακας αξιοπιστίας, φθίνουσα, αύξουσα και τελική κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο ELECTRE III για το σενάριο αναφοράς με τιμή κατωφλίου απόρριψης v_1 ίση με τη μέση τιμή των αξιολογήσεων των μονάδων για κάθε κριτήριο

Τύπος Μονάδας	Άνθρακα/ Λιγνίτη	Πετρελαίου	Αεριοστρόβιλου με καύσιμο φ.α.	Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	Πυρηνική	Υδροηλεκτρική	Αιολική	Φωτοβολταϊκή	Βιομάζας	Γεωθερμική	Φθίνουσα κατάταξη	Αύξουσα κατάταξη	Τελική κατάταξη	Κανονικοποιημένη Τελική κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	5	9
Πετρελαίου	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3	4	8
Αεριοστρόβιλου με καύσιμο φ.α.	0	0	1	0,6879	0	0	0	0	0	0	4	4	5	9
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2
Πυρηνική	0,8360	0,8296	0,7112	0	1	0	0	0	0	0	3	1	2	2
Υδροηλεκτρική	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4	1	3	4
Αιολική	0,8924	0,8209	0,7989	0,6590	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1
Φωτοβολταϊκή	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4	1	3	4
Βιομάζας	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4	1	3	4
Γεωθερμική	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	1	3	4

Πίνακας 6-4

Πίνακας αξιοπιστίας, φθίνουσα, αύξουσα και τελική κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο ELECTRE III για το σενάριο αναφοράς με τιμή κατωφλίου απόρριψης v_2 ίση με το διπλάσιο της μέσης τιμής των αξιολογήσεων των μονάδων για κάθε κριτήριο

Τύπος Μονάδας	Άνθρακα/ Λιγνίτη	Πετρελαίου	Αεριοστρόβιλου με καύσιμο φ.α.	Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	Πυρηνική	Υδροηλεκτρική	Αιολική	Φωτοβολταϊκή	Βιομάζας	Γεωθερμική	Φθίνουσα κατάταξη	Αύξουσα κατάταξη	Τελική κατάταξη	Κανονικοποιημένη Τελική κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	7	6	9
Πετρελαίου	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5	6	5	8
Αεριοστρόβιλου με καύσιμο φ.α.	0	0	1	0,6879	0	0	0	0	0	0	5	7	6	9
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	3	2	3
Πυρηνική	0,8360	0,8296	0,7112	0,6211	1	0,0329	0,0040	0	0	0	4	5	3	5
Υδροηλεκτρική	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	5	4	4	7
Αιολική	0,8924	0,8209	0,7989	0,6590	0,8718	0,9335	1	0,2018	0	0	1	2	1	1
Φωτοβολταϊκή	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5	1	2	3
Βιομάζας	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	5	3	3	5
Γεωθερμική	0,2350	0	0	0	0,8391	0	0,5307	0,0068	0,7103	1	3	1	1	1

6.4.4 Μέση κατάταξη για το σενάριο αναφοράς

Η μέση κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων για το σενάριο αναφοράς με χρήση της μεθόδου ELECTRE III, με βάση τον μέσο όρο των κατατάξεων για τις τρεις περιπτώσεις του κατωφλίου απόρριψης, παρουσιάζεται στον Πίνακα 6-5.

Πίνακας 6-5

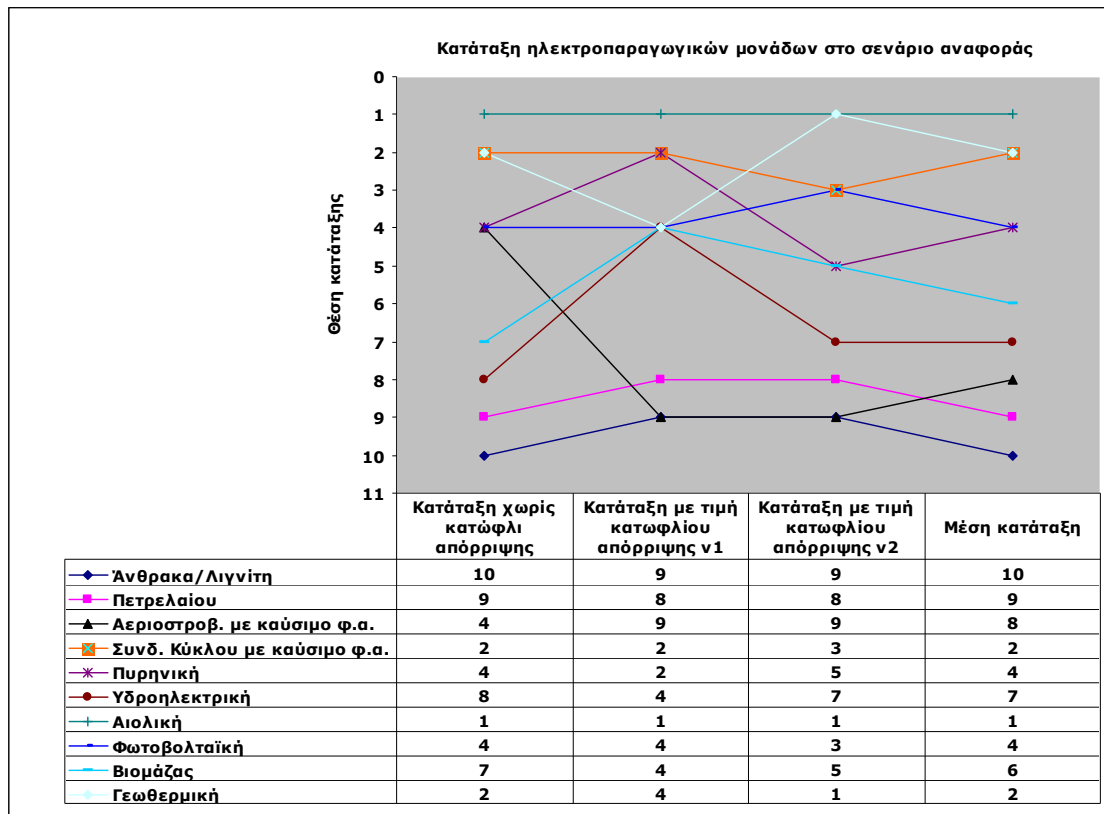
Μέση κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων για το σενάριο αναφοράς με χρήση της μεθόδου ELECTRE III, με βάση τον μέσο όρο των κατατάξεων για τις τρεις περιπτώσεις του κατωφλίου απόρριψης

Τύπος Μονάδας	Κατάταξη χωρίς κατώφλι απόρριψης	Κατάταξη με τιμή κατωφλίου απόρριψης V_1	Κατάταξη με τιμή κατωφλίου απόρριψης V_2	Μέσος όρος κατατάξεων	Μέση κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	10	9	9	9,33	10
Πετρελαίου	9	8	8	8,33	9
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	4	9	9	7,33	8
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	2	2	3	2,33	2
Πυρηνική	4	2	5	3,67	4
Υδροηλεκτρική	8	4	7	6,33	7
Αιολική	1	1	1	1,00	1
Φωτοβολταϊκή	4	4	3	3,67	4
Βιομάζας	7	4	5	5,33	6
Γεωθερμική	2	4	1	2,33	2

Στην πρώτη θέση του σεναρίου αναφοράς με βάση τον μέσο όρο των επιμέρους κατατάξεων βρίσκονται οι αιολικές μονάδες, οι οποίες είναι πρώτες και στις τρεις περιπτώσεις του κατωφλίου απόρριψης που εξετάστηκαν. Την δεύτερη θέση με βάση τον μέσο όρο μοιράζονται οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο και οι γεωθερμικές μονάδες, αν και οι επιμέρους κατατάξεις τους διαφέρουν. Τέταρτες είναι οι πυρηνικές μαζί με τις φωτοβολταϊκές μονάδες και ακολουθούν στην έκτη θέση οι μονάδες βιομάζας. Στις τέσσερις τελευταίες θέσεις με διακριτούς μέσους όρους κατατάξεων βρίσκονται οι υδροηλεκτρικές μονάδες, οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο, οι μονάδες πετρελαίου και οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη αντίστοιχα.

6.4.5 Σύγκριση των κατατάξεων των μονάδων στο σενάριο αναφοράς με βάση τις τρεις περιπτώσεις του κατωφλίου απόρριψης

Η συγκριτική παρουσίαση των κατατάξεων των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων στο σενάριο αναφοράς με βάση τις τρεις περιπτώσεις του κατωφλίου απόρριψης απεικονίζεται γραφικά στο Σχήμα 6-1.

**Σχήμα 6-1**

Συγκριτική παρουσίαση των κατατάξεων των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων στο σενάριο αναφοράς με βάση τις τρεις περιπτώσεις του κατώφλιου απόρριψης

Η εφαρμογή τιμών κατώφλιου απόρριψης και μάλιστα όσο μικρότερες είναι αυτές, προκαλούν ελαχιστοποίηση των σχέσεων υπεροχής, το οποίο έχει σαν απόρροια την κατάταξη πολλών μονάδων στην ίδια θέση. Κατά συνέπεια αρκετοί τύποι μονάδων εμφανίζουν καλύτερη κατάταξη κατά την εφαρμογή των δύο τιμών κατώφλιου σε σχέση με τη μη χρήση κατώφλιου απόρριψης, όπως για παράδειγμα οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη που ανεβαίνουν από την δέκατη στην ένατη θέση, οι μονάδες πετρελαίου από την ένατη στην όγδοη, οι υδροηλεκτρικές μονάδες από την όγδοη στην τέταρτη και την έβδομη θέση αντίστοιχα και οι μονάδες βιομάζας από την έβδομη στην τέταρτη και την πέμπτη θέση. Σταθερότητα παρουσιάζουν οι αιολικές μονάδες που είναι πάντα πρώτες, οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο που κατατάσσονται δύο φορές δεύτερες και μία φορά τρίτες και οι φωτοβολταϊκές μονάδες που είναι δύο φορές τέταρτες και μία φορά τρίτες. Μεγάλη πτώση από τη τέταρτη θέση όταν δεν εφαρμόζεται κατώφλι απόρριψης στην ένατη θέση της κατάταξης για τις δύο τιμές κατώφλιου απόρριψης παρουσιάζουν οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο. Μεικτή εικόνα κατά την εφαρμογή ή μη τιμών κατώφλιου απόρριψης παρουσιάζουν οι πυρηνικές και οι γεωθερμικές μονάδες.

6.5 Ανάλυση ευαισθησίας

Η ανάλυση ευαισθησίας, δίνει τη δυνατότητα στο λήπτη αποφάσεων να εξετάσει την ιεράρχηση των μονάδων όταν οι προτεραιότητες των κριτηρίων αξιολόγησης μεταβάλλονται, μέσω των επτά εναλλακτικών σεναρίων τα οποία αντιστοιχούν σε ισάριθμα σύνολα βαρών κριτηρίων, όπως ακριβώς συνέβη και στα δύο προηγούμενα κεφάλαια με την Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία και την μέθοδο PROMETHEE.

6.5.1 Σενάριο 1

Το σενάριο 1 θεωρεί ίση βαρύτητα για τα τρία βασικά κριτήρια, δηλαδή το βιοτικό επίπεδο, οι τεχνολογικοί παράγοντες και οι οικονομικοί παράγοντες έχουν από 33,33% το καθένα (Πίνακας 4-25). Η κατανομή των βαρών των βασικών κριτηρίων στα κριτήρια τελικού κόμβου παρουσιάζεται στον Πίνακα 5-2. Η κατάταξη των μονάδων στο σενάριο 1 με βάση την μέθοδο ELECTRE III για τις τρεις περιπτώσεις του κατωφλίου απόρριψης, η μέση κατάταξη και η συγκριτική αξιολόγηση μεταξύ τους παρουσιάζονται στις ενότητες 6.5.1.1 έως 6.5.1.5.

6.5.1.1 Κατάταξη χωρίς χρήση κατωφλίου απόρριψης

Ο πίνακας αξιοπιστίας, η φθίνουσα, η αύξουσα και η τελική κατάταξη που προκύπτουν από την εφαρμογή της μεθόδου ELECTRE III για τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου 1 (Πίνακας 5-2), χωρίς τη χρήση κατωφλίου απόρριψης, παρουσιάζονται στον Πίνακα 6-6.

Στο σενάριο 1 χωρίς τη χρήση κατωφλίου απόρριψης, πρώτες σε όλες τις επιμέρους και την κανονικοποιημένη τελική κατάταξη είναι οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο και ακολουθούν στην δεύτερη θέση οι πυρηνικές μαζί με τις γεωθερμικές μονάδες με διαφοροποιημένες φθίνουσες και αύξουσες ταξινομήσεις. Τέταρτες στην κανονικοποιημένη τελική κατάταξη είναι οι αιολικές μονάδες και πέμπτες οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο μαζί με τις υδροηλεκτρικές μονάδες. Στην έβδομη θέση βρίσκονται οι μονάδες βιομάζας, ενώ την όγδοη θέση μοιράζονται οι φωτοβολταϊκές μονάδες και οι μονάδες πετρελαίου. Τελευταίες στο σενάριο 1, με ισοβαρή βασικά κριτήρια είναι οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη.

6.5.1.2 Κατάταξη με τιμή κατωφλίου απόρριψης ίση με τη μέση τιμή των αξιολογήσεων για κάθε κριτήριο

Ο πίνακας αξιοπιστίας, η φθίνουσα, η αύξουσα και η τελική κατάταξη που προκύπτουν από την εφαρμογή της μεθόδου ELECTRE III για τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου 1 (Πίνακας 5-2) και τιμή κατωφλίου απόρριψης v_1 ίση με τη μέση τιμή των αξιολογήσεων των μονάδων για κάθε κριτήριο, παρουσιάζονται στον Πίνακα 6-7.

Όπως στο σενάριο αναφοράς, έτσι και στο σενάριο 1 η χρήση τιμής κατωφλίου απόρριψης ίσης με τη μέση τιμή των αξιολογήσεων των μονάδων για κάθε κριτήριο, οδηγεί σε ελάχιστες σχέσεις υπεροχής και κατά συνέπεια δυσχέρεια στην διαφοροποίηση

της ιεράρχησης των μονάδων. Πολλές μονάδες είναι στην ίδια βαθμίδα, τόσο στην φθίνουσα και την αύξουσα, όσο και στην κανονικοποιημένη τελική κατάταξη. Πρώτες στην κανονικοποιημένη τελική κατάταξη είναι οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο, οι πυρηνικές μονάδες και οι αιολικές μονάδες. Στην τέταρτη θέση είναι οι υδροηλεκτρικές μονάδες, οι φωτοβολταϊκές μονάδες, οι μονάδες βιομάζας και οι γεωθερμικές μονάδες. Όγδοες κατατάσσονται οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη και οι μονάδες πετρελαίου, ενώ στην τελευταία θέση βρίσκονται οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο.

6.5.1.3 Κατάταξη με τιμή κατωφλίου απόρριψης ίση με το διπλάσιο της μέσης τιμής των αξιολογήσεων για κάθε κριτήριο

Ο πίνακας αξιοπιστίας, η φθίνουσα, η αύξουσα και η τελική κατάταξη που προκύπτουν από την εφαρμογή της μεθόδου ELECTRE III για τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου 1 (Πίνακας 5-2) και τιμή κατωφλίου απόρριψης v_2 ίση με το διπλάσιο της μέσης τιμής των αξιολογήσεων των μονάδων για κάθε κριτήριο, παρουσιάζονται στον Πίνακα 6-8.

Ο διπλασιασμός της τιμής κατωφλίου σε σχέση με την προηγούμενη περίπτωση οδηγεί σε αύξηση των σχέσεων υπεροχής και κατά συνέπεια της μεγαλύτερης διαφοροποίησης της ιεράρχησης, με λιγότερες μονάδες να βρίσκονται στην ίδια βαθμίδα. Ωστόσο η διαφοροποίηση αυτή δεν είναι στον ίδιο βαθμό με την πρώτη περίπτωση στην οποία δεν εφαρμόζεται κατώφλι απόρριψης. Πρώτες στην κανονικοποιημένη τελική κατάταξη είναι τρεις τύποι μονάδων: οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο, οι αιολικές μονάδες και οι γεωθερμικές μονάδες. Στην τέταρτη θέση βρίσκονται οι πυρηνικές μαζί με τις φωτοβολταϊκές μονάδες και στην έκτη οι υδροηλεκτρικές μονάδες μαζί με τις μονάδες βιομάζας. Όγδοες κατατάσσονται οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη και οι μονάδες πετρελαίου, ενώ στην τελευταία θέση βρίσκονται οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο.

Πίνακας 6-6

Πίνακας αξιολογιστικής, φθίνουσα, αύξουσα και τελική κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο ELECTRE III για το σενάριο 1 χωρίς χρήση τιμής κατωφλίου απόρριψης

Τύπος Μονάδας	Άνθρακα/ Λιγνίτη	Πετρελαίου	Αεριοστρόβιλου με καύσιμο φ.α.	Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	Πυρηνική	Υδροηλεκτρική	Αιολική	Φωτοβολταϊκή	Βιομάζας	Γεωθερμική	Φθίνουσα κατάταξη	Αύξουσα κατάταξη	Τελική κατάταξη	Κανονικοποιημένη τελική κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	1	0,6880	0,6434	0,4696	0,6212	0,4351	0,5191	0,5266	0,5689	0,4586	5	7	7	10
Πετρελαίου	0,8552	1	0,7532	0,5495	0,6866	0,5167	0,5865	0,5858	0,5903	0,5002	5	6	6	8
Αεριοστρόβιλου με καύσιμο φ.α.	0,8828	0,9262	1	0,6241	0,7000	0,5016	0,6314	0,6040	0,6813	0,5558	3	5	4	5
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,8878	0,9454	1	1	0,7348	0,5768	0,6785	0,6080	0,7605	0,5821	1	1	1	1
Πυρηνική	0,7991	0,8127	0,7336	0,5842	1	0,6700	0,7057	0,7757	0,8032	0,7665	2	3	2	2
Υδροηλεκτρική	0,6141	0,6705	0,6271	0,6010	0,6141	1	0,6941	0,8256	0,5562	0,6102	4	3	4	5
Αιολική	0,7464	0,6940	0,6801	0,4815	0,7673	0,8190	1	0,8874	0,7132	0,7379	3	2	3	4
Φωτοβολταϊκή	0,4908	0,5441	0,5224	0,4788	0,4623	0,5085	0,5662	1	0,4677	0,5824	5	6	6	8
Βιομάζας	0,6586	0,6610	0,6018	0,5030	0,6386	0,6046	0,5859	0,6812	1	0,6445	5	4	5	7
Γεωθερμική	0,6943	0,6943	0,6943	0,6398	0,7008	0,8452	0,6614	0,8853	0,6587	1	3	1	2	2

Πίνακας 6-7

Πίνακας αξιοπιστίας, φθίνουσα, αύξουσα και τελική κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο ELECTRE III για το σενάριο 1 με τιμή κατωφλίου απόρριψης v_1 ίση με τη μέση τιμή των αξιολογήσεων των μονάδων για κάθε κριτήριο

Τύπος Μονάδας	Άνθρακα/ Λιγνίτη	Πετρελαίου	Αεριοστρόβιλου με καύσιμο φ.α.	Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	Πυρηνική	Υδροηλεκτρική	Αιολική	Φωτοβολταϊκή	Βιομάζας	Γεωθερμική	Φθίνουσα κατάταξη	Αύξουσα κατάταξη	Τελική κατάταξη	Κανονικοποιημένη Τελική κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	3	8
Πετρελαίου	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	3	8
Αεριοστρόβιλου με καύσιμο φ.α.	0	0	1	0,6241	0	0	0	0	0	0	3	4	4	10
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	2	1	1
Πυρηνική	0,7991	0,8127	0,7336	0	1	0	0	0	0	0	2	1	1	1
Υδροηλεκτρική	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	1	2	4
Αιολική	0,7464	0,6940	0,6801	0,3272	0	0	1	0	0	0	2	1	1	1
Φωτοβολταϊκή	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	1	2	4
Βιομάζας	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	1	2	4
Γεωθερμική	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	1	2	4

Πίνακας 6-8

Πίνακας αξιοπιστίας, φθίνουσα, αύξουσα και τελική κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο ELECTRE III για το σενάριο 1 με τιμή κατοφλίου απόρριψης v_2 ίση με το διπλάσιο της μέσης τιμής των αξιολογήσεων των μονάδων για κάθε κριτήριο

Τύπος Μονάδας	Άνθρακα/ Λιγνίτη	Πετρελαίου	Αεριοστρόβιλου με καύσιμο φ.α.	Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	Πυρηνική	Υδροηλεκτρική	Αιολική	Φωτοβολταϊκή	Βιομάζας	Γεωθερμική	Φθίνουσα κατάταξη	Αύξουσα κατάταξη	Τελική κατάταξη	Κανονικοποιημένη Τελική κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	4	8
Πετρελαίου	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	4	8
Αεριοστρόβιλου με καύσιμο φ.α.	0	0	1	0,6241	0	0	0	0	0	0	5	6	5	10
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	3	1	1
Πυρηνική	0,7991	0,8127	0,7336	0,5842	1	0,0382	0,0118	0	0	0	3	4	2	4
Υδροηλεκτρική	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	5	4	3	6
Αιολική	0,7464	0,6940	0,6801	0,4815	0,7673	0,8190	1	0,4286	0	0	2	2	1	1
Φωτοβολταϊκή	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5	3	2	4
Βιομάζας	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	5	4	3	6
Γεωθερμική	0,1083	0	0	0	0,5933	0	0,3121	0,0266	0,6587	1	4	1	1	1

6.5.1.4 Μέση κατάταξη για το σενάριο 1

Η μέση κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων για το σενάριο 1 με χρήση της μεθόδου ELECTRE III, με βάση τον μέσο όρο των κατατάξεων για τις τρεις περιπτώσεις του κατωφλίου απόρριψης, παρουσιάζεται στον Πίνακα 6-9.

Στο σενάριο 1, με βάση τον μέσο όρο των επιμέρους κατατάξεων για τις τρεις περιπτώσεις του κατωφλίου απόρριψης, πρώτες είναι οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο και ακολουθούν οι αιολικές μονάδες. Την τρίτη θέση μοιράζονται οι πυρηνικές και οι γεωθερμικές μονάδες αν και έχουν διαφοροποιημένη ιεράρχηση στις επιμέρους περιπτώσεις των κατωφλίων. Στην πέμπτη θέση είναι οι υδροηλεκτρικές μονάδες με σχετική σταθερότητα σε όλες τις επιμέρους κατατάξεις, κάτι που δεν συμβαίνει με τις φωτοβολταϊκές μονάδες που βρίσκονται στην έκτη θέση της μέσης κατάταξης αν και οι επιμέρους ταξινομήσεις τους κυμαίνονται από την τέταρτη έως την όγδοη θέση. Στις τέσσερις τελευταίες θέσεις της μέσης κατάταξης για το σενάριο 1 κατατάσσονται οι μονάδες βιομάζας, οι μονάδες πετρελαίου, οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο και οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη αντίστοιχα.

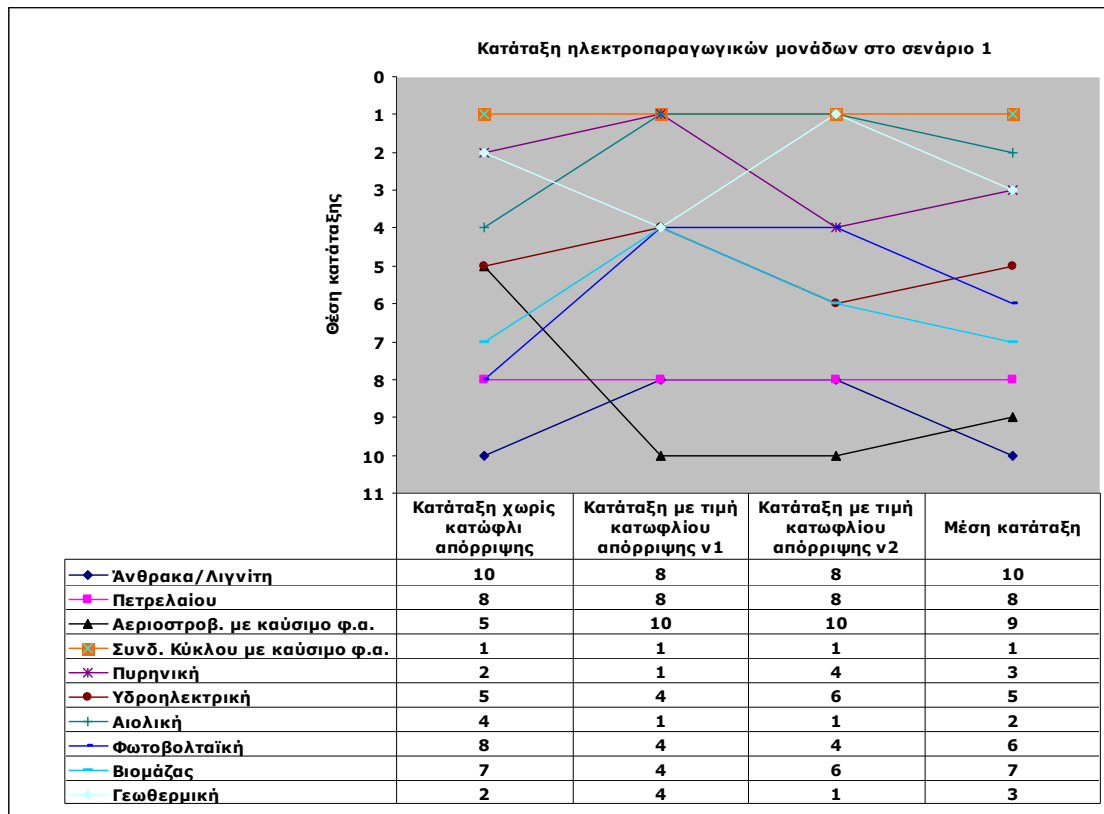
Πίνακας 6-9

Μέση κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων για το σενάριο 1 με χρήση της μεθόδου ELECTRE III, με βάση τον μέσο όρο των κατατάξεων για τις τρεις περιπτώσεις του κατωφλίου απόρριψης

Τύπος Μονάδας	Κατάταξη χωρίς κατώφλι απόρριψης	Κατάταξη με τιμή κατωφλίου απόρριψης V_1	Κατάταξη με τιμή κατωφλίου απόρριψης V_2	Μέσος όρος κατατάξεων	Μέση κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	10	8	8	8,67	10
Πετρελαίου	8	8	8	8,00	8
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	5	10	10	8,33	9
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	1	1	1	1,00	1
Πυρηνική	2	1	4	2,33	3
Υδροηλεκτρική	5	4	6	5,00	5
Αιολική	4	1	1	2,00	2
Φωτοβολταϊκή	8	4	4	5,33	6
Βιομάζας	7	4	6	5,67	7
Γεωθερμική	2	4	1	2,33	3

6.5.1.5 Σύγκριση των κατατάξεων των μονάδων στο σενάριο 1 με βάση τις τρεις περιπτώσεις του κατωφλίου απόρριψης

Η συγκριτική παρουσίαση των κατατάξεων των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων στο σενάριο 1 με βάση τις τρεις περιπτώσεις του κατωφλίου απόρριψης απεικονίζεται γραφικά στο Σχήμα 6-2.



Σχήμα 6-2

Συγκριτική παρουσίαση των κατατάξεων των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων στο σενάριο 1 με βάση τις τρεις περιπτώσεις του κατώφλιου απόρριψης

Όπως αναλύθηκε και στο σενάριο αναφοράς, αρκετοί τύποι μονάδων εμφανίζουν βελτίωση της κατάταξής τους όταν εφαρμόζονται οι δύο τιμές κατώφλιου v_1 και v_2 , κυρίως εξαιτίας των λιγότερων επιπέδων διαβάθμισής τους, σαν απόρροια της ελαχιστοποίησης των σχέσεων υπεροχής λόγω της εφαρμογής των τιμών κατώφλιου. Βελτίωση της κατάταξής τους κατά την χρήση τιμών κατώφλιου σε σχέση με την περίπτωση μη εφαρμογής κατώφλιου απόρριψης εμφανίζουν οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη που ανεβαίνουν από την δέκατη στην όγδοη θέση, οι αιολικές μονάδες από την τέταρτη στην πρώτη θέση, οι φωτοβολταϊκές μονάδες από την όγδοη στην τέταρτη θέση καθώς και οι μονάδες βιομάζας που σημειώνουν άνοδο από την έβδομη στην τέταρτη και έκτη θέση για τις τιμές κατώφλιου v_1 και v_2 αντίστοιχα. Σταθερότητα στην κατάταξή τους και στις τρεις περιπτώσεις εμφανίζουν οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο που είναι πάντα στην πρώτη θέση και οι μονάδες πετρελαίου που είναι σε όλες τις περιπτώσεις στην όγδοη θέση. Πτώση κατά πέντε θέσεις, από την πέμπτη στην δέκατη, παρουσιάζουν οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο. Τέλος μεικτή είναι η εικόνα της κατάταξης κατά την χρήση ή μη τιμών κατώφλιου απόρριψης για τις πυρηνικές, τις υδροηλεκτρικές και τις γεωθερμικές μονάδες.

6.5.2 Σενάριο 2

Στο σενάριο 2, το κριτήριο του βιοτικού επιπέδου έχει την απόλυτη βαρύτητα με 100%, ενώ αγνοούνται τα κριτήρια των τεχνολογικών και οικονομικών παραγόντων (Πίνακας 4-25). Η κατανομή των βαρών των βασικών κριτηρίων στα κριτήρια τελικού κόμβου παρουσιάζεται στον Πίνακα 5-2. Η κατάταξη των μονάδων στο σενάριο 2 με βάση την μέθοδο ELECTRE III για τις τρεις περιπτώσεις του κατωφλίου απόρριψης, η μέση κατάταξη και η συγκριτική αξιολόγηση μεταξύ τους παρουσιάζονται στις ενότητες 6.5.2.1 έως 6.5.2.5.

6.5.2.1 Κατάταξη χωρίς χρήση κατωφλίου απόρριψης

Ο πίνακας αξιοπιστίας, η φθίνουσα, η αύξουσα και η τελική κατάταξη που προκύπτουν από την εφαρμογή της μεθόδου ELECTRE III για τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου 2 (Πίνακας 5-2), χωρίς τη χρήση κατωφλίου απόρριψης, παρουσιάζονται στον Πίνακα 6-10.

Στο σενάριο 2, όταν δεν εφαρμόζεται τιμή κατωφλίου απόρριψης, οι φωτοβολταϊκές μονάδες είναι στην πρώτη θέση των επιμέρους κατατάξεων καθώς και στην κανονικοποιημένη τελική κατάταξη. Στην δεύτερη θέση ακολουθούν οι γεωθερμικές μονάδες και τρίτες είναι οι αιολικές μονάδες. Τέταρτες κατατάσσονται οι μονάδες βιομάζας, πέμπτες οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο και έκτες οι υδροηλεκτρικές μονάδες. Στις τέσσερις τελευταίες θέσεις της κατάταξης είναι οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο, οι πυρηνικές μονάδες, οι μονάδες πετρελαίου και οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη αντίστοιχα. Είναι χαρακτηριστικό ότι όλοι οι τύποι μονάδων κατατάσσονται σε διακριτές θέσεις της κατάταξης.

6.5.2.2 Κατάταξη με τιμή κατωφλίου απόρριψης ίση με τη μέση τιμή των αξιολογήσεων για κάθε κριτήριο

Ο πίνακας αξιοπιστίας, η φθίνουσα, η αύξουσα και η τελική κατάταξη που προκύπτουν από την εφαρμογή της μεθόδου ELECTRE III για τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου 2 (Πίνακας 5-2) και τιμή κατωφλίου απόρριψης v_1 ίση με τη μέση τιμή των αξιολογήσεων των μονάδων για κάθε κριτήριο, παρουσιάζονται στον Πίνακα 6-11.

Όπως και στα προηγούμενα σενάρια, έτσι και στο σενάριο 2 η εφαρμογή της τιμής κατωφλίου απόρριψης v_1 οδηγεί σε ελαχιστοποίηση των σχέσεων υπεροχής και ταξινόμηση πολλών τύπων μονάδων στην ίδια θέση. Πρώτες στην φθίνουσα, αύξουσα και κανονικοποιημένη τελική κατάταξη είναι οι αιολικές μαζί με τις γεωθερμικές μονάδες. Τρίτες κατατάσσονται μόνες τους οι πυρηνικές μονάδες. Την τέταρτη θέση μοιράζονται τέσσερις από τους δέκα τύπους ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων και πιο συγκεκριμένα οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο, οι υδροηλεκτρικές, οι φωτοβολταϊκές και οι μονάδες βιομάζας. Στην όγδοη θέση κατατάσσονται τρεις τύποι μονάδων, οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη, οι μονάδες πετρελαίου και οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο.

6.5.2.3 Κατάταξη με τιμή κατωφλίου απόρριψης ίση με το διπλάσιο της μέσης τιμής των αξιολογήσεων για κάθε κριτήριο

Ο πίνακας αξιοπιστίας, η φθίνουσα, η αύξουσα και η τελική κατάταξη που προκύπτουν από την εφαρμογή της μεθόδου ELECTRE III για τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου 2 (Πίνακας 5-2) και τιμή κατωφλίου απόρριψης v_2 ίση με το διπλάσιο της μέσης τιμής των αξιολογήσεων των μονάδων για κάθε κριτήριο, παρουσιάζονται στον Πίνακα 6-12.

Η εφαρμογή τιμής κατωφλίου απόρριψης ίσης με το διπλάσιο της μέσης τιμής των αξιολογήσεων για κάθε κριτήριο οδηγεί στην πρώτη θέση της φθίνουσας, της αύξουσας και της κανονικοποιημένης τελικής κατάταξης τις γεωθερμικές μονάδες ενώ σε όλες τις κατατάξεις δεύτερες είναι οι αιολικές μονάδες. Στην δεύτερη θέση της κανονικοποιημένης τελικής κατάταξης, μαζί με τις αιολικές μονάδες είναι και οι φωτοβολταϊκές μονάδες που εμφανίζονται πρώτες στην αύξουσα και πέμπτες στην φθίνουσα κατάταξη. Την τέταρτη θέση μοιράζονται οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο και οι πυρηνικές μονάδες και ακολουθούν στην έκτη θέση οι μονάδες βιομάζας. Τέλος στην όγδοη θέση της κανονικοποιημένης τελικής κατάταξης βρίσκονται τρεις τύποι μονάδων με ταυτόσημες επιμέρους κατατάξεις και πιο συγκεκριμένα οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη, οι μονάδες πετρελαίου και οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο.

Πίνακας 6-10

Πίνακας αξιοπιστίας, φθίνουσα, αύξουσα και τελική κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο ELECTRE III για το σενάριο 2 χωρίς χρήση τιμής κατωφλίου απόρριψης

Τύπος Μονάδας	Άνθρακα/ Λιγνίτη	Πετρελαίου	Αεριοστρόβιλου με καύσιμο φ.α.	Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	Πυρηνική	Υδροηλεκτρική	Αιολική	Φωτοβολταϊκή	Βιομάζας	Γεωθερμική	Φθίνουσα κατάταξη	Αύξουσα κατάταξη	Τελική κατάταξη	Κανονικοποιημένη τελική κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	1	0,7227	0,4581	0,4053	0,6076	0,2227	0,0312	0,0536	0,0320	0,0179	7	9	10	10
Πετρελαίου	0,8878	1	0,5847	0,5019	0,7559	0,4675	0,2466	0,2314	0,2655	0,1967	7	8	9	9
Αεριοστρόβιλου με καύσιμο φ.α.	0,9860	0,9860	1	0,6958	0,7961	0,5192	0,4946	0,2979	0,3047	0,3637	6	6	7	7
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,9860	0,9860	1	1	0,8673	0,5811	0,5098	0,2979	0,5422	0,4427	4	4	5	5
Πυρηνική	0,9401	0,9269	0,7509	0,6698	1	0,5357	0,4237	0,4320	0,4104	0,4104	6	7	8	8
Υδροηλεκτρική	0,9256	0,9256	0,7953	0,7620	0,9256	1	0,6491	0,5336	0,6966	0,5993	5	5	6	6
Αιολική	0,9962	0,9962	0,9602	0,8174	0,9120	0,9818	1	0,6693	0,6966	0,8240	3	2	3	3
Φωτοβολταϊκή	0,9860	0,9860	0,9149	0,9149	0,9005	0,8983	0,8990	1	0,9168	0,8175	1	1	1	1
Βιομάζας	0,9681	0,8829	0,8970	0,8677	0,8525	0,7845	0,6845	0,5311	1	0,6849	3	3	4	4
Γεωθερμική	1	1	1	0,8365	0,9918	0,9896	0,9014	0,6698	0,7532	1	2	2	2	2

Πίνακας 6-11

Πίνακας αξιοπιστίας, φθίνουσα, αύξουσα και τελική κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο ELECTRE III για το σενάριο 2 με τιμή κατωφλίου απόρριψης v_1 ίση με τη μέση τιμή των αξιολογήσεων των μονάδων για κάθε κριτήριο

Τύπος Μονάδας	Άνθρακα/ Λιγνίτη	Πετρελαίου	Αεριοστρόβιλου με καύσιμο φ.α.	Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	Πυρηνική	Υδροηλεκτρική	Αιολική	Φωτοβολταϊκή	Βιομάζας	Γεωθερμική	Φθίνουσα κατάταξη	Αύξουσα κατάταξη	Τελική κατάταξη	Κανονικοποιημένη Τελική κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3	4	8
Πετρελαίου	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3	4	8
Αεριοστρόβιλου με καύσιμο φ.α.	0	0	1	0,6958	0	0	0	0	0	0	4	3	4	8
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	3	2	3	4
Πυρηνική	0,9401	0,9269	0,7509	0	1	0	0	0	0	0	2	1	2	3
Υδροηλεκτρική	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4	1	3	4
Αιολική	0,9962	0,9962	0,9602	0,8174	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1
Φωτοβολταϊκή	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4	1	3	4
Βιομάζας	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4	1	3	4
Γεωθερμική	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1

Πίνακας 6-12

Πίνακας αξιοπιστίας, φθίνουσα, αύξουσα και τελική κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο ELECTRE III για το σενάριο 2 με τιμή κατωφλίου απόρριψης v_2 ίση με το διπλάσιο της μέσης τιμής των αξιολογήσεων των μονάδων για κάθε κριτήριο

Τύπος Μονάδας	Άνθρακα/ Λιγνίτη	Πετρελαίου	Αεριοστρόβιλου με καύσιμο φ.α.	Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	Πυρηνική	Υδροηλεκτρική	Αιολική	Φωτοβολταϊκή	Βιομάζας	Γεωθερμική	Φθίνουσα κατάταξη	Αύξουσα κατάταξη	Τελική κατάταξη	Κανονικοποιημένη Τελική κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	6	6	8
Πετρελαίου	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5	6	6	8
Αεριοστρόβιλου με καύσιμο φ.α.	0	0	1	0,6958	0	0	0	0	0	0	5	6	6	8
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	4	3	3	4
Πυρηνική	0,9401	0,9269	0,7509	0,6698	1	0,0209	0,0018	0	0	0	3	5	3	4
Υδροηλεκτρική	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	5	4	5	7
Αιολική	0,9962	0,9962	0,9602	0,8174	0,9120	0,9818	1	0,1100	0	0	2	2	2	2
Φωτοβολταϊκή	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5	1	2	2
Βιομάζας	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	5	3	4	6
Γεωθερμική	1	1	1	0	0,9918	0	0,9014	0,0024	0,7532	1	1	1	1	1

6.5.2.4 Μέση κατάταξη για το σενάριο 2

Η μέση κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων για το σενάριο 2 με χρήση της μεθόδου ELECTRE III, με βάση τον μέσο όρο των κατατάξεων για τις τρεις περιπτώσεις του κατωφλίου απόρριψης, παρουσιάζεται στον Πίνακα 6-13.

Ο μέσος όρος των επιμέρους κατατάξεων για τις τρεις περιπτώσεις του κατωφλίου απόρριψης στο σενάριο 2 οδηγεί στην κορυφή της μέσης κατάταξης τις γεωθερμικές μονάδες και ακολουθούν στην δεύτερη θέση οι αιολικές μονάδες, αν και στις τρεις επιμέρους κατατάξεις τους παρουσιάζονται μικρές διαφοροποιήσεις. Τρίτες με βάση την μέση κατάταξη είναι οι φωτοβολταϊκές μονάδες, τέταρτες οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο και πέμπτες οι μονάδες βιομάζας. Στην έκτη θέση κατατάσσονται οι πυρηνικές μονάδες, στην έβδομη οι υδροηλεκτρικές και στην όγδοη οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο. Στις δύο τελευταίες θέσεις της μέσης κατάταξης για τις τρεις περιπτώσεις του κατωφλίου απόρριψης στο σενάριο 2 βρίσκονται οι μονάδες πετρελαίου και οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη αντίστοιχα.

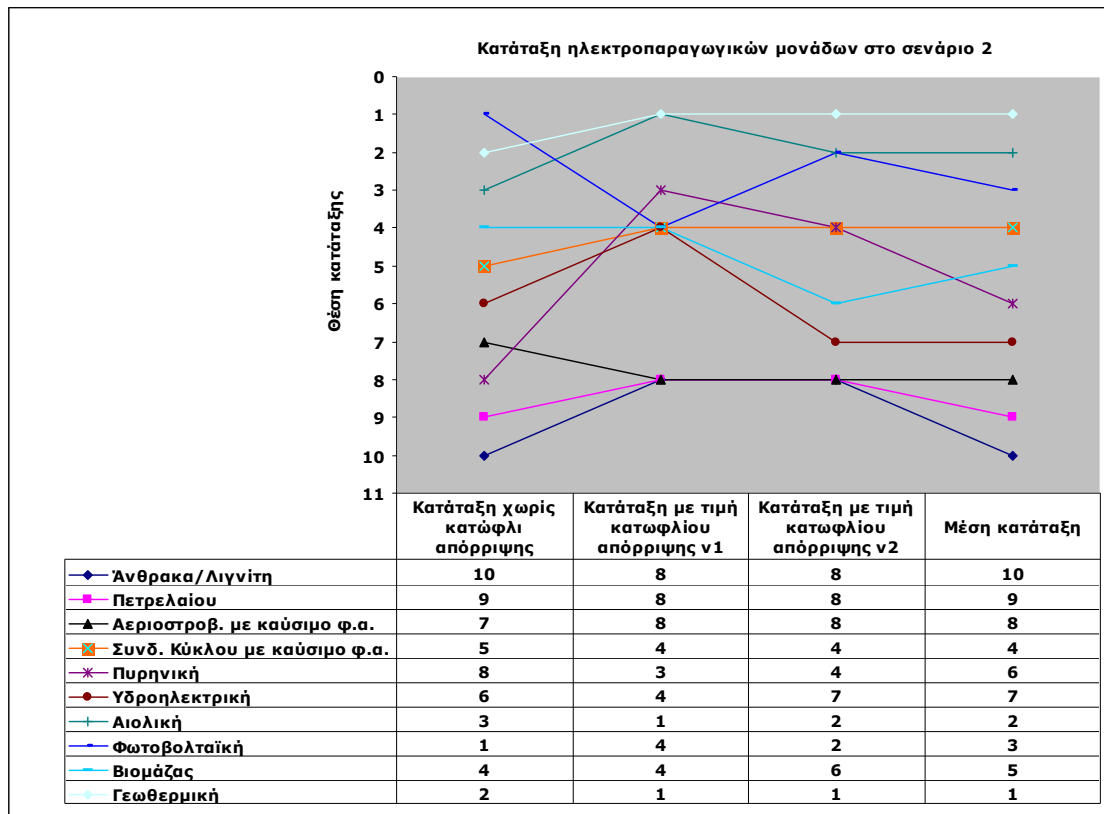
Πίνακας 6-13

Μέση κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων για το σενάριο 2 με χρήση της μεθόδου ELECTRE III, με βάση τον μέσο όρο των κατατάξεων για τις τρεις περιπτώσεις του κατωφλίου απόρριψης

Τύπος Μονάδας	Κατάταξη χωρίς κατώφλι απόρριψης	Κατάταξη με τιμή κατωφλίου απόρριψης V_1	Κατάταξη με τιμή κατωφλίου απόρριψης V_2	Μέσος όρος κατατάξεων	Μέση κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	10	8	8	8,67	10
Πετρελαίου	9	8	8	8,33	9
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	7	8	8	7,67	8
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	5	4	4	4,33	4
Πυρηνική	8	3	4	5,00	6
Υδροηλεκτρική	6	4	7	5,67	7
Αιολική	3	1	2	2,00	2
Φωτοβολταϊκή	1	4	2	2,33	3
Βιομάζας	4	4	6	4,67	5
Γεωθερμική	2	1	1	1,33	1

6.5.2.5 Σύγκριση των κατατάξεων των μονάδων στο σενάριο 2 με βάση τις τρεις περιπτώσεις του κατωφλίου απόρριψης

Η συγκριτική παρουσίαση των κατατάξεων των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων στο σενάριο 2 με βάση τις τρεις περιπτώσεις του κατωφλίου απόρριψης απεικονίζεται γραφικά στο Σχήμα 6-3.

**Σχήμα 6-3**

Συγκριτική παρουσίαση των κατατάξεων των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων στο σενάριο 2 με βάση τις τρεις περιπτώσεις του κατώφλιου απόρριψης

Βελτίωση της κατάταξης τους όταν χρησιμοποιούνται οι δύο τιμές κατώφλιου απόρριψης σε σχέση με την περίπτωση μη εφαρμογής κατώφλιου εμφανίζουν οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη που ανεβαίνουν από την δέκατη στην όγδοη θέση, οι μονάδες πετρελαίου από την ένατη στην όγδοη, οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο από την πέμπτη στην τέταρτη θέση και οι πυρηνικές μονάδες που σημειώνουν άνοδο από την όγδοη στην τρίτη και τέταρτη θέση για τιμές κατώφλιου απόρριψης v_1 και v_2 αντίστοιχα. Άνοδο παρουσιάζουν και οι αιολικές μονάδες από την τρίτη στην πρώτη και δεύτερη θέση, καθώς και οι γεωθερμικές μονάδες που από την δεύτερη θέση στην κατάταξη χωρίς κατώφλι απόρριψης ανεβαίνουν στην πρώτη θέση όταν εφαρμόζονται τιμές κατώφλιου v_1 και v_2 . Μερικώς σταθερή είναι η κατάταξη των μονάδων βιομάζας στην τέταρτη θέση σε δύο από τις τρεις περιπτώσεις ενώ στην κατάταξη με τιμή κατώφλιου απόρριψης v_2 βρίσκονται στην έκτη θέση. Πτώση από την έβδομη θέση στην ιεράρχηση χωρίς κατώφλι απόρριψης, στην όγδοη θέση των κατατάξεων των δύο τιμών κατώφλιου εμφανίζουν οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο. Μεικτή εικόνα εμφανίζουν στις τρεις επιμέρους κατατάξεις τους δύο τύποι μονάδων και πιο συγκεκριμένα οι υδροηλεκτρικές και οι φωτοβολταϊκές μονάδες.

6.5.3 Σενάριο 3

Στο σενάριο 3, το κριτήριο του βιοτικού επιπέδου έχει ισχυρή προτεραιότητα με 60%, ενώ τα κριτήρια των τεχνολογικών και οικονομικών παραγόντων έχουν μέτρια βαρύτητα με 20% (Πίνακας 4-25). Η κατανομή των βαρών των βασικών κριτηρίων στα κριτήρια τελικού κόμβου παρουσιάζεται στον Πίνακα 5-2. Η κατάταξη των μονάδων στο σενάριο 3 με βάση την μέθοδο ELECTRE III για τις τρεις περιπτώσεις του κατωφλίου απόρριψης, η μέση κατάταξη και η συγκριτική αξιολόγηση μεταξύ τους παρουσιάζονται στις ενότητες 6.5.3.1 έως 6.5.3.5.

6.5.3.1 Κατάταξη χωρίς χρήση κατωφλίου απόρριψης

Ο πίνακας αξιοπιστίας, η φθίνουσα, η αύξουσα και η τελική κατάταξη που προκύπτουν από την εφαρμογή της μεθόδου ELECTRE III για τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου 3 (Πίνακας 5-2), χωρίς τη χρήση κατωφλίου απόρριψης, παρουσιάζονται στον Πίνακα 6-14.

Στο σενάριο 3 και την περίπτωση που δεν χρησιμοποιείται κατώφλι απόρριψης στην πρώτη θέση της κανονικοποιημένης τελικής κατάταξης βρίσκονται οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο μαζί με τις γεωθερμικές μονάδες αν και έχουν διαφορετικές φθίνουσες και αύξουσες κατατάξεις. Τρίτες είναι οι αιολικές μονάδες και τέταρτες οι πυρηνικές μονάδες μαζί με τις μονάδες βιομάζας. Την έκτη θέση μοιράζονται οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο και οι φωτοβολταϊκές μονάδες. Όγδοες είναι οι υδροηλεκτρικές μονάδες και ακολουθούν στην ένατη θέση της κανονικοποιημένης τελικής κατάταξης οι μονάδες πετρελαίου. Τελευταίες στην κατάταξη χωρίς κατώφλι απόρριψης στο σενάριο 3 είναι οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη.

6.5.3.2 Κατάταξη με τιμή κατωφλίου απόρριψης ίση με τη μέση τιμή των αξιολογήσεων για κάθε κριτήριο

Ο πίνακας αξιοπιστίας, η φθίνουσα, η αύξουσα και η τελική κατάταξη που προκύπτουν από την εφαρμογή της μεθόδου ELECTRE III για τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου 3 (Πίνακας 5-2) και τιμή κατωφλίου απόρριψης v_1 ίση με τη μέση τιμή των αξιολογήσεων των μονάδων για κάθε κριτήριο, παρουσιάζονται στον Πίνακα 6-15.

Στην περίπτωση αυτή οι δέκα τύποι ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων κατατάσσονται σε τέσσερις διακριτές βαθμίδες. Πιο συγκεκριμένα στην πρώτη θέση της κανονικοποιημένης τελικής κατάταξης αλλά και της επιμέρους φθίνουσας και αύξουσας κατάταξης βρίσκονται οι πυρηνικές μονάδες. Δεύτερες στην κανονικοποιημένη τελική κατάταξη είναι οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο μαζί με τις αιολικές μονάδες αν και οι επιμέρους ταξινομήσεις τους διαφοροποιούνται. Την τέταρτη θέση μοιράζονται τέσσερις τύποι ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων και πιο συγκεκριμένα οι υδροηλεκτρικές, οι φωτοβολταϊκές, οι γεωθερμικές και οι μονάδες βιομάζας. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι τέσσερις αυτοί τύποι μονάδων έχουν ταυτόσημες φθίνουσες και αύξουσες κατατάξεις. Το ίδιο ακριβώς συμβαίνει και με τις επιμέρους ταξινομήσεις των

μονάδων άνθρακα/λιγνίτη, των μονάδων πετρελαίου και των μονάδων αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο, οι οποίες κατατάσσονται όγδοες.

6.5.3.3 Κατάταξη με τιμή κατοφλίου απόρριψης ίση με το διπλάσιο της μέσης τιμής των αξιολογήσεων για κάθε κριτήριο

Ο πίνακας αξιοπιστίας, η φθίνουσα, η αύξουσα και η τελική κατάταξη που προκύπτουν από την εφαρμογή της μεθόδου ELECTRE III για τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου 3 (Πίνακας 5-2) και τιμή κατοφλίου απόρριψης v_2 ίση με το διπλάσιο της μέσης τιμής των αξιολογήσεων των μονάδων για κάθε κριτήριο, παρουσιάζονται στον Πίνακα 6-16.

Στην πρώτη θέση στην περίπτωση αυτή κατατάσσονται τρεις τύποι μονάδων και πιο συγκεκριμένα οι πυρηνικές, οι αιολικές και οι γεωθερμικές μονάδες που ωστόσο παρουσιάζουν εντελώς διαφοροποιημένες φθίνουσες και αύξουσες ιεραρχήσεις. Διαφορετικές επιμέρους ιεραρχήσεις εμφανίζουν και οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο, οι οποίες μαζί με τις φωτοβολταϊκές μονάδες μοιράζονται την τέταρτη θέση της κανονικοποιημένης τελικής κατάταξης. Έκτες κατατάσσονται οι μονάδες βιομάζας. Την έβδομη θέση μοιράζονται τέσσερις τύποι μονάδων οι οποίες έχουν ταυτόσημες φθίνουσες και αύξουσες ιεραρχήσεις. Πρόκειται για τις μονάδες άνθρακα/λιγνίτη, τις μονάδες πετρελαίου, τις μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο και τις υδροηλεκτρικές μονάδες.

Πίνακας 6-14

Πίνακας αξιολογίας, φθίνουσα, αύξουσα και τελική κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο ELECTRE III για το σενάριο 3 χωρίς χρήση τιμής κατωφλίου απόρριψης

Τύπος Μονάδας	Άνθρακα/ Λιγνίτη	Πετρελαίου	Αεριοστρόβιλου με καύσιμο φ.α.	Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	Πυρηνική	Υδροηλεκτρική	Αιολική	Φωτοβολταϊκή	Βιομάζας	Γεωθερμική	Φθίνουσα κατάταξη	Αύξουσα κατάταξη	Τελική κατάταξη	Κανονικοποιημένη τελική κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	1	0,7019	0,5693	0,4439	0,6158	0,3501	0,3240	0,3374	0,3542	0,2824	8	7	7	10
Πετρελαίου	0,8683	1	0,6859	0,5306	0,7144	0,4970	0,4506	0,4441	0,4605	0,3789	8	6	6	9
Αεριοστρόβιλου με καύσιμο φ.α.	0,9242	0,9502	1	0,6529	0,7385	0,5087	0,5767	0,4816	0,5307	0,4790	4	4	4	6
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,9272	0,9617	1	1	0,7879	0,5785	0,6110	0,4840	0,6732	0,5264	1	2	1	1
Πυρηνική	0,8555	0,8584	0,7406	0,6185	1	0,6164	0,5930	0,6383	0,6462	0,6242	4	3	3	4
Υδροηλεκτρική	0,7388	0,7726	0,6944	0,6655	0,7388	1	0,6762	0,7089	0,6125	0,6060	5	5	5	8
Αιολική	0,8464	0,8149	0,7922	0,6159	0,8253	0,8842	1	0,8003	0,7067	0,7725	3	1	2	3
Φωτοβολταϊκή	0,6889	0,7208	0,6794	0,6533	0,6376	0,6644	0,6993	1	0,6474	0,6765	7	1	4	6
Βιομάζας	0,7824	0,7498	0,7200	0,6489	0,7242	0,6767	0,6254	0,6213	1	0,6608	6	1	3	4
Γεωθερμική	0,8166	0,8166	0,8166	0,7185	0,8172	0,9030	0,7574	0,7992	0,6965	1	2	1	1	1

Πίνακας 6-15

Πίνακας αξιοπιστίας, φθίνουσα, αύξουσα και τελική κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο ELECTRE III για το σενάριο 3 με τιμή κατωφλίου απόρριψης v_1 ίση με τη μέση τιμή των αξιολογήσεων των μονάδων για κάθε κριτήριο

Τύπος Μονάδας	Άνθρακα/ Λιγνίτη	Πετρελαίου	Αεριοστρόβιλου με καύσιμο φ.α.	Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	Πυρηνική	Υδροηλεκτρική	Αιολική	Φωτοβολταϊκή	Βιομάζας	Γεωθερμική	Φθίνουσα κατάταξη	Αύξουσα κατάταξη	Τελική κατάταξη	Κανονικοποιημένη Τελική κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3	4	8
Πετρελαίου	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3	4	8
Αεριοστρόβιλου με καύσιμο φ.α.	0	0	1	0,6529	0	0	0	0	0	0	4	3	4	8
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2
Πυρηνική	0,8555	0,8584	0,7406	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1
Υδροηλεκτρική	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4	1	3	4
Αιολική	0,8464	0,8149	0,7922	0,6159	0	0	1	0	0	0	3	1	2	2
Φωτοβολταϊκή	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4	1	3	4
Βιομάζας	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4	1	3	4
Γεωθερμική	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	1	3	4

Πίνακας 6-16

Πίνακας αξιοπιστίας, φθίνουσα, αύξουσα και τελική κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο ELECTRE III για το σενάριο 3 με τιμή κατοφλίου απόρριψης v_2 ίση με το διπλάσιο της μέσης τιμής των αξιολογήσεων των μονάδων για κάθε κριτήριο

Τύπος Μονάδας	Άνθρακα/ Λιγνίτη	Πετρελαίου	Αεριοστρόβιλου με καύσιμο φ.α.	Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	Πυρηνική	Υδροηλεκτρική	Αιολική	Φωτοβολταϊκή	Βιομάζας	Γεωθερμική	Φθίνουσα κατάταξη	Αύξουσα κατάταξη	Τελική κατάταξη	Κανονικοποιημένη Τελική κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	4	7
Πετρελαίου	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	4	7
Αεριοστρόβιλου με καύσιμο φ.α.	0	0	1	0,6529	0	0	0	0	0	0	5	5	4	7
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	3	3	2	4
Πυρηνική	0,8555	0,8584	0,7406	0,6185	1	0,0302	0,0052	0	0	0	1	4	1	1
Υδροηλεκτρική	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	5	5	4	7
Αιολική	0,8464	0,8149	0,7922	0,6159	0,8253	0,8842	1	0,2179	0	0	2	2	1	1
Φωτοβολταϊκή	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5	1	2	4
Βιομάζας	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	5	3	3	6
Γεωθερμική	0,2122	0	0	0	0,8172	0	0,4988	0,0078	0,6965	1	4	1	1	1

6.5.3.4 Μέση κατάταξη για το σενάριο 3

Η μέση κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων για το σενάριο 3 με χρήση της μεθόδου ELECTRE III, με βάση τον μέσο όρο των κατατάξεων για τις τρεις περιπτώσεις του κατωφλίου απόρριψης, παρουσιάζεται στον Πίνακα 6-17.

Στη μέση κατάταξη που προκύπτει με βάση τον μέσο όρο των επιμέρους κατατάξεων για τις τρεις περιπτώσεις του κατωφλίου απόρριψης στο σενάριο 3, πρώτες είναι οι πυρηνικές, οι αιολικές και οι γεωθερμικές μονάδες. Ωστόσο οι ιεραρχήσεις των μονάδων αυτών στις τρεις περιπτώσεις χρήσης ή μη κατωφλίου απόρριψης διαφοροποιούνται αρκετά. Την τέταρτη θέση της μέσης κατάταξης καταλαμβάνουν οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο, ενώ την πέμπτη θέση μοιράζονται οι φωτοβολταϊκές μονάδες μαζί με τις μονάδες βιομάζας. Έβδομες είναι οι υδροηλεκτρικές μονάδες και όγδοες οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο. Στις δύο τελευταίες θέσεις της μέσης κατάταξης για το σενάριο 3 είναι οι μονάδες πετρελαίου και οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη αντίστοιχα.

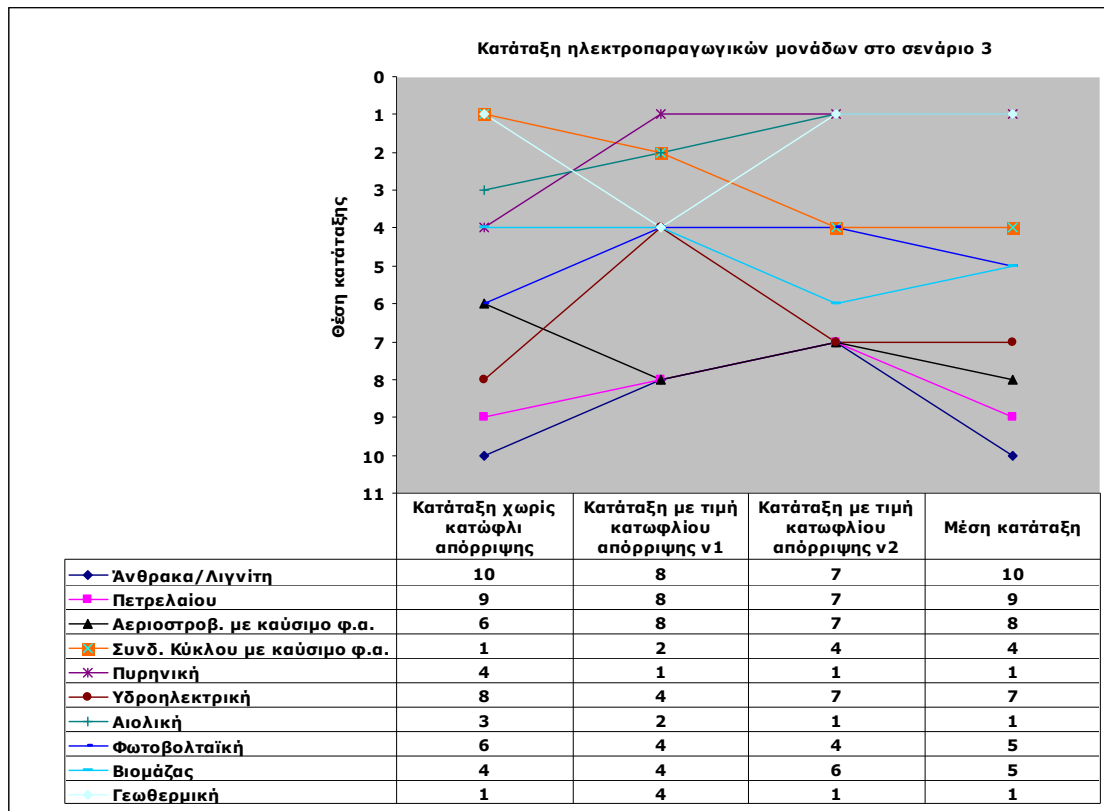
Πίνακας 6-17

Μέση κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων για το σενάριο 3 με χρήση της μεθόδου ELECTRE III, με βάση τον μέσο όρο των κατατάξεων για τις τρεις περιπτώσεις του κατωφλίου απόρριψης

Τύπος Μονάδας	Κατάταξη χωρίς κατώφλι απόρριψης	Κατάταξη με τιμή κατωφλίου απόρριψης V_1	Κατάταξη με τιμή κατωφλίου απόρριψης V_2	Μέσος όρος κατατάξεων	Μέση κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	10	8	7	8,33	10
Πετρελαίου	9	8	7	8,00	9
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	6	8	7	7,00	8
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	1	2	4	2,33	4
Πυρηνική	4	1	1	2,00	1
Υδροηλεκτρική	8	4	7	6,33	7
Αιολική	3	2	1	2,00	1
Φωτοβολταϊκή	6	4	4	4,67	5
Βιομάζας	4	4	6	4,67	5
Γεωθερμική	1	4	1	2,00	1

6.5.3.5 Σύγκριση των κατατάξεων των μονάδων στο σενάριο 3 με βάση τις τρεις περιπτώσεις του κατωφλίου απόρριψης

Η συγκριτική παρουσίαση των κατατάξεων των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων στο σενάριο 3 με βάση τις τρεις περιπτώσεις του κατωφλίου απόρριψης απεικονίζεται γραφικά στο Σχήμα 6-4.

**Σχήμα 6-4**

Συγκριτική παρουσίαση των κατατάξεων των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων στο σενάριο 3 με βάση τις τρεις περιπτώσεις του κατωφλίου απόρριψης

Η σύγκριση των κατατάξεων των μονάδων στην περίπτωση μη εφαρμογής τιμής κατωφλίου με τις δύο περιπτώσεις χρήσης τιμών κατωφλίου v_1 και v_2 οδηγεί στο συμπέρασμα ότι οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη, οι μονάδες πετρελαίου, οι πυρηνικές μονάδες, οι υδροηλεκτρικές μονάδες, οι αιολικές μονάδες καθώς και οι φωτοβολταϊκές μονάδες ανεβαίνουν στην κατάταξη όταν χρησιμοποιούνται οι τιμές κατωφλίου. Το αντίστροφο συμβαίνει με τις μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο και τις μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο, οι οποίες έχουν καλύτερη κατάταξη όταν δεν χρησιμοποιείται κατώφλι απόρριψης. Οι μονάδες βιομάζας είναι τέταρτες όταν δεν χρησιμοποιείται κατώφλι απόρριψης ή όταν το κατώφλι απόρριψης είναι ίσο με τη μέση τιμή των αξιολογήσεων των μονάδων ως προς το κριτήριο αυτό (κατώφλι απόρριψης v_1) και έκτης στην περίπτωση που το κατώφλι απόρριψης είναι διπλάσιο της μέσης τιμής (κατώφλι απόρριψης v_2). Οι γεωθερμικές μονάδες είναι πρώτες στην κατάταξη χωρίς κατώφλι απόρριψης καθώς στην περίπτωση που εφαρμόζεται κατώφλι απόρριψης v_2 και τέταρτες στην ιεράρχηση με κατώφλι απόρριψης v_1 .

6.5.4 Σενάριο 4

Στο σενάριο 4, το κριτήριο των τεχνολογικών παραγόντων έχει ισχυρή προτεραιότητα με 60%, ενώ τα κριτήρια του βιοτικού επιπέδου και των οικονομικών παραγόντων έχουν μέτρια βαρύτητα με 20% (Πίνακας 4-25). Η κατανομή των βαρών των βασικών κριτηρίων στα κριτήρια τελικού κόμβου παρουσιάζεται στον Πίνακα 5-2. Η κατάταξη των μονάδων στο σενάριο 4 με βάση την μέθοδο ELECTRE III για τις τρεις περιπτώσεις του κατωφλίου απόρριψης, η μέση κατάταξη και η συγκριτική αξιολόγηση μεταξύ τους παρουσιάζονται στις ενότητες 6.5.4.1 έως 6.5.4.5.

6.5.4.1 Κατάταξη χωρίς χρήση κατωφλίου απόρριψης

Ο πίνακας αξιοπιστίας, η φθίνουσα, η αύξουσα και η τελική κατάταξη που προκύπτουν από την εφαρμογή της μεθόδου ELECTRE III για τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου 4 (Πίνακας 5-2), χωρίς τη χρήση κατωφλίου απόρριψης, παρουσιάζονται στον Πίνακα 6-18.

Η μη χρήση κατωφλίου απόρριψης στο σενάριο 4 έχει σαν αποτέλεσμα στην κορυφή της κανονικοποιημένης τελικής κατάταξης να βρίσκονται οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο μαζί με τις πυρηνικές μονάδες, με διαφορετικές ωστόσο φθίνουσες και αύξουσες κατατάξεις. Στην τρίτη θέση είναι οι υδροηλεκτρικές μονάδες με την ίδια φθίνουσα και αύξουσα κατάταξη όπως και οι αιολικές μονάδες που ακολουθούν στην τέταρτη θέση. Πέμπτες κατατάσσονται οι μονάδες βιομάζας μαζί με τις γεωθερμικές μονάδες, ενώ στην έβδομη θέση βρίσκονται οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο. Την όγδοη θέση μοιράζονται δύο τύποι μονάδων, οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη και οι μονάδες πετρελαίου. Τελευταίες στην κατάταξη του σεναρίου 4 όταν δεν χρησιμοποιείται κατώφλι απόρριψης είναι οι φωτοβολταϊκές μονάδες.

6.5.4.2 Κατάταξη με τιμή κατωφλίου απόρριψης ίση με τη μέση τιμή των αξιολογήσεων για κάθε κριτήριο

Ο πίνακας αξιοπιστίας, η φθίνουσα, η αύξουσα και η τελική κατάταξη που προκύπτουν από την εφαρμογή της μεθόδου ELECTRE III για τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου 4 (Πίνακας 5-2) και τιμή κατωφλίου απόρριψης v_1 ίση με τη μέση τιμή των αξιολογήσεων των μονάδων για κάθε κριτήριο, παρουσιάζονται στον Πίνακα 6-19.

Στην περίπτωση αυτή στην πρώτη θέση της κανονικοποιημένης τελικής κατάταξης βρίσκονται οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο μαζί με τις πυρηνικές μονάδες. Οι δύο αυτοί τύποι μονάδων είναι επίσης πρώτοι και στις επιμέρους φθίνουσες και αύξουσες ταξινομήσεις τους. Τρίτες είναι οι αιολικές μονάδες ενώ την τέταρτη θέση μοιράζονται τέσσερις τύποι μονάδων που έχουν ταυτόσημες φθίνουσες και αύξουσες κατατάξεις μεταξύ τους. Πρόκειται για τις υδροηλεκτρικές μονάδες, τις φωτοβολταϊκές μονάδες, τις γεωθερμικές μονάδες καθώς και τις μονάδες βιομάζας. Στην όγδοη θέση κατατάσσονται οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη ενώ στην ένατη ισοβαθούν οι μονάδες πετρελαίου μαζί με τις μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο.

6.5.4.3 Κατάταξη με τιμή κατωφλίου απόρριψης ίση με το διπλάσιο της μέσης τιμής των αξιολογήσεων για κάθε κριτήριο

Ο πίνακας αξιοπιστίας, η φθίνουσα, η αύξουσα και η τελική κατάταξη που προκύπτουν από την εφαρμογή της μεθόδου ELECTRE III για τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου 4 (Πίνακας 5-2) και τιμή κατωφλίου απόρριψης v_2 ίση με το διπλάσιο της μέσης τιμής των αξιολογήσεων των μονάδων για κάθε κριτήριο, παρουσιάζονται στον Πίνακα 6-20.

Στο σενάριο 4 και για και τιμή κατωφλίου απόρριψης v_2 ίση με το διπλάσιο της μέσης τιμής των αξιολογήσεων των μονάδων για κάθε κριτήριο, πρώτες κατατάσσονται οι πυρηνικές μαζί με τις αιολικές μονάδες. Ωστόσο οι πυρηνικές μονάδες είναι πρώτες στην φθίνουσα και δεύτερες στην αύξουσα ιεράρχηση, ενώ οι αιολικές μονάδες είναι τρίτες και πρώτες στις δύο αυτές ιεραρχήσεις αντίστοιχα. Διαφορετική φθίνουσα και αύξουσα κατάταξη έχουν και οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο με τις γεωθερμικές μονάδες, αν και μοιράζονται την τρίτη θέση. Πέμπτες στην κανονικοποιημένη τελική κατάταξη είναι οι μονάδες βιομάζας και έκτης οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη, οι υδροηλεκτρικές καθώς και οι φωτοβολταϊκές μονάδες. Στην ένατη θέση κατατάσσονται οι μονάδες πετρελαίου μαζί με τις μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο, έχοντας ταυτόσημες επιμέρους κατατάξεις.

Πίνακας 6-18

Πίνακας αξιολογίας, φθίνουσα, αύξουσα και τελική κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο ELECTRE III για το σενάριο 4 χωρίς χρήση τιμής κατωφλίου απόρριψης

Τύπος Μονάδας	Άνθρακα/ Λιγνίτη	Πετρελαίου	Αεριοστρόβιλου με καύσιμο φ.α.	Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	Πυρηνική	Υδροηλεκτρική	Αιολική	Φωτοβολταϊκή	Βιομάζας	Γεωθερμική	Φθίνουσα κατάταξη	Αύξουσα κατάταξη	Τελική κατάταξη	Κανονικοποιημένη τελική κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	1	0,8128	0,7860	0,5043	0,6826	0,4838	0,7116	0,7160	0,7414	0,6272	5	6	6	8
Πετρελαίου	0,8455	1	0,8520	0,5184	0,7444	0,5328	0,7468	0,7516	0,6866	0,6326	5	6	6	8
Αεριοστρόβιλου με καύσιμο φ.α.	0,8622	0,9332	1	0,5295	0,7524	0,4851	0,7285	0,7577	0,7412	0,6659	5	5	5	7
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,8652	0,9674	1	1	0,7733	0,5688	0,8072	0,7649	0,7887	0,6817	2	1	1	1
Πυρηνική	0,8425	0,8816	0,8097	0,5732	1	0,6248	0,8236	0,8655	0,8821	0,8601	1	2	1	1
Υδροηλεκτρική	0,5459	0,6474	0,6213	0,5878	0,5459	1	0,8165	0,8954	0,5112	0,5436	3	3	2	3
Αιολική	0,6128	0,6615	0,6471	0,3504	0,6379	0,6818	1	0,9326	0,6054	0,6203	4	4	3	4
Φωτοβολταϊκή	0,2946	0,3942	0,3812	0,3032	0,2775	0,3616	0,4651	1	0,2807	0,5270	5	7	7	10
Βιομάζας	0,6684	0,6686	0,6156	0,4991	0,6248	0,5855	0,6967	0,8089	1	0,6973	4	5	4	5
Γεωθερμική	0,6392	0,6392	0,6392	0,6065	0,6280	0,7298	0,6195	0,9313	0,6178	1	4	5	4	5

Πίνακας 6-19

Πίνακας αξιοπιστίας, φθίνουσα, αύξουσα και τελική κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο ELECTRE III για το σενάριο 4 με τιμή κατωφλίου απόρριψης v_1 ίση με τη μέση τιμή των αξιολογήσεων των μονάδων για κάθε κριτήριο

Τύπος Μονάδας	Άνθρακα/ Λιγνίτη	Πετρελαίου	Αεριοστρόβιλου με καύσιμο φ.α.	Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	Πυρηνική	Υδροηλεκτρική	Αιολική	Φωτοβολταϊκή	Βιομάζας	Γεωθερμική	Φθίνουσα κατάταξη	Αύξουσα κατάταξη	Τελική κατάταξη	Κανονικοποιημένη Τελική κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	4	8
Πετρελαίου	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	5	9
Αεριοστρόβιλου με καύσιμο φ.α.	0	0	1	0,5295	0	0	0	0	0	0	3	3	5	9
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
Πυρηνική	0,8425	0,8816	0,8097	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1
Υδροηλεκτρική	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	1	3	4
Αιολική	0,5063	0,6615	0,6471	0,1517	0	0	1	0	0	0	2	1	2	3
Φωτοβολταϊκή	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	1	3	4
Βιομάζας	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	1	3	4
Γεωθερμική	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	1	3	4

Πίνακας 6-20

Πίνακας αξιοπιστίας, φθίνουσα, αύξουσα και τελική κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο ELECTRE III για το σενάριο 4 με τιμή κατωφλίου απόρριψης v_2 ίση με το διπλάσιο της μέσης τιμής των αξιολογήσεων των μονάδων για κάθε κριτήριο

Τύπος Μονάδας	Άνθρακα/ Λιγνίτη	Πετρελαίου	Αεριοστρόβιλου με καύσιμο φ.α.	Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	Πυρηνική	Υδροηλεκτρική	Αιολική	Φωτοβολταϊκή	Βιομάζας	Γεωθερμική	Φθίνουσα κατάταξη	Αύξουσα κατάταξη	Τελική κατάταξη	Κανονικοποιημένη Τελική κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	4	4	6
Πετρελαίου	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	9
Αεριοστρόβιλου με καύσιμο φ.α.	0	0	1	0,5295	0	0	0	0	0	0	5	5	5	9
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	3	2	3
Πυρηνική	0,8425	0,8816	0,8097	0,5732	1	0,0313	0,0382	0	0	0	1	2	1	1
Υδροηλεκτρική	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	5	4	4	6
Αιολική	0,6128	0,6615	0,6471	0,3504	0,6379	0,6818	1	0,7519	0	0	3	1	1	1
Φωτοβολταϊκή	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5	4	4	6
Βιομάζας	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	5	3	3	5
Γεωθερμική	0,0844	0	0	0	0,4276	0	0,2602	0,0557	0,6178	1	4	1	2	3

6.5.4.4 Μέση κατάταξη για το σενάριο 4

Η μέση κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων για το σενάριο 4 με χρήση της μεθόδου ELECTRE III, με βάση τον μέσο όρο των κατατάξεων για τις τρεις περιπτώσεις του κατωφλίου απόρριψης, παρουσιάζεται στον Πίνακα 6-21.

Ο μέσος όρος των επιμέρους κατατάξεων για τις τρεις περιπτώσεις του κατωφλίου απόρριψης στο σενάριο 4 οδηγεί στην πρώτη θέση τις πυρηνικές μονάδες, οι οποίες είναι πρώτες και στις τρεις επιμέρους περιπτώσεις του κατωφλίου απόρριψης. Στην δεύτερη θέση της μέσης κατάταξης βρίσκονται οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο και ακολουθούν οι αιολικές μονάδες με αρκετά διαφοροποιημένες ιεραρχήσεις κατά την εφαρμογή ή μη κατωφλίων απόρριψης. Τέταρτες είναι οι γεωθερμικές μονάδες, πέμπτες οι υδροηλεκτρικές μονάδες και έκτης οι μονάδες βιομάζας. Στην έβδομη θέση της μέσης κατάταξης για το σενάριο 4 βρίσκονται οι φωτοβολταϊκές μονάδες, οι οποίες είναι δέκατες όταν δεν χρησιμοποιείται κατώφλι απόρριψης και τέταρτες ή έκτης όταν εφαρμόζονται τιμές κατωφλίου απόρριψης v_1 και v_2 αντίστοιχα. Στην όγδοη θέση κατατάσσονται οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη με σχετική σταθερότητα σε όλες τις ιεραρχήσεις τους. Οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο βρίσκονται στην ένατη θέση και οι μονάδες πετρελαίου στην δέκατη θέση της μέσης κατάταξης του σεναρίου 4.

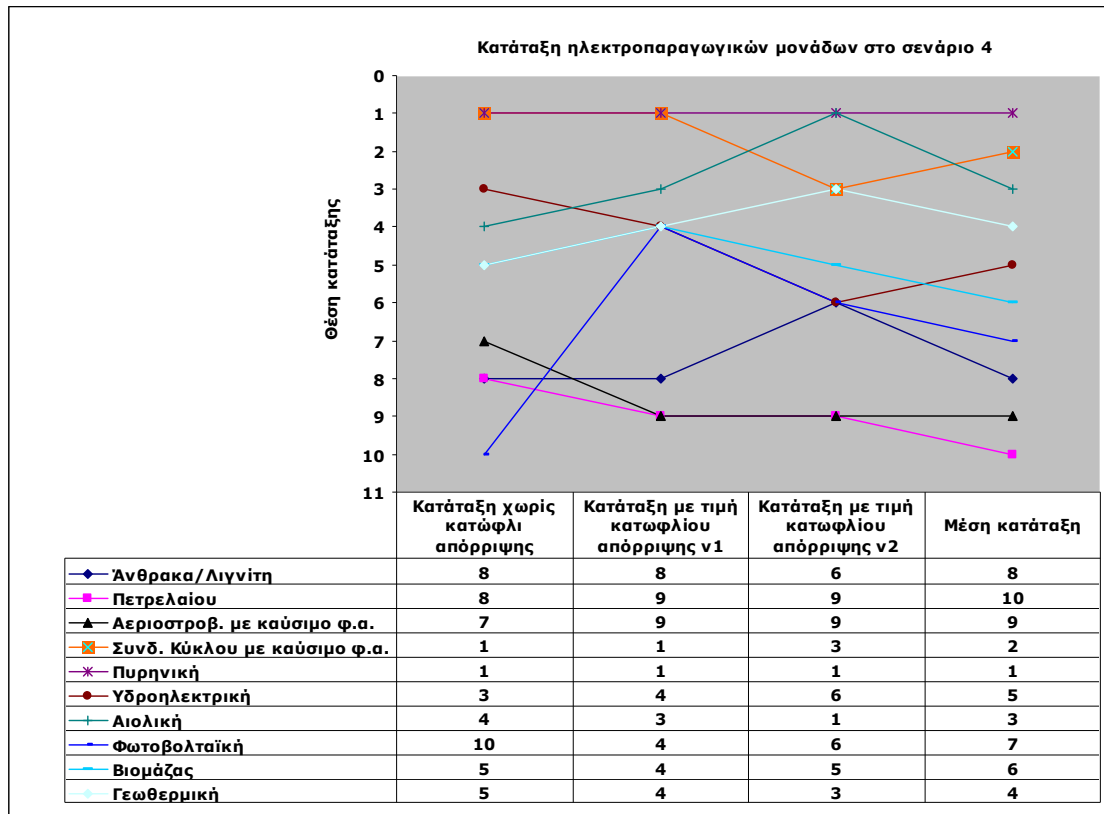
Πίνακας 6-21

Μέση κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων για το σενάριο 4 με χρήση της μεθόδου ELECTRE III, με βάση τον μέσο όρο των κατατάξεων για τις τρεις περιπτώσεις του κατωφλίου απόρριψης

Τύπος Μονάδας	Κατάταξη χωρίς κατώφλι απόρριψης	Κατάταξη με τιμή κατωφλίου απόρριψης v_1	Κατάταξη με τιμή κατωφλίου απόρριψης v_2	Μέσος όρος κατατάξεων	Μέση κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	8	8	6	7,33	8
Πετρελαίου	8	9	9	8,67	10
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	7	9	9	8,33	9
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	1	1	3	1,67	2
Πυρηνική	1	1	1	1,00	1
Υδροηλεκτρική	3	4	6	4,33	5
Αιολική	4	3	1	2,67	3
Φωτοβολταϊκή	10	4	6	6,67	7
Βιομάζας	5	4	5	4,67	6
Γεωθερμική	5	4	3	4,00	4

6.5.4.5 Σύγκριση των κατατάξεων των μονάδων στο σενάριο 4 με βάση τις τρεις περιπτώσεις του κατωφλίου απόρριψης

Η συγκριτική παρουσίαση των κατατάξεων των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων στο σενάριο 4 με βάση τις τρεις περιπτώσεις του κατωφλίου απόρριψης απεικονίζεται γραφικά στο Σχήμα 6-5.



Σχήμα 6-5

Συγκριτική παρουσίαση των κατατάξεων των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων στο σενάριο 4 με βάση τις τρεις περιπτώσεις του κατωφλίου απόρριψης

Η σύγκριση των επιμέρους κατατάξεων των μονάδων στις τρεις επιμέρους περιπτώσεις χρήσης ή μη κατωφλίου απόρριψης οδηγεί στο συμπέρασμα ότι βελτίωση της κατάταξης τους κατά την χρήση τιμών κατωφλίου (σε σχέση με τη μη χρήση κατωφλίου απόρριψης) εμφανίζουν οι φωτοβολταϊκές μονάδες, οι οποίες ανεβαίνουν από την δέκατη στην τέταρτη και έκτη θέση. Επίσης οι αιολικές μονάδες σημειώνουν άνοδο από την τέταρτη στην τρίτη και την πρώτη θέση στις δύο περιπτώσεις χρήσης τιμών κατωφλίου ενώ και οι γεωθερμικές μονάδες κερδίζουν από μία έως δύο θέσεις. Την ίδια κατάταξη και στις τρεις περιπτώσεις παρουσιάζουν οι πυρηνικές μονάδες, οι οποίες βρίσκονται πάντα στην πρώτη θέση. Σχετική σταθερότητα παρουσιάζουν οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη, οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο και οι μονάδες βιομάζας, οι οποίες έχουν την ίδια κατάταξη χωρίς κατώφλι απόρριψης και σε μία από τις δύο περιπτώσεις χρήσης τιμών κατωφλίου. Πτώση της κατάταξής τους από μία έως τρεις

θέσεις κατά τη χρήση των δύο τιμών κατωφλίου εμφανίζουν οι μονάδες πετρελαίου, οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο και οι υδροηλεκτρικές μονάδες.

6.5.5 Σενάριο 5

Στο σενάριο 5, το κριτήριο των τεχνολογικών παραγόντων έχει την απόλυτη βαρύτητα με 100%, ενώ αγνοούνται τα κριτήρια του βιοτικού επιπέδου και των οικονομικών παραγόντων (Πίνακας 4-25). Η κατανομή των βαρών των βασικών κριτηρίων στα κριτήρια τελικού κόμβου παρουσιάζεται στον Πίνακα 5-2. Η κατάταξη των μονάδων στο σενάριο 5 με βάση την μέθοδο ELECTRE III για τις τρεις περιπτώσεις του κατωφλίου απόρριψης, η μέση κατάταξη και η συγκριτική αξιολόγηση μεταξύ τους παρουσιάζονται στις ενότητες 6.5.5.1 έως 6.5.5.5.

6.5.5.1 Κατάταξη χωρίς χρήση κατωφλίου απόρριψης

Ο πίνακας αξιοπιστίας, η φθίνουσα, η αύξουσα και η τελική κατάταξη που προκύπτουν από την εφαρμογή της μεθόδου ELECTRE III για τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου 5 (Πίνακας 5-2), χωρίς τη χρήση κατωφλίου απόρριψης, παρουσιάζονται στον Πίνακα 6-22.

Στην περίπτωση μη χρήσης κατωφλίου απόρριψης στο σενάριο 5, την πρώτη θέση της κανονικοποιημένης τελικής κατάταξης καταλαμβάνουν οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο μαζί με τις πυρηνικές μονάδες, με διαφορετικές μεταξύ τους φθίνουσες και αύξουσες ιεραρχήσεις. Το ίδιο συμβαίνει και με τις μονάδες άνθρακα/λιγνίτη και τις υδροηλεκτρικές μονάδες, οι οποίες μοιράζονται την τρίτη θέση της κανονικοποιημένης τελικής κατάταξης. Οι μονάδες βιομάζας είναι μόνες τους στην πέμπτη θέση. Έκτες κατατάσσονται οι μονάδες πετρελαίου, οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο καθώς και οι γεωθερμικές μονάδες. Στην ένατη θέση του σεναρίου 5, όταν δεν χρησιμοποιείται κατώφλι απόρριψης, βρίσκονται οι αιολικές μονάδες και στην δέκατη οι φωτοβολταϊκές μονάδες.

6.5.5.2 Κατάταξη με τιμή κατωφλίου απόρριψης ίση με τη μέση τιμή των αξιολογήσεων για κάθε κριτήριο

Ο πίνακας αξιοπιστίας, η φθίνουσα, η αύξουσα και η τελική κατάταξη που προκύπτουν από την εφαρμογή της μεθόδου ELECTRE III για τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου 5 (Πίνακας 5-2) και τιμή κατωφλίου απόρριψης v_1 ίση με τη μέση τιμή των αξιολογήσεων των μονάδων για κάθε κριτήριο, παρουσιάζονται στον Πίνακα 6-23.

Στην περίπτωση της χρήσης τιμής κατωφλίου απόρριψης v_1 στο σενάριο 5, στην πρώτη θέση κατατάσσονται οι πυρηνικές μονάδες, ενώ την ίδια θέση έχουν τόσο στην φθίνουσα όσο και στην αύξουσα κατάταξή τους. Την δεύτερη θέση μοιράζονται οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη μαζί με τις μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο. Τέταρτες είναι οι υδροηλεκτρικές μονάδες και πέμπτες οι μονάδες πετρελαίου μαζί με τις γεωθερμικές μονάδες. Ωστόσο οι μονάδες πετρελαίου είναι τέταρτες στην φθίνουσα και την αύξουσα κατάταξη ενώ οι γεωθερμικές μονάδες είναι πέμπτες και δεύτερες

αντίστοιχα στις δύο αυτές επιμέρους ιεραρχήσεις. Οι τέσσερις τελευταίες θέσεις της κανονικοποιημένης τελικής κατάταξης είναι διακριτές. Πιο συγκεκριμένα την έβδομη θέση καταλαμβάνουν οι μονάδες βιομάζας, την όγδοη οι αιολικές μονάδες, την ένατη οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο, ενώ τελευταίες στην δέκατη θέση, όπως και στην περίπτωση μη χρήση κατωφλίου απόρριψης, είναι οι φωτοβολταϊκές μονάδες.

6.5.5.3 Κατάταξη με τιμή κατωφλίου απόρριψης ίση με το διπλάσιο της μέσης τιμής των αξιολογήσεων για κάθε κριτήριο

Ο πίνακας αξιοπιστίας, η φθίνουσα, η αύξουσα και η τελική κατάταξη που προκύπτουν από την εφαρμογή της μεθόδου ELECTRE III για τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου 5 (Πίνακας 5-2) και τιμή κατωφλίου απόρριψης v_2 ίση με το διπλάσιο της μέσης τιμής των αξιολογήσεων των μονάδων για κάθε κριτήριο, παρουσιάζονται στον Πίνακα 6-24.

Η χρήση τιμής κατωφλίου απόρριψης v_2 στο σενάριο 5 φέρνει τις πυρηνικές μονάδες στην πρώτη θέση τόσο της κανονικοποιημένης τελικής κατάταξης, όσο και των επιμέρους ιεραρχήσεων (φθίνουσα και αύξουσα κατάταξη). Στην δεύτερη θέση βρίσκονται τρεις τύποι μονάδων, οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη, οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο και οι υδροηλεκτρικές μονάδες, αν και οι επιμέρους φθίνουσες και αύξουσες κατατάξεις τους διαφοροποιούνται αρκετά. Πέμπτες είναι οι μονάδες πετρελαίου μαζί με τις γεωθερμικές μονάδες και έβδομες οι μονάδες βιομάζας. Την όγδοη θέση της κανονικοποιημένης τελικής κατάταξης καταλαμβάνουν οι αιολικές μονάδες και ακολουθούν στην ένατη θέση οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο. Τελευταίες για μια ακόμη φορά, όπως και στις δύο προηγούμενες περιπτώσεις του σεναρίου 5, βρίσκονται οι φωτοβολταϊκές μονάδες.

Πίνακας 6-22

Πίνακας αξιοπιστίας, φθίνουσα, αύξουσα και τελική κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο ELECTRE III για το σενάριο 5 χωρίς χρήση τιμής κατωφλίου απόρριψης

Τύπος Μονάδας	Άνθρακα/ Λιγνίτη	Πετρελαίου	Αεριοστρόβιλου με καύσιμο φ.α.	Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	Πυρηνική	Υδροηλεκτρική	Αιολική	Φωτοβολταϊκή	Βιομάζας	Γεωθερμική	Φθίνουσα κατάταξη	Αύξουσα κατάταξη	Τελική κατάταξη	Κανονικοποιημένη τελική κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	1	1	1	0,5566	0,7745	0,5566	1	1	1	0,8798	2	2	2	3
Πετρελαίου	0,8308	1	1	0,4717	0,8308	0,5566	0,9869	1	0,8308	0,8308	4	5	4	6
Αεριοστρόβιλου με καύσιμο φ.α.	0,8308	0,9434	1	0,3874	0,8308	0,4599	0,8739	0,9881	0,8308	0,8308	4	5	4	6
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,8308	1	1	1	0,8308	0,5566	1	1	0,8308	0,8308	3	1	1	1
Πυρηνική	0,9074	0,9849	0,9237	0,5566	1	0,5566	1	1	1	1	1	2	1	1
Υδροηλεκτρική	0,4434	0,6126	0,6126	0,5677	0,4434	1	1	1	0,4434	0,4434	4	1	2	3
Αιολική	0,4120	0,6126	0,5975	0,1538	0,4434	0,4758	1	1	0,4434	0,4434	5	6	5	9
Φωτοβολταϊκή	0,0000	0,1692	0,1692	0,0396	0,0000	0,1408	0,3131	1	0	0,4434	6	7	6	10
Βιομάζας	0,6831	0,6798	0,6361	0,4933	0,6038	0,5566	0,8625	1,0000	1	0,7760	4	3	3	5
Γεωθερμική	0,5566	0,5566	0,5566	0,5566	0,5188	0,5566	0,5566	1,0000	0,5566	1	5	4	4	6

Πίνακας 6-23

Πίνακας αξιοπιστίας, φθίνουσα, αύξουσα και τελική κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο ELECTRE III για το σενάριο 5 με τιμή κατωφλίου απόρριψης v_1 ίση με τη μέση τιμή των αξιολογήσεων των μονάδων για κάθε κριτήριο

Τύπος Μονάδας	Άνθρακα/ Λιγνίτη	Πετρελαίου	Αεριοστρόβιλου με καύσιμο φ.α.	Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	Πυρηνική	Υδροηλεκτρική	Αιολική	Φωτοβολταϊκή	Βιομάζας	Γεωθερμική	Φθίνουσα κατάταξη	Αύξουσα κατάταξη	Τελική κατάταξη	Κανονικοποιημένη Τελική κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	2	2	2	2
Πετρελαίου	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	4	4	4	5
Αεριοστρόβιλου με καύσιμο φ.α.	0	0	1	0,3874	0	0	0	0	0	0	6	6	7	9
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	3	1	2	2
Πυρηνική	0,9074	0,9849	0,9237	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Υδροηλεκτρική	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	4	1	3	4
Αιολική	0,2241	0,6126	0,5975	0,0351	0	0	1	1	0	0	5	5	6	8
Φωτοβολταϊκή	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	6	7	8	10
Βιομάζας	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	5	3	5	7
Γεωθερμική	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	5	2	4	5

Πίνακας 6-24

Πίνακας αξιοπιστίας, φθίνουσα, αύξουσα και τελική κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο ELECTRE III για το σενάριο 5 με τιμή κατοφλίου απόρριψης v_2 ίση με το διπλάσιο της μέσης τιμής των αξιολογήσεων των μονάδων για κάθε κριτήριο

Τύπος Μονάδας	Άνθρακα/ Λιγνίτη	Πετρελαίου	Αεριοστρόβιλου με καύσιμο φ.α.	Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	Πυρηνική	Υδροηλεκτρική	Αιολική	Φωτοβολταϊκή	Βιομάζας	Γεωθερμική	Φθίνουσα κατάταξη	Αύξουσα κατάταξη	Τελική κατάταξη	Κανονικοποιημένη Τελική κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	2	3	2	2
Πετρελαίου	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	4	5	3	5
Αεριοστρόβιλου με καύσιμο φ.α.	0	0	1	0,3874	0	0	0	0	0	0	7	7	6	9
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	3	2	2	2
Πυρηνική	0,9074	0,9849	0,9237	0,5566	1	0,0236	1	1	1	1	1	1	1	1
Υδροηλεκτρική	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	4	1	2	2
Αιολική	0,4120	0,6126	0,5975	0,1326	0,3886	0,4306	1	1	0	0	6	6	5	8
Φωτοβολταϊκή	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	7	8	7	10
Βιομάζας	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	6	4	4	7
Γεωθερμική	0,0598	0	0	0	0,2731	0	0,2006	1	0,5566	1	5	3	3	5

6.5.5.4 Μέση κατάταξη για το σενάριο 5

Η μέση κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων για το σενάριο 5 με χρήση της μεθόδου ELECTRE III, με βάση τον μέσο όρο των κατατάξεων για τις τρεις περιπτώσεις του κατωφλίου απόρριψης, παρουσιάζεται στον Πίνακα 6-25.

Στη μέση κατάταξη για το σενάριο 5 που προκύπτει με βάση τον μέσο όρο των επιμέρους κατατάξεων για τις τρεις περιπτώσεις του κατωφλίου απόρριψης, πρώτες είναι οι πυρηνικές μονάδες όπως και στις επιμέρους περιπτώσεις χρήσης ή μη κατωφλίου απόρριψης. Στην δεύτερη θέση ακολουθούν οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο και στην τρίτη οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη. Τέταρτες στην μέση κατάταξη του σεναρίου 5 είναι οι υδροηλεκτρικές μονάδες που καταλαμβάνουν από την δεύτερη έως την τέταρτη θέση στις επιμέρους περιπτώσεις. Την πέμπτη θέση μοιράζονται δύο τύποι μονάδων, οι μονάδες πετρελαίου μαζί με τις γεωθερμικές μονάδες. Έβδομες είναι οι μονάδες βιομάζας και όγδοες οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο. Στις δύο τελευταίες θέσεις της μέσης κατάταξης του σεναρίου 5, το οποίο δίνει απόλυτη προτεραιότητα στους τεχνολογικούς παράγοντες, βρίσκονται οι αιολικές και οι φωτοβολταϊκές μονάδες αντίστοιχα.

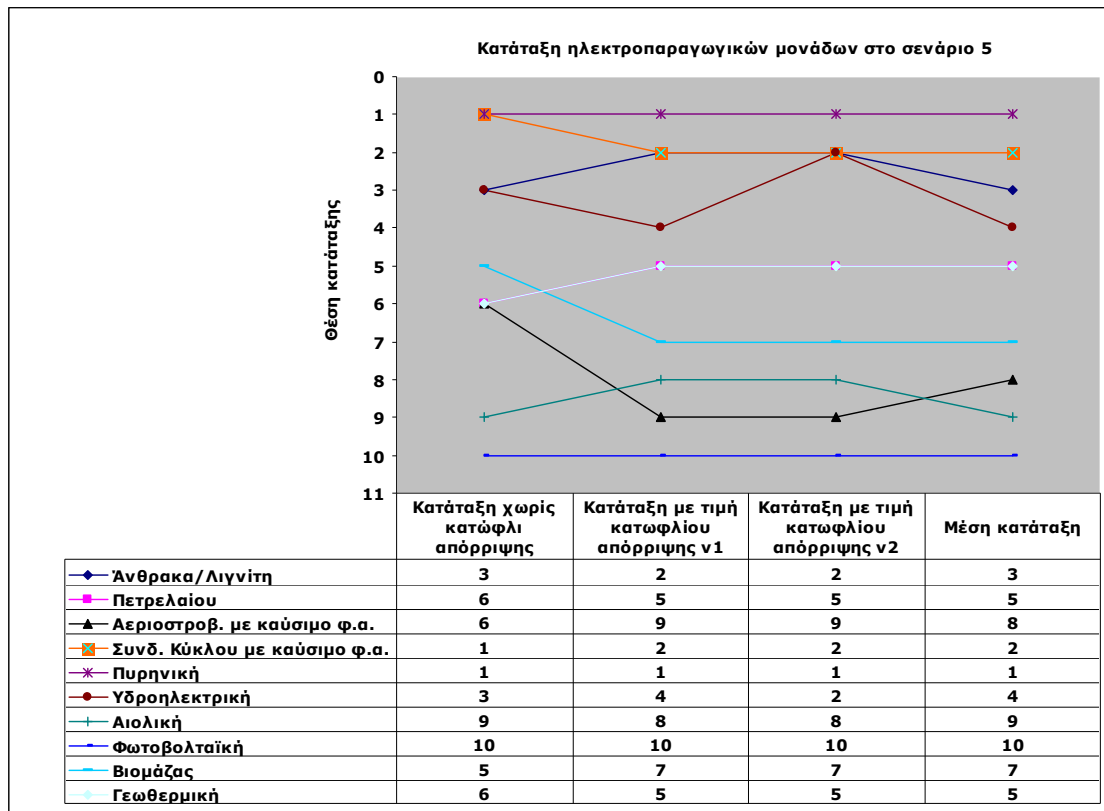
Πίνακας 6-25

Μέση κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων για το σενάριο 5 με χρήση της μεθόδου ELECTRE III, με βάση τον μέσο όρο των κατατάξεων για τις τρεις περιπτώσεις του κατωφλίου απόρριψης

Τύπος Μονάδας	Κατάταξη χωρίς κατώφλι απόρριψης	Κατάταξη με τιμή κατωφλίου απόρριψης V_1	Κατάταξη με τιμή κατωφλίου απόρριψης V_2	Μέσος όρος κατατάξεων	Μέση κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	3	2	2	2,33	3
Πετρελαίου	6	5	5	5,33	5
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	6	9	9	8,00	8
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	1	2	2	1,67	2
Πυρηνική	1	1	1	1,00	1
Υδροηλεκτρική	3	4	2	3,00	4
Αιολική	9	8	8	8,33	9
Φωτοβολταϊκή	10	10	10	10,00	10
Βιομάζας	5	7	7	6,33	7
Γεωθερμική	6	5	5	5,33	5

6.5.5.5 Σύγκριση των κατατάξεων των μονάδων στο σενάριο 5 με βάση τις τρεις περιπτώσεις του κατωφλίου απόρριψης

Η συγκριτική παρουσίαση των κατατάξεων των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων στο σενάριο 5 με βάση τις τρεις περιπτώσεις του κατωφλίου απόρριψης απεικονίζεται γραφικά στο Σχήμα 6-6.



Σχήμα 6-6

Συγκριτική παρουσίαση των κατατάξεων των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων στο σενάριο 5 με βάση τις τρεις περιπτώσεις του κατώφλιου απόρριψης

Τέσσερις τύποι μονάδων παρουσιάζουν βελτίωση της θέσης κατάταξής τους κατά την εφαρμογή των δύο τιμών κατώφλιου απόρριψης σε σχέση με την περίπτωση που δεν εφαρμόζεται κατώφλι απόρριψης. Πρόκειται για τις μονάδες άνθρακα/λιγνίτη που ανεβαίνουν από την τρίτη στην δεύτερη θέση, τις μονάδες πετρελαίου και τις γεωθερμικές μονάδες που σημειώνουν άνοδο από την έκτη στην πέμπτη θέση, ενώ οι αιολικές μονάδες από την ένατη θέση στην κατάταξη χωρίς κατώφλι απόρριψης βρίσκονται στην όγδοη θέση των κατατάξεων με βάση τις δύο τιμές κατώφλιου v_1 και v_2 . Απόλυτη σταθερότητα παρουσιάζουν οι πυρηνικές μονάδες που είναι πάντα πρώτες καθώς και οι φωτοβολταϊκές μονάδες που είναι σε όλες τις περιπτώσεις τελευταίες. Πτώση από την έκτη θέση όταν δεν υπάρχει κατώφλι απόρριψης στην ένατη θέση της κατάταξης για τις δύο τιμές κατώφλιου, εμφανίζουν οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο. Αντίστοιχη πτώση από την πρώτη στην δεύτερη θέση κατά την εφαρμογή των δύο τιμών κατώφλιου έχουν οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο, ενώ από την πέμπτη στην έβδομη θέση πέφτουν οι μονάδες βιομάζας. Μεικτή είναι η εικόνα των υδροηλεκτρικών μονάδων στις τρεις περιπτώσεις, με διακύμανση από την δεύτερη έως την τέταρτη θέση.

6.5.6 Σενάριο 6

Στο σενάριο 6, το κριτήριο των οικονομικών παραγόντων έχει ισχυρή προτεραιότητα με 60%, ενώ τα κριτήρια του βιοτικού επιπέδου και των οικονομικών παραγόντων έχουν μέτρια βαρύτητα με 20% (Πίνακας 4-25). Η κατανομή των βαρών των βασικών κριτηρίων στα κριτήρια τελικού κόμβου παρουσιάζεται στον Πίνακα 5-2. Η κατάταξη των μονάδων στο σενάριο 6 με βάση την μέθοδο ELECTRE III για τις τρεις περιπτώσεις του κατωφλίου απόρριψης, η μέση κατάταξη και η συγκριτική αξιολόγηση μεταξύ τους παρουσιάζονται στις ενότητες 6.5.6.1 έως 6.5.6.5.

6.5.6.1 Κατάταξη χωρίς χρήση κατωφλίου απόρριψης

Ο πίνακας αξιοπιστίας, η φθίνουσα, η αύξουσα και η τελική κατάταξη που προκύπτουν από την εφαρμογή της μεθόδου ELECTRE III για τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου 6 (Πίνακας 5-2), χωρίς τη χρήση κατωφλίου απόρριψης, παρουσιάζονται στον Πίνακα 6-26.

Η μη χρήση κατωφλίου απόρριψης στο σενάριο 6 έχει σαν αποτέλεσμα στην κορυφή να βρίσκονται οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο, όπως άλλωστε συμβαίνει και στην φθίνουσα και αύξουσα κατάταξη. Δεύτερες είναι οι αιολικές μονάδες και τρίτες οι πυρηνικές μονάδες με διαφοροποίηση των επιμέρους ιεραρχήσεών τους. Την τέταρτη θέση της κανονικοποιημένης τελικής κατάταξης μοιράζονται οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο μαζί με τις γεωθερμικές μονάδες. Στην έκτη θέση κατατάσσονται τρεις τύποι μονάδων και πιο συγκεκριμένα οι μονάδες πετρελαίου, οι υδροηλεκτρικές μονάδες και οι μονάδες βιομάζας. Στην ένατη θέση είναι οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη και οι φωτοβολταϊκές μονάδες που έχουν ακριβώς την ίδια φθίνουσα και αύξουσα κατάταξη.

6.5.6.2 Κατάταξη με τιμή κατωφλίου απόρριψης ίση με τη μέση τιμή των αξιολογήσεων για κάθε κριτήριο

Ο πίνακας αξιοπιστίας, η φθίνουσα, η αύξουσα και η τελική κατάταξη που προκύπτουν από την εφαρμογή της μεθόδου ELECTRE III για τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου 6 (Πίνακας 5-2) και τιμή κατωφλίου απόρριψης v_1 ίση με τη μέση τιμή των αξιολογήσεων των μονάδων για κάθε κριτήριο, παρουσιάζονται στον Πίνακα 6-27.

Στην περίπτωση που εφαρμόζεται τιμή κατωφλίου απόρριψης v_1 ίση με τη μέση τιμή των αξιολογήσεων των μονάδων για κάθε κριτήριο, υπάρχουν μόλις τέσσερις διακριτές διαβαθμίσεις λόγω της ελαχιστοποίησης των σχέσεων υπεροχής. Κατά συνέπεια την πρώτη θέση μοιράζονται οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο, οι πυρηνικές μονάδες και οι αιολικές μονάδες. Οι δύο τελευταίες έχουν την ίδια αύξουσα και φθίνουσα κατάταξη, κάτι που δεν συμβαίνει με τις μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο, οι οποίες είναι πρώτες στην φθίνουσα και δεύτερες στην αύξουσα κατάταξη. Τέταρτες είναι οι υδροηλεκτρικές μονάδες, οι μονάδες βιομάζας, οι φωτοβολταϊκές και οι γεωθερμικές μονάδες. Οι τέσσερις αυτοί τύποι μονάδων ταυτίζονται απόλυτα στις επιμέρους ιεραρχήσεις τους. Όγδοες κατατάσσονται οι μονάδες

άνθρακα/λιγνίτη μαζί με τις μονάδες πετρελαίου, ενώ τελευταίες στην δέκατη θέση βρίσκονται οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο.

6.5.6.3 Κατάταξη με τιμή κατωφλίου απόρριψης ίση με το διπλάσιο της μέσης τιμής των αξιολογήσεων για κάθε κριτήριο

Ο πίνακας αξιοπιστίας, η φθίνουσα, η αύξουσα και η τελική κατάταξη που προκύπτουν από την εφαρμογή της μεθόδου ELECTRE III για τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου 6 (Πίνακας 5-2) και τιμή κατωφλίου απόρριψης v_2 ίση με το διπλάσιο της μέσης τιμής των αξιολογήσεων των μονάδων για κάθε κριτήριο, παρουσιάζονται στον Πίνακα 6-28.

Στην τελευταία περίπτωση για το σενάριο 6 με τιμή κατωφλίου απόρριψης v_2 ίση με το διπλάσιο της μέσης τιμής των αξιολογήσεων των μονάδων για κάθε κριτήριο, την πρώτη θέση της κανονικοποιημένης τελικής κατάταξης καταλαμβάνουν οι αιολικές μονάδες, όπως άλλωστε και στην φθίνουσα και αύξουσα ταξινόμηση. Δεύτερες είναι οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο μαζί με τις γεωθερμικές μονάδες, με σημαντικές ωστόσο διαφοροποιήσεις στις επιμέρους ιεραρχήσεις τους. Την τέταρτη θέση μοιράζονται οι πυρηνικές μονάδες μαζί με τις μονάδες βιομάζας. Στην έκτη θέση κατατάσσονται οι μονάδες πετρελαίου και οι φωτοβολταϊκές μονάδες που έχουν ταυτόσημες φθίνουσες και αύξουσες κατατάξεις. Όγδοες είναι οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη ενώ την ένατη θέση της κανονικοποιημένης τελικής κατάταξης μοιράζονται οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο και οι υδροηλεκτρικές μονάδες. Οι δύο αυτοί τύποι μονάδων καταλαμβάνουν την πέμπτη θέση στην φθίνουσα κατάταξη και την έκτη θέση στην αύξουσα κατάταξη.

Πίνακας 6-26

Πίνακας αξιοπιστίας, φθίνουσα, αύξουσα και τελική κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο ELECTRE III για το σενάριο 6 χωρίς χρήση τιμής κατωφλίου απόρριψης

Τύπος Μονάδας	Άνθρακα/ Λιγνίτη	Πετρελαίου	Αεριοστρόβιλου με καύσιμο φ.α.	Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	Πυρηνική	Υδροηλεκτρική	Αιολική	Φωτοβολταϊκή	Βιομάζας	Γεωθερμική	Φθίνουσα κατάταξη	Αύξουσα κατάταξη	Τελική κατάταξη	Κανονικοποιημένη τελική κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	1	0,5495	0,5748	0,4604	0,5653	0,4718	0,5222	0,5266	0,6114	0,4665	7	6	6	9
Πετρελαίου	0,8521	1	0,7220	0,5998	0,6014	0,5208	0,5627	0,5622	0,6243	0,4896	6	5	5	6
Αεριοστρόβιλου με καύσιμο φ.α.	0,8627	0,8957	1	0,6904	0,6094	0,5117	0,5896	0,5731	0,7724	0,5229	4	3	4	4
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,8717	0,9077	1	1	0,6437	0,5835	0,6178	0,5755	0,8199	0,5387	1	1	1	1
Πυρηνική	0,6996	0,6982	0,6508	0,5612	1	0,7695	0,7012	0,8238	0,8820	0,8159	3	1	3	3
Υδροηλεκτρική	0,5578	0,5916	0,5655	0,5499	0,5578	1	0,5899	0,8728	0,5453	0,6815	6	5	5	6
Αιολική	0,7805	0,6057	0,6012	0,4782	0,8391	0,8914	1	0,9298	0,8279	0,8215	2	1	2	2
Φωτοβολταϊκή	0,4892	0,5174	0,5068	0,4802	0,4721	0,4998	0,5345	1	0,4753	0,5442	7	6	6	9
Βιομάζας	0,5251	0,5649	0,4702	0,3612	0,5673	0,5522	0,4362	0,6142	1	0,5762	7	4	5	6
Γεωθερμική	0,6272	0,6272	0,6272	0,5945	0,6574	0,9031	0,6075	0,9259	0,6618	1	5	2	4	4

Πίνακας 6-27

Πίνακας αξιοπιστίας, φθίνουσα, αύξουσα και τελική κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο ELECTRE III για το σενάριο 6 με τιμή κατωφλίου απόρριψης v_1 ίση με τη μέση τιμή των αξιολογήσεων των μονάδων για κάθε κριτήριο

Τύπος Μονάδας	Άνθρακα/ Λιγνίτη	Πετρελαίου	Αεριοστρόβιλου με καύσιμο φ.α.	Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	Πυρηνική	Υδροηλεκτρική	Αιολική	Φωτοβολταϊκή	Βιομάζας	Γεωθερμική	Φθίνουσα κατάταξη	Αύξουσα κατάταξη	Τελική κατάταξη	Κανονικοποιημένη Τελική κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	3	8
Πετρελαίου	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	3	8
Αεριοστρόβιλου με καύσιμο φ.α.	0	0	1	0,6904	0	0	0	0	0	0	3	4	4	10
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	2	1	1
Πυρηνική	0,6996	0,6982	0,6508	0	1	0	0	0	0	0	2	1	1	1
Υδροηλεκτρική	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	1	2	4
Αιολική	0,7805	0,6057	0,6012	0,3209	0	0	1	0	0	0	2	1	1	1
Φωτοβολταϊκή	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	1	2	4
Βιομάζας	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	1	2	4
Γεωθερμική	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	1	2	4

Πίνακας 6-28

Πίνακας αξιοπιστίας, φθίνουσα, αύξουσα και τελική κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο ELECTRE III για το σενάριο 6 με τιμή κατωφλίου απόρριψης v_2 ίση με το διπλάσιο της μέσης τιμής των αξιολογήσεων των μονάδων για κάθε κριτήριο

Τύπος Μονάδας	Άνθρακα/ Λιγνίτη	Πετρελαίου	Αεριοστρόβιλου με καύσιμο φ.α.	Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	Πυρηνική	Υδροηλεκτρική	Αιολική	Φωτοβολταϊκή	Βιομάζας	Γεωθερμική	Φθίνουσα κατάταξη	Αύξουσα κατάταξη	Τελική κατάταξη	Κανονικοποιημένη Τελική κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	8
Πετρελαίου	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5	4	4	6
Αεριοστρόβιλου με καύσιμο φ.α.	0	0	1	0,6904	0	0	0	0	0	0	5	6	6	9
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2
Πυρηνική	0,6996	0,6982	0,6508	0,5612	1	0,0628	0,0113	0	0	0	3	3	3	4
Υδροηλεκτρική	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	5	6	6	9
Αιολική	0,7805	0,6057	0,6012	0,4782	0,8391	0,8914	1	0,7205	0	0	1	1	1	1
Φωτοβολταϊκή	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5	4	4	6
Βιομάζας	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	5	2	3	4
Γεωθερμική	0,0802	0	0	0	0,4861	0	0,2473	0,0514	0,6618	1	4	1	2	2

6.5.6.4 Μέση κατάταξη για το σενάριο 6

Η μέση κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων για το σενάριο 6 με χρήση της μεθόδου ELECTRE III, με βάση τον μέσο όρο των κατατάξεων για τις τρεις περιπτώσεις του κατωφλίου απόρριψης, παρουσιάζεται στον Πίνακα 6-29.

Στο σενάριο 6, με βάση τον μέσο όρο των επιμέρους κατατάξεων για τις τρεις περιπτώσεις του κατωφλίου απόρριψης, την πρώτη θέση της μέσης κατάταξης μοιράζονται οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο μαζί με τις αιολικές μονάδες. Στην τρίτη θέση κατατάσσονται οι πυρηνικές μονάδες και στην τέταρτη θέση οι γεωθερμικές μονάδες. Πέμπτες είναι οι μονάδες βιομάζας και ακολουθούν στην έκτη θέση οι υδροηλεκτρικές μαζί με τις φωτοβολταϊκές μονάδες, αν και υπάρχει σημαντική διαφοροποίηση στις επιμέρους ιεραρχήσεις τους κατά την εφαρμογή ή μη κατωφλίων απόρριψης. Όγδοες στην μέση κατάταξη του σεναρίου 6 είναι οι μονάδες πετρελαίου και ακολουθούν στην ένατη θέση οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο, οι οποίες παρουσιάζουν μεγάλη διακύμανση στις επιμέρους κατατάξεις τους μεταξύ της τέταρτης και της δέκατης θέσης. Τελευταίες στην δέκατη θέση βρίσκονται οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη.

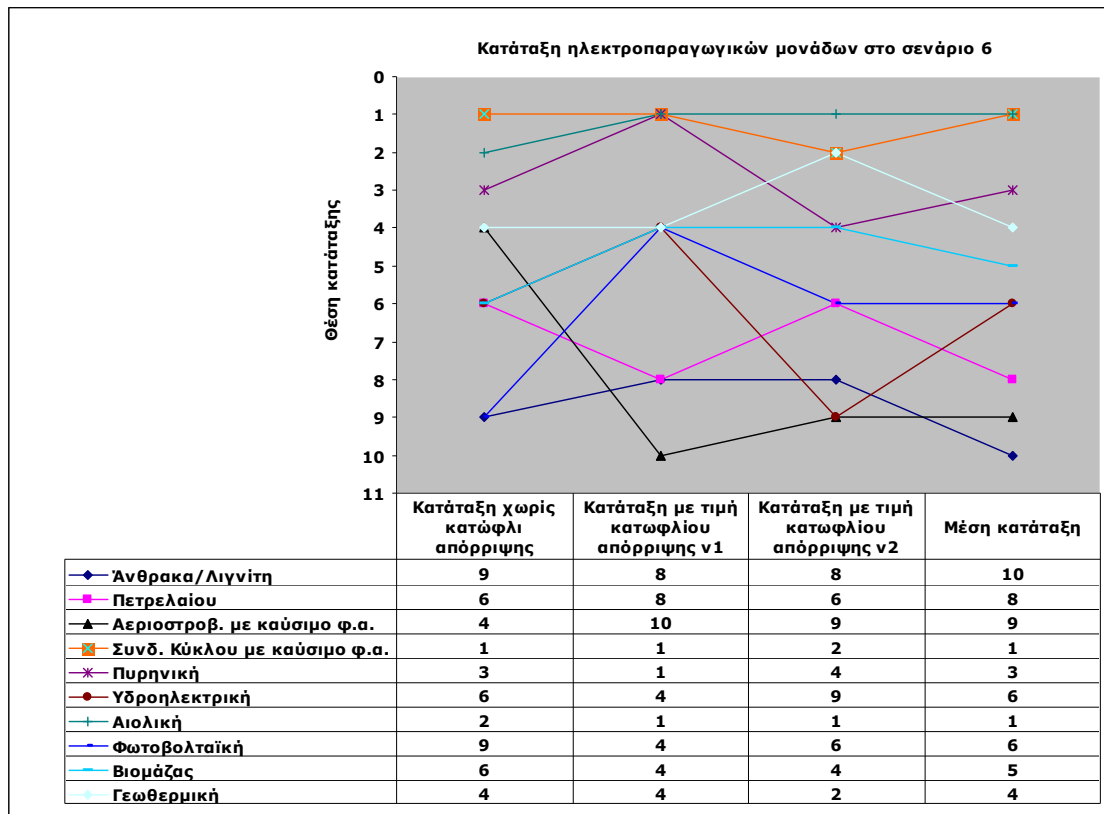
Πίνακας 6-29

Μέση κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων για το σενάριο 6 με χρήση της μεθόδου ELECTRE III, με βάση τον μέσο όρο των κατατάξεων για τις τρεις περιπτώσεις του κατωφλίου απόρριψης

Τύπος Μονάδας	Κατάταξη χωρίς κατώφλι απόρριψης	Κατάταξη με τιμή κατωφλίου απόρριψης v_1	Κατάταξη με τιμή κατωφλίου απόρριψης v_2	Μέσος όρος κατατάξεων	Μέση κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	9	8	8	8,33	10
Πετρελαίου	6	8	6	6,67	8
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	4	10	9	7,67	9
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	1	1	2	1,33	1
Πυρηνική	3	1	4	2,67	3
Υδροηλεκτρική	6	4	9	6,33	6
Αιολική	2	1	1	1,33	1
Φωτοβολταϊκή	9	4	6	6,33	6
Βιομάζας	6	4	4	4,67	5
Γεωθερμική	4	4	2	3,33	4

6.5.6.5 Σύγκριση των κατατάξεων των μονάδων στο σενάριο 6 με βάση τις τρεις περιπτώσεις του κατωφλίου απόρριψης

Η συγκριτική παρουσίαση των κατατάξεων των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων στο σενάριο 6 με βάση τις τρεις περιπτώσεις του κατωφλίου απόρριψης απεικονίζεται γραφικά στο Σχήμα 6-7.

**Σχήμα 6-7**

Συγκριτική παρουσίαση των κατατάξεων των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων στο σενάριο 6 με βάση τις τρεις περιπτώσεις του κατώφλιου απόρριψης

Η συγκριτική ανάλυση των τριών περιπτώσεων χρήσης ή μη κατώφλιου απόρριψης οδηγεί στο συμπέρασμα ότι τέσσερις τύποι μονάδων έχουν καλύτερη κατάταξη στις δύο περιπτώσεις που εφαρμόζονται τιμές κατώφλιου απόρριψης σε σχέση με την περίπτωση μη εφαρμογής. Πρόκειται για τις μονάδες άνθρακα/λιγνίτη που σημειώνουν άνοδο από την ένατη στην όγδοη θέση, τις αιολικές μονάδες που από την δεύτερη βρίσκονται στην πρώτη θέση, τις φωτοβολταϊκές μονάδες που ανεβαίνουν από την ένατη στην τέταρτη και έκτη θέση, ενώ δύο θέσεις κερδίζουν και οι μονάδες βιομάζας που από την έκτη στην κατάταξη χωρίς κατώφλι απόρριψης αναρριχώνται στην τέταρτη θέση στις δύο περιπτώσεις χρήσης τιμών κατώφλιου. Σχετική σταθερότητα παρουσιάζουν οι μονάδες πετρελαίου, οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο και οι γεωθερμικές μονάδες, οι οποίες έχουν την ίδια κατάταξη χωρίς κατώφλι απόρριψης και σε μία από τις δύο περιπτώσεις χρήσης τιμών κατώφλιου. Εντυπωσιακή είναι η πτώση των μονάδων αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο από την τέταρτη θέση στην κατάταξη χωρίς κατώφλι απόρριψης στην δέκατη και ένατη θέση αντίστοιχα των δύο κατατάξεων με χρήση τιμών κατώφλιου v_1 και v_2 . Μεικτή είναι η εικόνα της ιεράρχησης των υδροηλεκτρικών μονάδων κατά τη χρήση ή μη κατώφλιου απόρριψης, με εύρος διακύμανσης από την τέταρτη έως την ένατη θέση, καθώς και των πυρηνικών μονάδων που κατατάσσονται μεταξύ της πρώτης και της τέταρτης θέσης.

6.5.7 Σενάριο 7

Στο σενάριο 7, το κριτήριο των οικονομικών παραγόντων έχει την απόλυτη βαρύτητα με 100%, ενώ αγνοούνται τα κριτήρια του βιοτικού επιπέδου και των τεχνολογικών παραγόντων (Πίνακας 4-25). Η κατανομή των βαρών των βασικών κριτηρίων στα κριτήρια τελικού κόμβου παρουσιάζεται στον Πίνακα 5-2. Η κατάταξη των μονάδων στο σενάριο 7 με βάση την μέθοδο ELECTRE III για τις τρεις περιπτώσεις του κατωφλίου απόρριψης, η μέση κατάταξη και η συγκριτική αξιολόγηση μεταξύ τους παρουσιάζονται στις ενότητες 6.5.7.1 έως 6.5.7.5.

6.5.7.1 Κατάταξη χωρίς χρήση κατωφλίου απόρριψης

Ο πίνακας αξιοπιστίας, η φθίνουσα, η αύξουσα και η τελική κατάταξη που προκύπτουν από την εφαρμογή της μεθόδου ELECTRE III για τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου 7 (Πίνακας 5-2), χωρίς τη χρήση κατωφλίου απόρριψης, παρουσιάζονται στον Πίνακα 6-30.

Στην περίπτωση μη χρήσης κατωφλίου απόρριψης στο σενάριο 7, οι αιολικές μονάδες κατατάσσονται πρώτες στην κανονικοποιημένη τελική κατάταξη ενώ είναι στην κορυφή τόσο της φθίνουσας όσο και της αύξουσας ταξινόμησης. Την δεύτερη θέση μοιράζονται οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο μαζί με τις πυρηνικές μονάδες. Οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο είναι τρίτες στην φθίνουσα ταξινόμηση και πρώτες στην αύξουσα ενώ οι πυρηνικές μονάδες είναι δεύτερες και τρίτες στις αντίστοιχες ιεραρχήσεις. Τέταρτες κατατάσσονται οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη και οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο που επίσης διαφοροποιούνται σημαντικά ως προς τις φθίνουσες και αύξουσες κατατάξεις τους. Την έκτη θέση μοιράζονται οι μονάδες πετρελαίου μαζί με τις γεωθερμικές μονάδες. Όγδοες είναι μόνες τους οι υδροηλεκτρικές μονάδες. Την ένατη θέση καταλαμβάνουν οι φωτοβολταϊκές μονάδες μαζί με τις μονάδες βιομάζας ενώ και οι δύο τύποι μονάδων βρίσκονται στην έβδομη θέση της φθίνουσας και αύξουσας κατάταξης.

6.5.7.2 Κατάταξη με τιμή κατωφλίου απόρριψης ίση με τη μέση τιμή των αξιολογήσεων για κάθε κριτήριο

Ο πίνακας αξιοπιστίας, η φθίνουσα, η αύξουσα και η τελική κατάταξη που προκύπτουν από την εφαρμογή της μεθόδου ELECTRE III για τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου 7 (Πίνακας 5-2) και τιμή κατωφλίου απόρριψης v_1 ίση με τη μέση τιμή των αξιολογήσεων των μονάδων για κάθε κριτήριο, παρουσιάζονται στον Πίνακα 6-31.

Η χρήση τιμής κατωφλίου απόρριψης v_1 στο σενάριο 7 φέρνει στην πρώτη θέση της κανονικοποιημένης τελικής κατάταξης τις αιολικές μονάδες, οι οποίες είναι επίσης στην κορυφή της φθίνουσας και αύξουσας κατάταξης. Δεύτερες είναι οι πυρηνικές μονάδες, ενώ την τρίτη θέση μοιράζονται τρεις τύποι μονάδων με διαφοροποιημένες επιμέρους ιεραρχήσεις. Πρόκειται για τις μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο, τις φωτοβολταϊκές και τις γεωθερμικές μονάδες. Έκτες στην κανονικοποιημένη τελική κατάταξη βρίσκονται οι μονάδες πετρελαίου και έβδομες οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη.

Την όγδοη θέση μοιράζονται οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο μαζί με τις υδροηλεκτρικές μονάδες. Οι δύο αυτοί τύποι μονάδων είναι στην τρίτη θέση της φθίνουσας και στην πέμπτη θέση της αύξουσας κατάταξης. Μόνες τους στην τελευταία θέση της περίπτωσης χρήσης τιμής κατωφλίου απόρριψης v_1 στο σενάριο 7, το οποίο δίνει απόλυτη προτεραιότητα στους οικονομικούς παράγοντες, κατατάσσονται οι μονάδες βιομάζας.

6.5.7.3 Κατάταξη με τιμή κατωφλίου απόρριψης ίση με το διπλάσιο της μέσης τιμής των αξιολογήσεων για κάθε κριτήριο

Ο πίνακας αξιοπιστίας, η φθίνουσα, η αύξουσα και η τελική κατάταξη που προκύπτουν από την εφαρμογή της μεθόδου ELECTRE III για τα βάρη των τελικών κριτηρίων του σεναρίου 7 (Πίνακας 5-2) και τιμή κατωφλίου απόρριψης v_2 ίση με το διπλάσιο της μέσης τιμής των αξιολογήσεων των μονάδων για κάθε κριτήριο, παρουσιάζονται στον Πίνακα 6-32.

Στην περίπτωση χρήσης τιμής κατωφλίου απόρριψης v_2 στο σενάριο 7 και πάλι πρώτες στην κανονικοποιημένη τελική κατάταξη αλλά και στις επιμέρους ιεραρχήσεις είναι οι αιολικές μονάδες. Την δεύτερη θέση της κανονικοποιημένης τελικής κατάταξης μοιράζονται τρεις τύποι μονάδων που παρουσιάζουν σημαντικές διαφοροποιήσεις στις φθίνουσες και αύξουσες κατατάξεις τους. Πρόκειται για τις μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο, τις πυρηνικές και τις γεωθερμικές μονάδες. Πέμπτες κατατάσσονται οι μονάδες πετρελαίου και έκτης οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη. Στην έβδομη θέση βρίσκονται οι υδροηλεκτρικές μαζί με τις φωτοβολταϊκές μονάδες. Οι δύο αυτοί τύποι μονάδων είναι στην πέμπτη θέση της φθίνουσας και στην τέταρτη θέση της αύξουσας κατάταξης. Στις ένατη θέση της κανονικοποιημένης τελικής κατάταξης βρίσκονται οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο και στην δέκατη οι μονάδες βιομάζας.

Πίνακας 6-30

Πίνακας αξιοπιστίας, φθίνουσα, αύξουσα και τελική κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο ELECTRE III για το σενάριο 7 χωρίς χρήση τιμής κατωφλίου απόρριψης

Τύπος Μονάδας	Άνθρακα/ Λιγνίτη	Πετρελαίου	Αεριοστρόβιλου με καύσιμο φ.α.	Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	Πυρηνική	Υδροηλεκτρική	Αιολική	Φωτοβολταϊκή	Βιομάζας	Γεωθερμική	Φθίνουσα κατάταξη	Αύξουσα κατάταξη	Τελική κατάταξη	Κανονικοποιημένη τελική κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	1	0,3417	0,4722	0,4470	0,4816	0,5266	0,5266	0,5266	0,6752	0,4783	6	2	3	4
Πετρελαίου	0,8474	1	0,6752	0,6752	0,4734	0,5266	0,5266	0,5266	0,6752	0,4734	5	4	4	6
Αεριοστρόβιλου με καύσιμο φ.α.	0,8323	0,8499	1	0,7899	0,4734	0,5266	0,5266	0,5266	0,9090	0,4734	4	3	3	4
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0,8474	0,8510	1	1	0,5068	0,5935	0,5266	0,5266	0,9090	0,4734	3	1	2	2
Πυρηνική	0,5503	0,5267	0,5267	0,5267	1	0,9186	0,6942	0,8958	1	0,8899	2	3	2	2
Υδροηλεκτρική	0,4735	0,4735	0,4735	0,4735	0,4735	1	0,4336	0,9438	0,5290	0,7884	5	6	5	8
Αιολική	0,8316	0,4735	0,4829	0,4735	0,9469	1	1	0,9935	1	0,9469	1	1	1	1
Φωτοβολταϊκή	0,4868	0,4774	0,4835	0,4824	0,4868	0,4868	0,4868	1	0,4868	0,4868	7	7	6	9
Βιομάζας	0,3249	0,4208	0,2728	0,1486	0,4601	0,4734	0,2114	0,5133	1	0,4734	7	7	6	9
Γεωθερμική	0,5267	0,5267	0,5267	0,5267	0,5925	0,9902	0,5267	0,9868	0,6667	1	4	5	4	6

Πίνακας 6-31

Πίνακας αξιοπιστίας, φθίνουσα, αύξουσα και τελική κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο ELECTRE III για το σενάριο 7 με τιμή κατωφλίου απόρριψης v_1 ίση με τη μέση τιμή των αξιολογήσεων των μονάδων για κάθε κριτήριο

Τύπος Μονάδας	Άνθρακα/ Λιγνίτη	Πετρελαίου	Αεριοστρόβιλου με καύσιμο φ.α.	Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	Πυρηνική	Υδροηλεκτρική	Αιολική	Φωτοβολταϊκή	Βιομάζας	Γεωθερμική	Φθίνουσα κατάταξη	Αύξουσα κατάταξη	Τελική κατάταξη	Κανονικοποιημένη Τελική κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4	5	7
Πετρελαίου	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	4	6
Αεριοστρόβιλου με καύσιμο φ.α.	0	0	1	0,7899	0	0	0	0	0	0	3	5	6	8
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	2	3	3
Πυρηνική	0,5503	0,5267	0,5267	0	1	0	0	0	1	0	2	1	2	2
Υδροηλεκτρική	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	5	6	8
Αιολική	0,8316	0,4028	0,4393	0,3120	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1
Φωτοβολταϊκή	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	1	3	3
Βιομάζας	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	6	7	10
Γεωθερμική	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	1	3	3

Πίνακας 6-32

Πίνακας αξιοπιστίας, φθίνουσα, αύξουσα και τελική κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με τη μέθοδο ELECTRE III για το σενάριο 7 με τιμή κατωφλίου απόρριψης v_2 ίση με το διπλάσιο της μέσης τιμής των αξιολογήσεων των μονάδων για κάθε κριτήριο

Τύπος Μονάδας	Άνθρακα/ Λιγνίτη	Πετρελαίου	Αεριοστρόβιλου με καύσιμο φ.α.	Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	Πυρηνική	Υδροηλεκτρική	Αιολική	Φωτοβολταϊκή	Βιομάζας	Γεωθερμική	Φθίνουσα κατάταξη	Αύξουσα κατάταξη	Τελική κατάταξη	Κανονικοποιημένη Τελική κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	3	4	6
Πετρελαίου	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5	2	3	5
Αεριοστρόβιλου με καύσιμο φ.α.	0	0	1	0,7899	0	0	0	0	0	0	5	5	6	9
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	3	2	2	2
Πυρηνική	0,5503	0,5267	0,5267	0,5126	1	0,2121	0,0107	0	1	0	2	4	2	2
Υδροηλεκτρική	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	5	4	5	7
Αιολική	0,8316	0,4735	0,4829	0,4735	0,9469	1	1	0,9935	1	0	1	1	1	1
Φωτοβολταϊκή	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5	4	5	7
Βιομάζας	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	5	6	7	10
Γεωθερμική	0,0530	0	0	0	0,3682	0	0,1778	0,3074	0,6667	1	4	1	2	2

6.5.7.4 Μέση κατάταξη για το σενάριο 7

Η μέση κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων για το σενάριο 7 με χρήση της μεθόδου ELECTRE III, με βάση τον μέσο όρο των κατατάξεων για τις τρεις περιπτώσεις του κατωφλίου απόρριψης, παρουσιάζεται στον Πίνακα 6-33.

Ο μέσος όρος των επιμέρους κατατάξεων για τις τρεις περιπτώσεις του κατωφλίου απόρριψης στο σενάριο 7, δείχνει ότι οι αιολικές μονάδες είναι πρώτες στην μέση κατάταξη, ενώ το ίδιο συμβαίνει και στις τρεις επιμέρους περιπτώσεις. Στην δεύτερη θέση της μέσης και των επιμέρους ιεραρχήσεων βρίσκονται οι πυρηνικές μονάδες. Τρίτες κατατάσσονται οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο και τέταρτες οι γεωθερμικές μονάδες. Την πέμπτη θέση της μέσης κατάταξης στο σενάριο 7 μοιράζονται οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη μαζί με τις μονάδες πετρελαίου, αν και οι δύο αυτοί τύποι μονάδων έχουν διαφορετικές ιεραρχήσεις κατά την εφαρμογή ή μη τιμής κατωφλίου απόρριψης. Την έβδομη θέση καταλαμβάνουν οι φωτοβολταϊκές μονάδες και ακολουθούν οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο στην όγδοη θέση. Προτελευταίες είναι οι υδροηλεκτρικές μονάδες, ενώ στην τελευταία θέση της μέσης κατάταξης του σεναρίου 7 βρίσκονται οι μονάδες βιομάζας.

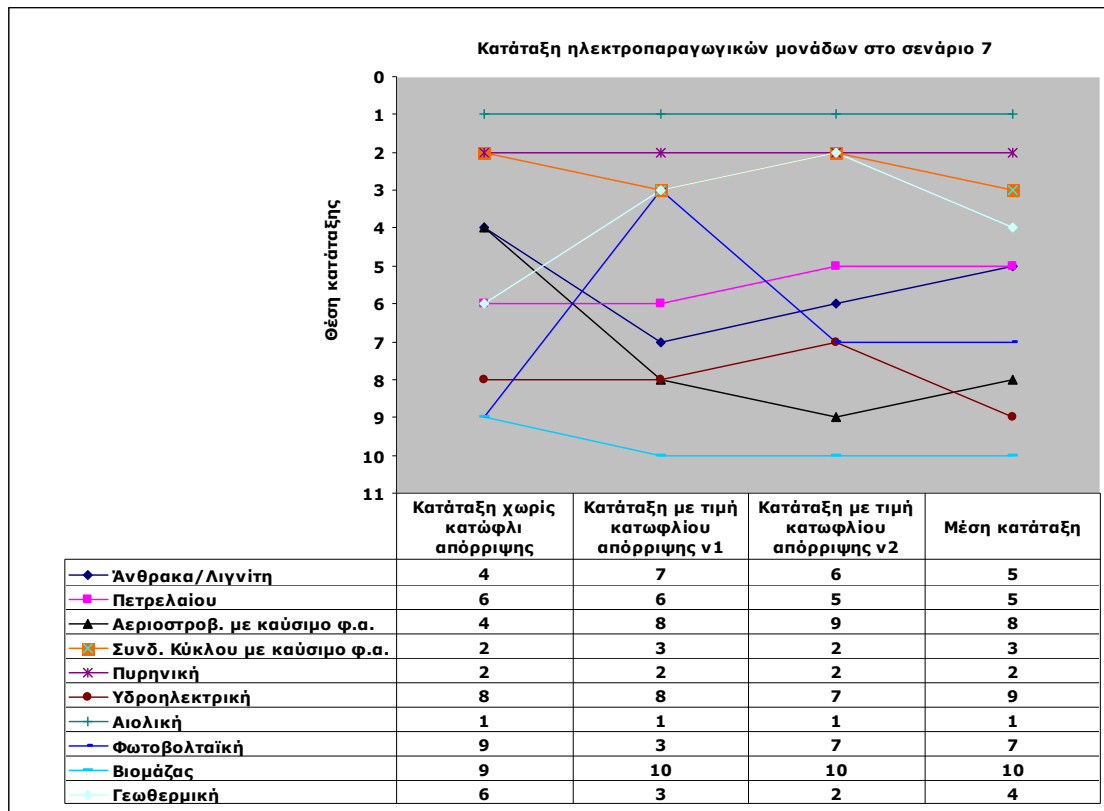
Πίνακας 6-33

Μέση κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων για το σενάριο 7 με χρήση της μεθόδου ELECTRE III, με βάση τον μέσο όρο των κατατάξεων για τις τρεις περιπτώσεις του κατωφλίου απόρριψης

Τύπος Μονάδας	Κατάταξη χωρίς κατώφλι απόρριψης	Κατάταξη με τιμή κατωφλίου απόρριψης v_1	Κατάταξη με τιμή κατωφλίου απόρριψης v_2	Μέσος όρος κατατάξεων	Μέση κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	4	7	6	5,67	5
Πετρελαίου	6	6	5	5,67	5
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	4	8	9	7,00	8
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	2	3	2	2,33	3
Πυρηνική	2	2	2	2,00	2
Υδροηλεκτρική	8	8	7	7,67	9
Αιολική	1	1	1	1,00	1
Φωτοβολταϊκή	9	3	7	6,33	7
Βιομάζας	9	10	10	9,67	10
Γεωθερμική	6	3	2	3,67	4

6.5.7.5 Σύγκριση των κατατάξεων των μονάδων στο σενάριο 7 με βάση τις τρεις περιπτώσεις του κατωφλίου απόρριψης

Η συγκριτική παρουσίαση των κατατάξεων των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων στο σενάριο 7 με βάση τις τρεις περιπτώσεις του κατωφλίου απόρριψης απεικονίζεται γραφικά στο Σχήμα 6-8.



Σχήμα 6-8

Συγκριτική παρουσίαση των κατατάξεων των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων στο σενάριο 7 με βάση τις τρεις περιπτώσεις του κατώφλιου απόρριψης

Η σύγκριση της κατάταξης χωρίς χρήση κατώφλιου απόρριψης με τις αντίστοιχες των δύο κατώφλιων απόρριψης οδηγεί στο συμπέρασμα ότι οι φωτοβολταϊκές μονάδες κερδίζουν από δύο έως έξι θέσεις όταν εφαρμόζονται τιμές κατώφλιου απόρριψης, ανεβαίνοντας από την ένατη στην τρίτη και την έβδομη θέση. Ανάλογη άνοδο σημειώνουν και οι γεωθερμικές μονάδες από την έκτη στην τρίτη και την δεύτερη θέση. Απόλυτη σταθερότητα εμφανίζουν οι αιολικές μονάδες, οι οποίες είναι πάντα πρώτες, καθώς και οι πυρηνικές μονάδες, οι οποίες είναι δεύτερες σε όλες τις περιπτώσεις. Σχετική σταθερότητα στις ιεραρχήσεις τους παρουσιάζουν οι μονάδες πετρελαίου, οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο και οι υδροηλεκτρικές μονάδες, οι οποίες έχουν ίδια κατάταξη σε μία από τις δύο περιπτώσεις χρήσης τιμών κατώφλιου και στην περίπτωση στην οποία δεν χρησιμοποιείται κατώφλι απόρριψης. Πτώση παρουσιάζουν οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη από την τέταρτη στην έβδομη και έκτη θέση όταν εφαρμόζονται οι δύο τιμές κατώφλιου απόρριψης, ενώ και οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο πέφτουν από την τέταρτη στην όγδοη και ένατη θέση στις αντίστοιχες περιπτώσεις. Ανάλογη είναι η εικόνα των μονάδων βιομάζας, οι οποίες από την ένατη θέση στην κατάταξη χωρίς χρήση κατώφλιου απόρριψης στο σενάριο 7, καταλήγουν στην δέκατη θέση στις δύο περιπτώσεις χρησιμοποίησης τιμών κατώφλιου.

6.6 Συγκριτική αξιολόγηση κατατάξεων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων

Η σύγκριση των κατατάξεων των μονάδων με βάση τις τρεις περιπτώσεις του κατωφλίου απόρριψης σε κάθε σενάριο είναι ιδιαίτερα σημαντική, ωστόσο απαιτείται και συγκριτική αξιολόγηση των κατατάξεων των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων μεταξύ των διαφόρων σεναρίων. Οι συγκριτικές αυτές αξιολογήσεις ανά σενάριο και ανά τύπο ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας με βάση την μέθοδο ELECTRE III παρουσιάζονται στις ενότητες 6.6.1 και 6.6.2.

6.6.1 Συγκριτική αξιολόγηση κατατάξεων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων ανά σενάριο

Η συγκριτική αξιολόγηση των κατατάξεων των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων ανά σενάριο με βάση την μέθοδο ELECTRE III παρουσιάζεται στο Σχήμα 6-9.

Όταν δίνεται προτεραιότητα στο βιοτικό επίπεδο οι μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας καταλαμβάνουν τις πρώτες θέσεις της συνολικής κατάταξης με μοναδική εξαίρεση τις υδροηλεκτρικές μονάδες. Από τις μονάδες ορυκτών καυσίμων όταν αυξάνει η βαρύτητα του κριτηρίου του βιοτικού επιπέδου ξεχωρίζουν οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο ενώ και οι πυρηνικές μονάδες καταλαμβάνουν υψηλές θέσεις στην κατάταξη. Αντίθετα τελευταίες κατατάσσονται οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο, οι μονάδες πετρελαίου και οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη.

Στα σενάρια 4 και 5 όπου δίνεται προτεραιότητα στο κριτήριο των τεχνολογικών παραγόντων οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο και οι πυρηνικές μονάδες καταλαμβάνουν την πρώτη και δεύτερη θέση στην συνολική κατάταξη. Ειδικότερα στο σενάριο 5 όπου αξιολογείται μόνο το κριτήριο των τεχνολογικών παραγόντων οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη είναι τρίτες και οι υδροηλεκτρικές μονάδες τέταρτες ενώ αντίθετα στις δύο τελευταίες θέσεις της κατάταξης βρίσκονται οι αιολικές και οι φωτοβολταϊκές μονάδες.

Στα σενάρια 6 και 7 αυξημένης βαρύτητας των οικονομικών παραγόντων, στην πρώτη θέση της κατάταξης είναι οι αιολικές μονάδες. Στις πρώτες θέσεις στα σενάρια αυτά βρίσκονται επίσης οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο, οι πυρηνικές μονάδες και οι γεωθερμικές μονάδες. Αντίθετα στις δύο τελευταίες θέσεις του σεναρίου 7 όπου το κριτήριο των οικονομικών παραγόντων έχει απόλυτη βαρύτητα κατατάσσονται οι υδροηλεκτρικές μονάδες και οι μονάδες βιομάζας.

6.6.2 Συγκριτική αξιολόγηση κατατάξεων ανά τύπο ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας

Η συγκριτική αξιολόγηση των κατατάξεων ανά τύπο ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας με βάση την μέθοδο ELECTRE III παρουσιάζεται στο Σχήμα 6-10.

Οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη είναι στην τρίτη θέση στο σενάριο 5 όπου δίνεται απόλυτη προτεραιότητα στο κριτήριο των τεχνολογικών παραγόντων και στην πέμπτη θέση στο σενάριο 7 όπου αξιολογούνται μόνο οι οικονομικοί παράγοντες. Στα σενάρια αυξημένης βαρύτητας του βιοτικού επιπέδου (σενάριο αναφοράς, σενάρια 2 και 3) καταλαμβάνουν την τελευταία θέση της κατάταξης.

Οι μονάδες πετρελαίου βρίσκονται στην πέμπτη θέση στα δύο σενάρια απόλυτης προτεραιότητας των τεχνολογικών και των οικονομικών παραγόντων (σενάρια 5 και 7 αντίστοιχα) και στην ένατη θέση στα σενάρια αυξημένης βαρύτητας του βιοτικού επιπέδου.

Οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο κατατάσσονται μεταξύ της όγδοης και ένατης θέσης σε όλα τα σενάρια, παρουσιάζοντας μεγάλη σταθερότητα ανεξάρτητα από την διαφοροποίηση του βάρους των κριτηρίων.

Οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο είναι πάντα στις τέσσερις πρώτες θέσεις της κατάταξης. Ελαφρώς καλύτερη είναι η θέση τους στα σενάρια αυξημένης βαρύτητας των τεχνολογικών και των οικονομικών παραγόντων σε σχέση με τα σενάρια όπου δίνεται προτεραιότητα στο βιοτικό επίπεδο.

Οι πυρηνικές μονάδες κατατάσσονται μεταξύ της πρώτης και της έκτης θέσης. Καλύτερες είναι οι κατατάξεις τους όταν σημαντικότεροι θεωρούνται οι τεχνολογικοί και οι οικονομικοί παράγοντες σε σχέση με το βιοτικό επίπεδο.

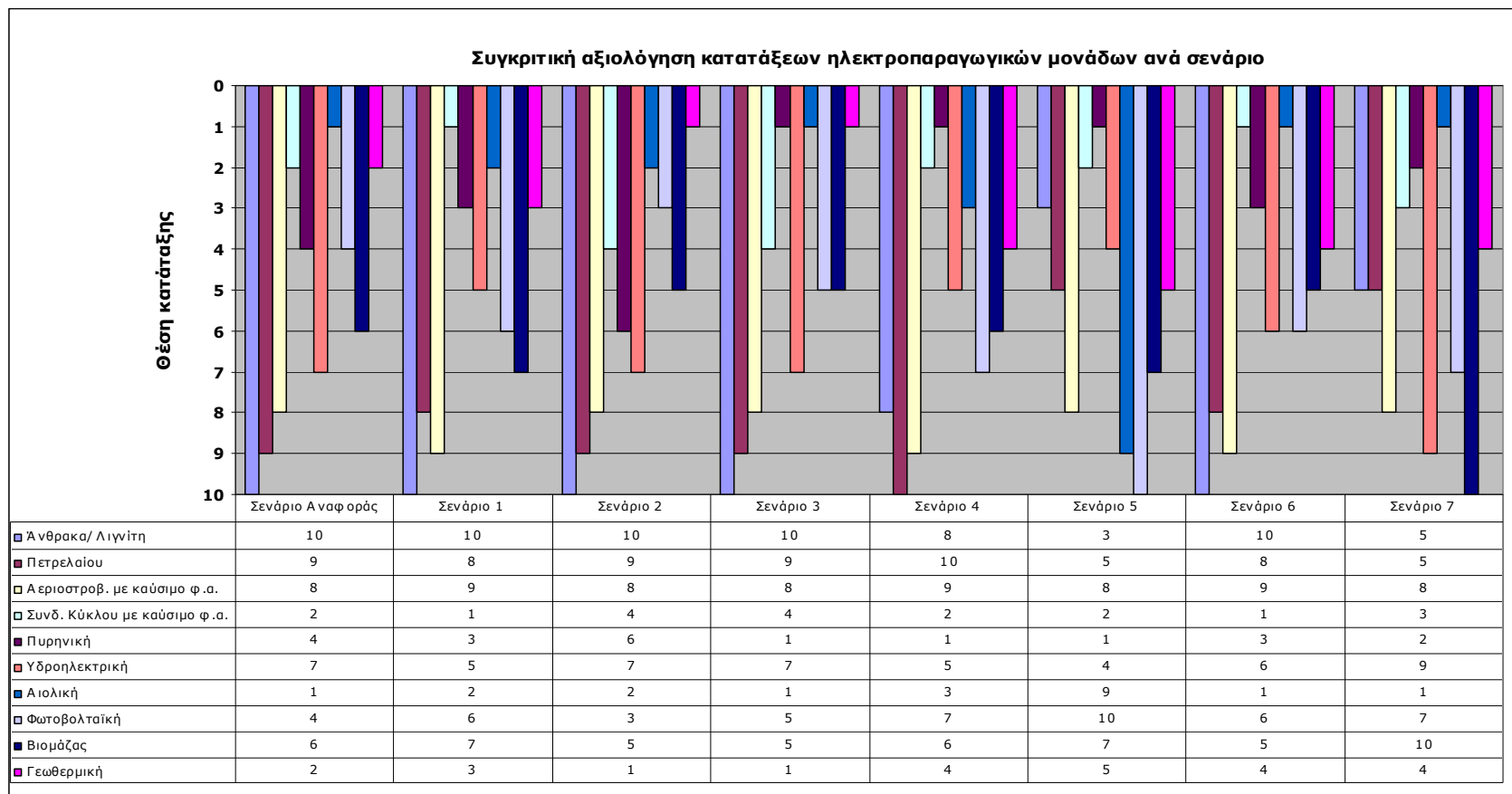
Οι υδροηλεκτρικές μονάδες είναι στην τέταρτη θέση όταν δίνεται απόλυτη προτεραιότητα στους τεχνολογικούς παράγοντες (σενάριο 5), στην έβδομη θέση όταν αξιολογείται μόνο το βιοτικό επίπεδο (σενάριο 2) και στην ένατη θέση όταν αξιολογούνται μόνο οι οικονομικοί παράγοντες (σενάριο 7).

Οι αιολικές μονάδες είναι στις πρώτες δύο θέσεις της κατάταξης στα σενάρια όπου σπουδαιότεροι θεωρούνται οι οικονομικοί παράγοντες και το βιοτικό επίπεδο. Την χειρότερη θέση τους (ένατη) καταλαμβάνουν στο σενάριο 5 απόλυτης βαρύτητας των τεχνολογικών παραγόντων.

Οι φωτοβολταϊκές μονάδες είναι στην τρίτη θέση όταν δίνεται απόλυτη προτεραιότητα στο βιοτικό επίπεδο, στην έβδομη θέση όταν αξιολογούνται μόνο οι οικονομικοί παράγοντες και στην δέκατη όταν σημασία έχουν μόνο οι τεχνολογικοί παράγοντες.

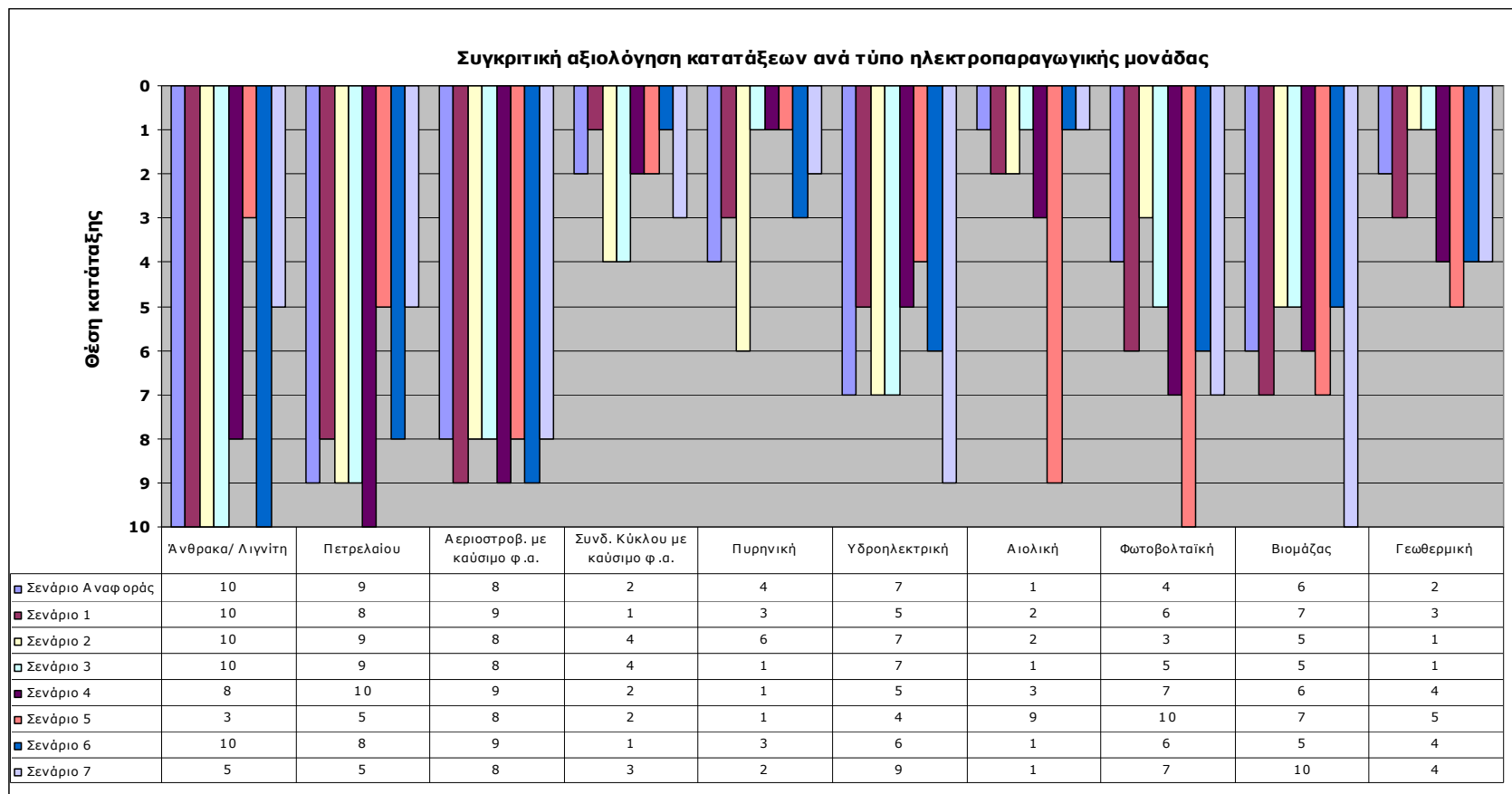
Οι μονάδες βιομάζας κατατάσσονται μεταξύ της πέμπτης και δέκατης θέσης. Καλύτερες θέσεις καταλαμβάνουν στα σενάρια όπου προτεραιότητα δίνεται στο βιοτικό επίπεδο και ακολουθούν τα σενάρια των τεχνολογικών και των οικονομικών παραγόντων.

Οι γεωθερμικές μονάδες είναι πρώτες ή δεύτερες στα σενάρια αυξημένης βαρύτητας του βιοτικού επιπέδου. Όταν προτεραιότητα δίνεται στους τεχνολογικούς και τους οικονομικούς παράγοντες κατατάσσονται στην τέταρτη ή πέμπτη θέση.



Σχήμα 6-9

Συγκριτική αξιολόγηση των κατατάξεων των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων ανά σενάριο με την μέθοδο ELECTRE III



Σχήμα 6-10

Συγκριτική αξιολόγηση των κατατάξεων ανά τύπο ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας με την μέθοδο ELECTRE III

Κεφάλαιο 7

Ανάπτυξη Ολοκληρωμένου Συστήματος Υποστήριξης Αποφάσεων

Οι επιμέρους αξιολογήσεις των μονάδων μέσω των τριών πολυκριτηριακών μεθόδων για μια πληθώρα σεναρίων και διαφορετικών παραμέτρων παρέχουν σημαντικές πληροφορίες στον λήπτη αποφάσεων. Ωστόσο απαιτείται η συνοπτική και συγκριτική παρουσίασή τους σε ένα ολοκληρωμένο σύστημα υποστήριξης αποφάσεων που θα του δίνει τη δυνατότητα για να εξάγει γρήγορα και ορθά συμπεράσματα. Η παρουσίαση αυτή παράλληλα με την παράθεση του δείκτη τελικής μέσης κατάταξης πραγματοποιείται τόσο ανά σενάριο όσο και ανά τύπο ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας.

7.1 Βασικές έννοιες

Ένα *σύστημα υποστήριξης αποφάσεων - ΣΥΑ (Decision Support System – DSS)* αποτελείται από το σύνολο των διαδικασιών, μεθοδολογιών και μοντέλων για την επεξεργασία των δεδομένων με αλληλεπιδραστικά υπολογιστικά συστήματα (interactive computer systems) και την παραγωγή των κατάλληλων πληροφοριών, οι οποίες λειτουργούν επικουρικά προς τον λήπτη αποφάσεων, στην επίλυση ενός προβλήματος [197, 249, 313]. Η έννοια της υποστήριξης στη λήψη αποφάσεων αναφέρεται στην παροχή εκτιμήσεων και αξιολογήσεων για τις εναλλακτικές λύσεις, συγκριτικών και μεμονωμένων, με βάση τις οποίες ο λήπτης ή οι λήπτες αποφάσεων θα καταλήξουν στην βέλτιστη στρατηγική για την επίλυση του προβλήματος. Το σύστημα υποστήριξης αποφάσεων δεν προτείνει μία μοναδική βέλτιστη λύση, αλλά προσδιορίζει ποια ή ποιες

λύσεις αξιολογούνται ως οι καλύτερες σε διαφορετικά περιβάλλοντα λήψης αποφάσεων. Ανάλογα δηλαδή με τη σύνθεση μιας πληθώρας συνιστωσών που αποτελούν το περιβάλλον λήψης της απόφασης, παρέχονται συγκριτικές αξιολογήσεις των εναλλακτικών λύσεων.

Τα συστήματα υποστήριξης αποφάσεων χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις ημιδομημένων ή αδόμητων, μοναδικών ή ταχέως μεταβαλλόμενων προβλημάτων [67]. Η έννοια των ημιδομημένων ή αδόμητων προβλημάτων προσδιορίζεται από την μη τυποποιημένη προσέγγιση επίλυσης ενός προβλήματος μέσω προκαθορισμένης σειράς βημάτων. Επίσης μπορεί να υπάρχει έλλειψη δεδομένων, μη σαφείς στόχοι στην αρχική διατύπωση του προβλήματος, άγνωστοι περιοριστικοί παράγοντες και μη δυνατότητα πρόβλεψης των μελλοντικών συνεπειών της απόφασης [72]. Ο λήπτης αποφάσεων με τη βοήθεια του συστήματος υποστήριξης αποφάσεων συγκεντρώνει και αξιολογεί όλες τις πληροφορίες, αξιολογεί το περιβάλλον λήψης της απόφασης και με βάση τις εμπειρίες του συνθέτει τις επιμέρους συνιστώσες που τον οδηγούν στην απόφασή του.

Η ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου συστήματος υποστήριξης αποφάσεων συνδυάζει τα επιμέρους αποτελέσματα, αναδεικνύει τα θετικά στοιχεία κάθε προσέγγισης επίλυσης του πολυκριτηριακού προβλήματος και παράγει μία ενοποιημένη πληροφορία την οποία καλείται να αξιολογήσει ο λήπτης αποφάσεων (ή οι λήπτες αποφάσεων) προκειμένου να λάβει τις τελικές του αποφάσεις [1, 60, 117, 198, 232, 258, 326, 354].

Έχει αναπτυχθεί μεγάλος αριθμός θεωριών και μεθοδολογιών που αναφέρονται σε διάφορους τύπους συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων [217, 250, 349]. Η μοντελοποίηση ενός συστήματος υποστήριξης αποφάσεων μπορεί να βασίζεται στην περιγραφή των συστατικών στοιχείων που αποτελούν τη δομή του καθώς και τον τρόπο συσχετισμού τους [89]. Άλλα μοντέλα βασίζονται σε ένα ολοκληρωμένο αντικειμενοστραφές πλαίσιο εργασίας που ενσωματώνει και την πολυκριτηριακή ανάλυση [189, 190].

Το σύστημα υποστήριξης αποφάσεων είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με την έννοια της πολυκριτηριακής λήψης αποφάσεων [97] και μπορεί να βασίζεται σε μία πολυκριτηριακή μέθοδο [202, 231], σε συνδυασμό περισσότερων πολυκριτηριακών μεθόδων ή σε συνδυασμό πολυκριτηριακής μεθόδου με τεχνικές όπως ο γραμμικός προγραμματισμός, η ασαφής λογική και οι γενετικοί αλγόριθμοι. Για παράδειγμα μπορεί να συνδυαστούν μόνο μέθοδοι υπεροχής, όπως η PROMETHEE και η ELECTRE [258], συμβιβαστικές μέθοδοι με μη συμβιβαστικές [15, 63] καθώς επίσης και γενετικοί αλγόριθμοι ή ασαφής λογική με μεθόδους υπεροχής [2, 24].

Σε άλλες περιπτώσεις χρησιμοποιείται μία πολυκριτηριακή μέθοδος όπως η AHP σε συνδυασμό με τον γραμμικό προγραμματισμό προκειμένου να καλυφθούν περιορισμοί (constraints) του προβλήματος [116] ή την ασαφή λογική προκειμένου να ξεπεραστούν δυσκολίες σε θέματα ασυνέπειας των αξιολογήσεων κατά ζεύγη [305]. Χρήσιμα συμπεράσματα εξάγονται και κατά την εφαρμογή διαφορετικών μεθόδων και τεχνικών σε διάφορες εφαρμογές και την ακόλουθη σύγκριση των αποτελεσμάτων τους [196, 277, 305, 354].

Ένα σύστημα υποστήριξης αποφάσεων μπορεί να απευθύνεται σε ένα λήπτη αποφάσεων, σε ομάδες λήψης αποφάσεων [71, 110, 161, 179, 181, 216, 340] ή να υποστηρίζει την πολλαπλή λήψη αποφάσεων σε διαφορετικούς λειτουργικούς τομείς μιας επιχείρησης ή ενός οργανισμού [283]. Οι τεχνολογίες του παγκόσμιου ιστού (web based technologies) διευκολύνουν την άμεση και αποτελεσματική επικοινωνία ληπτών αποφάσεων που βρίσκονται σε διαφορετικά γεωγραφικά σημεία [30, 59, 247, 256, 289, 357].

Τα συστήματα υποστήριξης αποφάσεων χρησιμοποιούνται σε κάθε τομέα της καθημερινής και επαγγελματικής ζωής [309]. Ενδεικτικά αναφέρεται η χρήση τους σε θέματα του ευρύτερου ενεργειακού τομέα όπως στο σχεδιασμό ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων [72], σε μελέτες επανασχεδιασμού δικτύων διανομής ηλεκτρικής ενέργειας [226], σε εφαρμογές βιοενέργειας [212], στην αξιολόγηση του δυναμικού των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας [330], στην διαχείριση της ποιότητας του περιβάλλοντος [114, 188, 358] και στη διαχείριση της ασφάλειας των πυρηνικών σταθμών [115].

Συστήματα υποστήριξης αποφάσεων χρησιμοποιούνται ευρέως σε τεχνοκρατικά ζητήματα όπως για παράδειγμα την πολυκριτηριακή επιλογή έργων έρευνας, ανάπτυξης και πληροφοριακών συστημάτων [165], την επιλογή συστημάτων αποξήρανσης [334], τη διαχείριση αστικών αποβλήτων [105, 121] και αποχετευτικών συστημάτων [191] καθώς και η ασφάλεια των αεροδιαδρόμων κατά τη διάρκεια σφοδρών βροχοπτώσεων [25].

Άλλα πεδία εφαρμογής τους περιλαμβάνουν οικονομικά ζητήματα όπως η παρακολούθηση μετάβασης των οικονομιών στην ελεύθερη αγορά [230], οι αναπτυσσόμενες οικονομίες [56] και οι επενδύσεις σε επιχειρήσεις υψηλής τεχνολογίας [199], ζητήματα μεταφορών και επικοινωνιών [10, 147, 177, 194, 280], σχεδιασμό προϊόντων [27], επιλογή γεωργικού εξοπλισμού [48], ακόμα και ζητήματα της βιομηχανίας του κινηματογράφου [76].

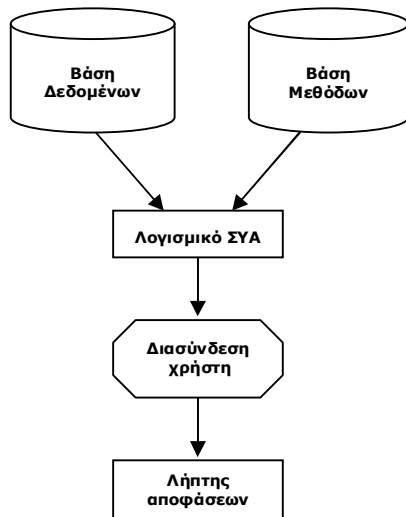
7.2 Αρχιτεκτονική ολοκληρωμένου συστήματος υποστήριξης αποφάσεων

Η ποικιλομορφία και η πληθώρα διαφορετικών τύπων συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων καθώς και ο τρόπος θεώρησής τους σε κάθε περίπτωση έχουν οδηγήσει σε ποικίλες περιγραφές των αρχιτεκτονικών και συνιστωσών των συστημάτων αυτών [10, 19, 121, 122, 245, 283]. Η θεμελιώδης αρχιτεκτονική ενός ολοκληρωμένου συστήματος υποστήριξης αποφάσεων απεικονίζεται στο Σχήμα 7-1 [128, 170].

Σύμφωνα με τις κοινές παραδοχές, η βασική δομή ενός ολοκληρωμένου συστήματος υποστήριξης αποφάσεων (ΟΣΥΑ) έχει τα ακόλουθα συστατικά στοιχεία:

- τη βάση δεδομένων που αποτελεί τη συλλογή όλων εκείνων των στοιχείων, η επεξεργασία των οποίων θα οδηγήσει στο παραγόμενο προϊόν προς τον λήπτη ή τους λήπτες αποφάσεων
- τη βάση μεθόδων/μοντέλων που είναι το σύνολο των μαθηματικών διαδικασιών και αναλύσεων με βάση τις οποίες θα γίνει η επεξεργασία των στοιχείων της βάσης δεδομένων

- το λογισμικό διαχείρισης της βάσης δεδομένων και της βάσης μεθόδων/μοντέλων, με βάση το οποίο παράγεται το τελικό προϊόν που θα λειτουργήσει επικουρικά στην επίλυση του προβλήματος από το λήπτη αποφάσεων
- το λογισμικό διασύνδεσης, το οποίο ορίζει τον τρόπο αλληλεπίδρασης του λήπτη αποφάσεων με το σύστημα υποστήριξης αποφάσεων



Σχήμα 7-1

Αρχιτεκτονική ολοκληρωμένου συστήματος υποστήριξης αποφάσεων

7.3 Μέση κατάταξη ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με βάση της μεθόδους AHP, PROMETHEE και ELECTRE και συγκριτική αξιολόγηση ανά σενάριο

Οι διαφορετικές προσεγγίσεις ενός πολυκριτηριακού προβλήματος με ποικίλες μοντελοποιήσεις και μεθοδολογίες όπως η Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία, η PROMETHEE και η ELECTRE καθώς και η ανάλυση ευαισθησίας σε συνδυασμό με πιθανά διαφορετικά σενάρια παράγουν διαφορετικά αποτελέσματα, τα οποία πρέπει να συνδυαστούν και να αξιολογηθούν σωστά, προκειμένου ο λήπτης αποφάσεων να λάβει τις έγκυρες απαιτούμενες πληροφορίες στις οποίες θα βασίσει τη λήψη της οριστικής του απόφασης.

Στην παρούσα διατριβή η ολοκληρωμένη αξιολόγηση του προβλήματος πραγματοποιείται μέσω της μέσης κατάταξης, η οποία προκύπτει από τις επιμέρους κατατάξεις κατά την εφαρμογή των τριών μεθόδων, οι οποίες αναλύθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια, δεδομένου ότι η κατάταξη είναι το ουσιαστικότερο κοινό στοιχείο των μεθόδων αυτών. Η μέση κατάταξη βασίζεται στο μέσο όρο των κατατάξεων του κάθε τύπου μονάδας στις μεθόδους AHP, PROMETHEE και ELECTRE. Για την μέθοδο PROMETHEE χρησιμοποιείται η κατάταξη που προκύπτει από το μέσο όρο των

έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων για κάθε σενάριο. Αντίστοιχα για την μέθοδο ELECTRE χρησιμοποιείται η μέση κατάταξη που προκύπτει από τις περιπτώσεις χρήσης των δύο τιμών κατωφλίου απόρριψης καθώς και της περίπτωσης μη χρήσης τιμής κατωφλίου σε κάθε σενάριο.

Για την λήψη της τελικής απόφασης από τον λήπτη ή τους λήπτες αποφάσεων απαιτείται η συγκριτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων με βάση τις μεθόδους AHP, PROMETHEE και ELECTRE σε συνδυασμό με την τελική μέση κατάταξη. Η παρουσίαση αυτή μπορεί να γίνει είτε σε επίπεδο σεναρίου, είτε σε επίπεδο τύπου ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας.

Η συγκριτική αξιολόγηση των κατατάξεων ανά σενάριο αντιπαραθέτει την ιεράρχηση και των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων, με βάση τις μεθόδους AHP, PROMETHEE και ELECTRE σε συνδυασμό με την τελική μέση κατάταξη, σε κάθε σενάριο.

7.3.1 Σενάριο αναφοράς

Η κατάταξη κάθε τύπου μονάδας στις μεθόδους AHP, PROMETHEE και ELECTRE, ο μέσος όρος των κατατάξεων και η τελική μέση κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με βάση το σενάριο αναφοράς, παρουσιάζονται στο Πίνακα 7-1.

Πίνακας 7-1

Επιμέρους κατατάξεις και τελική μέση κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων στο σενάριο αναφοράς

Τύπος Μονάδας	Κατάταξη με βάση τη μέθοδο AHP	Κατάταξη με βάση τη μέθοδο PROMETHEE	Κατάταξη με βάση τη μέθοδο ELECTRE	Μέσος όρος κατατάξεων	Τελική μέση κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	10	10	10	10,00	10
Πετρελαίου	9	9	9	9,00	9
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	8	7	8	7,67	8
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	6	4	2	4,00	4
Πυρηνική	7	8	4	6,33	7
Υδροηλεκτρική	5	6	7	6,00	6
Αιολική	3	2	1	2,00	2
Φωτοβολταϊκή	4	3	4	3,67	3
Βιομάζας	2	5	6	4,33	5
Γεωθερμική	1	1	2	1,33	1

Οι γεωθερμικές μονάδες είναι στην κορυφή της τελικής μέσης κατάταξης που προκύπτει από τη σύνθεση των μεθόδων AHP, PROMETHEE και ELECTRE στο σενάριο αναφοράς. Δεύτερες είναι οι αιολικές μονάδες που κατατάσσονται από την πρώτη έως

την τρίτη θέση στις τρεις μεθόδους. Στην τρίτη θέση είναι οι φωτοβολταϊκές μονάδες με σταθερότητα στις επιμέρους κατατάξεις και στην τέταρτη οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο με αρκετά μεγάλη διακύμανση των θέσεων που καταλαμβάνουν στις μεθόδους AHP, PROMETHEE και ELECTRE. Πέμπτες είναι οι μονάδες βιομάζας και ακολουθούν στην έκτη θέση οι υδροηλεκτρικές μονάδες με μεγάλη σταθερότητα στις κατατάξεις τους. Οι πυρηνικές μονάδες, οι οποίες καταλαμβάνουν από την τέταρτη έως την όγδοη θέση στις τρεις μεθόδους, κατατάσσονται έβδομες στην τελική μέση κατάταξη. Όγδοες είναι οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο, οι οποίες καταλαμβάνουν ανάλογες θέσεις και στις τρεις μεθόδους. Οι μονάδες πετρελαίου είναι στην ένατη θέση όλων των κατατάξεων του σεναρίου αναφοράς. Ανάλογη είναι και η περίπτωση των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη, οι οποίες είναι σταθερά στην τελευταία θέση των ιεραρχήσεων στις μεθόδους AHP, PROMETHEE και ELECTRE και κατά συνέπεια και της τελικής μέσης κατάταξης.

Η συγκριτική παρουσίαση των κατατάξεων των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων στο σενάριο αναφοράς με βάση τις μεθόδους AHP, PROMETHEE και ELECTRE και της τελικής μέσης κατάταξης, απεικονίζεται στο Σχήμα 7-2.

Στο σενάριο αναφοράς το βασικότερο συμπέρασμα είναι η υπεροχή στην πλειοψηφία των περιπτώσεων των πέντε τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων που βασίζονται σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, είτε πρόκειται για αξιολόγηση με βάση τις τρεις πολυκριτηριακές μεθόδους AHP, PROMETHEE και ELECTRE, είτε για την τελική μέση κατάταξη. Οι γεωθερμικές μονάδες είναι στην πρώτη θέση της τελικής μέσης κατάταξης και ακολουθούν οι μονάδες βιομάζας, ενώ οι δύο αυτοί τύποι μονάδων βρίσκονται στις πρώτες θέσεις και των επιμέρους κατατάξεων στις τρεις πολυκριτηριακές μεθόδους. Ανάλογη σταθερότητα παρουσιάζουν και οι φωτοβολταϊκές μονάδες που κατατάσσονται τρίτες στην τελική μέση κατάταξη.

Οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο είναι οι μόνες που καταφέρνουν να «διασπάσουν» την πεντάδα των μονάδων των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, καταλαμβάνοντας την τέταρτη θέση στην τελική μέση κατάταξη, ξεπερνώντας τις μονάδες βιομάζας και τις υδροηλεκτρικές μονάδες, οι οποίες βρίσκονται στην πέμπτη και έκτη θέση αντίστοιχα. Οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο παρουσιάζουν σημαντική διακύμανση θέσεων, αφού είναι έκτης στην μέθοδο AHP, τέταρτες στην μέθοδο PROMETHEE και δεύτερες στην μέθοδο ELECTRE. Στην έβδομη θέση της τελικής μέσης κατάταξης είναι οι πυρηνικές μονάδες που παρουσιάζουν ανάλογη ιεράρχηση στις μεθόδους AHP, PROMETHEE, ενώ βρίσκονται στην τέταρτη θέση με βάση την μέθοδο ELECTRE.

Στις τρεις τελευταίες θέσεις της τελικής μέσης κατάταξης του σεναρίου αναφοράς είναι οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο οι οποίες βρίσκονται στην όγδοη θέση, οι μονάδες πετρελαίου οι οποίες καταλαμβάνουν την ένατη θέση και οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη που κατατάσσονται τελευταίες. Οι τρεις αυτοί τύποι ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων εμφανίζουν ανάλογη ιεράρχηση και στις τρεις πολυκριτηριακές μεθόδους.

7.3.2 Σενάριο 1

Η κατάταξη κάθε τύπου μονάδας στις μεθόδους AHP, PROMETHEE και ELECTRE, ο μέσος όρος των κατατάξεων και η τελική μέση κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με βάση το σενάριο 1, παρουσιάζονται στο Πίνακα 7-2.

Πίνακας 7-2

Επιμέρους κατατάξεις και τελική μέση κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων στο σενάριο 1

Τύπος Μονάδας	Κατάταξη με βάση τη μέθοδο AHP	Κατάταξη με βάση τη μέθοδο PROMETHEE	Κατάταξη με βάση τη μέθοδο ELECTRE	Μέσος όρος κατατάξεων	Τελική μέση κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	10	9	10	9,67	10
Πετρελαίου	9	8	8	8,33	9
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	7	6	9	7,33	7
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	4	1	1	2,00	1
Πυρηνική	6	4	3	4,33	4
Υδροηλεκτρική	5	5	5	5,00	5
Αιολική	3	3	2	2,67	3
Φωτοβολταϊκή	8	10	6	8,00	8
Βιομάζας	2	7	7	5,33	6
Γεωθερμική	1	2	3	2,00	1

Στο σενάριο 1, στο οποίο τα τρία βασικά κριτήρια θεωρούνται εξίσου σημαντικά, την πρώτη θέση της τελικής μέσης κατάταξης μοιράζονται δύο τύποι ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων, οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο και οι γεωθερμικές μονάδες. Στην τρίτη θέση ακολουθούν οι αιολικές μονάδες, ενώ τέταρτες κατατάσσονται οι πυρηνικές μονάδες. Στην πέμπτη θέση όλων των επιμέρους κατατάξεων και της τελικής μέσης κατάταξης βρίσκονται οι υδροηλεκτρικές μονάδες. Έκτες είναι οι μονάδες βιομάζας και έβδομες κατατάσσονται οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο. Οι φωτοβολταϊκές μονάδες βρίσκονται στην όγδοη θέση και είναι οι χειρότερες από την ομάδα των μονάδων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όσον αφορά την κατάταξη στο σενάριο 1. Στις δύο τελευταίες θέσεις κατατάσσονται, όπως και στο σενάριο αναφοράς, οι μονάδες πετρελαίου και οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη αντίστοιχα.

Η συγκριτική παρουσίαση των κατατάξεων των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων στο σενάριο 1 με βάση τις μεθόδους AHP, PROMETHEE και ELECTRE και της τελικής μέσης κατάταξης, απεικονίζεται στο Σχήμα 7-3.

Στο σενάριο 1, στο οποίο υπάρχει ισοκατανομή της βαρύτητας στα τρία βασικά κριτήρια, δύο τύποι μονάδων με βασικές διαφορές μοιράζονται την πρώτη θέση της τελικής μέσης κατάταξης. Πρόκειται για τις μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο

και τις γεωθερμικές μονάδες. Οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο είναι πρώτες στις δύο μεθόδους υπεροχής PROMETHEE και ELECTRE και τέταρτες στην μέθοδο AHP, ενώ οι πυρηνικές μονάδες κατατάσσονται από την πρώτη έως την τρίτη θέση στις τρεις πολυκριτηριακές μεθόδους.

Τρίτες είναι οι αιολικές μονάδες με σχετική σταθερότητα σε όλες τις κατατάξεις και τέταρτες οι πυρηνικές μονάδες, οι οποίες καταλαμβάνουν από την τρίτη έως την έκτη θέση στις επιμέρους πολυκριτηριακές μεθόδους. Πέμπτες σε όλες τις κατατάξεις είναι οι υδροηλεκτρικές μονάδες. Οι μονάδες βιομάζας οι οποίες κατατάσσονται στην έκτη θέση της τελικής μέσης κατάταξης του σεναρίου 1, είναι στην δεύτερη θέση της ιεράρχησης με βάση τη μέθοδο AHP και στην έβδομη θέση στις δύο μεθόδους υπεροχής.

Στην έβδομη θέση της τελικής μέσης κατάταξης είναι οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο και στην όγδοη οι φωτοβολταϊκές μονάδες, με επιμέρους ιεραρχήσεις μεταξύ της έκτης και ένατης θέσης για τις πρώτες και μεταξύ της έκτης και της δέκατης θέσης για τις δεύτερες. Στις τελευταίες δύο θέσεις της κατάταξης για το σενάριο 1 βρίσκονται οι μονάδες πετρελαίου και οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη αντίστοιχα, με ανάλογες ιεραρχήσεις στις τρεις πολυκριτηριακές μεθόδους.

7.3.3 Σενάριο 2

Η κατάταξη κάθε τύπου μονάδας στις μεθόδους AHP, PROMETHEE και ELECTRE, ο μέσος όρος των κατατάξεων και η τελική μέση κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με βάση το σενάριο 2, παρουσιάζονται στο Πίνακα 7-3.

Πίνακας 7-3

Επιμέρους κατατάξεις και τελική μέση κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων στο σενάριο 2

Τύπος Μονάδας	Κατάταξη με βάση τη μέθοδο AHP	Κατάταξη με βάση τη μέθοδο PROMETHEE	Κατάταξη με βάση τη μέθοδο ELECTRE	Μέσος όρος κατατάξεων	Τελική μέση κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	10	10	10	10,00	10
Πετρελαίου	9	9	9	9,00	9
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	7	7	8	7,33	7
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	6	6	4	5,33	5
Πυρηνική	8	8	6	7,33	7
Υδροηλεκτρική	5	5	7	5,67	6
Αιολική	4	3	2	3,00	3
Φωτοβολταϊκή	1	1	3	1,67	1
Βιομάζας	3	4	5	4,00	4
Γεωθερμική	2	2	1	1,67	1

Στο σενάριο 2, όπου απόλυτη προτεραιότητα έχει το βιοτικό επίπεδο, την πρώτη θέση της τελικής μέσης κατάταξης καταλαμβάνουν οι φωτοβολταϊκές μαζί με τις γεωθερμικές μονάδες. Τρίτες είναι οι αιολικές μονάδες και ακολουθούν στην τέταρτη θέση οι μονάδες βιομάζας, αποδεικνύοντας ότι τέσσερις από τις πέντε μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας βρίσκονται στην κορυφή της τελικής μέσης κατάταξης όταν δίνεται απόλυτη προτεραιότητα στο βιοτικό επίπεδο. Την πέμπτη θέση της κατάταξης καταλαμβάνουν οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο και την έκτη οι υδροηλεκτρικές μονάδες. Την έβδομη θέση μοιράζονται δύο τύποι ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων, οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο και οι πυρηνικές μονάδες. Στην ένατη θέση όλων των επιμέρους κατατάξεων και της τελικής μέσης κατάταξης βρίσκονται οι μονάδες πετρελαίου. Οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη καταλαμβάνουν την δέκατη θέση σε όλες τις μεθόδους και στην τελική μέση κατάταξη και στο σενάριο 2, όπως και στα δύο προηγούμενα σενάρια.

Η συγκριτική παρουσίαση των κατατάξεων των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων στο σενάριο 2 με βάση τις μεθόδους AHP, PROMETHEE και ELECTRE και της τελικής μέσης κατάταξης, απεικονίζεται στο Σχήμα 7-4.

Στο σενάριο 2, με μοναδική προτεραιότητα το βιοτικό επίπεδο, οι φωτοβολταϊκές και οι γεωθερμικές μονάδες μοιράζονται την πρώτη θέση της τελικής μέσης κατάταξης. Οι φωτοβολταϊκές μονάδες είναι πρώτες στην μέθοδο AHP και PROMETHEE, ενώ καταλαμβάνουν την τρίτη θέση στη μέθοδο ELECTRE. Αντίθετα οι γεωθερμικές μονάδες είναι δεύτερες στις δύο πρώτες μεθόδους και πρώτες στην μέθοδο ELECTRE.

Την τρίτη και τέταρτη θέση στο σενάριο 2 καταλαμβάνουν άλλες δύο μονάδες που βασίζονται σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Πρόκειται για τις αιολικές μονάδες και τις μονάδες βιομάζας, οι οποίες εμφανίζουν σχετική σταθερότητα και στις τρεις επιμέρους ιεραρχήσεις τους στις πολυκριτηριακές μεθόδους. Πέμπτες είναι οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο, οι οποίες είναι δύο φορές έκτες και μία φορά τέταρτες στις επιμέρους μεθόδους. Ανάλογη είναι και η εικόνα των υδροηλεκτρικών μονάδων που βρίσκονται στην έκτη θέση και ιεραρχούνται δύο φορές στην πέμπτη θέση και μία φορά στην έβδομη θέση των τριών πολυκριτηριακών μεθόδων.

Την έβδομη θέση μοιράζονται οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο και οι πυρηνικές μονάδες. Οι πρώτες είναι δύο φορές έβδομες και μία φορά όγδοες και οι δεύτερες είναι δύο φορές όγδοες και μία φορά έκτες. Αντίθετα οι μονάδες πετρελαίου είναι σε όλες τις επιμέρους κατατάξεις καθώς και στην τελική μέση κατάταξη στην ένατη θέση ενώ οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη είναι σε όλες τις κατατάξεις στην δέκατη θέση.

7.3.4 Σενάριο 3

Η κατάταξη κάθε τύπου μονάδας στις μεθόδους AHP, PROMETHEE και ELECTRE, ο μέσος όρος των κατατάξεων και η τελική μέση κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με βάση το σενάριο 3, παρουσιάζονται στο Πίνακα 7-4.

Οι γεωθερμικές μονάδες είναι στην πρώτη θέση της τελικής μέσης κατάταξης του σεναρίου 3, αφού είναι πρώτες και στις τρεις επιμέρους κατατάξεις με τις μεθόδους AHP, PROMETHEE και ELECTRE. Στην δεύτερη θέση ακολουθούν οι αιολικές μονάδες και στην τρίτη οι μονάδες βιομάζας, οι οποίες κατατάσσονται από την δεύτερη έως την πέμπτη θέση στις τρεις επιμέρους μεθόδους. Τέταρτες είναι οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο και πέμπτες οι φωτοβολταϊκές μονάδες με σχετική σταθερότητα σε όλες τις ιεραρχήσεις. Στην έκτη θέση της τελικής μέσης κατάταξης του σεναρίου 3 είναι οι πυρηνικές μονάδες οι οποίες βρίσκονται στη πρώτη θέση της ιεράρχησης με βάση την μέθοδο ELECTRE και στην έβδομη θέση των κατατάξεων με βάση τις μεθόδους AHP και PROMETHEE. Έβδομες είναι οι υδροηλεκτρικές μονάδες και ακολουθούν στην όγδοη θέση οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο. Στην ένατη θέση κατατάσσονται οι μονάδες πετρελαίου και στην δέκατη οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι μονάδες που καταλαμβάνουν τις τρεις τελευταίες θέσεις στο σενάριο 3, έχουν τις ίδιες θέσεις στην τελική μέση κατάταξη και στις ιεραρχήσεις με βάση τις μεθόδους AHP, PROMETHEE και ELECTRE

Πίνακας 7-4

Επιμέρους κατατάξεις και τελική μέση κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων στο σενάριο 3

Τύπος Μονάδας	Κατάταξη με βάση τη μέθοδο AHP	Κατάταξη με βάση τη μέθοδο PROMETHEE	Κατάταξη με βάση τη μέθοδο ELECTRE	Μέσος όρος κατατάξεων	Τελική μέση κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	10	10	10	10,00	10
Πετρελαίου	9	9	9	9,00	9
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	8	8	8	8,00	8
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	6	3	4	4,33	4
Πυρηνική	7	7	1	5,00	6
Υδροηλεκτρική	5	6	7	6,00	7
Αιολική	3	2	1	2,00	2
Φωτοβολταϊκή	4	4	5	4,33	5
Βιομάζας	2	5	5	4,00	3
Γεωθερμική	1	1	1	1,00	1

Η συγκριτική παρουσίαση των κατατάξεων των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων στο σενάριο 3 με βάση τις μεθόδους AHP, PROMETHEE και ELECTRE και της τελικής μέσης κατάταξης, απεικονίζεται στο Σχήμα 7-5.

Στο σενάριο 3, τόσο στις επιμέρους κατατάξεις των πολυκριτηριακών μεθόδων, όσο και στην τελική μέση κατάταξη, πρώτες είναι οι γεωθερμικές μονάδες. Ακολουθούν στην δεύτερη θέση της τελικής μέσης κατάταξης οι αιολικές μονάδες, με ιεραρχήσεις μεταξύ της πρώτης και της τρίτης θέσης στις μεθόδους AHP, PROMETHEE και ELECTRE. Τρίτες είναι οι μονάδες βιομάζας, οι οποίες κατατάσσονται δεύτερες στην AHP και πέμπτες στις δύο μεθόδους υπεροχής.

Τέταρτες στην τελική μέση κατάταξη του σεναρίου 3 είναι οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο που εμφανίζουν καλύτερη αξιολόγηση στις δύο μεθόδους υπεροχής. Αντίθετα οι φωτοβολταϊκές μονάδες που βρίσκονται στην πέμπτη θέση της τελικής μέσης κατάταξης, εμφανίζουν σταθερότητα και στις ιεραρχήσεις τους στις τρεις πολυκριτηριακές μεθόδους. Οι πυρηνικές μονάδες κατατάσσονται έκτης στην τελική μέση κατάταξη, αν και εμφανίζουν εντυπωσιακή διαφοροποίηση μεταξύ των τριών πολυκριτηριακών μεθόδων. Πιο συγκεκριμένα είναι έβδομες με βάση την AHP και την PROMETHEE και πρώτες με βάση την ELECTRE.

Οι υδροηλεκτρικές μονάδες είναι έβδομες στην τελική μέση κατάταξη με σχετική σταθερότητα μεταξύ της πέμπτης και της έβδομης θέσης στις τρεις επιμέρους μεθόδους. Οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο είναι στην όγδοη θέση σε όλες τις κατατάξεις, όπως και οι μονάδες πετρελαίου που είναι πάντα στην ένατη θέση. Τέλος στην τελευταία θέση των τριών πολυκριτηριακών μεθόδων και της τελικής μέσης κατάταξης του σεναρίου 3 είναι οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη.

7.3.5 Σενάριο 4

Η κατάταξη κάθε τύπου μονάδας στις μεθόδους AHP, PROMETHEE και ELECTRE, ο μέσος όρος των κατατάξεων και η τελική μέση κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με βάση το σενάριο 4, παρουσιάζονται στο Πίνακα 7-5.

Στην τελική μέση κατάταξη του σεναρίου 4, πρώτες κατατάσσονται οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο και ακολουθούν στην δεύτερη θέση οι πυρηνικές μονάδες. Οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο είναι δύο φορές πρώτες και μία φορά δεύτερες στις επιμέρους μεθόδους αξιολόγησης, ενώ οι πυρηνικές μονάδες είναι μία φορά πρώτες και δύο φορές δεύτερες. Τρίτες είναι οι γεωθερμικές μονάδες και τέταρτες οι υδροηλεκτρικές μονάδες. Στην πέμπτη θέση της τελικής μέσης κατάταξης του σεναρίου 4 κατατάσσονται οι μονάδες βιομάζας, εμφανίζοντας μεγάλη διακύμανση από την τρίτη έως την όγδοη θέση στις ιεραρχήσεις με βάση τις μεθόδους AHP, PROMETHEE και ELECTRE. Οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη, οι οποίες σε όλα τα προηγούμενα σενάρια ήταν στην δέκατη θέση, βρίσκονται στην έκτη θέση της τελικής μέσης κατάταξης του σεναρίου 4. Έβδομες είναι οι αιολικές μονάδες και όγδοες οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο. Στην ένατη θέση κατατάσσονται οι μονάδες πετρελαίου, ενώ για πρώτη φορά οι φωτοβολταϊκές μονάδες καταλαμβάνουν την τελευταία θέση της τελικής μέσης κατάταξης.

Πίνακας 7-5

Επιμέρους κατατάξεις και τελική μέση κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων στο σενάριο 4

Τύπος Μονάδας	Κατάταξη με βάση τη μέθοδο AHP	Κατάταξη με βάση τη μέθοδο PROMETHEE	Κατάταξη με βάση τη μέθοδο ELECTRE	Μέσος όρος κατατάξεων	Τελική μέση κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	6	6	8	6,67	6
Πετρελαίου	9	7	10	8,67	9
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	7	5	9	7,00	8
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	1	1	2	1,33	1
Πυρηνική	2	2	1	1,67	2
Υδροηλεκτρική	5	3	5	4,33	4
Αιολική	8	9	3	6,67	7
Φωτοβολταϊκή	10	10	7	9,00	10
Βιομάζας	3	8	6	5,67	5
Γεωθερμική	4	4	4	4,00	3

Η συγκριτική παρουσίαση των κατατάξεων των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων στο σενάριο 4 με βάση τις μεθόδους AHP, PROMETHEE και ELECTRE και της τελικής μέσης κατάταξης, απεικονίζεται στο Σχήμα 7-6.

Στην πρώτη θέση της τελικής μέσης κατάταξης του σεναρίου 4 κατατάσσονται οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο, ενώ την ίδια θέση έχουν και στις μεθόδους AHP και PROMETHEE. Δεύτερες στην τελική μέση κατάταξη και στις μεθόδους AHP και PROMETHEE είναι οι πυρηνικές μονάδες, οι οποίες καταλαμβάνουν την πρώτη θέση στη μέθοδο ELECTRE. Τρίτες στην τελική μέση κατάταξη και τέταρτες σε όλες τις πολυκριτηριακές μεθόδους είναι οι γεωθερμικές μονάδες.

Στην τέταρτη θέση της τελικής μέσης κατάταξης του σεναρίου 4 βρίσκονται οι υδροηλεκτρικές μονάδες με σχετική σταθερότητα στις επιμέρους ιεραρχήσεις. Αντίθετα οι μονάδες βιομάζας ιεραρχούνται πέμπτες στην τελική μέση κατάταξη, τρίτες στην μέθοδο AHP ενώ είναι όγδοες και έκτες στις δύο μεθόδους υπεροχής. Έκτες στην τελική μέση κατάταξη είναι οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη με παρόμοιες επιμέρους ιεραρχήσεις.

Μεγάλη διαφοροποίηση από την τρίτη έως την ένατη θέση παρουσιάζουν οι αιολικές μονάδες στις επιμέρους κατατάξεις τους, ενώ είναι έβδομες στην τελική μέση κατάταξη. Οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο και οι μονάδες πετρελαίου, οι οποίες είναι στην όγδοη και ένατη θέση αντίστοιχα της τελικής μέσης κατάταξης, παρουσιάζουν τις καλύτερες ιεραρχήσεις τους στην μέθοδο PROMETHEE και τις χειρότερες στην μέθοδο ELECTRE. Αυτό αποδεικνύει ότι το είδος της μεθόδου, αν πρόκειται δηλαδή για συμβιβαστική μέθοδο ή μέθοδο υπεροχής, δεν καθορίζει κατ' ανάγκη συγκεκριμένη τάση ιεράρχησης κάποιας μονάδας, αφού οι δύο μέθοδοι υπεροχής έχουν στην συγκεκριμένη περίπτωση εκ διαμέτρου αντίθετες κατατάξεις. Στην τελευταία

θέση της κατάταξης του σεναρίου 4 βρίσκονται οι φωτοβολταϊκές μονάδες με βάση τις μεθόδους AHP, PROMETHEE και την τελική μέση κατάταξη, ενώ είναι έβδομες με βάση την μέθοδο ELECTRE.

7.3.6 Σενάριο 5

Η κατάταξη κάθε τύπου μονάδας στις μεθόδους AHP, PROMETHEE και ELECTRE, ο μέσος όρος των κατατάξεων και η τελική μέση κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με βάση το σενάριο 5, παρουσιάζονται στο Πίνακα 7-6.

Η τελική μέση κατάταξη του σεναρίου 5 φέρνει στην πρώτη θέση τις μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο και ακολουθούν στην δεύτερη θέση οι πυρηνικές μονάδες. Εντυπωσιακή άνοδο στο σενάριο 5 παρουσιάζουν οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη, οι οποίες για πρώτη φορά καταλαμβάνουν την τρίτη θέση, η οποία είναι και η καλύτερη θέση κατάταξής τους σε όλα τα σενάρια. Τέταρτες είναι οι υδροηλεκτρικές μονάδες και πέμπτες οι μονάδες πετρελαίου, οι οποίες για πρώτη φορά παύουν να είναι στις τελευταίες θέσεις της κατάταξης. Έκτες είναι οι μονάδες βιομάζας, ενώ την έβδομη θέση καταλαμβάνουν οι γεωθερμικές μονάδες, οι οποίες στα προηγούμενα σενάρια ήταν στις πρώτες θέσεις της κατάταξης. Στην όγδοη θέση βρίσκονται οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο και ακολουθούν στην προτελευταία θέση οι αιολικές μονάδες. Τελευταίες σε όλες τις επιμέρους κατατάξεις και στην τελική μέση κατάταξη εμφανίζονται οι φωτοβολταϊκές μονάδες.

Πίνακας 7-6

Επιμέρους κατατάξεις και τελική μέση κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων στο σενάριο 5

Τύπος Μονάδας	Κατάταξη με βάση τη μέθοδο AHP	Κατάταξη με βάση τη μέθοδο PROMETHEE	Κατάταξη με βάση τη μέθοδο ELECTRE	Μέσος όρος κατατάξεων	Τελική μέση κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	3	3	3	3,00	3
Πετρελαίου	6	5	5	5,33	5
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	7	6	8	7,00	8
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	1	1	2	1,33	1
Πυρηνική	2	2	1	1,67	2
Υδροηλεκτρική	5	4	4	4,33	4
Αιολική	9	9	9	9,00	9
Φωτοβολταϊκή	10	10	10	10,00	10
Βιομάζας	4	8	7	6,33	6
Γεωθερμική	8	7	5	6,67	7

Η συγκριτική παρουσίαση των κατατάξεων των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων στο σενάριο 5 με βάση τις μεθόδους AHP, PROMETHEE και ELECTRE και της τελικής μέσης κατάταξης, απεικονίζεται στο Σχήμα 7-7.

Οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο και οι πυρηνικές μονάδες είναι στην πρώτη και δεύτερη θέση αντίστοιχα της τελικής μέσης κατάταξης του σεναρίου 5. Οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο είναι πρώτες στις μεθόδους AHP και PROMETHEE και δεύτερες στην μέθοδο ELECTRE, ενώ οι πυρηνικές μονάδες είναι δεύτερες στις δύο πρώτες μεθόδους και πρώτες στην μέθοδο ELECTRE. Τρίτες σε όλες τις κατατάξεις είναι οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη, ενώ οι υδροηλεκτρικές μονάδες είναι τέταρτες στην τελική μέση κατάταξη και στις δύο μεθόδους υπεροχής και πέμπτες στην συμβιβαστική μέθοδο AHP.

Πέμπτες στην τελική μέση κατάταξη και στις δύο μεθόδους υπεροχής είναι οι μονάδες πετρελαίου, οι οποίες βρίσκονται στην έκτη θέση της ιεράρχησης με βάση την AHP. Οι μονάδες βιομάζας κατατάσσονται έκτης στην τελική μέση κατάταξη, εμφανίζουν όμως μεγάλη διακύμανση στις επιμέρους κατατάξεις μεταξύ της τέταρτης και της όγδοης θέσης. Έβδομες στην τελική μέση κατάταξη του σεναρίου 5 είναι οι γεωθερμικές μονάδες, με καλύτερη επιμέρους κατάταξη εκείνη στην μέθοδο ELECTRE, στην οποία βρίσκονται στην πέμπτη θέση.

Όγδοες είναι οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο, οι οποίες εμφανίζουν σχετική σταθερότητα στις ιεραρχήσεις τους ως προς τις τρεις πολυκριτηριακές μεθόδους. Ένατες σε όλες τις κατατάξεις είναι οι αιολικές μονάδες. Το ίδιο συμπέρασμα ισχύει και για τις φωτοβολταϊκές μονάδες, οι οποίες είναι στην δέκατη θέση των επιμέρους ιεραρχήσεων των πολυκριτηριακών μεθόδων, καθώς και στην τελική μέση κατάταξη του σεναρίου 5.

7.3.7 Σενάριο 6

Η κατάταξη κάθε τύπου μονάδας στις μεθόδους AHP, PROMETHEE και ELECTRE, ο μέσος όρος των κατατάξεων και η τελική μέση κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με βάση το σενάριο 6, παρουσιάζονται στο Πίνακα 7-7.

Στο σενάριο 6, στο οποίο δίνεται σημαντική προτεραιότητα στους οικονομικούς παράγοντες και μέτρια βαρύτητα στα άλλα δύο βασικά κριτήρια, οι αιολικές μονάδες καταλαμβάνουν την πρώτη θέση και ακολουθούν οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο στη δεύτερη θέση. Οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο είναι δύο φορές πρώτες στις μεθόδους PROMETHEE και ELECTRE και μία φορά τέταρτες στην αξιολόγηση με βάση τη μέθοδο AHP. Τρίτες στην τελική μέση κατάταξη του σεναρίου 6 είναι οι γεωθερμικές μονάδες, ενώ την τέταρτη θέση καταλαμβάνουν οι πυρηνικές μονάδες. Στην πέμπτη θέση βρίσκονται οι υδροηλεκτρικές μονάδες και στην έκτη οι μονάδες βιομάζας. Έβδομες κατατάσσονται οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο και ακολουθούν στην όγδοη θέση οι μονάδες πετρελαίου. Προτελευταίες είναι οι φωτοβολταϊκές μονάδες που εμφανίζονται ως οι χειρότερες από την ομάδα των πέντε μονάδων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο σενάριο 6. Τελευταίες κατατάσσονται οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη.

Πίνακας 7-7

Επιμέρους κατατάξεις και τελική μέση κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων στο σενάριο 6

Τύπος Μονάδας	Κατάταξη με βάση τη μέθοδο AHP	Κατάταξη με βάση τη μέθοδο PROMETHEE	Κατάταξη με βάση τη μέθοδο ELECTRE	Μέσος όρος κατατάξεων	Τελική μέση κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	10	8	10	9,33	10
Πετρελαίου	8	7	8	7,67	8
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	7	5	9	7,00	7
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	4	1	1	2,00	2
Πυρηνική	3	4	3	3,33	4
Υδροηλεκτρική	5	6	6	5,67	5
Αιολική	1	2	1	1,33	1
Φωτοβολταϊκή	9	10	6	8,33	9
Βιομάζας	6	9	5	6,67	6
Γεωθερμική	2	3	4	3,00	3

Η συγκριτική παρουσίαση των κατατάξεων των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων στο σενάριο 6 με βάση τις μεθόδους AHP, PROMETHEE και ELECTRE και της τελικής μέσης κατάταξης, απεικονίζεται στο Σχήμα 7-8.

Στην πρώτη θέση της τελικής μέσης κατάταξης του σεναρίου 6 βρίσκονται οι αιολικές μονάδες, οι οποίες βρίσκονται στην κορυφή των ιεραρχήσεων των μεθόδων AHP και ELECTRE, ενώ είναι δεύτερες στην κατάταξη με βάση τη μέθοδο PROMETHEE. Στην δεύτερη θέση βρίσκονται οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο οι οποίες είναι πρώτες στις δύο μεθόδους υπεροχής και τέταρτες στην μέθοδο AHP. Την τρίτη και τέταρτη θέση της τελικής μέσης κατάταξης καταλαμβάνουν οι γεωθερμικές και οι πυρηνικές μονάδες. Οι επιμέρους διακυμάνσεις στις κατατάξεις των πολυκριτηριακών μεθόδων για τις γεωθερμικές μονάδες είναι μεταξύ της δεύτερης και τέταρτης θέσης ενώ για τις πυρηνικές μονάδες μεταξύ της τρίτης και τέταρτης θέσης.

Στην πέμπτη θέση της τελικής μέσης κατάταξης βρίσκονται οι υδροηλεκτρικές μονάδες, με σχετική σταθερότητα στις κατατάξεις των πολυκριτηριακών μεθόδων. Αντίθετα οι μονάδες βιομάζας οι οποίες κατατάσσονται έκτες, παρουσιάζουν μεγάλη διακύμανση μεταξύ της πέμπτης και της ένατης θέσης στις τρεις επιμέρους ιεραρχήσεις των πολυκριτηριακών μεθόδων. Την ίδια ακριβώς διακύμανση εμφανίζουν και οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο, οι οποίες τελικά καταλαμβάνουν την έβδομη θέση της τελικής μέσης κατάταξης.

Οι μονάδες πετρελαίου είναι όγδοες σε τρεις κατατάξεις, ενώ στην μέθοδο PROMETHEE καταλαμβάνουν την έβδομη θέση. Στην ένατη θέση της τελικής μέσης κατάταξης και της μεθόδου AHP βρίσκονται οι φωτοβολταϊκές μονάδες, οι οποίες στις δύο μεθόδους υπεροχής κατατάσσονται δέκατες και έκτες. Οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη

είναι στην τελευταία θέση σε όλες τις κατατάξεις εκτός από εκείνη με βάση τη μέθοδο PROMETHEE, στην οποία καταλαμβάνουν την όγδοη θέση.

7.3.8 Σενάριο 7

Η κατάταξη κάθε τύπου μονάδας στις μεθόδους AHP, PROMETHEE και ELECTRE, ο μέσος όρος των κατατάξεων και η τελική μέση κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων με βάση το σενάριο 7, παρουσιάζονται στο Πίνακα 7-8.

Πίνακας 7-8

Επιμέρους κατατάξεις και τελική μέση κατάταξη των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων στο σενάριο 7

Τύπος Μονάδας	Κατάταξη με βάση τη μέθοδο AHP	Κατάταξη με βάση τη μέθοδο PROMETHEE	Κατάταξη με βάση τη μέθοδο ELECTRE	Μέσος όρος κατατάξεων	Τελική μέση κατάταξη
Άνθρακα/Λιγνίτη	9	7	5	7,00	7
Πετρελαίου	7	6	5	6,00	6
Αεριοστροβίλου με καύσιμο φ.α.	5	4	8	5,67	5
Συνδ. Κύκλου με καύσιμο φ.α.	4	2	3	3,00	3
Πυρηνική	2	3	2	2,33	2
Υδροηλεκτρική	6	8	9	7,67	8
Αιολική	1	1	1	1,00	1
Φωτοβολταϊκή	10	9	7	8,67	9
Βιομάζας	8	10	10	9,33	10
Γεωθερμική	3	5	4	4,00	4

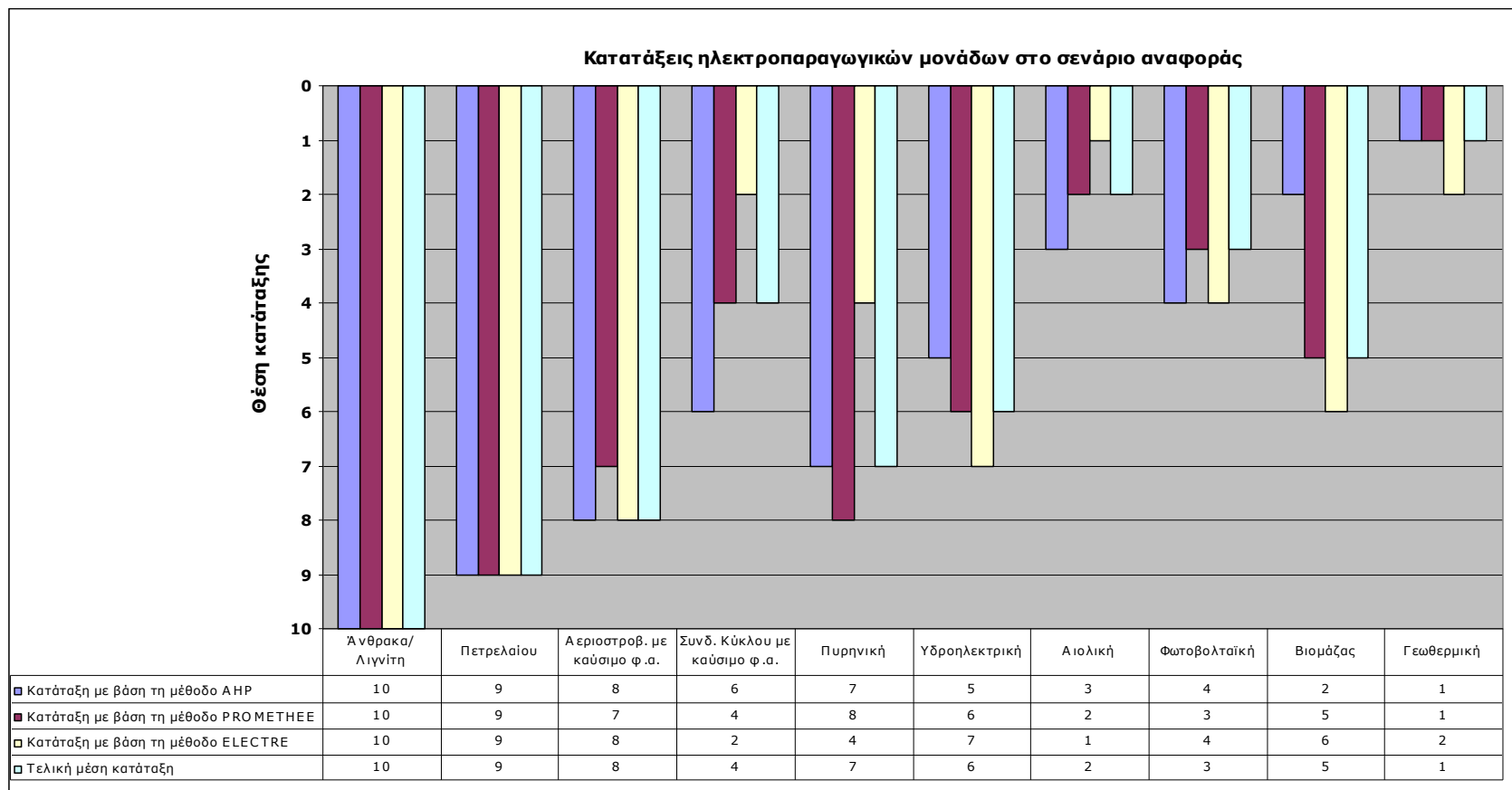
Οι αιολικές μονάδες είναι πρώτες στην τελική μέση κατάταξη και του σεναρίου 7, στο οποίο εξετάζονται μόνο οι οικονομικοί παράγοντες των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων, ενώ αγνοούνται οι πτυχές του βιοτικού επιπέδου και των τεχνολογικών παραγόντων. Δεύτερες κατατάσσονται οι πυρηνικές μονάδες, αποδεικνύοντας τα πολύ θετικά οικονομικά τους στοιχεία και ακολουθούν στην τρίτη θέση οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο. Στην τέταρτη θέση βρίσκονται οι γεωθερμικές μονάδες και στην πέμπτη οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο. Οι μονάδες πετρελαίου και οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη εμφανίζουν αρκετά καλά οικονομικά στοιχεία και καταλαμβάνουν την έκτη και έβδομη θέση της τελικής μέσης κατάταξης αντίστοιχα. Στις τρεις τελευταίες θέσεις κατατάσσονται τρεις από τους πέντε τύπους μονάδων που βασίζονται σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, αποδεικνύοντας την γενικότερη αδυναμία των μονάδων αυτών (με εξαίρεση τις αιολικές και γεωθερμικές μονάδες) στον οικονομικό τομέα. Πρόκειται για τις υδροηλεκτρικές μονάδες οι οποίες βρίσκονται στην όγδοη θέση, τις φωτοβολταϊκές μονάδες οι οποίες είναι στην ένατη θέση και τις μονάδες βιομάζας οι οποίες καταλαμβάνουν την τελευταία θέση της τελικής μέσης κατάταξης στο σενάριο 7.

Η συγκριτική παρουσίαση των κατατάξεων των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων στο σενάριο 7 με βάση τις μεθόδους AHP, PROMETHEE και ELECTRE και της τελικής μέσης κατάταξης, απεικονίζεται στο Σχήμα 7-9.

Στο σενάριο 7, στο οποίο δίνεται απόλυτη προτεραιότητα στους οικονομικούς παράγοντες, πρώτες σε όλες τις επιμέρους ιεραρχήσεις καθώς και στην τελική μέση κατάταξη είναι οι αιολικές μονάδες. Ακολουθούν στην δεύτερη θέση οι πυρηνικές μονάδες, οι οποίες μόνο στην μέθοδο PROMETHEE καταλαμβάνουν την τρίτη θέση. Στην τρίτη θέση της τελικής μέσης κατάταξης βρίσκονται οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο και στην τέταρτη οι γεωθερμικές μονάδες, ενώ η μέγιστη διαφορά στις κατατάξεις τους με βάση τις τρεις πολυκριτηριακές μεθόδους δεν υπερβαίνει τις δύο θέσεις.

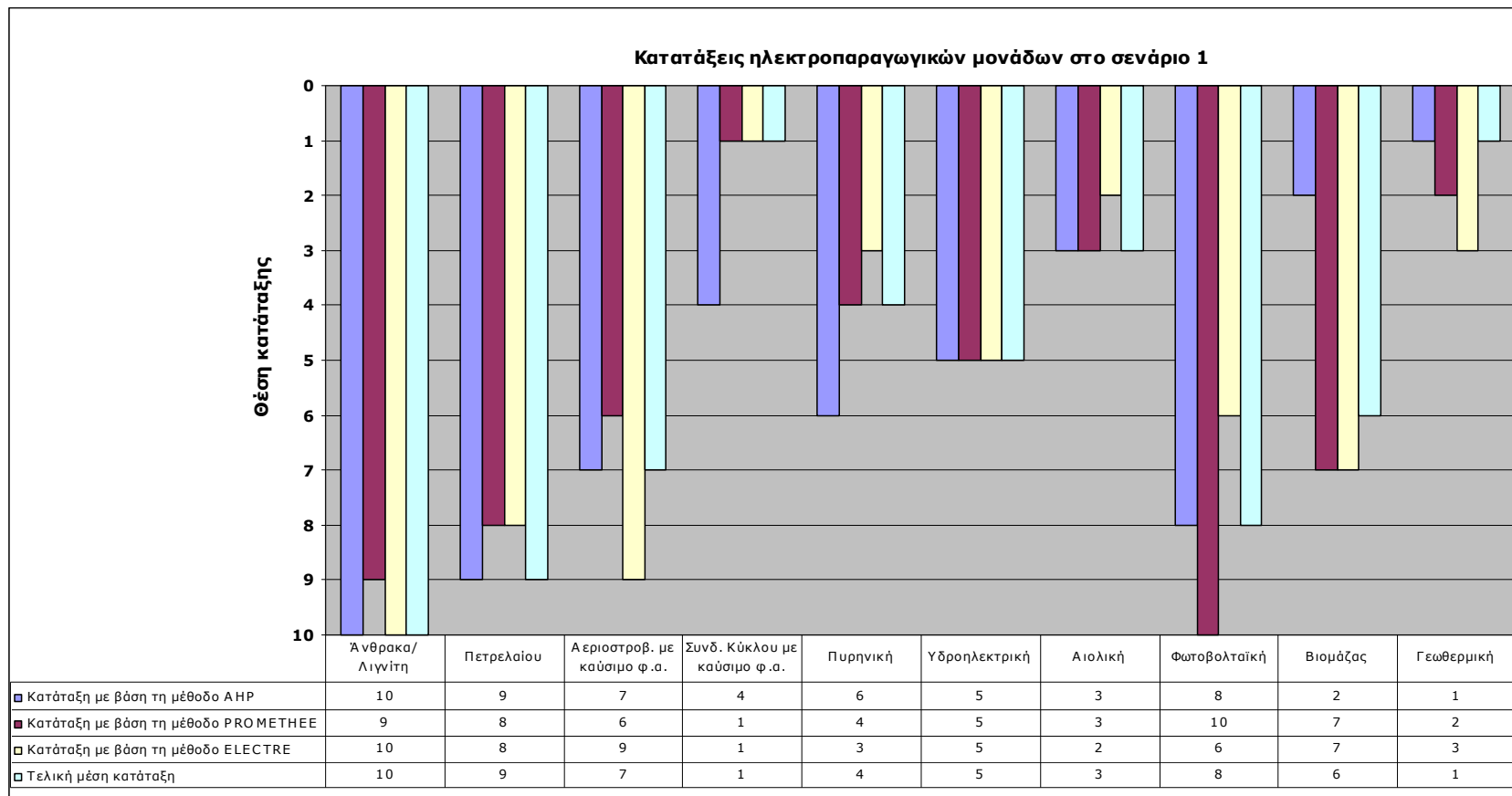
Πέμπτες στην τελική μέση κατάταξη του σεναρίου 7 είναι οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο, οι οποίες καταλαμβάνουν από την τέταρτη έως την όγδοη θέση στις μεθόδους AHP, PROMETHEE και ELECTRE. Οι μονάδες πετρελαίου είναι στην έκτη θέση, με επιμέρους κατατάξεις μεταξύ της πέμπτης και της έβδομης θέσης. Οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη βρίσκονται έβδομες στην τελική μέση κατάταξη και στην μέθοδο PROMETHEE, πέμπτες στην μέθοδο ELECTRE και ένατες με βάση την AHP.

Όγδοες στην τελική μέση κατάταξη είναι υδροηλεκτρικές μονάδες με παρόμοιες ιεραρχήσεις στις δύο μεθόδους υπεροχής, ενώ στην μέθοδο AHP καταλαμβάνουν την έκτη θέση. Οι φωτοβολταϊκές μονάδες βρίσκονται στην ένατη θέση της τελικής μέσης κατάταξης και της μεθόδου PROMETHEE, ενώ είναι δέκατες με βάση την AHP και έβδομες στην μέθοδο ELECTRE. Την τελευταία θέση της τελικής μέσης κατάταξης στο σενάριο 7 καταλαμβάνουν οι μονάδες βιομάζας, οι οποίες είναι επίσης στην δέκατη θέση των δύο μεθόδων υπεροχής, ενώ ελαφρώς καλύτερη είναι η κατάταξή τους στην AHP, στην οποία κατατάσσονται στην όγδοη θέση.



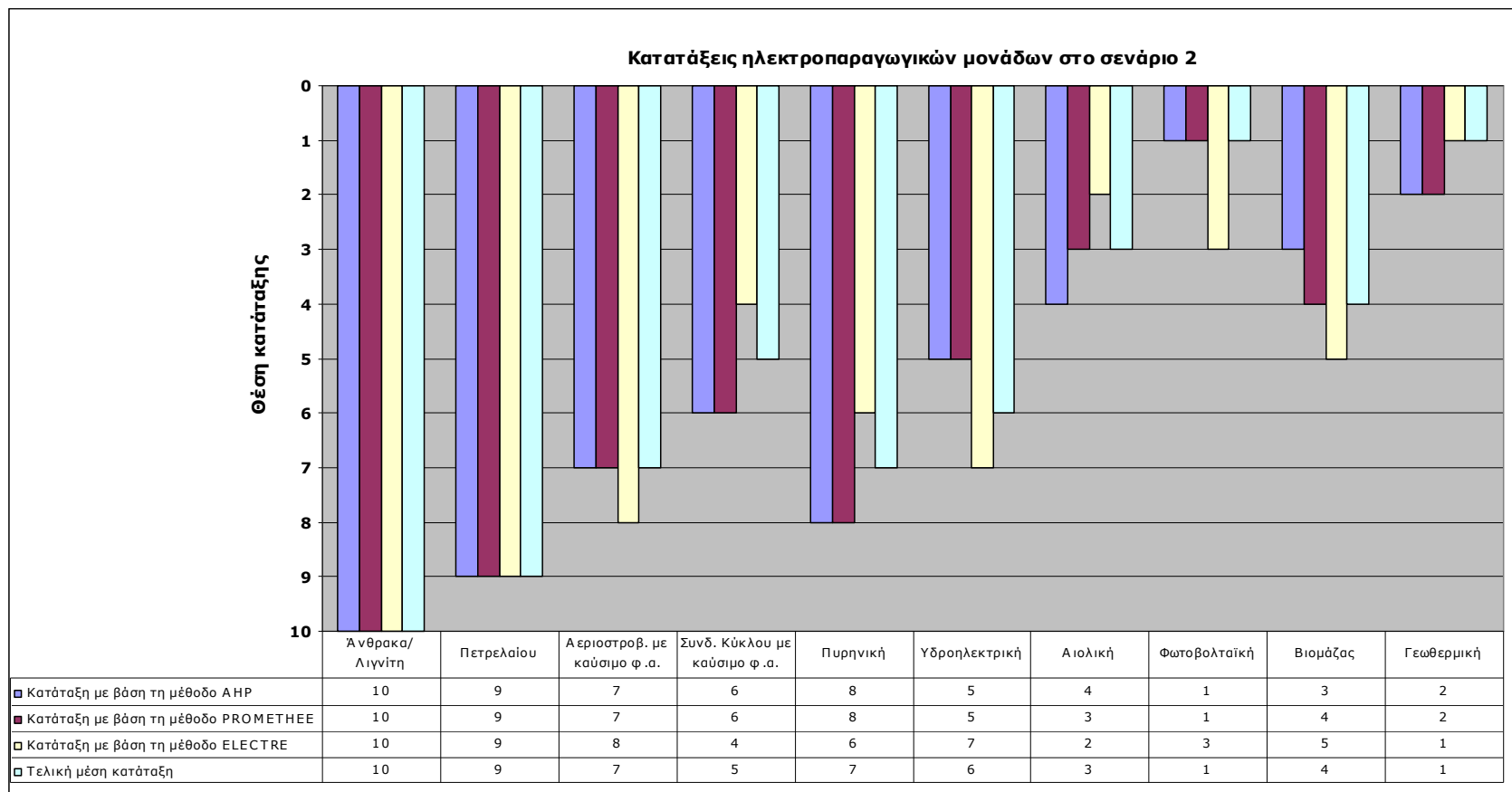
Σχήμα 7-2

Συγκριτική παρουσίαση των κατατάξεων των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων στο σενάριο αναφοράς με βάση τις μεθόδους AHP, PROMETHEE και ELECTRE και της τελικής μέσης κατάταξης



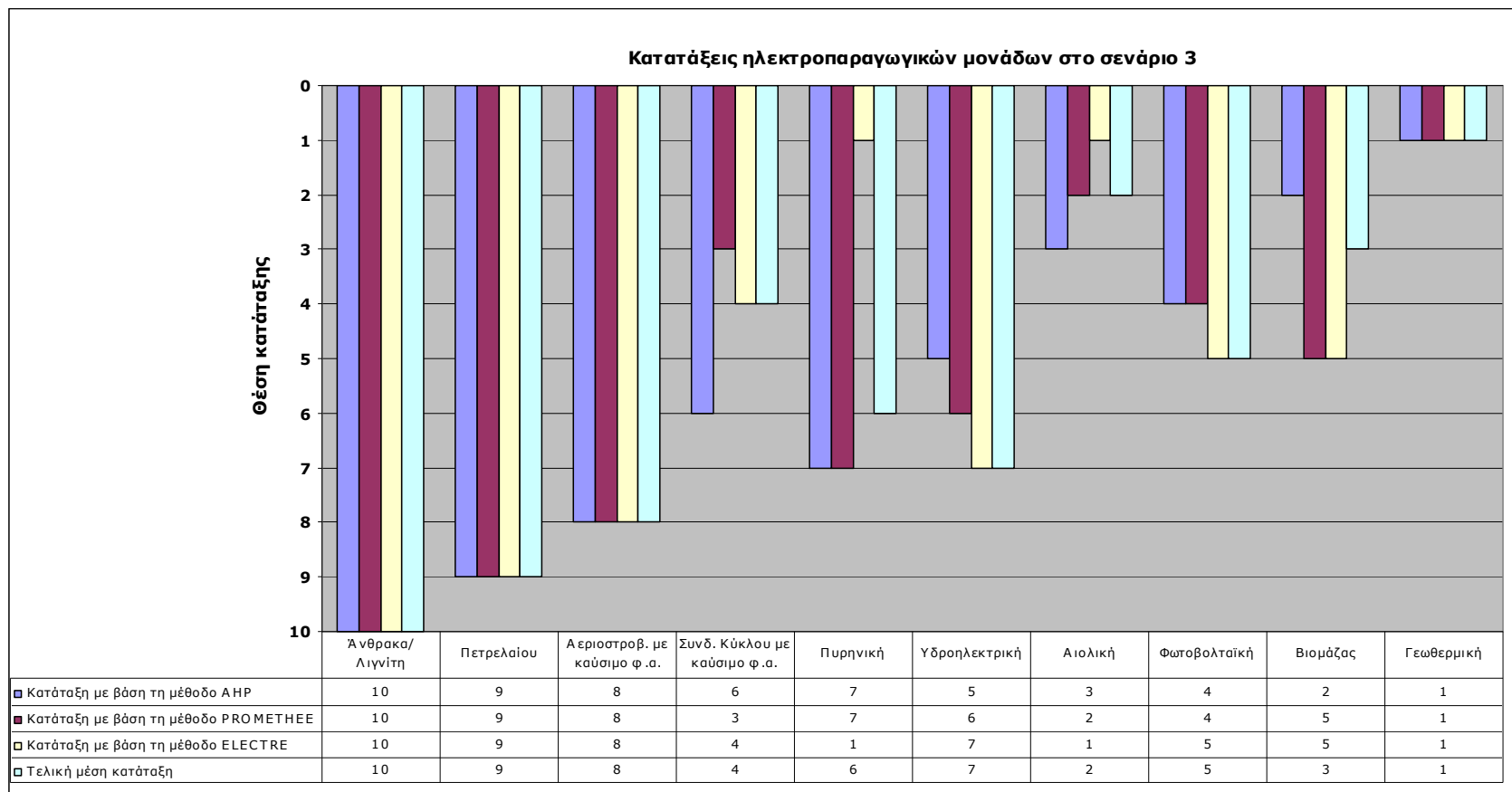
Σχήμα 7-3

Συγκριτική παρουσίαση των κατατάξεων των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων στο σενάριο 1 με βάση τις μεθόδους AHP, PROMETHEE και ELECTRE και της τελικής μέσης κατάταξης



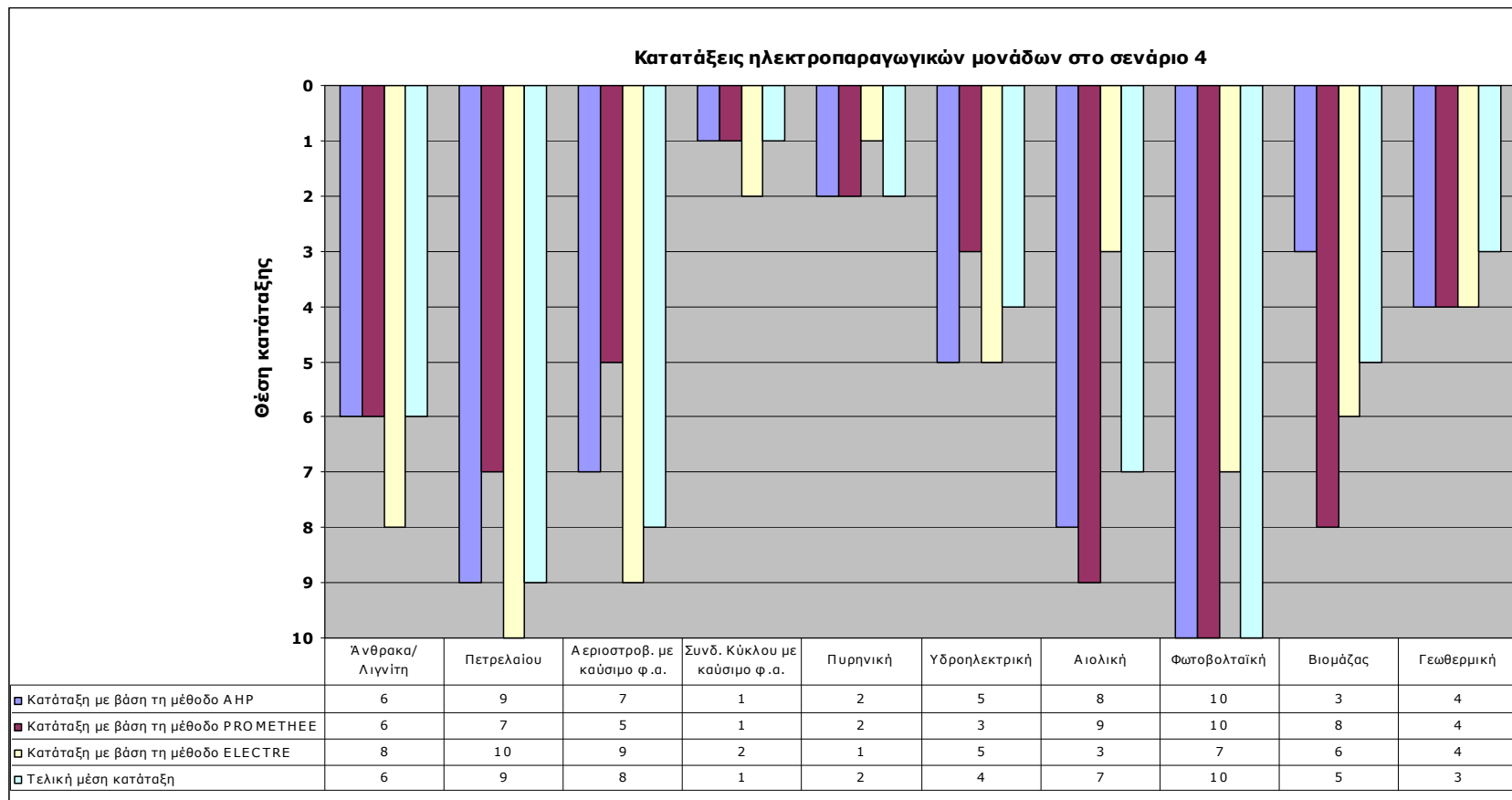
Σχήμα 7-4

Συγκριτική παρουσίαση των κατατάξεων των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων στο σενάριο 2 με βάση τις μεθόδους AHP, PROMETHEE και ELECTRE και της τελικής μέσης κατάταξης



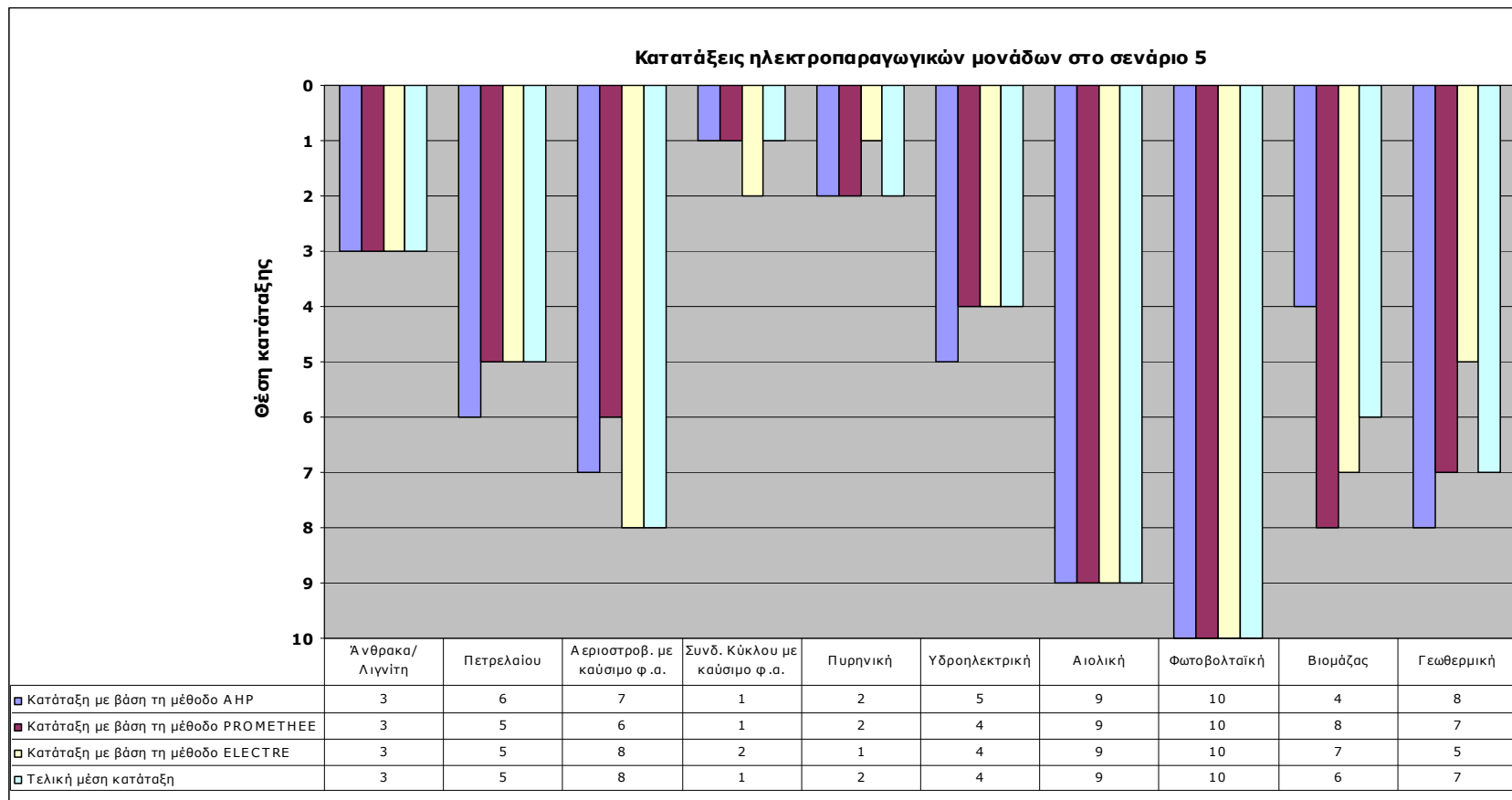
Σχήμα 7-5

Συγκριτική παρουσίαση των κατατάξεων των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων στο σενάριο 3 με βάση τις μεθόδους AHP, PROMETHEE και ELECTRE και της τελικής μέσης κατάταξης



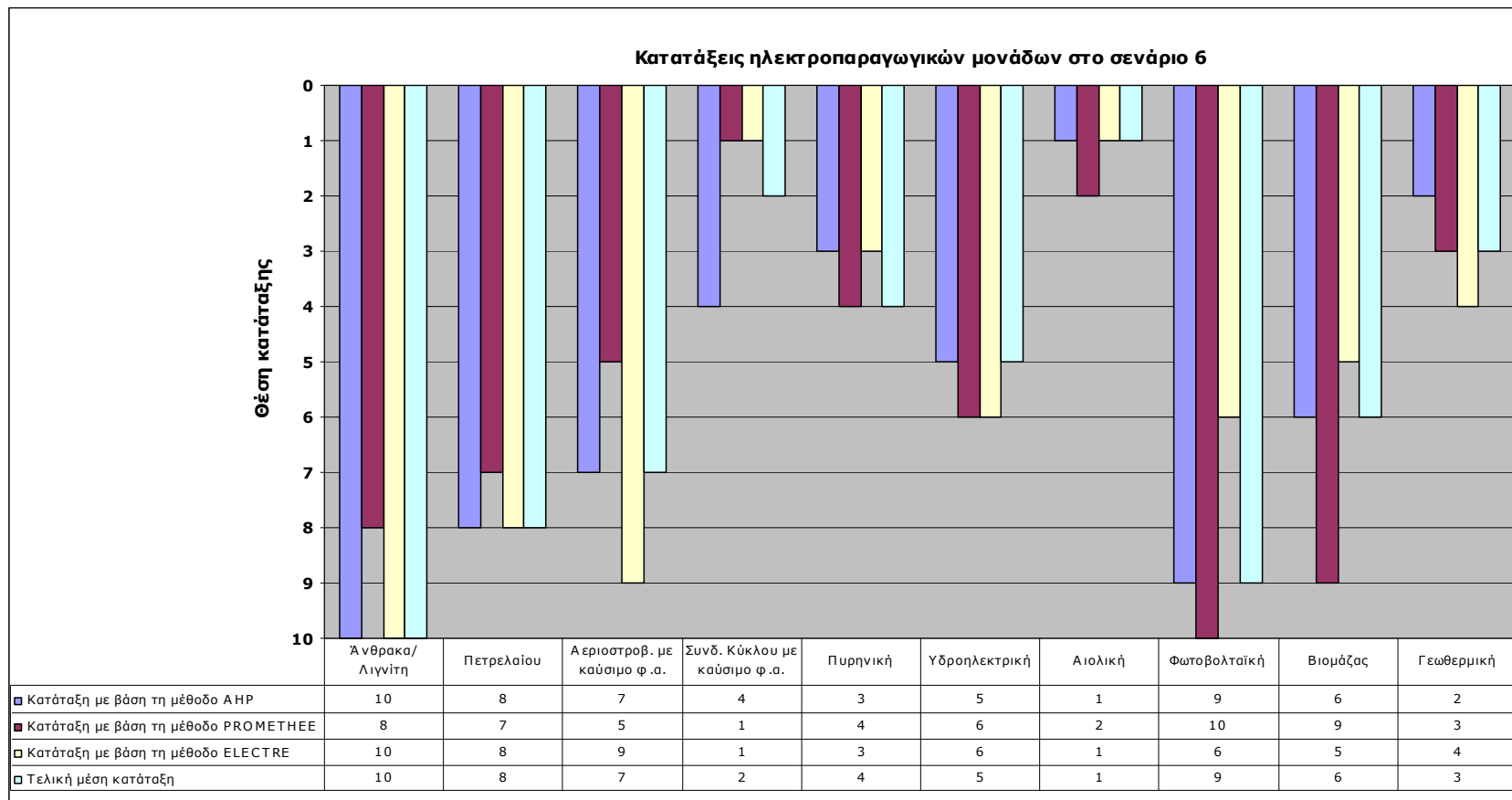
Σχήμα 7-6

Συγκριτική παρουσίαση των κατατάξεων των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων στο σενάριο 4 με βάση τις μεθόδους AHP, PROMETHEE και ELECTRE και της τελικής μέσης κατάταξης



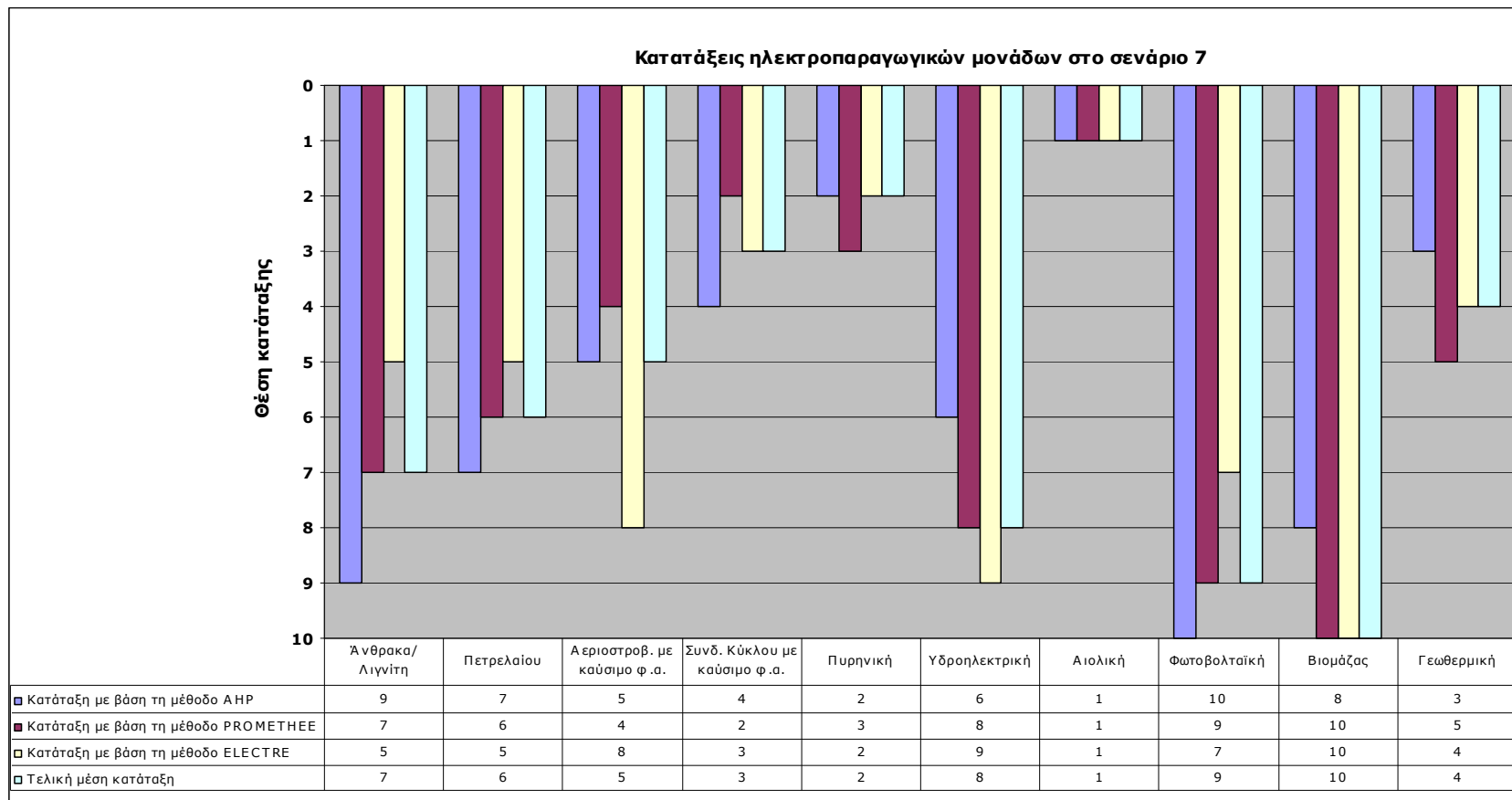
Σχήμα 7-7

Συγκριτική παρουσίαση των κατατάξεων των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων στο σενάριο 5 με βάση τις μεθόδους AHP, PROMETHEE και ELECTRE και της τελικής μέσης κατάταξης



Σχήμα 7-8

Συγκριτική παρουσίαση των κατατάξεων των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων στο σενάριο 6 με βάση τις μεθόδους AHP, PROMETHEE και ELECTRE και της τελικής μέσης κατάταξης



Σχήμα 7-9

Συγκριτική παρουσίαση των κατατάξεων των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων στο σενάριο 7 με βάση τις μεθόδους AHP, PROMETHEE και ELECTRE και της τελικής μέσης κατάταξης

7.4 Συγκριτική αξιολόγηση κατατάξεων ανά τύπο ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας

Η αξιολόγηση ανά τύπο ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας παρουσιάζει συγκριτικά τις κατατάξεις στις μεθόδους AHP, PROMETHEE και ELECTRE και την τελική μέση κατάταξη κάθε τύπου ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας, στο σενάριο αναφοράς και τα επτά εναλλακτικά σενάρια.

7.4.1 Μονάδες άνθρακα/λιγνίτη

Η συγκριτική αξιολόγηση των κατατάξεων με βάση τις μεθόδους AHP, PROMETHEE και ELECTRE και της τελικής μέσης κατάταξης των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη στα σενάρια αξιολόγησης, παρουσιάζεται στο Σχήμα 7-10.

Οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη καταλαμβάνουν τις καλύτερες θέσεις στα σενάρια όπου δίνεται απόλυτη ή μεγάλη προτεραιότητα στους τεχνολογικούς παράγοντες (συντελεστής απόδοσης, συντελεστής διαθεσιμότητας και συντελεστής φορτίου). Είναι χαρακτηριστικό ότι η καλύτερη θέση τους μεταξύ όλων των σεναρίων είναι η τρίτη θέση, την οποία καταλαμβάνουν στο σενάριο 5 στις τρεις πολυκριτηριακές μεθόδους και στην μέση τελική κατάταξη. Στο σενάριο 4, όπου η βαρύτητα των τεχνολογικών παραγόντων μειώνεται στο 60% καταλαμβάνουν την έκτη θέση στις περισσότερες περιπτώσεις.

Μέτριες είναι οι επιδόσεις τους στο σενάριο 7, στο οποίο δίνεται απόλυτη βαρύτητα στους οικονομικούς παράγοντες. Στο σενάριο αυτό βρίσκονται στην έβδομη θέση της τελικής μέσης κατάταξης, με τις επιμέρους ιεραρχήσεις στις τρεις πολυκριτηριακές μεθόδους να κυμαίνονται μεταξύ της πέμπτης και της ένατης θέσης. Όταν η βαρύτητα των οικονομικών παραγόντων μετριάζεται στο 60% στο σενάριο 6, οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη πέφτουν στην δέκατη θέση της κατάταξης, με μοναδική εξαίρεση την μέθοδο PROMETHEE, στην οποία είναι όγδοες.

Πλήρως αρνητικές είναι οι επιδόσεις των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη σε όλα τα σενάρια αυξημένης βαρύτητας του βιοτικού επιπέδου (σενάριο αναφοράς και σενάρια 2 και 3), στα οποία καταλαμβάνουν την τελευταία θέση της κατάταξης σε όλες τις πολυκριτηριακές μεθόδους και στις τελικές μέσες κατατάξεις. Παρόμοια είναι η εικόνα τους και στο σενάριο 1 στο οποίο υπάρχει ισοκατανομημένη βαρύτητα μεταξύ των τριών βασικών κριτηρίων, αφού βρίσκονται στην δέκατη θέση όλων των κατατάξεων πλην εκείνης που βασίζεται στην μέθοδο PROMETHEE.

7.4.2 Μονάδες πετρελαίου

Η συγκριτική αξιολόγηση των κατατάξεων με βάση τις μεθόδους AHP, PROMETHEE και ELECTRE και της τελικής μέσης κατάταξης των μονάδων πετρελαίου στα σενάρια αξιολόγησης, παρουσιάζεται στο Σχήμα 7-11.

Οι μονάδες πετρελαίου έχουν την καλύτερη κατάταξη στο σενάριο 5, στο οποίο είναι στην πέμπτη θέση σε τρεις κατατάξεις και στην έκτη θέση με βάση την μέθοδο AHP. Δεύτερο καλύτερο σενάριο για τις μονάδες πετρελαίου αποτελεί το σενάριο 7, στο οποίο βρίσκονται στην έκτη θέση της τελικής μέσης κατάταξης με μικρές διαφοροποιήσεις στις ιεραρχίες των τριών πολυκριτηριακών μεθόδων.

Όταν μετριάζεται η βαρύτητα των οικονομικών παραγόντων στο 60% (σενάριο 6), οι μονάδες πετρελαίου εμφανίζουν πτώση της κατάταξής τους στην όγδοη θέση. Ακόμα χειρότερη είναι η εικόνα τους όταν η βαρύτητα των τεχνολογικών παραγόντων είναι 60% (σενάριο 4), στο οποίο κατατάσσονται στην ένατη θέση της τελικής μέσης κατάταξης. Στο σενάριο αυτό σημειώνουν και την χειρότερη κατάταξή τους μεταξύ όλων των σεναρίων όσον αφορά τις κατατάξεις τους με την μέθοδο ELECTRE.

Οι μονάδες πετρελαίου εμφανίζουν τις χειρότερες επιδόσεις τους στον τομέα του βιοτικού επιπέδου, αφού κατατάσσονται στην ένατη θέση όλων των πολυκριτηριακών μεθόδων και των τελικών μέσων κατατάξεων των σεναρίων αυξημένης βαρύτητας του κριτηρίου αυτού (σενάριο αναφοράς και σενάρια 2 και 3). Στα σενάρια αυτά οι μονάδες πετρελαίου ξεπερνούν μόνο τις μονάδες άνθρακα/λιγνίτη. Τέλος στο σενάριο 1, στο οποίο όλα τα βασικά κριτήρια έχουν ίδια προτεραιότητα, οι μονάδες πετρελαίου κατατάσσονται ένατες στην τελική μέση κατάταξη και στην μέθοδο AHP και όγδοες στις δύο μεθόδους υπεροχής PROMETHEE και ELECTRE.

7.4.3 Μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο

Η συγκριτική αξιολόγηση των κατατάξεων με βάση τις μεθόδους AHP, PROMETHEE και ELECTRE και της τελικής μέσης κατάταξης των μονάδων αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο στα σενάρια αξιολόγησης, παρουσιάζεται στο Σχήμα 7-12.

Το χαρακτηριστικότερο στοιχείο στις μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο είναι η έντονη διαφοροποίηση των επιμέρους κατατάξεών τους στις τρεις πολυκριτηριακές μεθόδους και κυρίως όσον αφορά την μέθοδο ELECTRE. Στην μέθοδο αυτή οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο κατατάσσονται στις περισσότερες περιπτώσεις σε χειρότερες θέσεις από τις άλλες δύο πολυκριτηριακές μεθόδους και την τελική μέση κατάταξη. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός των τιμών κατωφλίου απόρριψης που εφαρμόζονται στην μέθοδο ELECTRE, οι οποίες σε συνδυασμό με τις πολύ κακές επιδόσεις (τις χειρότερες μεταξύ όλων των τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων) των μονάδων αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο κυρίως στα κριτήρια των ΜΜΠΟΕ και του συντελεστή φορτίου, οδηγούν σε αυτό το αποτέλεσμα.

Οι καλύτερες κατατάξεις των μονάδων αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο είναι με τη μέθοδο PROMETHEE και οι χειρότερες με την μέθοδο ELECTRE. Η διαφορά στις δύο αυτές μεθόδους που ανήκουν μάλιστα στην ίδια ευρύτερη κατηγορία πολυκριτηριακών μεθόδων (μέθοδοι υπεροχής) φθάνει μέχρι και τις τέσσερις θέσεις κατάταξης στα σενάρια 4, 6 και 7. Αντίθετα οι κατατάξεις των μονάδων αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο με τη μέθοδο AHP είναι στις περισσότερες περιπτώσεις

ενδιάμεσες των δύο άλλων πολυκριτηριακών μεθόδων και προσεγγίζουν την τελική μέση κατάταξη.

Η καλύτερη θέση των μονάδων αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο με βάση την τελική μέση κατάταξη είναι η πέμπτη, την οποία καταλαμβάνουν στο σενάριο 7. Σε όλα τα υπόλοιπα σενάρια οι μονάδες αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο κατατάσσονται μεταξύ της έβδομης και της όγδοης θέσης της τελικής μέσης κατάταξης, ξεπερνώντας στις περισσότερες περιπτώσεις τις μονάδες άνθρακα/λιγνίτη και τις μονάδες πετρελαίου.

7.4.4 Μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο

Η συγκριτική αξιολόγηση των κατατάξεων με βάση τις μεθόδους AHP, PROMETHEE και ELECTRE και της τελικής μέσης κατάταξης των μονάδων συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο στα σενάρια αξιολόγησης, παρουσιάζεται στο Σχήμα 7-13.

Οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο είναι στην πρώτη θέση της τελικής μέσης κατάταξης σε τρία από τα οκτώ σενάρια που αξιολογήθηκαν. Πρόκειται για το σενάριο 1 στο οποίο υπάρχει ισοκατανομή των βαρών των τριών βασικών κριτηρίων και τα σενάρια 4 και 5, στα οποία δίνεται σημαντική και απόλυτη βαρύτητα 60% και 100% αντίστοιχα στους τεχνολογικούς παράγοντες. Στα σενάρια αυτά οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο είναι πρώτες και στις περισσότερες περιπτώσεις των κατατάξεων με βάση τις τρεις πολυκριτηριακές μεθόδους.

Στα σενάρια 6 και 7 οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο κατατάσσονται στην δεύτερη και τρίτη θέση της τελικής μέσης κατάταξης, σημειώνοντας καλύτερες ιεραρχήσεις στις μεθόδους υπεροχής και ελαφρώς χειρότερες στην μέθοδο AHP. Η μεγαλύτερη διαφοροποίηση αφορά τις επιμέρους κατατάξεις στο σενάριο 6, στο οποίο οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο κατατάσσονται πρώτες στις δύο μεθόδους υπεροχής και τέταρτες στην μέθοδο AHP, υπάρχει δηλαδή μία απόκλιση τριών θέσεων μεταξύ των κατατάξεων αυτών.

Οι χειρότερες θέσεις των μονάδων συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο με βάση την τελική μέση κατάταξη είναι η πέμπτη, την οποία καταλαμβάνουν στο σενάριο 2 και η τέταρτη, στην οποία βρίσκονται στο σενάριο αναφοράς και στο σενάριο 3. Στα τρία αυτά σενάρια οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο κατατάσσονται στην έκτη θέση με βάση την μέθοδο AHP.

7.4.5 Πυρηνικές μονάδες

Η συγκριτική αξιολόγηση των κατατάξεων με βάση τις μεθόδους AHP, PROMETHEE και ELECTRE και της τελικής μέσης κατάταξης των πυρηνικών μονάδων στα σενάρια αξιολόγησης, παρουσιάζεται στο Σχήμα 7-14.

Οι πυρηνικές μονάδες εμφανίζουν εξαιρετικές επιδόσεις στον τομέα των τεχνολογικών και των οικονομικών παραγόντων με αποτέλεσμα να καταλαμβάνουν την δεύτερη θέση

της τελικής μέσης κατάταξης στα σενάρια 4, 5 και 7. Ανάλογες είναι και οι κατατάξεις τους στις τρεις επιμέρους πολυκριτηριακές μεθόδους με εξαίρεση την άνοδό τους στην πρώτη θέση με βάση τη μέθοδο ELECTRE στα σενάρια 4 και 5 και την κατάληψη της τρίτης θέσης στη μέθοδο PROMETHEE στο σενάριο 7.

Λίγο χειρότερη είναι η κατάταξη των πυρηνικών μονάδων στα σενάρια 1 και 6, στα οποία βρίσκονται στην τέταρτη θέση της τελικής μέσης κατάταξης. Στο σενάριο 1 οι επιμέρους κατατάξεις στις πολυκριτηριακές μεθόδους διαφοροποιούνται μεταξύ της τρίτης και της έκτης θέσης ενώ στο σενάριο 6 παρουσιάζεται μεγαλύτερη σταθερότητα με τις πυρηνικές μονάδες να καταλαμβάνουν την τρίτη ή τέταρτη θέση.

Χειρότερες θέσεις για τις πυρηνικές μονάδες είναι αυτές τις οποίες καταλαμβάνουν στα σενάρια αυξημένης βαρύτητας του βιοτικού επιπέδου. Πιο συγκεκριμένα στο σενάριο αναφοράς και στο σενάριο 2 οι πυρηνικές μονάδες κατατάσσονται στην έβδομη θέση ενώ στο σενάριο 3 βρίσκονται στην έκτη θέση της τελικής μέσης κατάταξης. Το πιο εντυπωσιακό στοιχείο στο σενάριο 3 αποτελεί η πρώτη θέση την οποία καταλαμβάνουν οι πυρηνικές μονάδες στην μέθοδο ELECTRE σε αντίθεση με την έκτη θέση στην τελική μέση κατάταξη και την έβδομη θέση στις μεθόδους AHP και PROMETHEE.

7.4.6 Υδροηλεκτρικές μονάδες

Η συγκριτική αξιολόγηση των κατατάξεων με βάση τις μεθόδους AHP, PROMETHEE και ELECTRE και της τελικής μέσης κατάταξης των υδροηλεκτρικών μονάδων στα σενάρια αξιολόγησης, παρουσιάζεται στο Σχήμα 7-15.

Κυριότερο χαρακτηριστικό των υδροηλεκτρικών μονάδων αποτελεί η μεγάλη σταθερότητα στις κατατάξεις τους σε όλα τα σενάρια και τις πολυκριτηριακές μεθόδους. Οι κατατάξεις αυτές είναι στη σημαντική πλειονότητα των περιπτώσεων μεταξύ της τέταρτης και της έκτης θέσης, αποδεικνύοντας την ισορροπημένη αξιολόγηση των υδροηλεκτρικών μονάδων μεταξύ των τριών βασικών κριτηρίων. Αυτό ενισχύεται και από την πέμπτη θέση την οποία καταλαμβάνουν οι υδροηλεκτρικές μονάδες σε όλες τις πολυκριτηριακές μεθόδους και την τελική μέση κατάταξη του σεναρίου 1, στο οποίο τα τρία βασικά κριτήρια έχουν ίση βαρύτητα.

Ελαφρώς καλύτερη από την πλειονότητα των περιπτώσεων είναι η κατάταξη των υδροηλεκτρικών μονάδων στην τέταρτη θέση στα σενάρια 4 και 5, όπου αυξημένη βαρύτητα έχουν οι τεχνολογικοί παράγοντες. Στο σενάριο 4 και την μέθοδο PROMETHEE οι υδροηλεκτρικές μονάδες καταλαμβάνουν την τρίτη θέση, η οποία είναι η καλύτερη θέση τους μεταξύ όλων των κατατάξεων και στα οκτώ σενάρια.

Λίγο μετριότερες είναι οι ιεραρχήσεις των υδροηλεκτρικών μονάδων στα σενάρια αυξημένης βαρύτητας του βιοτικού επιπέδου (σενάριο αναφοράς και σενάρια 2 και 3), στα οποία βρίσκονται μεταξύ της έκτης και της έβδομης θέσης της τελικής μέσης κατάταξης. Η χειρότερη κατάταξη των υδροηλεκτρικών μονάδων είναι η όγδοη θέση, την οποία καταλαμβάνουν στο σενάριο 7, στο οποίο απόλυτη βαρύτητα έχουν οι οικονομικοί παράγοντες.

7.4.7 Αιολικές μονάδες

Η συγκριτική αξιολόγηση των κατατάξεων με βάση τις μεθόδους AHP, PROMETHEE και ELECTRE και της τελικής μέσης κατάταξης των αιολικών μονάδων στα σενάρια αξιολόγησης, παρουσιάζεται στο Σχήμα 7-16.

Οι αιολικές μονάδες παρουσιάζουν πολύ ικανοποιητικά οικονομικά στοιχεία με αποτέλεσμα να είναι στην πρώτη θέση της τελικής μέσης κατάταξης και των τριών πολυκριτηριακών μεθόδων των σεναρίων 6 και 7, με μοναδική εξαίρεση την δεύτερη θέση την οποία καταλαμβάνουν με βάση την μέθοδο PROMETHEE στο σενάριο 6. Κατά συνέπεια αποτελούν μία από τις καλύτερες επενδυτικές επιλογές, όταν υπάρχει μέτριο ή μηδενικό ενδιαφέρον για τους τομείς του βιοτικού επιπέδου και των τεχνολογικών παραγόντων.

Ελαφρώς χαμηλότερη είναι η κατάταξη των αιολικών μονάδων στα σενάρια αυξημένης βαρύτητας του βιοτικού επιπέδου, δηλαδή το σενάριο αναφοράς και τα σενάρια 2 και 3. Στα σενάρια αυτά οι αιολικές μονάδες κατατάσσονται στην δεύτερη ή τρίτη θέση της τελικής μέσης κατάταξης. Την τρίτη θέση της τελικής μέσης κατάταξης και των μεθόδων AHP και PROMETHEE καταλαμβάνουν οι αιολικές μονάδες και στο σενάριο 1, ενώ στο ίδιο σενάριο με βάση την μέθοδο ELECTRE βρίσκονται στην δεύτερη θέση.

Αδύνατο σημείο των αιολικών μονάδων αποτελούν οι τεχνολογικοί παράγοντες, αφού στο σενάριο 4 και κυρίως στο σενάριο 5 παρουσιάζουν μεγάλη πτώση στην τελική μέση κατάταξη, καταλαμβάνοντας την έβδομη και ένατη θέση των δύο σεναρίων αντίστοιχα. Στο σενάριο 5 οι κατατάξεις σε όλες τις πολυκριτηριακές μεθόδους είναι ταυτόσημες, ενώ στο σενάριο 4 υπάρχει σημαντική διαφοροποίηση στη μέθοδο ELECTRE, με βάση την οποία οι αιολικές μονάδες κατατάσσονται τρίτες.

7.4.8 Φωτοβολταϊκές μονάδες

Η συγκριτική αξιολόγηση των κατατάξεων με βάση τις μεθόδους AHP, PROMETHEE και ELECTRE και της τελικής μέσης κατάταξης των φωτοβολταϊκών μονάδων στα σενάρια αξιολόγησης, παρουσιάζεται στο Σχήμα 7-17.

Οι φωτοβολταϊκές μονάδες κατατάσσονται στην πρώτη θέση της τελικής μέσης κατάταξης στο σενάριο 2, στο οποίο δίνεται απόλυτη βαρύτητα 100% στο βασικό κριτήριο του βιοτικού επιπέδου. Πρώτες είναι στο ίδιο σενάριο και στις μεθόδους AHP και PROMETHEE, ενώ με βάση τη μέθοδο ELECTRE κατατάσσονται στην τρίτη θέση. Αυτό οφείλεται κυρίως στις τιμές κατωφλίου απόρριψης σε συνδυασμό με τις κακές επιδόσεις τους σε υποκριτήρια του βιοτικού επιπέδου όπως οι ΜΜΠΟΕ, το διοξείδιο του θείου και οι εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων. Στο σενάριο αναφοράς και στο σενάριο 3, στα οποία υπάρχει περιορισμός της βαρύτητας του βιοτικού επιπέδου, οι φωτοβολταϊκές μονάδες κατατάσσονται στην τρίτη και πέμπτη θέση της τελικής μέσης κατάταξης αντίστοιχα.

Στο σενάριο 1, στο οποίο κάθε βασικό κριτήριο έχει βαρύτητα 33,33%, οι φωτοβολταϊκές μονάδες καταλαμβάνουν την όγδοη θέση της τελικής μέσης κατάταξης και της μεθόδου AHP, ενώ πιο ακραίες είναι οι κατατάξεις τους στις μεθόδους ELECTRE και PROMETHEE στις οποίες είναι έκτης και δέκατες αντίστοιχα.

Στα σενάρια αυξημένης βαρύτητας των οικονομικών παραγόντων, δηλαδή τα σενάρια 6 και 7, οι φωτοβολταϊκές μονάδες κατατάσσονται στην ένατη θέση της τελικής μέσης κατάταξης. Τις χειρότερες επιδόσεις τους ωστόσο εμφανίζουν οι φωτοβολταϊκές μονάδες σε θέματα τεχνολογικών παραγόντων, αφού στα σενάρια 4 και 5 καταλαμβάνουν την τελευταία θέση της τελικής μέσης κατάταξης μεταξύ όλων των τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων. Στα σενάρια 4, 6 και 7 οι φωτοβολταϊκές μονάδες εμφανίζουν ελαφρώς καλύτερες κατατάξεις στην μέθοδο ELECTRE, καταλαμβάνοντας την έκτη ή έβδομη θέση, ενώ στις δύο άλλες πολυκριτηριακές μεθόδους βρίσκονται μεταξύ της ένατης και δέκατης θέσης.

7.4.9 Μονάδες βιομάζας

Η συγκριτική αξιολόγηση των κατατάξεων με βάση τις μεθόδους AHP, PROMETHEE και ELECTRE και της τελικής μέσης κατάταξης των μονάδων βιομάζας στα σενάρια αξιολόγησης, παρουσιάζεται στο Σχήμα 7-18.

Οι μονάδες βιομάζας παρουσιάζουν σημαντικές διακυμάνσεις τόσο στην τελική μέση κατάταξη όσο και στις επιμέρους ιεραρχήσεις με βάση τις τρεις πολυκριτηριακές μεθόδους. Είναι χαρακτηριστικό ότι με βάση την τελική μέση κατάταξη οι μονάδες βιομάζας καταλαμβάνουν από την τρίτη έως την δέκατη θέση στο σενάριο αναφοράς και τα επτά εναλλακτικά σενάρια. Οι μεγάλες διαφοροποιήσεις τους στις μεθόδους υπεροχής σε σχέση με την μέθοδο AHP φανερώνουν τις πολύ κακές αξιολογήσεις των μονάδων αυτών σε αρκετά κριτήρια τελικού κόμβου, όπως για παράδειγμα οι ΜΜΠΟΕ, τα αιωρούμενα σωματίδια, τα οξείδια του αζώτου, ο συντελεστής απόδοσης, το σταθερό κόστος λειτουργίας και συντήρησης, το κόστος καυσίμου και το εξωτερικό κόστος.

Η καλύτερη θέση για τις μονάδες βιομάζας είναι η τρίτη στην τελική μέση κατάταξη του σεναρίου 3, στο οποίο κατατάσσονται δεύτερες με βάση την μέθοδο AHP και πέμπτες με βάση τις μεθόδους PROMETHEE και ELECTRE. Γενικά οι μονάδες βιομάζας έχουν ελαφρώς καλύτερες θέσεις στα σενάρια αυξημένης βαρύτητας του κριτηρίου του βιοτικού επιπέδου.

Στο σενάριο 1, στο οποίο υπάρχει ισοκατανεμημένη βαρύτητα μεταξύ των τριών βασικών κριτηρίων, οι μονάδες βιομάζας εμφανίζουν ελαφρά πτώση στις κατατάξεις τους, ενώ η εικόνα αυτή επιδεινώνεται στα σενάρια 4 και 5, στα οποία δίνεται προτεραιότητα σε τεχνολογικά ζητήματα. Χειρότερα σενάρια για τις μονάδες βιομάζας είναι το 6 και κυρίως το 7. Στο σενάριο 7 κατατάσσονται στην τελευταία θέση της τελικής μέσης κατάταξης και των δύο μεθόδων υπεροχής, ενώ είναι όγδοες στην ιεράρχηση που προκύπτει με βάση την μέθοδο AHP.

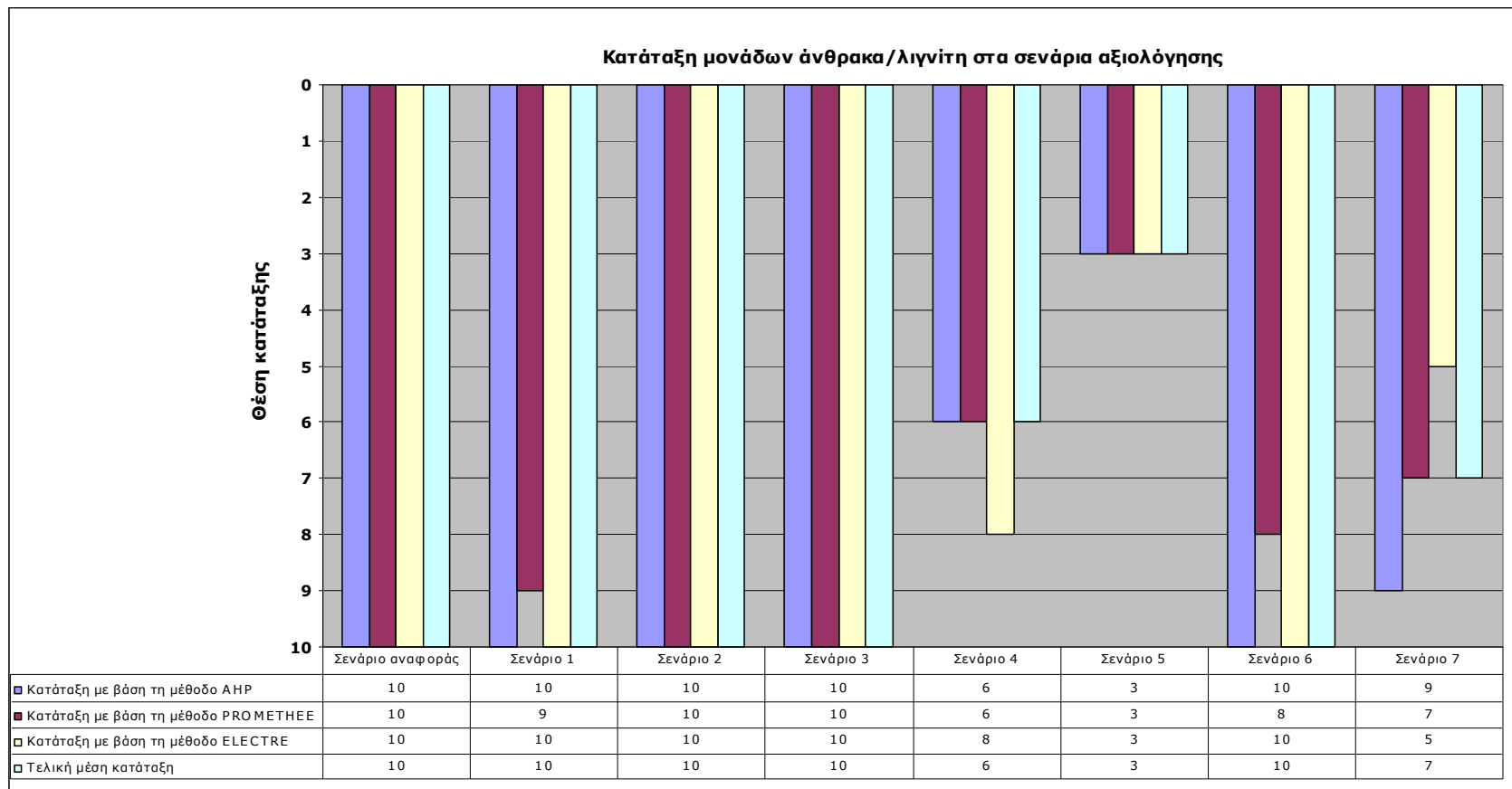
7.4.10 Γεωθερμικές μονάδες

Η συγκριτική αξιολόγηση των κατατάξεων με βάση τις μεθόδους AHP, PROMETHEE και ELECTRE και της τελικής μέσης κατάταξης των γεωθερμικών μονάδων στα σενάρια αξιολόγησης, παρουσιάζεται στο Σχήμα 7-19.

Οι γεωθερμικές μονάδες παρουσιάζουν εντυπωσιακές επιδόσεις και κατατάσσονται στην πρώτη θέση της τελικής μέσης κατάταξης και των περισσότερων περιπτώσεων των πολυκριτηριακών μεθόδων στο σενάριο αναφοράς και στα σενάρια 2 και 3, στα οποία δίνεται προτεραιότητα στο κριτήριο του βιοτικού επιπέδου. Πρώτες είναι επίσης και στην τελική μέση κατάταξη του σεναρίου 1, αποδεικνύοντας έτσι ότι έχουν ικανοποιητικές επιδόσεις και στα άλλα δύο βασικά κριτήρια των τεχνολογικών και των οικονομικών παραγόντων.

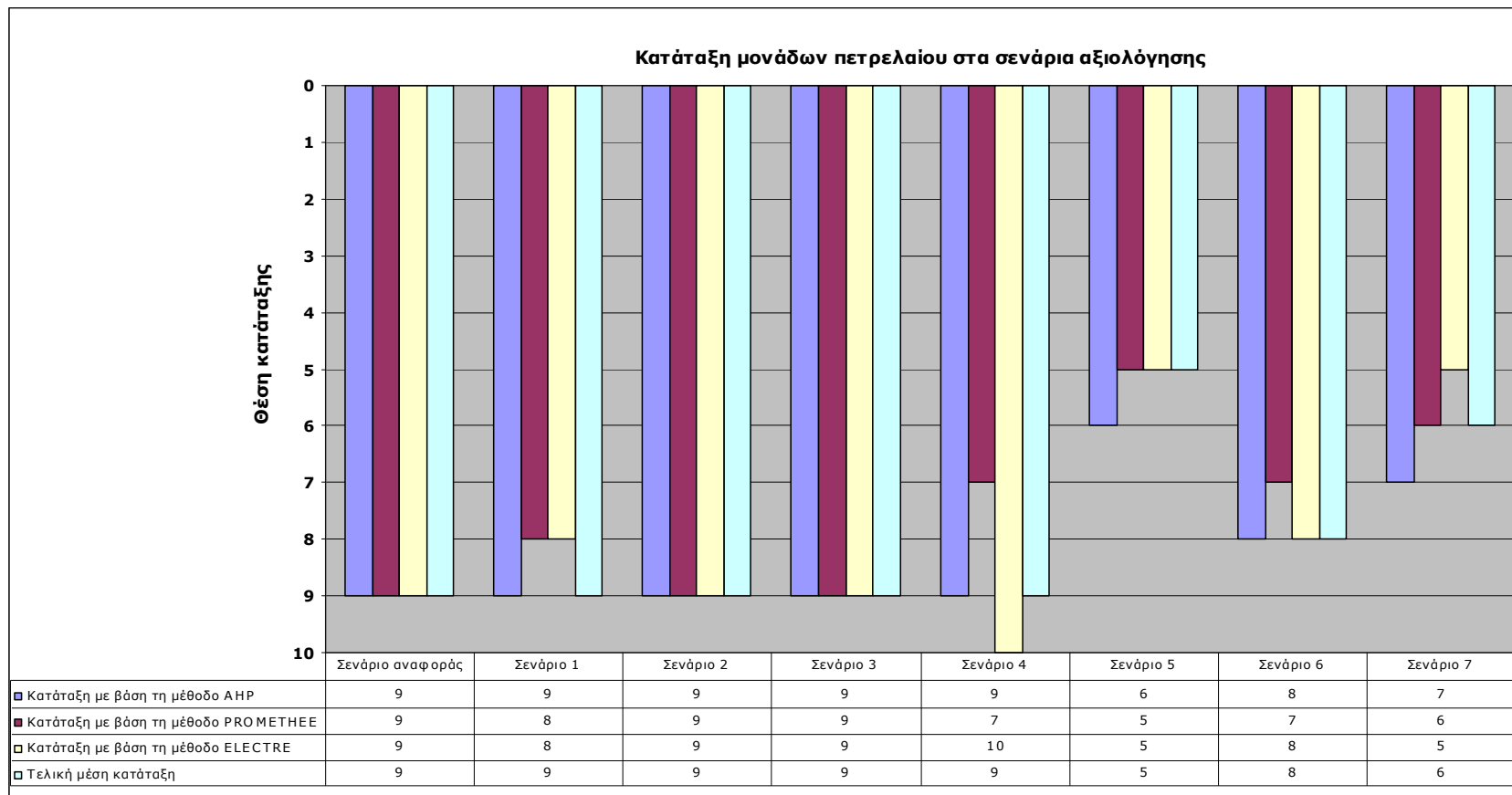
Ελαφρώς χειρότερες είναι οι κατατάξεις των γεωθερμικών μονάδων στα σενάρια 4, 6 και 7, στα οποία καταλαμβάνουν την τρίτη και τέταρτη θέση της τελικής μέσης κατάταξης. Πιο συγκεκριμένα στο σενάριο 4 οι γεωθερμικές μονάδες καταλαμβάνουν την τέταρτη θέση στις τρεις πολυκριτηριακές μεθόδους και την τρίτη στην τελική μέση κατάταξη, ενώ στο σενάριο 6 οι κατατάξεις τους στις τρεις πολυκριτηριακές μεθόδους κυμαίνονται μεταξύ της δεύτερης και της τέταρτης θέσης. Στο σενάριο 7 είναι τέταρτες στην τελική μέση κατάταξη και τρίτες έως πέμπτες στις τρεις επιμέρους μεθόδους.

Χειρότερο σενάριο για τις γεωθερμικές μονάδες αποτελεί το σενάριο 5, στο οποίο δίνεται απόλυτη προτεραιότητα 100% στους τεχνολογικούς παράγοντες. Στο σενάριο αυτό οι γεωθερμικές μονάδες είναι στην έβδομη θέση της τελικής μέσης κατάταξης, η οποία είναι και η χειρότερη θέση τους σε όλα τα σενάρια. Στις επιμέρους πολυκριτηριακές μεθόδους για το σενάριο 5, οι γεωθερμικές μονάδες κατατάσσονται πέμπτες με βάση την μέθοδο ELECTRE, έβδομες με βάση την μέθοδο PROMETHEE, ενώ στην AHP καταλαμβάνουν την όγδοη θέση της κατάταξης.



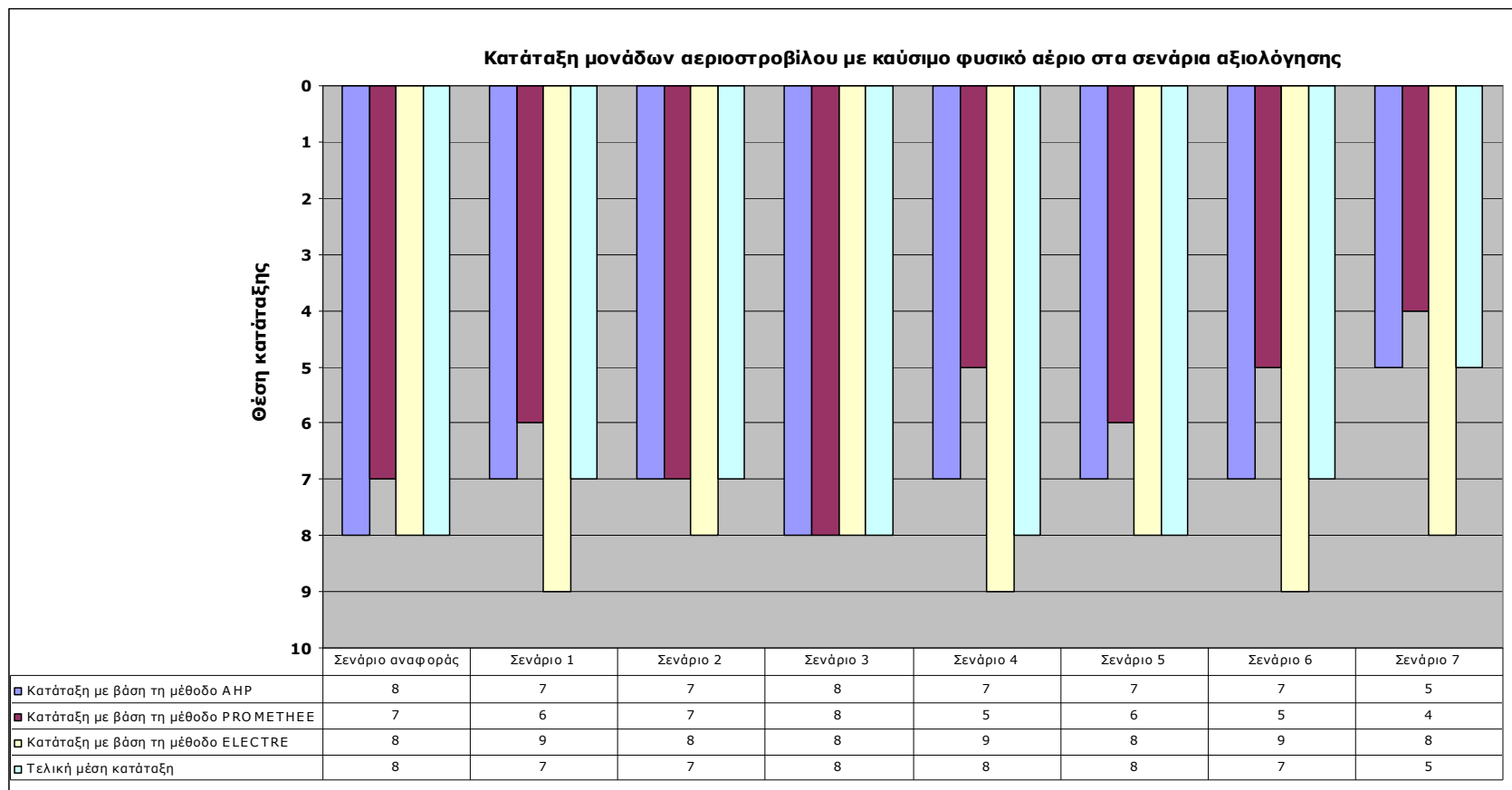
Σχήμα 7-10

Συγκριτική αξιολόγηση των κατατάξεων με βάση τις μεθόδους AHP, PROMETHEE και ELECTRE και της τελικής μέσης κατάταξης των μονάδων άνθρακα/λιγνίτη στα σενάρια αξιολόγησης



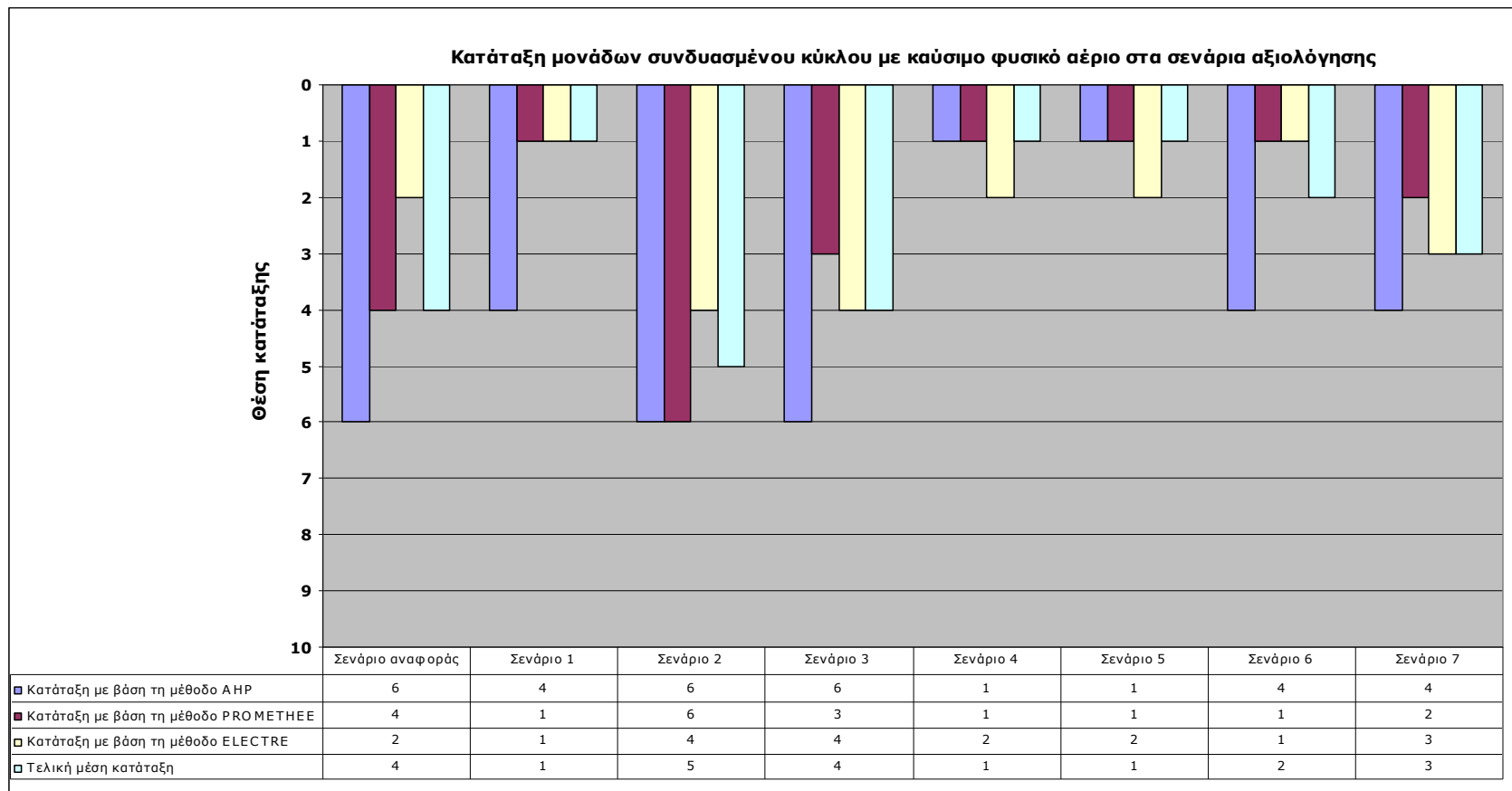
Σχήμα 7-11

Συγκριτική αξιολόγηση των κατατάξεων με βάση τις μεθόδους AHP, PROMETHEE και ELECTRE και της τελικής μέσης κατάταξης των μονάδων πετρελαίου στα σενάρια αξιολόγησης



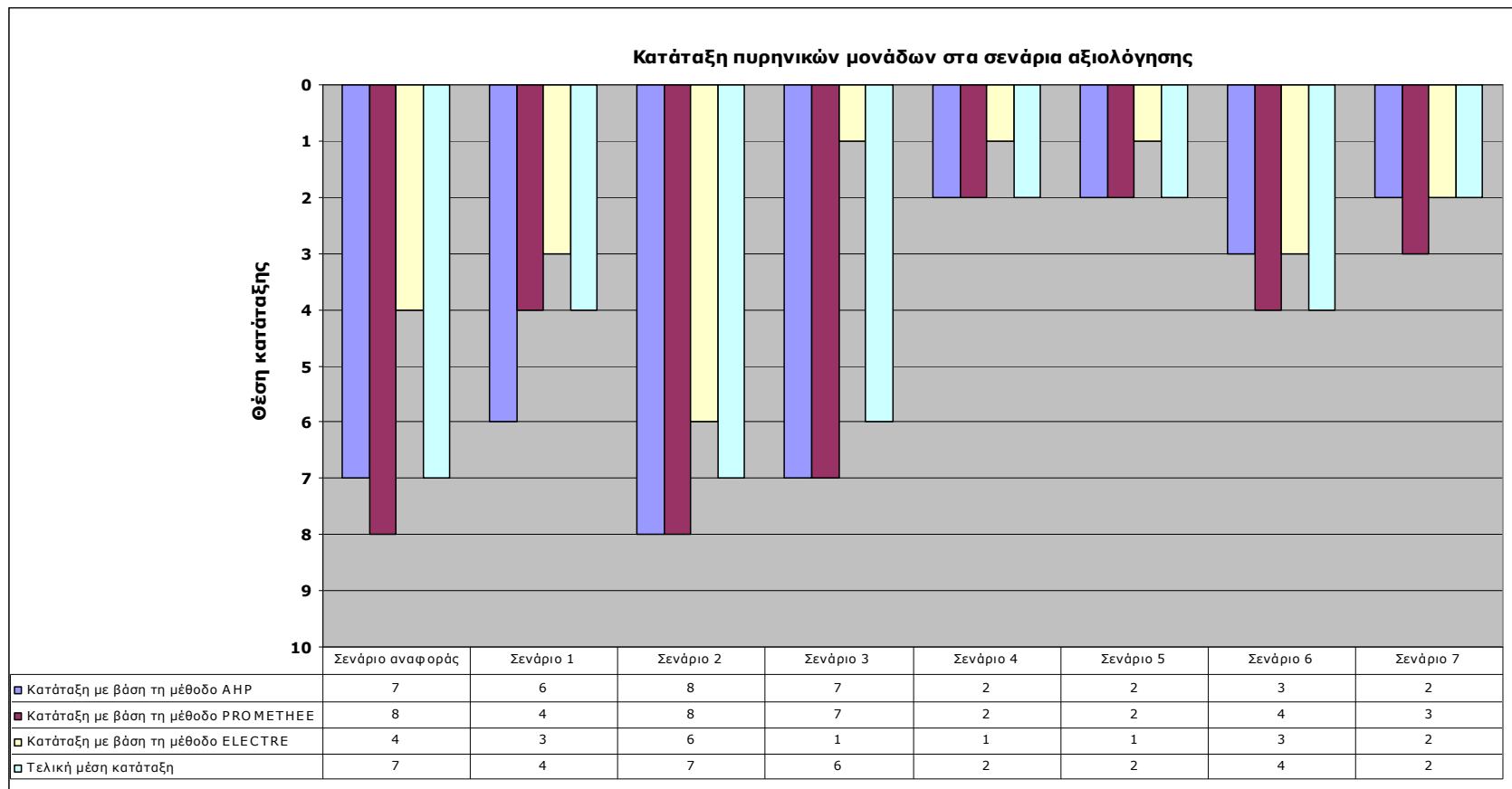
Σχήμα 7-12

Συγκριτική αξιολόγηση των κατατάξεων με βάση τις μεθόδους AHP, PROMETHEE και ELECTRE και της τελικής μέσης κατάταξης των μονάδων αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο στα σενάρια αξιολόγησης



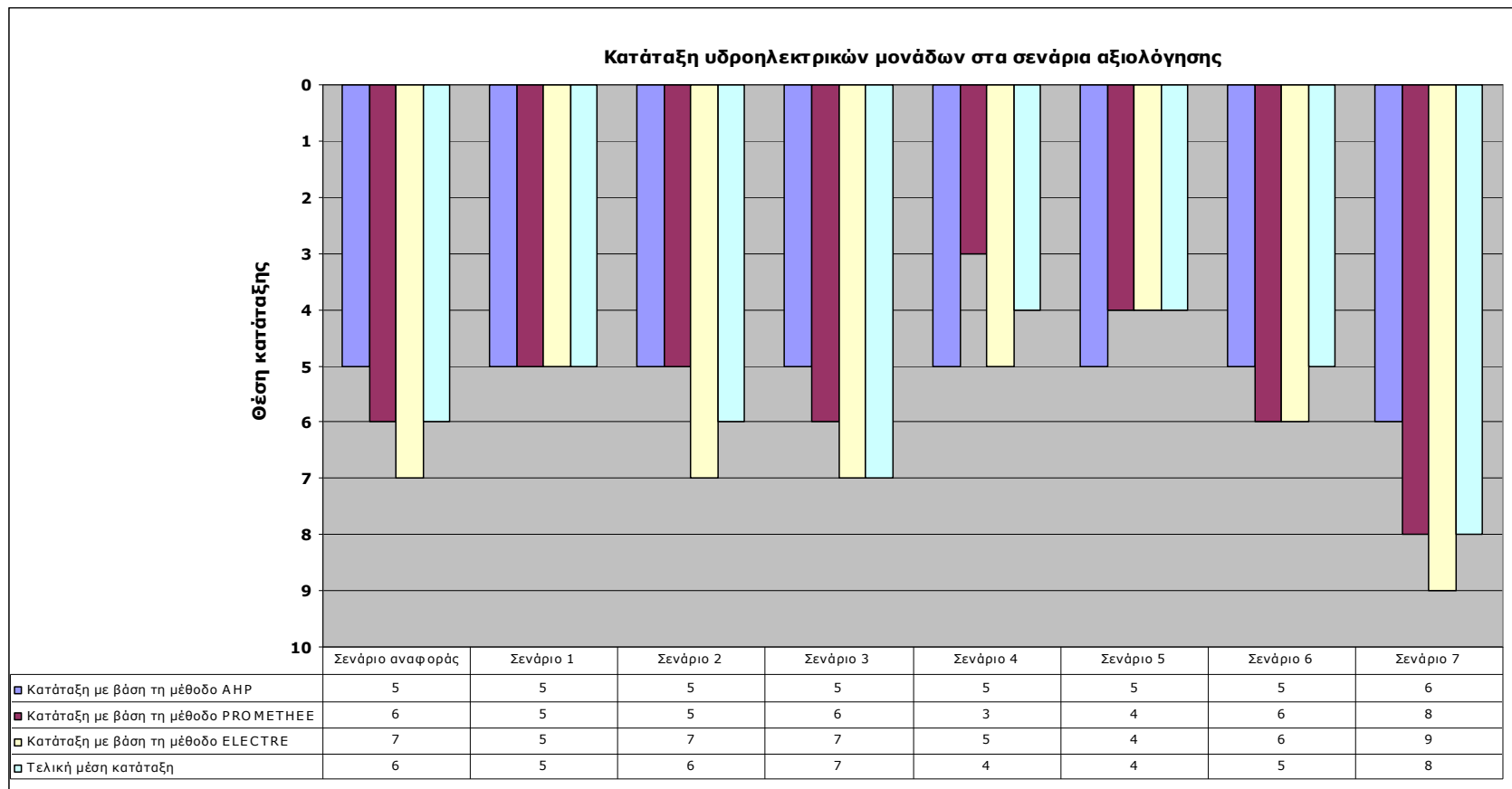
Σχήμα 7-13

Συγκριτική αξιολόγηση των κατατάξεων με βάση τις μεθόδους AHP, PROMETHEE και ELECTRE και της τελικής μέσης κατάταξης των μονάδων συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο στα σενάρια αξιολόγησης



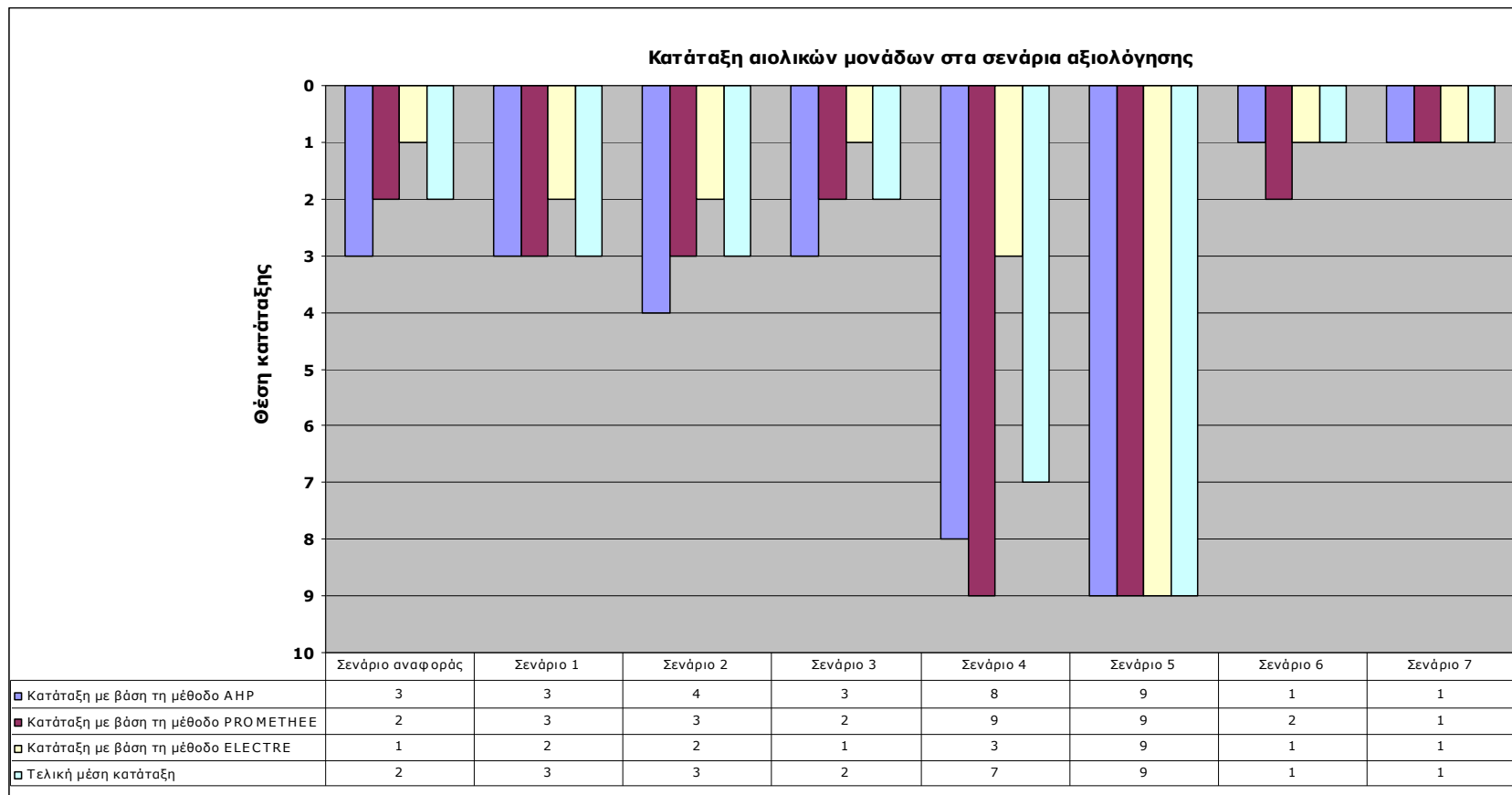
Σχήμα 7-14

Συγκριτική αξιολόγηση των κατατάξεων με βάση τις μεθόδους AHP, PROMETHEE και ELECTRE και της τελικής μέσης κατάταξης των πυρηνικών μονάδων στα σενάρια αξιολόγησης



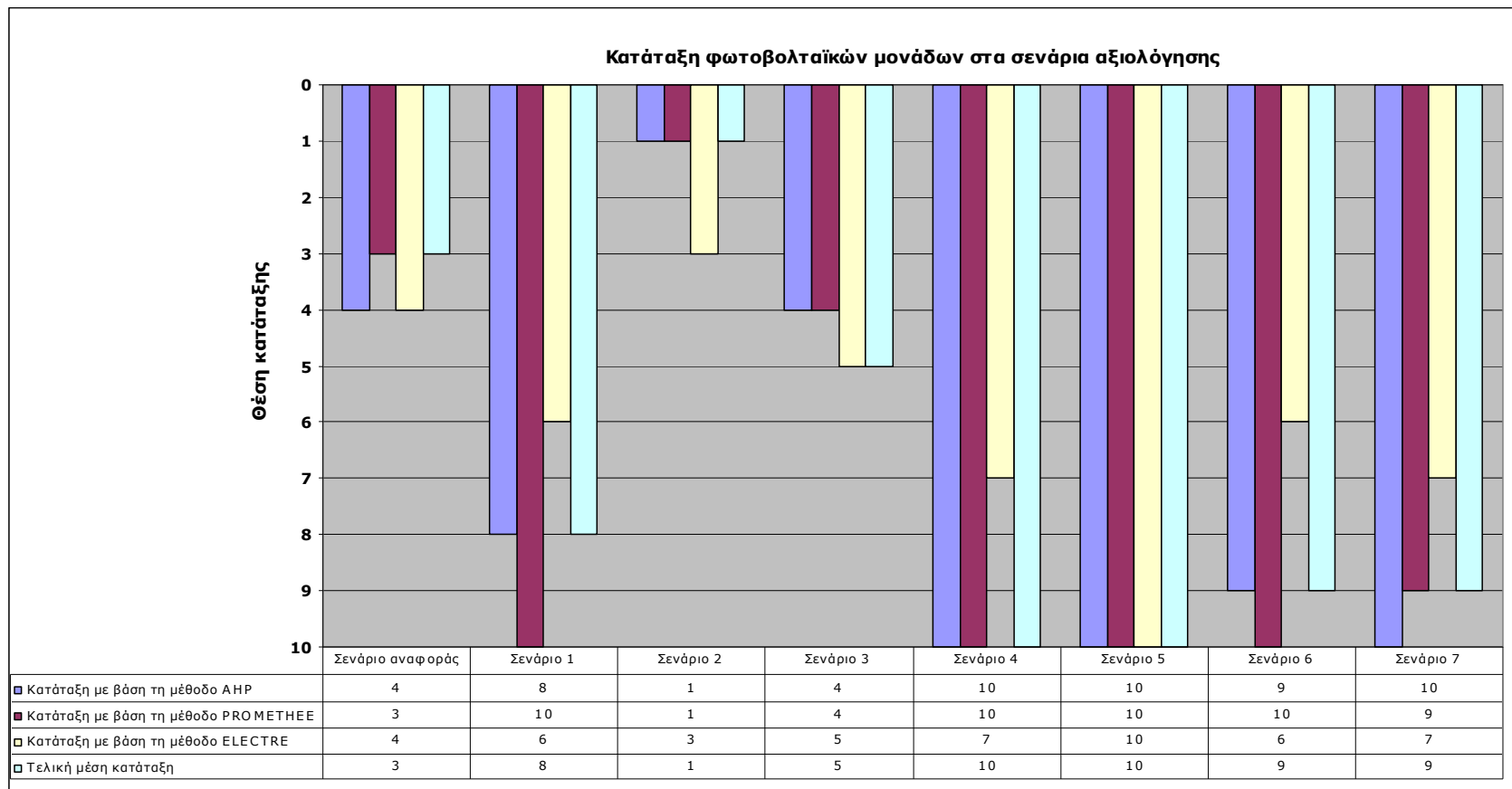
Σχήμα 7-15

Συγκριτική αξιολόγηση των κατατάξεων με βάση τις μεθόδους AHP, PROMETHEE και ELECTRE και της τελικής μέσης κατάταξης των υδροηλεκτρικών μονάδων στα σενάρια αξιολόγησης



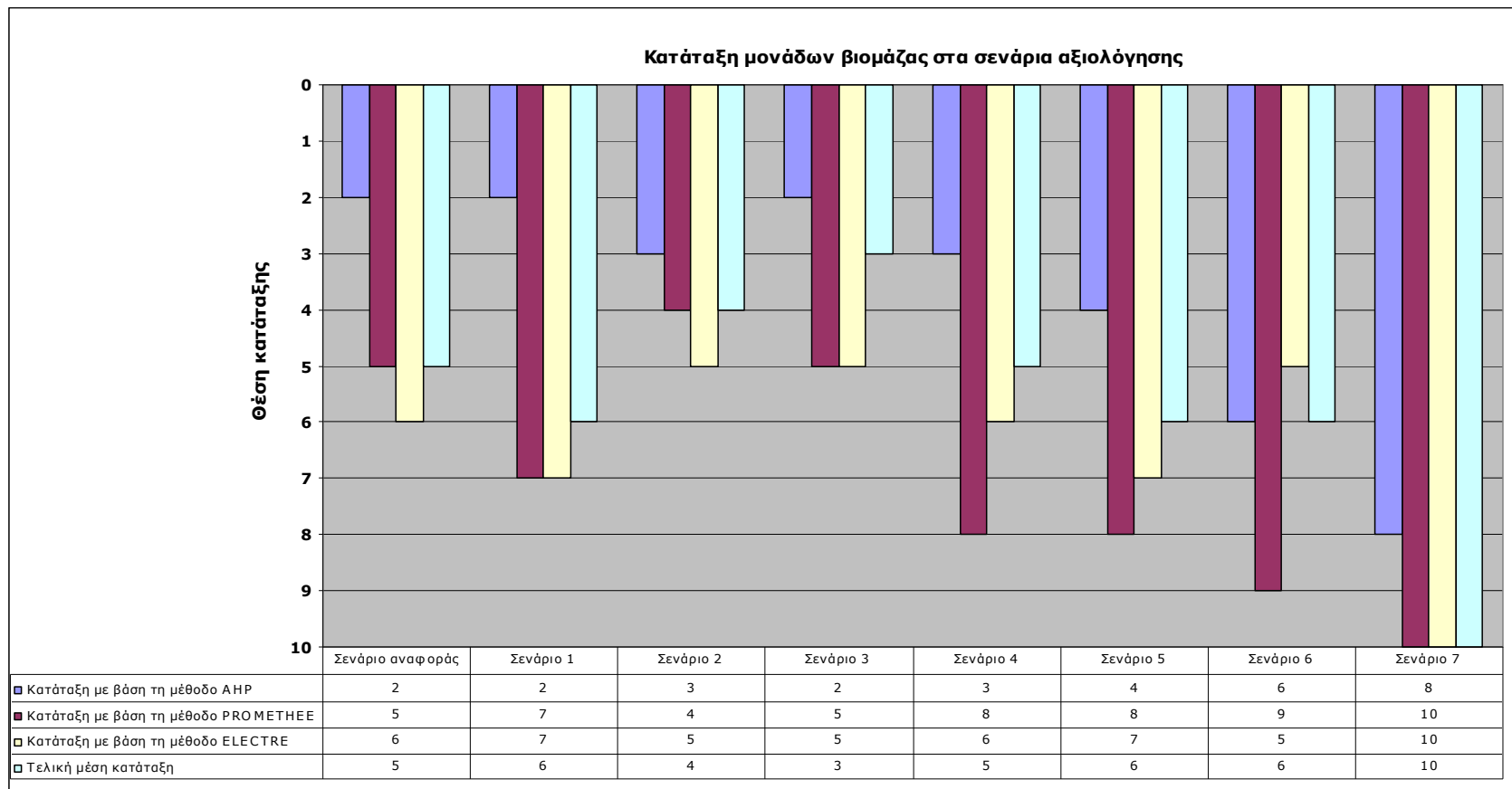
Σχήμα 7-16

Συγκριτική αξιολόγηση των κατατάξεων με βάση τις μεθόδους AHP, PROMETHEE και ELECTRE και της τελικής μέσης κατάταξης των αιολικών μονάδων στα σενάρια αξιολόγησης



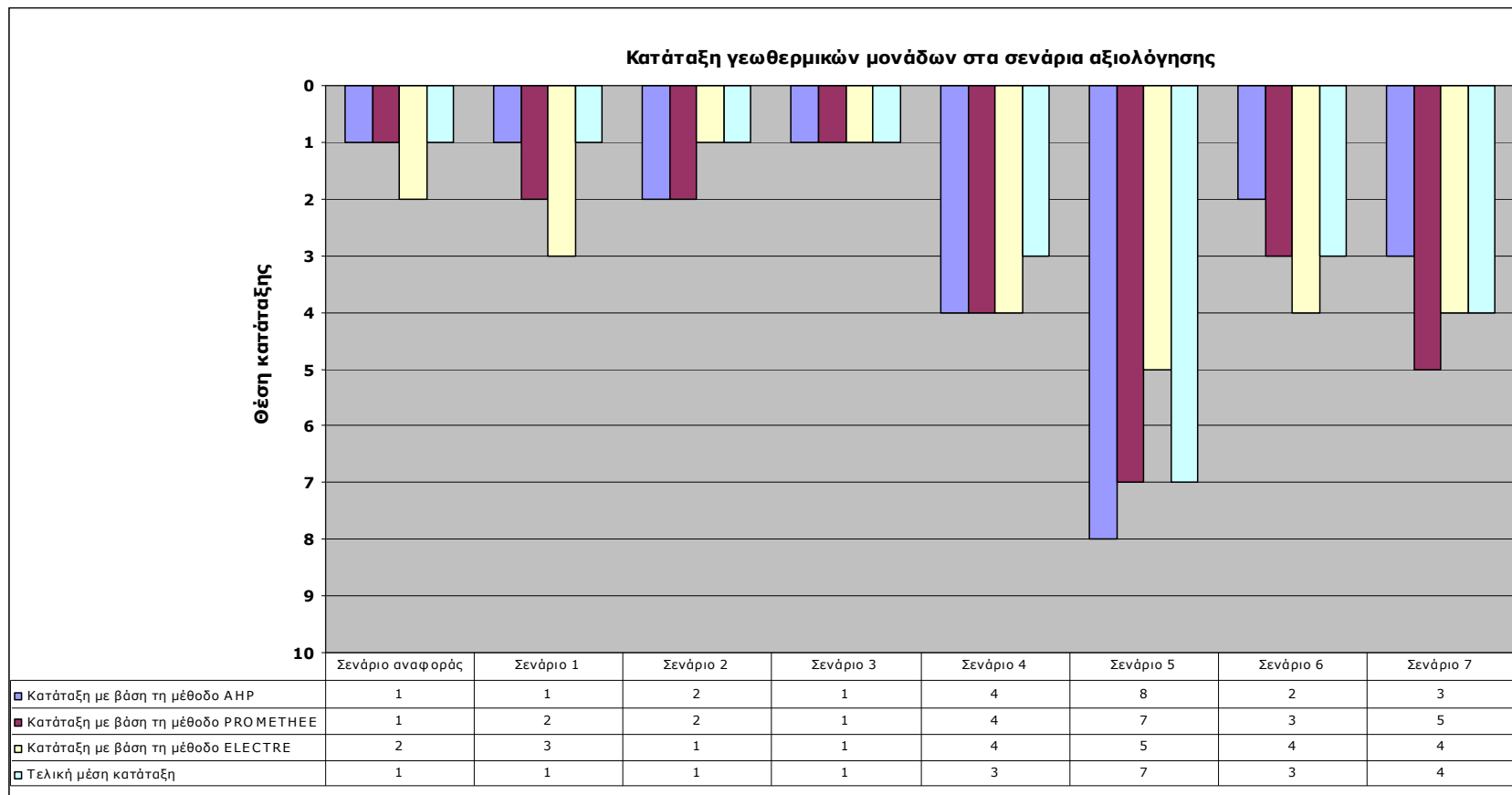
Σχήμα 7-17

Συγκριτική αξιολόγηση των κατατάξεων με βάση τις μεθόδους AHP, PROMETHEE και ELECTRE και της τελικής μέσης κατάταξης των φωτοβολταϊκών μονάδων στα σενάρια αξιολόγησης



Σχήμα 7-18

Συγκριτική αξιολόγηση των κατατάξεων με βάση τις μεθόδους AHP, PROMETHEE και ELECTRE και της τελικής μέσης κατάταξης των μονάδων βιομάζας στα σενάρια αξιολόγησης



Σχήμα 7-19

Συγκριτική αξιολόγηση των κατατάξεων με βάση τις μεθόδους AHP, PROMETHEE και ELECTRE και της τελικής μέσης κατάταξης των γεωθερμικών μονάδων στα σενάρια αξιολόγησης

Συμπεράσματα

Η θεωρία αποφάσεων είναι μια πολυδιάστατη επιστήμη που αναπτύχθηκε για την αντιμετώπιση των σύνθετων προβλημάτων της σύγχρονης κοινωνίας μας. Η διαδικασία που ακολουθείται μέχρι την οριστική λήψη της απόφασης εξαρτάται από πλειάδα παραγόντων, οι σημαντικότεροι των οποίων είναι η διαθεσιμότητα και η φύση των δεδομένων, οι συνθήκες αβεβαιότητας ή μη, τα αντικρουόμενα συμφέροντα, οι παραδοχές και οι συμβιβασμοί που γίνονται, ο ίδιος ο λήπτης ή οι λήπτες αποφάσεων και το ευρύτερο περιβάλλον λήψης της απόφασης.

Οι δέκα τύποι ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων που εξετάστηκαν καλύπτουν με πληρότητα τις διαδικασίες παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας στην εποχή μας. Οι μονάδες αυτές ομαδοποιούνται σε τρεις κύριες ομάδες. Η μία ομάδα αποτελείται από τις μονάδες που βασίζονται σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (υδροηλεκτρικές, αιολικές, φωτοβολταϊκές, γεωθερμικές και βιομάζας), με τις μονάδες βιομάζας να διαφοροποιούνται αισθητά από τους υπόλοιπους τέσσερις τύπους μονάδων της ομάδας αυτής, λόγω της χρήσης καύσιμης ύλης και της διαδικασίας της καύσης. Η δεύτερη ομάδα αποτελείται από τις μονάδες που βασίζονται σε φυσικά καύσιμα (άνθρακα/λιγνίτη, πετρελαίου, αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο και συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο). Στην τρίτη ομάδα ανήκουν μόνο οι μονάδες πυρηνικής ενέργειας λόγω των ιδιοτήτων αυτού του τύπου ενέργειας που έχει δημιουργήσει αλληλοσυγκρουόμενες απόψεις. Η αξιολόγηση των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων πραγματοποιήθηκε σε επίπεδο μονάδας, ωστόσο καταγράφηκαν οι ομαδοποιήσεις των μονάδων με κοινά θετικά ή αρνητικά χαρακτηριστικά σε κάθε ξεχωριστή περίπτωση που εξετάστηκε.

Για την κατά το δυνατό πιο πλήρη και αξιόπιστη αξιολόγηση των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων απαιτείται η χρήση διαφορετικών μεθοδολογιών με χαρακτηριστικά που αναδεικνύουν τα δυνατά και αδύνατα στοιχεία των υπο αξιολόγηση μονάδων, σε διαφορετικά περιβάλλοντα και συνθήκες επίλυσης του προβλήματος. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν τρεις από τις σημαντικότερες πολυκριτηριακές μεθόδους με ισχυρό θεωρητικό υπόβαθρο δηλαδή οι AHP, PROMETHEE και ELECTRE, οι οποίες αναπτύχθηκαν τις τελευταίες δεκαετίες και τυγχάνουν της ευρύτερης αποδοχής της επιστημονικής και ερευνητικής κοινότητας στην πολυκριτηριακή επίλυση προβλημάτων, με εφαρμογή σε κάθε πτυχή της καθημερινής και επαγγελματικής μας ζωής.

Η αξιολόγηση των μονάδων πραγματοποιήθηκε μέσω των κατάλληλων κριτηρίων που πληρούν συγκεκριμένες προϋποθέσεις και ιεραρχήθηκαν στην κατάλληλη δενδρική ιεραρχική δομή. Ο προσδιορισμός της βαρύτητάς των κριτηρίων, μία διαδικασία ιδιαίτερα δύσκολη και επιρρεπής σε λάθη, πραγματοποιήθηκε μέσω της χρήσης των συγκρίσεων κατά ζεύγη της Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας που εγγυάται το μέγιστο δυνατό βαθμό αντικειμενικότητας και ορθότητας στον προσδιορισμό των τιμών τους. Τα ίδια βάρη χρησιμοποιήθηκαν και από τις τρεις μεθόδους αξιολόγησης, δηλαδή

την AHP, την PROMETHHE και την ELECTRE. Η ανάλυση ευαισθησίας που πραγματοποιήθηκε παρουσιάζει άμεσα και αξιόπιστα τον τρόπο και τον βαθμό μεταβολής των αξιολογήσεων των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων κατά την μεταβολή των βαρών των κριτηρίων.

Τα ενοποιημένα αποτελέσματα από τις τρεις μεθόδους δείχνουν ότι αύξηση της βαρύτητας του κριτηρίου του βιοτικού επιπέδου ευνοεί κυρίως τις μονάδες που βασίζονται σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, εκτός των υδροηλεκτρικών που έχουν μικρή πτώση στην ιεραρχία ενώ γενικότερα παρουσιάζουν σημαντική σταθερότητα ανεξαρτήτως μεταβολών της προτεραιότητας των κριτηρίων. Οι φωτοβολταϊκές και οι γεωθερμικές μονάδες είναι οι περισσότερο κερδισμένες από την αύξηση της βαρύτητας του βιοτικού επιπέδου. Αντίθετα οι μονάδες ορυκτών καυσίμων και οι πυρηνικές μονάδες εμφανίζουν γενικότερα πτώση στην σειρά κατάταξης όταν δίνεται προτεραιότητα στο βιοτικό επίπεδο, εκτός των μονάδων αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο οι οποίες, όπως και οι υδροηλεκτρικές, δεν παρουσιάζουν σημαντικές μεταβολές στην κατάταξή τους ανεξάρτητα από τις μεταβολές των βαρών των κριτηρίων.

Αύξηση της προτεραιότητας των τεχνολογικών παραγόντων οδηγεί στην κορυφή της κατάταξης τις μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο και τις πυρηνικές μονάδες και ακολουθούν οι μονάδες άνθρακα/λιγνίτη, οι υδροηλεκτρικές και οι μονάδες πετρελαίου. Αντίθετα οι μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ιεραρχούνται κατά κανόνα χαμηλότερα (εκτός των υδροηλεκτρικών που έχουν μικρή άνοδο) όσο αυξάνει το βάρος των τεχνολογικών παραγόντων. Στην περίπτωση αυτή, τις χειρότερες θέσεις στην κατάταξη εμφανίζουν οι φωτοβολταϊκές και οι αιολικές μονάδες.

Όταν οι οικονομικοί παράγοντες αποτελούν το σημαντικότερο ή το μόνο στοιχείο για την επιλογή της ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας οι αιολικές μονάδες, οι πυρηνικές μονάδες, οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο και οι γεωθερμικές μονάδες αξιολογούνται ως οι καλύτερες λύσεις. Υπάρχει δηλαδή σε αυτή την περίπτωση μια μεικτή εικόνα για την επιλογή της βέλτιστης ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας, μεταξύ μονάδων που βασίζονται σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και των υπολοίπων τύπων που βασίζονται σε ορυκτά καύσιμα καθώς και τις πυρηνικές μονάδες.

Μεταξύ των τριών παραπάνω βασικών περιπτώσεων υπάρχει πλειάδα εναλλακτικών σεναρίων με διαφοροποιημένα αποτελέσματα. Οι τρεις πολυκριτηριακές μέθοδοι και οι παραμετροποιήσεις τους, σε συνδυασμό με τα οκτώ σενάρια διαφορετικών συνόλων βαρών κριτηρίων, προσδιορίζουν με πληρότητα την αξιολόγηση των δέκα τύπων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων σε διαφορετικά περιβάλλοντα λήψης της απόφασης. Η τελική συγκριτική παράθεση των αποτελεσμάτων των τριών μεθόδων ανά σενάριο και ανά τύπο ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας διευκολύνουν την θεώρηση και επίλυση του προβλήματος από διαφορετικές οπτικές γωνίες. Οι επιμέρους πληροφορίες από τις τρεις μεθόδους καθώς και η ενοποίησή τους σε ένα ολοκληρωμένο σύστημα υποστήριξης αποφάσεων, διασφαλίζουν ότι ο λήπτης αποφάσεων μπορεί σε κάθε περίπτωση να προσδιορίσει με ακρίβεια τη συμπεριφορά των μονάδων, παράλληλα με τις τάσεις και τον βαθμό αλλαγής των αξιολογήσεών τους κάτω από διαφορετικές παραμετροποιήσεις του προβλήματος. Το σύστημα υποστήριξης αποφάσεων δεν προτείνει μία βέλτιστη

λύση, παρά προσδιορίζει σε κάθε περίπτωση τις εν δυνάμει καλύτερες λύσεις με βάση την σύνθεση των εκάστοτε παραμέτρων του προβλήματος. Η επικουρική αυτή πληροφορία αξιολογείται κατάλληλα από τον λήπτη αποφάσεων προκειμένου να λάβει τις οριστικές του αποφάσεις, συνυπολογίζοντας και πιθανές τρίτες συνιστώσες ή περιορισμούς του προβλήματος.

Ιδανικός τύπος μονάδας δεν υπάρχει. Κάθε τύπος μονάδας μπορεί να ανήκει στην ομάδα των βέλτιστων ή χειρίστων λύσεων, ανάλογα με την παραμετροποίηση του προβλήματος σε κάθε περίπτωση. Η καταλληλότητα ή καλύτερα η προτίμηση ενός τύπου μονάδας σε σχέση με κάποιο άλλο, εξαρτάται από το σύνολο των κριτηρίων αξιολόγησης, τις αξιολογήσεις των μονάδων ως προς αυτά, τις μεθόδους που επιλέγεται να εφαρμοστούν, τις προτεραιότητες και τις αξίες της κοινωνίας και του λήπτη αποφάσεων, τα αλληλοσυγκρουόμενα συμφέροντα και το ευρύτερο περιβάλλον λήψης της απόφασης τη δεδομένη χρονική στιγμή.

Η μελέτη αυτή αποτελεί ισχυρό υπόβαθρο για μελλοντική έρευνα στην πολυκριτηριακή αξιολόγηση των μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Εκτός από την ανάλυση ευαισθησίας που αναφέρεται στη διαφοροποίηση της βαρύτητας των τριών βασικών κριτηρίων, υπάρχει η δυνατότητα αλλαγής των βαρών συγκεκριμένων ομάδων υποκριτηρίων της δενδρικής ιεραρχικής δομής. Μπορεί επίσης να μελετηθεί πιθανή αλλαγή των αξιολογήσεων των μονάδων ως προς τα 20 κριτήρια τελικού κόμβου. Τέτοια παραδείγματα αποτελούν η αλλαγή του βαθμού της κοινωνικής αποδοχής, η διαφοροποίηση των τιμών εκπομπών διαφόρων ρύπων λόγω της εφαρμογής νέων τεχνολογιών ή η τροποποίηση οικονομικών στοιχείων όπως το κόστος καυσίμου, το κόστος κεφαλαίου και το εξωτερικό κόστος.

Σε μελλοντική μελέτη, στην μέθοδο PROMETHEE κάθε τύπος γενικευμένου κριτηρίου μπορεί να συμμετέχει με διαφορετική βαρύτητα στον υπολογισμό της συνολικής καθαρής ροής για κάθε σενάριο, αντί της μέσης καθαρής ροής που υπολογίστηκε στην παρούσα διατριβή. Είναι δυνατό για παράδειγμα να χρησιμοποιηθεί η Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία για την σύγκριση κατά ζεύγη των έξι τύπων γενικευμένων κριτηρίων και την εξαγωγή της βαρύτητάς τους. Παρόμοια διαδικασία συγκρίσεων κατά ζεύγη μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση της βαρύτητας των τριών διαφορετικών περιπτώσεων (χρήση των δύο τιμών κατωφλίου απόρριψης ή μη χρήση τιμής κατωφλίου απόρριψης) της μεθόδου ELECTRE. Στην περίπτωση αυτή δεν θα εξάγεται ο μέσος όρος κατάταξης αλλά κάθε περίπτωση θα συμβάλει με διαφορετική βαρύτητα στην εξαγωγή της τελικής κατάταξης. Η Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία μπορεί να συνδυαστεί με την ασαφή λογική (fuzzy logic) καθώς επίσης και με στοχαστικά μοντέλα σε συνθήκες αβεβαιότητας.

Βιβλιογραφία

- [1] *Ahmad N., Berg D., Simons G.R.* **The integration of analytical hierarchy process and data envelopment analysis in a multi-criteria decision-making problem.** *International Journal of Information Technology & Decision Making* 2006, 5(2):263-76.
- [2] *Aiello G., Enea M., Galante G.* **A multi-objective approach to facility layout problem by genetic search algorithm and Electre method.** *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 2006, 22(5-6):447-55.
- [3] *Albadvi A.* **Formulating national information technology strategies: A preference ranking model using PROMETHEE method.** *European Journal of Operational Research* 2004, 153(2):290-6.
- [4] *Albadvi A., Chaharsooghi S.K., Esfahanipour A.* **Decision making in stock trading: An application of PROMETHEE.** *European Journal of Operational Research* 2007, 177(2):673-83.
- [5] *Albion M.* **True to yourself: Leading a values-based business.** Berrett-Koehler Publishers, 2006.
- [6] *Alkahtani A.M.S., Woodward M.E., Al-Begain K.* **Prioritised best effort routing with four quality of service metrics applying the concept of the analytic hierarchy process.** *Computers & Operations Research* 2006, 33(3):559-80.
- [7] *Aloysius J.A., Davis F.D., Wilson D.D., Taylor A.R., Kottemann J.E.* **User acceptance of multi-criteria decision support systems: The impact of preference elicitation techniques.** *European Journal of Operational Research* 2006, 169(1):273-85.
- [8] *Altuzarra A., Moreno-Jiménez J.M., Salvador M.* **A Bayesian prioritization procedure for AHP-group decision making.** *European Journal of Operational Research* 2007, 182(1):367-82.
- [9] *Anderson D.R., Sweeney D.J., Williams T.A.* **Quantitative methods for business, 10th edition.** South-Western College Publications, 2005.
- [10] *Arampatzis G., Kiranoudis C.T., Scaloubacas P., Assimacopoulos D.* **A GIS-based decision support system for planning urban transportation policies.** *European Journal of Operational Research* 2004, 152(2):465-75.
- [11] *Aravind P.R., Sithara L., Mukundan P., Pillai P.K., Warriar K.G.K.* **Silica alcogels for possible nuclear waste confinement - A simulated study.** *Materials Letters* 2007, 61(11-12):2398-401.

- [12] *Babcock & Wilcox Company. Steam: Its generation and use.* Kessinger Publishing, 2005.
- [13] *Babic Z., Plazibat N. Ranking of enterprises based on multicriterial analysis.* International Journal of Production Economics 1998, 56-57:29-35.
- [14] *Bachmann R., Nielsen H., Warner J., Kehlhofer R. Combined-cycle gas & steam turbine power plants, 2nd edition.* Pennwell Books, 1999.
- [15] *Balasubramaniam A., Boyle A.R., Voulvoulis N. Improving petroleum contaminated land remediation decision-making through the MCA weighting process.* Chemosphere 2007, 66(5):791-8.
- [16] *Ball, Roberts, Simpson. Research Report #20, Centre for environmental & risk management.* University of East Anglia, 1994.
- [17] *Bantayan N.C., Bishop I.D. Linking objective and subjective modelling for landuse decision-making.* Landscape and Urban Planning 1998, 43(1-3):35-48.
- [18] *Barlow J. Excel Models for Business and Operations Management, 2nd edition.* Wiley, 2005.
- [19] *Barnikow A., Behrendt U., Hartmann K., Scharni M. DICTUM : Decision support system for analysis and synthesis of large-scale industrial systems. Part I: Components.* Computers in Industry 1992, 18(2):135-44.
- [20] *Basak I., Saaty T. Group decision making using the analytic hierarchy process.* Mathematical and Computer Modelling 1993, 17(4-5):101-9.
- [21] *Beccali M., Cellura M., Mistretta M. Decision-making in energy planning. Application of the Electre method at regional level for the diffusion of renewable energy technology.* Renewable Energy 2003, 28(13):2063-87.
- [22] *Beér J.M. High efficiency electric power generation: The environmental role.* Progress in Energy and Combustion Science 2007, 33(2):107-34.
- [23] *Belton V., Stewart T.J. Multiple criteria decision analysis, an integrated approach.* Kluwer Academic Publishers, 2002.
- [24] *Bender M.J., Simonovic S.P. A fuzzy compromise approach to water resource systems planning under uncertainty.* Fuzzy Sets and Systems 2000, 115(1):35-44.
- [25] *Benedetto A. A decision support system for the safety of airport runways: The case of heavy rainstorms.* Transportation Research Part A: Policy and Practice 2002, 36(8):665-82.

- [26] *Bertolini M., Braglia M., Carmignani G.* **Application of the AHP methodology in making a proposal for a public work contract.** *International Journal of Project Management* 2006, 24(5):422-30.
- [27] *Besharati B., Azarm S., Kannan P.K.* **A decision support system for product design selection: A generalized purchase modeling approach.** *Decision Support Systems* 2006, 42(1):333-50.
- [28] *Beynon M.J.* **A method of aggregation in DS/AHP for group decision-making with the non-equivalent importance of individuals in the group.** *Computers & Operations Research* 2005, 32(7):1881-96.
- [29] *Beynon M.J., Wells P.* **The lean improvement of the chemical emissions of motor vehicles based on preference ranking: A PROMETHEE uncertainty analysis.** *Omega* 2008, 36(3):384-94.
- [30] *Bhargava H.K., Power D.J., Sun D.* **Progress in web-based decision support technologies.** *Decision Support Systems* 2007, 43(4):1083-95.
- [31] *Blanco J.M., Mendía F., Peña F.* **Comparative analysis of CO₂ and SO₂ emissions between combined and conventional cycles with natural gas and fuel oil consumption over the Spanish thermal power plants.** *Fuel* 2006, 85(9):1280-5.
- [32] *Blondeau P., Spérandio M., Allard F.* **Multicriteria analysis of ventilation in summer period.** *Building and Environment* 2002, 37(2):165-76.
- [33] *Bois P.D., Brans J.P., Cantraine F., Mareschal B.* **MEDICIS: An expert system for computer-aided diagnosis using the PROMETHEE multicriteria method.** *European Journal of Operational Research* 1989, 39(3):284-92.
- [34] *Bond T.C., Wehner B., Plewka A., Wiedensohler A., Heintzenberg J., Charlson R.J.* **Climate-relevant properties of primary particulate emissions from oil and natural gas combustion.** *Atmospheric Environment* 2006, 40(19):3574-87.
- [35] *Bouyssou D.* **Some remarks on the notion of compensation in MCDM.** *European Journal of Operational Research* 1986, 26(1):150-60.
- [36] *Bouyssou D., Marchant T.* **An axiomatic approach to noncompensatory sorting methods in MCDM, I: The case of two categories.** *European Journal of Operational Research* 2007, 178(1):217-45.
- [37] *Bouyssou D., Marchant T.* **An axiomatic approach to noncompensatory sorting methods in MCDM, II: More than two categories.** *European Journal of Operational Research* 2007, 178(1):246-76.
- [38] *Boyce M.P.* **Handbook for cogeneration and combined cycle power plants.** American Society of Mechanical Engineers, 2001.

- [39] *Bozbura F.T., Beskese A. Prioritization of organizational capital measurement indicators using fuzzy AHP.* International Journal of Approximate Reasoning 2007, 44(2):124-47.
- [40] *BP. Statistical review of world energy.* 2005.
- [41] *BP. Quantifying energy : BP statistical review of world energy.* 2006.
- [42] *Braga C.F., Teixeira E.C., Meira L., Wiegand F., Yoneama M.L., Dias J.F. Elemental composition of PM₁₀ and PM_{2.5} in urban environment in South Brazil.* Atmospheric Environment 2005, 39(10):1801-15.
- [43] *Brans J.P., Vincke P. PROMETHEE: A new family of outranking methods in MCDM.* Management Science 1985, 31(6):647-56.
- [44] *Brans J.P., Vincke P., Mareschal B. How to select and how to rank projects: The PROMETHEE method.* European Journal of Operational Research 1986, 24(2):228-38.
- [45] *Brent A.C., Rogers D.E.C., Ramabitsa-Siimane T.S.M., Rohwer M.B. Application of the analytical hierarchy process to establish health care waste management systems that minimise infection risks in developing countries.* European Journal of Operational Research 2007, 181(1):403-24.
- [46] *Briggs T., Kunsch P.L., Mareschal B. Nuclear waste management: An application of the multicriteria PROMETHEE methods.* European Journal of Operational Research 1990, 44(1):1-10.
- [47] *Buchanan J., Vanderpootenb D. Ranking projects for an electricity utility using ELECTRE III.* International Transactions in Operational Research 2007, 14(4):309-23.
- [48] *Butani K.M., Singh G. Decision support system for the selection of agricultural machinery with a case study in India.* Computers and Electronics in Agriculture 1994, 10(2):91-104.
- [49] *Camm J., Evans J. Management Science and Decision Technology.* South-Western College Pub, 1999.
- [50] *Carraretto C. Power plant operation and management in a deregulated market.* Energy 2006, 31(6-7):1000-16.
- [51] *Carraretto C., Lazzaretto A. A dynamic approach for the optimal electricity dispatch in the deregulated market.* Energy 2004, 29(12-15):2273-87.
- [52] *Chandran B., Golden B., Wasil E. Linear programming models for estimating weights in the analytic hierarchy process.* Computers & Operations Research 2005, 32(9):2235-54.

- [53] *Chang T.-J., Tu Y.-L.* **Evaluation of monthly capacity factor of WECS using chronological and probabilistic wind speed data: A case study of Taiwan.** *Renewable Energy* 2007, 32(12):1999-2010.
- [54] *Chatzimouratidis A.I., Pilavachi P.A.* **Objective and subjective evaluation of power plants and their non-radioactive emissions using the Analytic Hierarchy Process.** *Energy Policy* 2007, 35(8):4027-38.
- [55] *Chatzimouratidis A.I., Pilavachi P.A.* **Multicriteria evaluation of power plants impact on the living standard using the Analytic Hierarchy Process.** *Energy Policy* 2008, 36(3):1074-89.
- [56] *Chaudhry S., Li H., Xu L., Zhang H.* **Decision support systems in emerging economies.** *Decision Support Systems* 2007, 42(4):1987-8.
- [57] *Chen C.-J., Huang C.-C.* **A multiple criteria evaluation of high-tech industries for the science-based industrial park in Taiwan.** *Information & Management* 2004, 41(7):839-51.
- [58] *Chen H., Kocaoglu D.F.* **A sensitivity analysis algorithm for hierarchical decision models.** *European Journal of Operational Research* 2008, 185(1):195-203.
- [59] *Chen M., Liou Y., Wang C.-W., Fan Y.-W., Chi Y.-P.J.* **TeamSpirit: Design, implementation, and evaluation of a web-based group decision support system.** *Decision Support Systems* 2007, 43(4):1186-202.
- [60] *Cheng S., Chan C.W., Huang G.H.* **An integrated multi-criteria decision analysis and inexact mixed integer linear programming approach for solid waste management.** *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 2003, 16(5-6):543-54.
- [61] *Chou T.-Y., Lin W.-T., Lin C.-Y., Chou W.-C., Huang P.-H.* **Application of the PROMETHEE technique to determine depression outlet location and flow direction in DEM.** *Journal of Hydrology* 2004, 287(1-4):49-61.
- [62] *Clemen R.T.* **Making hard decisions: An introduction to decision analysis, 2nd edition.** Duxbury Press, 1997.
- [63] *Cloquell-Ballester V.-A., Monterde-Díaz R., Cloquell-Ballester V.-A., Santamarina-Siurana M.-C.* **Systematic comparative and sensitivity analyses of additive and outranking techniques for supporting impact significance assessments.** *Environmental Impact Assessment Review* 2007, 27(1):62-83.
- [64] *Collette Y., Siarry P.* **Multiobjective optimization: Principles and case studies.** Springer, New York, 2003.

- [65] *Cook W.D., Green R.H.* **Evaluating power plant efficiency: A hierarchical model.** *Computers & Operations Research* 2005, 32(4):813-23.
- [66] *Costantini V., Gracceva F., Markandya A., Vicini G.* **Security of energy supply: Comparing scenarios from a European perspective.** *Energy Policy* 2007, 35(1):210-26.
- [67] *Courtney J.F.* **Decision making and knowledge management in inquiring organizations: Toward a new decision-making paradigm for DSS.** *Decision Support Systems* 2004, 31(1):17-38.
- [68] *Cragle D., McLain R., Qualters J., Hickey J., Wilkinson G., Tankersley W., Lushbaugh C.* **Mortality among workers at a nuclear fuels production facility.** *American Journal of Industrial Medicine* 1988, 14(4):379-401.
- [69] *D'Avignon G., Mareschal B.* **Specialization of hospital services in Quebec: An application of the promethee and GAIA methods.** *Mathematical and Computer Modelling* 1989, 12(10-11):1393-400.
- [70] *Dadkhah K.M., Zahedi F.* **A mathematical treatment of inconsistency in the analytic hierarchy process.** *Mathematical and Computer Modelling* 1993, 17(4-5):111-22.
- [71] *Damart S., Dias L.C., Mousseau V.* **Supporting groups in sorting decisions: Methodology and use of a multi-criteria aggregation/disaggregation DSS.** *Decision Support Systems* 2007, 43(4):1464-75.
- [72] *Dargam F.C.C., Perz E.W.* **A decision support system for power plant design.** *European Journal of Operational Research* 1998, 109(2):310-20.
- [73] *Davis S., Laschuk C.* **Microhydro: Clean power from water.** New Society Publishers, 2003.
- [74] *De Keyser W., Peeters P.* **A note on the use of PROMETHEE multicriteria methods.** *European Journal of Operational Research* 1996, 89(3):457-61.
- [75] *De Leeneer I., Pastijn H.* **Selecting land mine detection strategies by means of outranking MCDM techniques.** *European Journal of Operational Research* 2002, 139(2):327-38.
- [76] *Delen D., Sharda R., Kumar P.* **Movie forecast guru: A web-based DSS for Hollywood managers.** *Decision Support Systems* 2007, 43(4):1151-70.
- [77] *Diakoulaki D., Georgiou P., Tourkoulas C., Georgopoulou E., Lalas D., Mirasgedis S., Sarafidis Y.* **A multicriteria approach to identify investment opportunities for the exploitation of the clean development mechanism.** *Energy Policy* 2007, 35(2):1088-99.

- [78] *Diakoulaki D., Karangelis F. Multi-criteria decision analysis and cost–benefit analysis of alternative scenarios for the power generation sector in Greece.* Renewable and Sustainable Energy Reviews 2007, 11(4):716-27.
- [79] *Diakoulaki D., Zopounidis C., Mavrotas G., Doumpos M. The use of a preference disaggregation method in energy analysis and policy making.* Energy 1999, 24(2):157-66.
- [80] *Dias L.C., Mousseau V. Inferring Electre’s veto-related parameters from outranking examples.* European Journal of Operational Research 2006, 170(1):172-91.
- [81] *Dias L.C., Mousseau V., Figueira J., Climaco J. An aggregation/disaggregation approach to obtain robust conclusions with ELECTRE TRI.* European Journal of Operational Research 2002, 138(2):332-48.
- [82] *Dodd F.J., Donegan H.A., McMaster T.B.M. A statistical approach to consistency in AHP.* Mathematical and Computer Modelling 1993, 18(6):19-22.
- [83] *Dong Y., Xu Y., Li H., Dai M. A comparative study of the numerical scales and the prioritization methods in AHP.* European Journal of Operational Research 2008, 186(1):229-42.
- [84] *Douglas D., Clark J. Business statistics, 4th edition.* Barron's Educational Series, 2003.
- [85] *Drbal L., Westra K., Boston P. Power plant engineering.* Springer, 1995.
- [86] *Du Bois P., Brans J.P., Cantraine F., Mareschal B. MEDICIS: An expert system for computer-aided diagnosis using the PROMETHEE multicriteria method.* European Journal of Operational Research 1989, 39(3):284-92.
- [87] *Duke J.S. Decision analysis using value focused thinking to select renewable energy sources.* Storming Media, 2004.
- [88] *Ehrgott M. Multicriteria Optimization, 2nd edition.* Springer, 1999.
- [89] *Eierman M.A., Niederman F., Adams C. DSS theory: A model of constructs and relationships.* Decision Support Systems 1995, 14(1):1-26.
- [90] *Ekel P.Y., Galperin E.A. Box-triangular multiobjective linear programs for resource allocation with application to load management and energy market problems.* Mathematical and Computer Modelling 2003, 37(1-2):1-17.
- [91] *Ekel P.Y., Menezes M., Neto F.H.S. Decision making in a fuzzy environment and its application to multicriteria power engineering problems.* Nonlinear Analysis: Hybrid Systems 2007, 1(4):527-36.

- [92] *El-Guebaly L.A.* **Managing fusion high-level waste - A strategy for burning the long-lived products in fusion devices.** Fusion Engineering and Design 2006, 81(8-14):1321-6.
- [93] *Elkarmi F., Mustafa I.* **Increasing the utilization of solar energy technologies (SET) in Jordan : Analytic hierarchy process.** Energy Policy 1993, 21(9):978-84.
- [94] *Elliott T.C., Chen K., Swanekamp R.* **Standard handbook of powerplant engineering, 2nd edition.** McGraw-Hill Professional, 1997.
- [95] *Energy Power Research Institute (EPRI).* **California renewable technology market and benefits assessment. Appendix C Table C-3 Payroll, taxes and other values. Report No.1001193.** 2001.
- [96] *Entani T., Tanaka H.* **Interval estimations of global weights in AHP by upper approximation.** Fuzzy Sets and Systems 2007, 158(17):1913-21.
- [97] *Eom S.B., Min H.* **The contributions of multi-criteria decision making to the development of decision support systems subspecialties: An empirical investigation.** Journal of multi-criteria decision analysis 1999, 8(5):239-55.
- [98] *Escobar M.T., Aguarón J., Moreno-Jiménez J.M.* **A note on AHP group consistency for the row geometric mean prioritization procedure.** European Journal of Operational Research 2004, 153(2):318-22.
- [99] *European Community.* **Council Directive 1996/62/EC.** Official Journal of the European Communities 1996.
- [100] *European Community.* **Council Directive 1999/30/EC.** Official Journal of the European Communities 1999.
- [101] *European Community (EESD Programme).* **Externalities of energy: Extension of accounting framework and policy applications (technical report).** ExternE-Pol 2005.
- [102] *European Environment Agency (EEA).* **EMEP/CORINAIR - Atmospheric Emission Inventory Guidebook.** 2006.
- [103] *Feretic D., Tomsic Z.* **Probabilistic analysis of electrical energy costs comparing: production costs for gas, coal and nuclear power plants.** Energy Policy 2005, 33(1):5-13.
- [104] *Figueira J., Roy B.* **Determining the weights of criteria in the ELECTRE type methods with a revised Simos' procedure.** European Journal of Operational Research 2002, 139(2):317-26.

- [105] *Fiorucci P., Minciardi R., Robba M., Sacile R.* **Solid waste management in urban areas: Development and application of a decision support system.** Resources, Conservation and Recycling 2003, 37(4):301-28.
- [106] *Franco A., Casarosa C.* **Thermoeconomic evaluation of the feasibility of highly efficient combined cycle power plants.** Energy 2004, 29(12-15):1963-82.
- [107] *Fu G.* **A fuzzy optimization method for multicriteria decision making: An application to reservoir flood control operation.** Expert Systems with Applications 2008, 34(1):145-9.
- [108] *Gal T., Stewart T.J., Hanne T.* **Multicriteria Decision Making: Advances in MCDM Models, Algorithms, Theory and Applications.** Springer, 1999.
- [109] *Georgopoulou E., Lalas D., Papagiannakis L.* **A multicriteria decision aid approach for energy planning problems: The case of renewable energy option.** European Journal of Operational Research 1997, 103(1):38-54.
- [110] *Georgopoulou E., Sarafidis Y., Diakoulaki D.* **Design and implementation of a group DSS for sustaining renewable energies exploitation.** European Journal of Operational Research 1998, 109(2):483-500.
- [111] *Georgopoulou E., Sarafidis Y., Mirasgedis S., Balaras C.A., Gaglia A., Lalas D.P.* **Evaluating the need for economic support policies in promoting greenhouse gas emission reduction measures in the building sector: The case of Greece.** Energy Policy 2006, 34(15):2012-31.
- [112] *Georgopoulou E., Sarafidis Y., Mirasgedis S., Zaimi S., Lalas D.P.* **A multiple criteria decision-aid approach in defining national priorities for greenhouse gases emissions reduction in the energy sector.** European Journal of Operational Research 2003, 146(1):199-215.
- [113] *Ghanadan R., Koomey J.G.* **Using energy scenarios to explore alternative energy pathways in California.** Energy Policy 2005, 33(9):1117-42.
- [114] *Ghandforoush P., Sen T.K., Wander M.* **A decision support system for electric utilities: Compliance with clean air act.** Decision Support Systems 1999, 26(4):261-73.
- [115] *Gheorghe A.V., Vamanu D.* **A pilot decision support system for nuclear power emergency management.** Safety Science 1995, 20(1):13-26.
- [116] *Ghodsypour S.H., O'Brien C.* **A decision support system for supplier selection using an integrated analytic hierarchy process and linear programming.** International Journal of Production Economics 1998, 56-57:199-212.

- [117] *Gilliams S., Raymaekers D., Muys B., Van Orshoven J.* **Comparing multiple criteria decision methods to extend a geographical information system on afforestation.** *Computers and Electronics in Agriculture* 2005, 49(1):142-58.
- [118] *Goodwin P., Wright G.* **Decision analysis for management judgement, 2nd edition.** John Wiley & Sons, 1988.
- [119] *Goumas M., Lygerou V.* **An extension of the PROMETHEE method for decision making in fuzzy environment: Ranking of alternative energy exploitation projects.** *European Journal of Operational Research* 2000, 123(3):606-13.
- [120] *Goumas M.G., Lygerou V.A., Papayannakis L.E.* **Computational methods for planning and evaluating geothermal energy projects.** *Energy Policy* 1999, 27(3):147-54.
- [121] *Haastrup P., Maniezzo V., Mattarelli M., Rinaldi F.M., Mendes I., Paruccini M.* **A decision support system for urban waste management.** *European Journal of Operational Research* 1998, 109(2):330-41.
- [122] *Hacklin F., Marxt C., Fahrni F.* **Strategic venture partner selection for collaborative innovation in production systems: A decision support system-based approach.** *International Journal of Production Economics* 2006, 104(1):100-12.
- [123] *Hajeeh M., Al-Othman A.* **Application of the analytical hierarchy process in the selection of desalination plants.** *Desalination* 2005, 174(1):97-108.
- [124] *Hamed O.A., Al-Washmi H.A., Al-Otaibi H.A.* **Thermoeconomic analysis of a power/water cogeneration plant.** *Energy* 2006, 31(14):2699-709.
- [125] *Hamill J.T., Deckro R.F., Kloeber J.M.* **Evaluating information assurance strategies.** *Decision Support Systems* 2005, 39(3):463-84.
- [126] *Hammond J.S., Keeney R.L., Raiffa H.* **Smart choices: A practical guide to making better decisions.** Broadway, 2002.
- [127] *Haralambopoulos D.A., Polatidis H.* **Renewable energy projects: Structuring a multi-criteria group decision-making framework.** *Renewable Energy* 2003, 28(6):961-73.
- [128] *Harhammer P.G., Infanger G.M.* **Decision support system - Operation planning.** *International Journal of Electrical Power & Energy Systems* 1989, 11(3):155-60.
- [129] *Heller M.C., Keoleian G.A., Mann M.K., Volk T.A.* **Life cycle energy and environmental benefits of generating electricity from willow biomass.** *Renewable Energy* 2004, 29(7):1023-42.

- [130] *Hermans C., Erickson J., Noordewier T., Sheldon A., Kline M.* **Collaborative environmental planning in river management: An application of multicriteria decision analysis in the White River Watershed in Vermont.** *Journal of Environmental Management* 2007, 84(4):534-46.
- [131] *Hillier F.S., Lieberman G.J.* **Introduction to operations research.** McGraw-Hill Science/Engineering/Math, 2005.
- [132] *Hirschberg S., Burgherr P., Spiekerman G., Dones R.* **Severe accidents in the energy sector: Comparative perspective.** *Journal of Hazardous Materials* 2004, 111(1-3):57-65.
- [133] *Hirschberg S., Spiekermann G., Dones R.* **Severe accidents in the energy sector. Report No. 98-16.** Paul Scherrer Institut, Villigen, Switzerland. 1998.
- [134] *Hokkanen J., Salminen P.* **ELECTRE III and IV decision aids in an environmental problem.** *Journal of Multi Criteria Decision Analysis* 1997, 6:215-26.
- [135] *Hokkanen J., Salminen P., Rossi E., Ettala M.* **The choice of a solid waste management system using the Electre II decision-aid method.** *Waste Management & Research* 1995, 13(2):175-93.
- [136] *Hrma P., Crum J.V., Bates D.J., Bredt P.R., Greenwood L.R., Smith H.D.* **Vitrification and testing of a Hanford high-level waste sample. Part 1: Glass fabrication, and chemical and radiochemical analysis.** *Journal of Nuclear Materials* 2005, 345(1):19-30.
- [137] *Hrma P., Crum J.V., Bates D.J., Bredt P.R., Greenwood L.R., Smith H.D.* **Vitrification and testing of a Hanford high-level waste sample. Part 2: Phase identification and waste form leachability.** *Journal of Nuclear Materials* 2005, 345(1):31-40.
- [138] *Huang W., Day D.E., Ray C.S., Kim C.-W., Mogus-Milankovic A.* **Vitrification of high chrome oxide nuclear waste in iron phosphate glasses.** *Journal of Nuclear Materials* 2004, 327(1):46-57.
- [139] *Hung M.-L., Yang W.-F., Ma H.-W., Yang Y.-M.* **A novel multiobjective programming approach dealing with qualitative and quantitative objectives for environmental management.** *Ecological Economics* 2006, 56(4):584-93.
- [140] *Hyde K., Maier H.R., Colby C.* **Incorporating uncertainty in the PROMETHEE MCDA method.** *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis* 2003, 12(4-5):245-59.
- [141] *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).* **IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories - Volume 2, Energy.** 2006.

- [142] *International Atomic Energy Agency (IAEA). Reference Technology Database.* 2002.
- [143] *International Energy Agency (IEA). World Energy Outlook.* 2005.
- [144] *International Energy Agency (IEA). IEA Photovoltaic power systems programme (IEA PVPS).* 2006.
- [145] *International Energy Agency (IEA). Key World Energy Statistics.* 2006.
- [146] *Jennings D., Wattam S. Decision Making: An Integrated Approach.* Pitman Publishing, 1998.
- [147] *Jonker J.-J., Piersma N., Potharst R. A decision support system for direct mailing decisions.* *Decision Support Systems* 2006, 42(2):915-25.
- [148] *Kablan M.M. Decision support for energy conservation promotion: An analytic hierarchy process approach.* *Energy Policy* 2004, 32(10):1151-8.
- [149] *Kajanus M., Kangas J., Kurttila M. The use of value focused thinking and the A'WOT hybrid method in tourism management.* *Tourism Management* 2004, 25(4):499-506.
- [150] *Kaldellis J.K., Kavadias K.A. Cost-benefit analysis of remote hybrid wind-diesel power stations: Case study Aegean Sea islands.* *Energy Policy* 2007, 35(3):1525-38.
- [151] *Kaldellis J.K., Vlachou D.S., Korbakis G. Techno-economic evaluation of small hydro power plants in Greece: A complete sensitivity analysis.* *Energy Policy* 2005, 33(15):1969-85.
- [152] *Kaplow L., Shavell S. Decision analysis, Game theory and Information.* Foundation Press, 2004.
- [153] *Karagiannidis A., Moussiopoulos N. Application of ELECTRE III for the integrated management of municipal solid wastes in the Greater Athens Area.* *European Journal of Operational Research* 1997, 97(3):439-49.
- [154] *Karami E. Appropriateness of farmers' adoption of irrigation methods: The application of the AHP model.* *Agricultural Systems* 2006, 87(1):101-19.
- [155] *Karjala M.K., Sherry E.E., Dewhurst S.M. Criteria and indicators for sustainable forest planning: a framework for recording aboriginal resource and social values.* *Forest Policy and Economics* 2004, 6(2):95-110.
- [156] *Karkazis J. Facilities location in a competitive environment: A promethee based multiple criteria analysis.* *European Journal of Operational Research* 1989, 42(3):294-304.

- [157] *Kasseris E., Samaras Z., Zafeiris D.* **Optimization of a wind-power fuel-cell hybrid system in an autonomous electrical network environment.** *Renewable Energy* 2007, 32(1):57-79.
- [158] *Keeney R.L.* **Value-focused thinking: A path to creative decisionmaking.** Harvard University Press, 1992.
- [159] *Keeney R.L.* **Value-focused thinking: Identifying decision opportunities and creating alternatives.** *European Journal of Operational Research* 1996, 92(3):537-49.
- [160] *Keeney R.L., Raiffa H.* **Decisions with multiple objectives : Preferences and value tradeoffs.** Wiley, 1976.
- [161] *Kengpol A., Tuominen M.* **A framework for group decision support systems: An application in the evaluation of information technology for logistics firms.** *International Journal of Production Economics* 2006, 101(1):159-71.
- [162] *Kiameh P.* **Power generation handbook : Selection, applications, operation, maintenance.** McGraw-Hill Professional, 2002.
- [163] *Kim P.O., Lee K.J., Lee B.W.* **Selection of an optimal nuclear fuel cycle scenario by goal programming and the analytic hierarchy process.** *Annals of Nuclear Energy* 1999, 26(5):449-60.
- [164] *Klaassen G., Riahi K.* **Internalizing externalities of electricity generation: An analysis with MESSAGE-MACRO.** *Energy Policy* 2007, 35(2):815-27.
- [165] *Klapka J., Pinos P.* **Decision support system for multicriterial R&D and information systems projects selection.** *European Journal of Operational Research* 2002, 140(2):434-46.
- [166] *Koch F.* **Hydropower-internalised costs and externalised benefits. International Energy Agency (IEA) - Implementing agreement for hydropower technologies and programmes; Ottawa, Canada. 2000.**
- [167] *Kudzys A.* **Safety of power transmission line structures under wind and ice storms.** *Engineering Structures* 2006, 28(5):682-9.
- [168] *Kuprianov V.I., Tanetsakunvatana V.* **Assessment of gaseous, PM and trace element emissions from a 300-MW lignite-fired boiler unit for various fuel qualities.** *Fuel* 2006, 85(14-15):2171-9.
- [169] *Kwiesielewicz M., Van Uden E.* **Inconsistent and contradictory judgements in pairwise comparison method in the AHP.** *Computers & Operations Research* 2004, 31(5):713-9.

- [170] *Laudon J., Laudon K. Management information systems: Managing the digital firm, 10th Edition.* Prentice Hall, 2006.
- [171] *Lave L., Seskin E. An analysis of the association between U.S. mortality and air pollution.* Journal of the American Statistical Association 1973, 68(342).
- [172] *Le Téo J.F., Mareschal B. An interval version of PROMETHEE for the comparison of building products' design with ill-defined data on environmental quality.* European Journal of Operational Research 1998, 109(2):522-9.
- [173] *Lee A.H.I., Chen W.-C., Chang C.-J. A fuzzy AHP and BSC approach for evaluating performance of IT department in the manufacturing industry in Taiwan.* Expert Systems with Applications 2008, 34(1):96-107.
- [174] *Lentz Á., Almanza R. Solar-geothermal hybrid system.* Applied Thermal Engineering 2006, 26(14-15):1537-44.
- [175] *León O.G. Value-focused thinking versus alternative-focused thinking: Effects on generation of objectives.* Organizational Behavior and Human Decision Processes 1999, 80(3):213-27.
- [176] *Levary R.R., Wan K. A simulation approach for handling uncertainty in the analytic hierarchy process.* European Journal of Operational Research 1998, 106(1):116-22.
- [177] *Levin N., Zahavi J., Olitsky M. AMOS - A probability-driven, customer-oriented decision support system for target marketing of solo mailings.* European Journal of Operational Research 1995, 87(3):708-21.
- [178] *Levin R.I., Rubin D.S. Statistics for Management, 7th edition.* Prentice Hall, 1997.
- [179] *Levy J.K., Taji K. Group decision support for hazards planning and emergency management: A Group Analytic Network Process (GANP) approach.* Mathematical and Computer Modelling 2007, 46(7-8):906-17.
- [180] *Lewi P.J., Hoof J.V., Boey P. Multicriteria decision making using Pareto optimality and PROMETHEE preference ranking.* Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems 1992, 16(2):139-44.
- [181] *Leyva-López J.C., Fernández-González E. A new method for group decision support based on ELECTRE III methodology.* European Journal of Operational Research 2003, 148(1):14-27.
- [182] *Li H.-L., Ma L.-C. Detecting and adjusting ordinal and cardinal inconsistencies through a graphical and optimal approach in AHP models.* Computers & Operations Research 2007, 34(3):780-98.

- [183] *Li K., Horne R.N.* **Comparison and verification of production prediction models.** Journal of Petroleum Science and Engineering 2007, 55(3-4):213-20.
- [184] *Liang Z., Yang K., Sun Y., Yuan J., Zhang H., Zhang Z.* **Decision support for choice optimal power generation projects: Fuzzy comprehensive evaluation model based on the electricity market.** Energy Policy 2006, 34(17):3359-64.
- [185] *Liberatore M.J., Nydick R.L.* **Decision technology - Modeling, software and applications.** John Wiley & Sons, Inc., 2003.
- [186] *Lind D.A., Marchal W.G., Wathen S.A.* **Basic statistics for business and economics, 6th edition.** Mcgraw-Hill College, 2007.
- [187] *Lipfert F.W.* **Statistical studies of mortality and air pollution : Multiple regression analyses stratified by age group.** The Science of The Total Environment 1980, 15(2):103-22.
- [188] *Liu B.-C., Tzeng G.-H., Hsieh C.-T.* **Energy planning and environmental quality management: A decision support system approach.** Energy Economics 1992, 14(4):302-7.
- [189] *Liu D., Stewart T.J.* **Integrated object-oriented framework for MCDM and DSS modelling.** Decision Support Systems 2004, 38(3):421-34.
- [190] *Liu D., Stewart T.J.* **Object-oriented decision support system modelling for multicriteria decision making in natural resource management.** Computers & Operations Research 2004, 31(7):985-99.
- [191] *Loetscher T., Keller J.* **A decision support system for selecting sanitation systems in developing countries.** Socio-Economic Planning Sciences 2002, 36(4):267-90.
- [192] *López M.T., Zuk M., Garibay V., Tzintzun G., Iniestra R., Fernández A.* **Health impacts from power plant emissions in Mexico.** Atmospheric Environment 2005, 39(7):1199-209.
- [193] *Lourenço R.P., Costa J.P.* **Using ELECTRE TRI outranking method to sort MOMILP nondominated solutions.** European Journal of Operational Research 2004, 153(2):271-89.
- [194] *Lusk E.J.* **Email: Its decision support systems inroads - An update.** Decision Support Systems 2006, 42(1):328-32.
- [195] *Mahdi I.M., Alreshaid K.* **Decision support system for selecting the proper project delivery method using analytical hierarchy process (AHP).** International Journal of Project Management 2005, 23(7):564-72.

- [196] *Mahmoud M.R., Garcia L.A.* **Comparison of different multicriteria evaluation methods for the Red Bluff diversion dam.** *Environmental Modelling and Software* 2000, 15(5):471-8.
- [197] *Marakas G.M.* **Decision support systems.** Prentice Hall, 2002.
- [198] *March S.T., Hevner A.R.* **Integrated decision support systems: A data warehousing perspective.** *Decision Support Systems* 2007, 43(3):1031-43.
- [199] *Marquez A.C., Blanchar C.* **A decision support system for evaluating operations investments in high-technology business.** *Decision Support Systems* 2006, 41(2):472-87.
- [200] *Marseguerra M., Zio E., Podofillini L.* **First-order differential sensitivity analysis of a nuclear safety system by Monte Carlo simulation.** *Reliability Engineering & System Safety* 2005, 90(2-3):162-8.
- [201] *Martin C., Legret M.* **The ELECTRE III multicriteria method: Definitions, working principle and example of an application to urban stormwater management.** *Bulletin Des Laboratoires Des Ponts Et Chaussees* 2005, 258-259:29-46.
- [202] *Martin C., Ruperd Y., Legret M.* **Urban stormwater drainage management: The development of a multicriteria decision aid approach for best management practices.** *European Journal of Operational Research* 2007, 181(1):338-49.
- [203] *Massachusetts Institute of Technology (MIT).* **The future of geothermal energy - Impact of enhanced geothermal systems on the United States in the 21st century.** 2006.
- [204] *McBride J.P., Moore R.E., Witherspoon J.P., Blanco R.E.* **Radiological impact of airborne effluents of coal and nuclear plants.** *Science* 1978, 202(4372):1045-50.
- [205] *McDaniels T., Longstaff H., Dowlatabadi H.* **A value-based framework for risk management decisions involving multiple scales: A salmon aquaculture example.** *Environmental Science & Policy* 2006, 9(5):423-38.
- [206] *Merad M.M., Verdel T., Roy B., Kouniali S.* **Use of multi-criteria decision-aids for risk zoning and management of large area subjected to mining-induced hazards.** *Tunnelling and Underground Space Technology* 2004, 19(2):125-38.
- [207] *Meyer P.* **Life-cycle assessment of electricity generation systems and applications for climate change policy analysis.** University of Wisconsin-Madison, 2002.

- [208] *Mikhailov L.* **Group prioritization in the AHP by fuzzy preference programming method.** *Computers & Operations Research* 2004, 31(2):293-301.
- [209] *Milani A.S., Shanian A., El-Lahham C.* **Using different ELECTRE methods in strategic planning in the presence of human behavioral resistance.** *Journal of Applied Mathematics and Decision Sciences* 2006, 2006:1-19.
- [210] *Millet I., Schoner B.* **Incorporating negative values into the Analytic Hierarchy Process.** *Computers & Operations Research* 2005, 32(12):3163-73.
- [211] *Mirasgedis S., Diakoulaki D.* **Multicriteria analysis vs. externalities assessment for the comparative evaluation of electricity generation systems.** *European Journal of Operational Research* 1997, 102(2):364-79.
- [212] *Mitchell C.P.* **Development of decision support systems for bioenergy applications.** *Biomass and Bioenergy* 2000, 18(4):265-78.
- [213] *Mittelhammer R.C.* **Mathematical statistics for economics and business.** Springer, 1999.
- [214] *Mladineo N., Margeta J., Brans J.P., Mareschal B.* **Multicriteria ranking of alternative locations for small scale hydro plants.** *European Journal of Operational Research* 1987, 31(2):215-22.
- [215] *Mokdad A., Marks J., Stroup D., Gerberding J.* **Actual causes of death in the United States, 2000.** *Journal of the American Medical Association* 2004, 291:1238 - 45.
- [216] *Morais D.C., de Almeida A.T.* **Group decision-making for leakage management strategy of water network.** *Resources, Conservation and Recycling* 2007, 52(2):441-59.
- [217] *Moreau É.M.-F.* **The impact of intelligent decision support systems on intellectual task success: An empirical investigation.** *Decision Support Systems* 2006, 42(2):593-607.
- [218] *Morgan M.G., Henrion M.* **Uncertainty: A guide to dealing with uncertainty in quantitative risk and policy analysis.** Cambridge University Press, 1992.
- [219] *Mousseau V., Dias L.* **Valued outranking relations in ELECTRE providing manageable disaggregation procedures.** *European Journal of Operational Research* 2004, 156(2):467-82.
- [220] *Mousseau V., Figueira J., Naux J.-P.* **Using assignment examples to infer weights for ELECTRE TRI method: Some experimental results.** *European Journal of Operational Research* 2001, 130(2):263-75.

- [221] *Mousseau V., Slowinski R., Zielniewicz P.* **A user-oriented implementation of the ELECTRE-TRI method integrating preference elicitation support.** *Computers & Operations Research* 2000, 27(7-8):757-77.
- [222] *National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP).* **Public radiation exposure from nuclear power generation in the United States, Report No. 92.** 1987:72-112.
- [223] *National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP).* **Radiation exposure of the U.S. population from consumer products and miscellaneous sources, Report No. 95.** 1987:32-6 and 62-4.
- [224] *Norese M.F.* **ELECTRE III as a support for participatory decision-making on the localisation of waste-treatment plants.** *Land Use Policy* 2004, 23(1):76-85.
- [225] *Nowak M.* **Preference and veto thresholds in multicriteria analysis based on stochastic dominance.** *European Journal of Operational Research* 2004, 158(2):339-50.
- [226] *Oatley C.J., Ramsay B., McPherson A., Eastwood R., Ozveren C.S.* **A decision support system for electricity distribution network refurbishment projects.** *Electric Power Systems Research* 1997, 40(1):27-35.
- [227] *Ogaji S., Sampath S., Singh R., Probert D.* **Novel approach for improving power-plant availability using advanced engine diagnostics.** *Applied Energy* 2002, 72(1):389-407.
- [228] *Ogryczak W., Wierzbicki A., Milewski M.* **A multi-criteria approach to fair and efficient bandwidth allocation.** *Omega* 2008, 36(3):451-63.
- [229] *Olson D.L.* **Comparison of three multicriteria methods to predict known outcomes.** *European Journal of Operational Research* 2001, 130(3):576-87.
- [230] *Olson D.L., Shipley M., Johnson M., Yankov N.* **Capturing the high-risk environment of the transition economy in Bulgaria - A simulation-based DSS.** *Decision Support Systems* 2007, 42(4):2004-15.
- [231] *Ondrus J., Pigneur Y.* **Towards a holistic analysis of mobile payments: A multiple perspectives approach.** *Electronic Commerce Research and Applications* 2006, 5(3):246-57.
- [232] *Onesime O.C.T., Xu X., Zhan D.* **A decision support system for supplier selection process.** *International Journal of Information Technology & Decision Making* 2004, 3(3):453-70.
- [233] *Opasanon S., Miller-Hooks E.* **Multicriteria adaptive paths in stochastic, time-varying networks.** *European Journal of Operational Research* 2006, 173(1):72-91.

- [234] *Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD)*. **Nuclear electricity generation: What are the external costs?**, 2003.
- [235] *Ottinger R., Wooley D.R., Robinson N.A., Hodas D.R., Babb S.E.* **Environmental costs of electricity**. Oceana Publications, New York, 1991.
- [236] *Ozdemir M.S.* **Validity and inconsistency in the analytic hierarchy process**. *Applied Mathematics and Computation* 2005, 161(3):707-20.
- [237] *Ozdemir M.S., Saaty T.L.* **The unknown in decision making: What to do about it**. *European Journal of Operational Research* 2006, 174(1):349-59.
- [238] *Pandey P.C., Kengpol A.* **Selection of an automated inspection system using multiattribute decision analysis**. *International Journal of Production Economics* 1995, 39(3):289-98.
- [239] *Park C.-S., Han I.* **A case-based reasoning with the feature weights derived by analytic hierarchy process for bankruptcy prediction**. *Expert Systems with Applications* 2002, 23(3):255-64.
- [240] *Parreiras R.O., Vasconcelos J.A.* **A multiplicative version of Promethee II applied to multiobjective optimization problems**. *European Journal of Operational Research* 2007, 183(2):729-40.
- [241] *Peled R., Friger M., Bolotin A., Bibi H., Epstein L., Pilpel D., S. S.* **Fine particles and meteorological conditions are associated with lung function in children with asthma living near two power plants**. *Public Health* 2005, 119:418-25.
- [242] *Persaud S., Flynn D., Fox B.* **Potential for wind generation on the Guyana coastlands**. *Renewable Energy* 1999, 18(2):175-89.
- [243] *Pilavachi P.A., Roumpeas C.P., Minett S., Afgan N.H.* **Multi-criteria evaluation for CHP system options**. *Energy Conversion and Management* 2006, 47(20):3519-29.
- [244] *Pimentel D., Rodrigues G., Wang T., Abrams R., Goldberg K., Staeker H., Ma E., Brueckner L., Trivato L., Chow C., U. G., Boerke S.* **Renewable energy: Economic and environmental issues**. *Bioscience* 1994, 44:536-47.
- [245] *Poch M., Comas J., Rodríguez-Roda I., Sánchez-Marrè M., Cortés U.* **Designing and building real environmental decision support systems**. *Environmental Modelling & Software* 2004, 19(9):857-73.
- [246] *Pohekar S.D., Ramachandran M.* **Application of multi-criteria decision making to sustainable energy planning - A review**. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2004, 8(4):365-81.

- [247] *Pol A.A., Ahuja R.K.* **Developing web-enabled decision support systems.** Dynamic Ideas, 2007.
- [248] *Pope A., Burnett R., Thun M., Calle E., Krewski D., Ito K., Thurston G.* **Cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution.** *Journal of the American Medical Association* 2002, 287:1132-41.
- [249] *Power D.J.* **Decision support systems: Concepts and resources for managers.** Quorum Books, 2002.
- [250] *Power D.J., Sharda R.* **Model-driven decision support systems: Concepts and research directions.** *Decision Support Systems* 2007, 43(3):1044-61.
- [251] *Qin Y., Kim E., Hopke P.K.* **The concentrations and sources of PM_{2.5} in metropolitan New York City.** *Atmospheric Environment* 2006, 40, Supplement 2:312-32.
- [252] *Rafaj P., Kypreos S.* **Internalisation of external cost in the power generation sector: Analysis with global multi-regional MARKAL model.** *Energy Policy* 2007, 35(2):828-43.
- [253] *Raju K.S., Pillai C.R.S.* **Multicriterion decision making in performance evaluation of an irrigation system.** *European Journal of Operational Research* 1999, 112(3):479-88.
- [254] *Ramanathan R.* **Data envelopment analysis for weight derivation and aggregation in the analytic hierarchy process.** *Computers & Operations Research* 2006, 33(5):1289-307.
- [255] *Ramanathan R., Ganesh L.S.* **Energy resource allocation incorporating qualitative and quantitative criteria: An integrated model using goal programming and AHP.** *Socio-Economic Planning Sciences* 1995, 29(3):197-218.
- [256] *Ray J.J.* **A web-based spatial decision support system optimizes routes for oversize/overweight vehicles in Delaware.** *Decision Support Systems* 2007, 43(4):1171-85.
- [257] *Rebelo de Mira R., Kroeze C.* **Greenhouse gas emissions from willow-based electricity: A scenario analysis for Portugal and The Netherlands.** *Energy Policy* 2006, 34(12):1367-77.
- [258] *Renaud J., Thibault J., Lanouette R., Kiss L.N., Zaras K., Fonteix C.* **Comparison of two multicriteria decision aid methods: Net Flow and Rough Set Methods in a high yield pulping process.** *European Journal of Operational Research* 2007, 177(3):1418-32.

- [259] *Renewable Energy Policy Project (REPP). The work that goes into renewable energy, Research Report No.13.* 2001.
- [260] *Rice G., Miles N., Farris S. Approaches to control the quality of cementitious PFA grouts for nuclear waste encapsulation.* Powder Technology 2007, 174(1-2):56-9.
- [261] *Rogers M., Bruen M. Choosing realistic values of indifference, preference and veto thresholds for use with environmental criteria within ELECTRE.* European Journal of Operational Research 1998, 107(3):542-51.
- [262] *Rossetti di Valdalbero D., Kovacs T.G. Energy: The real cost.* IEE Power Engineer 2004, 18(1):23-5.
- [263] *Roy B. The outranking approach and the foundations of ELECTRE methods.* Theory and Decision 1991, 31(1):49-73.
- [264] *Roy B. Multicriteria methodology for decision aiding.* Kluwer, 1996.
- [265] *Rutman E., Inard C., Bailly A., Allard F. A global approach of indoor environment in an air-conditioned office room.* Building and Environment 2005, 40(1):29-37.
- [266] *Saaty T.L. The Analytic Hierarchy Process.* McGraw-Hill, New York, 1980.
- [267] *Saaty T.L. Decision making for leaders: The Analytic Hierarchy Process for decisions in a complex world.* Pittsburgh: RWS, 1990.
- [268] *Saaty T.L. How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process.* European Journal of Operational Research 1990, 48(1):9-26.
- [269] *Saaty T.L. Multicriteria decision making: The Analytic Hierarchy Process.* Pittsburgh: RWS, 1990.
- [270] *Saaty T.L. Highlights and critical points in the theory and application of the Analytic Hierarchy Process.* European Journal of Operational Research 1994, 74(3):426-47.
- [271] *Saaty T.L. Decision-making with the AHP: Why is the principal eigenvector necessary.* European Journal of Operational Research 2003, 145(1):85-91.
- [272] *Saaty T.L. Rank from comparisons and from ratings in the analytic hierarchy/network processes.* European Journal of Operational Research 2006, 168(2):557-70.
- [273] *Saaty T.L., Hu G. Ranking by eigenvector versus other methods in the Analytic Hierarchy Process.* Applied Mathematics Letters 1998, 11(4):121-5.

- [274] *Saaty T.L., Rogers P.C. Higher education in the united states (1985–2000) : Scenario construction using a hierarchical framework with eigenvector weighting.* Socio-Economic Planning Sciences 1976, 10(6):251-63.
- [275] *Saaty T.L., Shang J.S. Group decision-making: Head-count versus intensity of preference.* Socio-Economic Planning Sciences 2007, 41(1):22-37.
- [276] *Saaty T.L., Vargas L.G. Uncertainty and rank order in the analytic hierarchy process.* European Journal of Operational Research 1987, 32(1):107-17.
- [277] *Salminen P., Hokkanen J., Lahdelma R. Comparing multicriteria methods in the context of environmental problems.* European Journal of Operational Research 1998, 104(3):485-96.
- [278] *San Martin R.L. Environmental emissions from energy technology systems: The total fuel cycle, U.S. Department of Energy (USDOE).* 1989.
- [279] *Savage L., J. The foundations of statistics.* Wiley, New York, 1954.
- [280] *Scheibe K.P., Carstensen L.W., Rakes T.R., Rees L.P. Going the last mile: A spatial decision support system for wireless broadband communications.* Decision Support Systems 2006, 42(2):557-70.
- [281] *Scheubrein R., Zionts S. A problem structuring front end for a multiple criteria decision support system.* Computers & Operations Research 2006, 33(1):18-31.
- [282] *Scholl A., Manthey L., Helm R., Steiner M. Solving multiattribute design problems with analytic hierarchy process and conjoint analysis: An empirical comparison.* European Journal of Operational Research 2005, 164(3):760-77.
- [283] *Sen T.K., Moore L.J., Hess T.J. An organizational decision support system for managing the DOE hazardous waste cleanup program.* Decision Support Systems 2000, 29(1):89-109.
- [284] *Shanian A., Savadogo O. A material selection model based on the concept of multiple attribute decision making.* Materials & Design 2006, 27(4):329-37.
- [285] *Sheng H., Nah F.F.-H., Siau K. Strategic implications of mobile technology: A case study using value-focused thinking.* The Journal of Strategic Information Systems 2005, 14(3):269-90.
- [286] *Sheng Z.-H., Liang L., Xu N.-R., Wu G.-M. Application of a method of processing inconsistency in the judgements of numerous experts.* Engineering Applications of Artificial Intelligence 1990, 3(2):138-44.
- [287] *Shibaki M. Geothermal energy for electric power.* REPP Issue Brief 2003.

- [288] *Shilnikova N.S., Preston D.L., Ron E., Gilbert E.S., Vassilenko E.K., Romanov S.A., Kuznetsova I.S., Sokolnikov M.E., Okatenko P.V., Kreslova V.V., Koshurnikovaa N.A.* **Cancer mortality risk among workers at the Mayak nuclear complex.** *Radiation Research* 2003, 159(6):787-98.
- [289] *Silva C., Roque L., Almeida A.* **MAPP – A web-based decision support system for the mould industry.** *Decision Support Systems* 2006, 42(2):999-1014.
- [290] *Sinden G.* **Characteristics of the UK wind resource: Long-term patterns and relationship to electricity demand.** *Energy Policy* 2007, 35(1):112-27.
- [291] *Siskos Y., Grigoroudis E., Krassadaki E., Matsatsinis N.* **A multicriteria accreditation system for information technology skills and qualifications.** *European Journal of Operational Research* 2007, 182(2):867-85.
- [292] *Smith D.K.* **On value and values: Thinking differently about we in an age of me.** FT Press, 2004.
- [293] *So K.L., Wang T.* **C₃–C₁₂ non-methane hydrocarbons in subtropical Hong Kong: spatial–temporal variations, source–receptor relationships and photochemical reactivity.** *Science of The Total Environment* 2004, 328(1-3):161-74.
- [294] *Söderholm P., Sundqvist T.* **Pricing environmental externalities in the power sector: Ethical limits and implications for social choice.** *Ecological Economics* 2003, 46(3):333-50.
- [295] *Solymsi T., Dombi J.* **A method for determining the weights of criteria: The centralized weights.** *European Journal of Operational Research* 1986, 26(1):35-41.
- [296] *Srdjevic B.* **Combining different prioritization methods in the analytic hierarchy process synthesis.** *Computers & Operations Research* 2005, 32(7):1897-919.
- [297] *Steuer R.E.* **Multiple criteria optimization: Theory, computation, and application.** John Wiley & Sons, Ltd, 1986.
- [298] *Streets D.G., Waldhoff S.T.* **Present and future emissions of air pollutants in China : SO₂, NO_x, and CO.** *Atmospheric Environment* 2000, 34(3):363-74.
- [299] *Sugihara K., Ishii H., Tanaka H.* **Interval priorities in AHP by interval regression analysis.** *European Journal of Operational Research* 2004, 158(3):745-54.
- [300] *Sundqvist T.* **What causes the disparity of electricity externality estimates?** *Energy Policy* 2004, 32(15):1753-66.

- [301] *Swaine D.J., Goodarzi F. Environmental aspects of trace elements in coal.* Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 1997.
- [302] *T'kindt V., Billaut J.-C. Multicriteria Scheduling: Theory, Models and Algorithms, 2nd edition.* Springer, 2006.
- [303] *Tadmor J. Radioactivity from coal-fired power plants: A review.* Journal of Environmental Radioactivity 1986, 4(3):177-204.
- [304] *Takeda E. A method for multiple pseudo-criteria decision problems.* Computers & Operations Research 2001, 28(14):1427-39.
- [305] *Tam C.M., Tong T.K.L., Chiu G.W.C. Comparing non-structural fuzzy decision support system and analytical hierarchy process in decision-making for construction problems.* European Journal of Operational Research 2006, 174(2):1317-24.
- [306] *Tarjanne R., Luostarinen K. Competitiveness comparison of electricity production alternatives, Research report EN N-56.* Lappeenranta University of Technology, Finland, 2003.
- [307] *Tarjanne R., Rissanen S. Nuclear power: Least-cost option for baseload electricity in Finland. The Uranium Institute 25th Annual Symposium.* 2000.
- [308] *Teixeira de Almeida A. Multicriteria decision model for outsourcing contracts selection based on utility function and ELECTRE method.* Computers & Operations Research 2007, 34(12):3569-74.
- [309] *Tian J., Wang Y., Li H., Li L., Wang K. DSS development and applications in China.* Decision Support Systems 2007, 42(4):2060-77.
- [310] *Tiwari M.K., Banerjee R. A decision support system for the selection of a casting process using analytic hierarchy process.* Production Planning & Control 2001, 12(7):689-94.
- [311] *Trevisani L., Fabbri M., Negrini F. Long-term scenarios for energy and environment: Energy from the desert with very large solar plants using liquid hydrogen and superconducting technologies.* Fuel Processing Technology 2006, 87(2):157-61.
- [312] *Tung S.L., Tang S.L. A comparison of the Saaty's AHP and modified AHP for right and left eigenvector inconsistency.* European Journal of Operational Research 1998, 106(1):123-8.
- [313] *Turban E., Aronson J.E., Liang T.-P. Decision support systems and Intelligent systems, 7th Edition.* Prentice Hall, 2004.

- [314] *U.K. Energy Research Centre (UKERC). The costs and impacts of intermittency: An assessment of the evidence on the costs and impacts of intermittent generation on the British electricity network.* 2006.
- [315] *U.S. Department of Energy (USDOE). Clean power for 21st century dollars from sense: The economic benefits of renewable energy.* 1997.
- [316] *U.S. Department of Energy/Energy Information Administration (USDOE/EIA). Annual Energy Outlook.* 2005.
- [317] *U.S. Department of Energy/Energy Information Administration (USDOE/EIA). Electric Power Annual.* 2006.
- [318] *U.S. Department of Energy/Energy Information Administration (USDOE/EIA). International Energy Outlook.* 2006.
- [319] *U.S. Department of Health and Human Services/Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Toxicological profile for cadmium.* 1997.
- [320] *U.S. Environmental Protection Agency/National Center for Environmental Assessment/Office of Research and Development. Integrated risk information system (IRIS) on cadmium.* 1999.
- [321] *United States Geological Survey (USGS). Radioactive elements in coal and fly ash, USGS Factsheet 163-97.* 1997.
- [322] *Uranium Information Centre (UIC) Ltd. Nuclear electricity, 7th Edition.* 2003.
- [323] *Vaidya O.S., Kumar S. Analytic hierarchy process: An overview of applications.* European Journal of Operational Research 2006, 169(1):1-29.
- [324] *Vaillancourt K., Waaub J.-P. Environmental site evaluation of waste management facilities embedded into EUGÈNE model: A multicriteria approach.* European Journal of Operational Research 2002, 193(2):436-48.
- [325] *Van Amsterdam J.G.C., Best W., Opperhuizen A., de Wolff F.A. Evaluation of a procedure to assess the adverse effects of illicit drugs.* Regulatory Toxicology and Pharmacology 2004, 39(1):1-4.
- [326] *Van Huylenbroeck G. The conflict analysis method: Bridging the gap between ELECTRE, PROMETHEE and ORESTE.* European Journal of Operational Research 1995, 82(3):490-502.
- [327] *Vetschera R. Preference structures and negotiator behavior in electronic negotiations.* Decision Support Systems 2007, 44(1):135-46.
- [328] *Vincke P. Multicriteria decision-aid.* John Wiley, 1992.

- [329] *Virdis M.R.* **Energy policy and externalities: The life cycle approach.** Workshop Proceedings, 15-16 November 2001, OECD, France 2002.
- [330] *Voivontas D., Assimacopoulos D., Mourelatos A., Corominas J.* **Evaluation of renewable energy potential using a GIS decision support system.** *Renewable Energy* 1998, 13(3):333-44.
- [331] *Von Neumann J., Morgenstern O.* **Theory of games and economic behavior.** Princeton University Press, 1944.
- [332] *Walker G.* **Energy, land use and renewables: A changing agenda.** *Land Use Policy* 1995, 12(1):3-6.
- [333] *Wang L., Chu J., Wu J.* **Selection of optimum maintenance strategies based on a fuzzy analytic hierarchy process.** *International Journal of Production Economics* 2007, 107(1):151-63.
- [334] *Wang S.Q., Wee Y.P., Ofori G.* **DSSDSS: A decision support system for dewatering systems selection.** *Building and Environment* 2002, 37(6):625-45.
- [335] *Wang T.-C., Chen Y.-H.* **Applying consistent fuzzy preference relations to partnership selection.** *Omega* 2007, 35(4):384-8.
- [336] *Wang X., Mauzerall D.L.* **Evaluating impacts of air pollution in China on public health: Implications for future air pollution and energy policies.** *Atmospheric Environment* 2006, 40(9):1706-21.
- [337] *Wang X., Mauzerall D.L., Hu Y., Russell A.G., Larson E.D., Woo J.-H., Streets D.G., Guenther A.* **A high-resolution emission inventory for eastern China in 2000 and three scenarios for 2020.** *Atmospheric Environment* 2005, 39(32):5917-33.
- [338] *Wang X., Triantaphyllou E.* **Ranking irregularities when evaluating alternatives by using some ELECTRE methods.** *Omega* 2008, 36(1):45-63.
- [339] *Wang Y.-M., Elhag T.M.S.* **On the normalization of interval and fuzzy weights.** *Fuzzy Sets and Systems* 2006, 157(18):2456-71.
- [340] *Wanyama T., Far B.H.* **A protocol for multi-agent negotiation in a group-choice decision making process.** *Journal of Network and Computer Applications* 2007, 30(3):1173-95.
- [341] *Webber S.A., Apostolou B., Hassell J.M.* **The sensitivity of the analytic hierarchy process to alternative scale and cue presentations.** *European Journal of Operational Research* 1997, 96(2):351-62.
- [342] *Wedley W.C.* **Combining qualitative and quantitative factors - An analytic hierarchy approach.** *Socio-Economic Planning Sciences* 1990, 24(1):57-64.

- [343] *White D.* **Decision theory.** Aldine Transaction, 2006.
- [344] *Wijayatunga P.D.C., Siriwardena K., Fernando W.J.L.S., Shrestha R.M., Attalage R.A.* **Strategies to overcome barriers for cleaner generation technologies in small developing power systems: Sri Lanka case study.** Energy Conversion and Management 2006, 47(9-10):1179-91.
- [345] *Woodruff E.B., Lammers H.B., Lammers T.F.* **Steam plant operation, 8th edition.** McGraw-Hill Professional, 2004.
- [346] *World Nuclear Association (WNA).* **Supply of uranium.** 2006.
- [347] *World Wind Energy Association (WWEA).* **Wind Energy International.** World Wind Energy Association 2006.
- [348] *Wu C.-R., Lin C.-T., Chen H.-C.* **Optimal selection of location for Taiwanese hospitals to ensure a competitive advantage by using the analytic hierarchy process and sensitivity analysis.** Building and Environment 2007, 42(3):1431-44.
- [349] *Wu J.-H., Doong H.-S., Lee C.-C., Hsia T.-C., Liang T.-P.* **A methodology for designing form-based decision support systems.** Decision Support Systems 2004, 36(3):313-35.
- [350] *Wu M.-C., Lo Y.-F., Hsu S.-H.* **A fuzzy CBR technique for generating product ideas.** Expert Systems with Applications 2008, 34(1):530-40.
- [351] *Xu Z., Chen J.* **Some models for deriving the priority weights from interval fuzzy preference relations.** European Journal of Operational Research 2008, 184(1):266-80.
- [352] *Yoo K.E., Choi Y.C.* **Analytic hierarchy process approach for identifying relative importance of factors to improve passenger security checks at airports.** Journal of Air Transport Management 2006, 12(3):135-42.
- [353] *Yu C.-S.* **A GP-AHP method for solving group decision-making fuzzy AHP problems.** Computers & Operations Research 2002, 29(14):1969-2001.
- [354] *Zanakis S.H., Solomon A., Wishart N., Dublisch S.* **Multi-attribute decision making: A simulation comparison of select methods.** European Journal of Operational Research 1998, 107(3):507-29.
- [355] *Zhang C., Yao Q., Sun J.* **Characteristics of particulate matter from emissions of four typical coal-fired power plants in China.** Fuel Processing Technology 2005, 86(7):757-68.

- [356] *Zhang H., Yang J.-W., Li B.-J., Luo S.-G.* **The leaching behavior of simulated HLW glass under repository condition.** Nuclear Science and Techniques 2006, 17(3):158-63.
- [357] *Zhang S., Goddard S.* **A software architecture and framework for web-based distributed decision support systems.** Decision Support Systems 2007, 43(4):1133-50.
- [358] *Zhou Q., Huang G.H., Chan C.W.* **Development of an intelligent decision support system for air pollution control at coal-fired power plants.** Expert Systems with Applications 2004, 26(3):335-56.
- [359] *Zhu X., Dale A.P.* **JavaAHP: A web-based decision analysis tool for natural resource and environmental management.** Environmental Modelling & Software 2001, 16(3):251-62.
- [360] *Zwaan B.v.d., Gerlagh R.* **Climate sensitivity uncertainty and the necessity to transform global energy supply.** Energy 2006, 31(14):2571-87.

Παράρτημα 1

Αρκτικόλεξα

Αγγλικά αρκτικόλεξα

AHP	Analytic Hierarchy Process
CCPP	Combined Cycle Power Plant
DSS	Decision Support System
EESD	Energy, Environment and Sustainable Development
EGS	Enhanced Geothermal Systems
ELECTRE	ELimination Et Choix Traduisant la REalité (ELimination and Choice Translating REality)
EPRI	Energy Power Research Institute
GWP	Global Warming Potential
HFC	HydroFluoroCarbon
HLW	High Level Waste
IAEA	International Atomic Energy Agency
IP	Integer Programming
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
LP	Linear Programming
LPG	Liquified Petroleum Gas
MAUT	MultiAttribute Utility Theory
MCA	MultiCriteria Analysis
MIP	Mixed Integer Programming
MIT	Massachusetts Institute of Technology
MODM	Multiple Objective Decision Making
NCRP	National Council on Radiation Protection and Measurements
NLP	Non-Linear Programming
NMVO	Non-Methane Volatile Organic Compounds
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
PrOACT	PRoblem, Objectives, Alternatives, Consequences, Tradeoffs

PROMETHEE	Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluation
REM	Röntgen Equivalent Man
REPP	Renewable Energy Policy Project
UIC	Uranium Information Centre Ltd.
USDOE	United States Department of Energy
VOC	Volatile Organic Compounds
WNA	World Nuclear Association
WWEA	World Wind Energy Association

Ελληνικά αρκτικόλεξα

Α/Π	Λόγος Αποθεμάτων προς Παραγωγή
ΑΙΔ	Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία
ΑΠΕ	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
ΒΕ	Βιοτικό Επίπεδο
ΔΘΠ	Δυναμικό Θέρμανσης του Πλανήτη
ΚΕΕ	Κριτήριο Επιθυμητής Ελαχιστοποίησης
ΚΕΜ	Κριτήριο Επιθυμητής Μεγιστοποίησης
Λ&Σ	Λειτουργία και Συντήρηση
ΜΕΚ	Μηχανή Εσωτερικής Καύσης
ΜΜΠΟΕ	Μη Μεθανιούχες Πτητικές Οργανικές Ενώσεις
ΜΜΥΑ	Μη Μεθανιούχοι ΥδρογονΑνθρακες
ΟΠ	Οικονομικοί Παράγοντες
ΟΣΥΑ	Ολοκληρωμένο Σύστημα Υποστήριξης Αποφάσεων
ΠΚΑ	ΠολυΚριτηριακή Ανάλυση
ΠΟΕ	Πτητικές Οργανικές Ενώσεις
ΣΥΑ	Σύστημα Υποστήριξης Αποφάσεων
ΤΠ	Τεχνολογικοί Παράγοντες
ΦΑ	Φυσικό Αέριο

Παράρτημα 2

Αγγλικοί Όροι

Accident fatalities	Θανατηφόρα ατυχήματα
Additivity	Προσθετικότητα
Aggregation	Άθροιση
Alternative focused thinking	Τρόπος σκέψης προσανατολισμένος στις εναλλακτικές λύσεις
Alternative solutions	Εναλλακτικές λύσεις
Anaerobic digestion	Αναερόβια χώνευση
Analytic Hierarchy Process	Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία
Array	Συστοιχία
Availability factor	Συντελεστής διαθεσιμότητας
Base load	Βασικό/Κύριο φορτίο
Binary cycle	Διαδικασιακός κύκλος
Biofuel	Βιοκαύσιμο
Biogas	Βιοαέριο
Biomass power plant	Ηλεκτροπαραγωγικός σταθμός βιομάζας
Bismuth	Βισμούθιο
Bottom-up analysis	Ανάλυση από τα ειδικά στα γενικά (από κάτω προς τα πάνω)
Cadmium Telluride (CdTe)	Καδμιούχο Τελλούριο
Capacity factor	Συντελεστής φορτίου
Capital cost	Κόστος κεφαλαίου
Carbon dioxide equivalent	Ισοδύναμα διοξειδίου του άνθρακα
Certainty	Βεβαιότητα
Coal/Lignite power plant	Ηλεκτροπαραγωγικός σταθμός άνθρακα/λιγνίτη
Combined cycle	Συνδυασμένος κύκλος
Compensatory multicriteria methods	Συμβιβαστικές πολυκριτηριακές μέθοδοι
Complete ranking	Πλήρης ταξινόμηση

Completeness	Πληρότητα
Compressed natural gas	Συμπιεσμένο φυσικό αέριο
Computational techniques	Υπολογιστικές τεχνικές
Computer software	Λογισμικό ηλεκτρονικών υπολογιστών
Concordance matrix	Πίνακας συμφωνίας
Conjunctive selection procedures	Συζευκτικές διαδικασίες επιλογής
Consequences	Συνέπειες
Consistency measure/ratio	Μέτρο/Λόγος συνέπειας
Constraints	Περιορισμοί
Corn	Βρώμη
Credibility matrix	Πίνακας αξιοπιστίας
Criteria grouping	Ομαδοποίηση κριτηρίων
Criterion with linear preference	Κριτήριο με γραμμική προτίμηση
Criterion with linear preference and indifference area	Κριτήριο με γραμμική προτίμηση και περιοχή αδιαφορίας
Criterion/Criteria	Κριτήριο/Κριτήρια
Decision	Απόφαση
Decision aiding models	Μοντέλα υποβοήθησης λήψης απόφασης
Decision analysis	Ανάλυση αποφάσεων
Decision maker	Λήπτης αποφάσεων
Decision making process	Διαδικασία λήψης απόφασης
Decision making under certainty	Λήψη απόφασης σε συνθήκες βεβαιότητας
Decision making under risk	Λήψη απόφασης σε συνθήκες κινδύνου
Decision making under uncertainty	Λήψη απόφασης σε συνθήκες αβεβαιότητας
Decision support system	Σύστημα υποστήριξης αποφάσεων
Decision technology	Τεχνολογία αποφάσεων
Decision theory	Θεωρία αποφάσεων
Decision variables	Μεταβλητές απόφασης
Deterministic operations research	Προσδιοριστική επιχειρησιακή έρευνα
Discordance matrix	Πίνακας διαφωνίας
Discrimination threshold	Κατώφλι διάκρισης
Disjunctive selection procedures	Διαζευκτικές διαδικασίες επιλογής
Divisibility	Διαιρετότητα
Dominance	Κυριαρχία
Double counting	Διπλομέτρηση
Dry steam	Ξηρός ατμός
Dual price	Δυϊκή Τιμή
Dynamic programming	Δυναμικός προγραμματισμός
Ecosystem equilibrium	Ισορροπία οικοσυστήματος
Efficiency factor	Συντελεστής απόδοσης
Eigenvalue	Ιδιοτιμή
Eigenvector	Ιδιοδιάνυσμα
End node criteria	Κριτήρια τελικού κόμβου/Τελικά κριτήρια
End objectives	Τελικοί στόχοι
Enhanced geothermal systems	Προηγμένα γεωθερμικά συστήματα
Entering flow	Εισερχόμενη ροή

External cost	Εξωτερικό κόστος
Externality	Εξωγενής συνέπεια
Factors	Παράγοντες
Feedback	Ανατροφοδότηση
Fixed operation and maintenance cost	Σταθερό κόστος λειτουργίας και συντήρησης
Flash steam	Ακαριαίος ατμός
Flaxseed	Λιναρόσπορος
Fuel cost	Κόστος καυσίμου
Fuzzy logic	Ασαφής λογική
Fuzzy sets	Ασαφή σύνολα
Game	Παίγνιο
Game theory	Θεωρία παιγνίων
Gas turbine	Αεριοστρόβιλος
Generalized criterion	Γενικευμένο κριτήριο
Geothermal power plant	Γεωθερμικός ηλεκτροπαραγωγικός σταθμός
Global concordance index	Καθολικός δείκτης συμφωνίας
Global criteria weights	Καθολικά βάρη κριτηρίων
Global discordance index	Καθολικός δείκτης διαφωνίας
Goal	Στόχος
Graphs	Γράφοι
High level waste	Πυρηνικά απόβλητα υψηλής επικινδυνότητας
Hydro power plant	Υδροηλεκτρικός ηλεκτροπαραγωγικός σταθμός
Hydro turbine	Υδροστρόβιλος
Hydrofluorocarbons (HFCs)	Υδροφθοράνθρακες
Incomparability	Μη συγκρισιμότητα
Incomparable	Μη συγκρίσιμος
Indicator	Δείκτης
Indifference	Αδιαφορία
Indifference threshold	Κατώφλι αδιαφορίας
Integer programming	Ακέραιος προγραμματισμός
Iodine	Ιώδιο
Iso-butane	Ισο-βουτάνιο
Iso-pentane	Ισο-πεντάνιο
Job creation	Δημιουργία θέσεων εργασίας
Judgement	Κρίση
Judgement inconsistency	Ασυνέπεια κρίσης
Krypton	Κρυπτό
Land requirement	Απαιτήσεις γης
Lead	Μόλυβδος
Leaving flow	Εξερχόμενη ροή
Level criterion	Κριτήριο στάθμης
Lexicographic ordering	Λεξικογραφική ταξινόμηση
Life cycle	Κύκλος ζωής
Linear additive model	Γραμμικό αθροιστικό μοντέλο
Linear programming	Γραμμικός προγραμματισμός

Linearity	Γραμμικότητα
Linked decisions	Συνδεόμενες αποφάσεις
Liquified natural gas	Υγροποιημένο φυσικό αέριο
Liquified petroleum gas	Υγροποιημένο πετρελαϊκό αέριο
Local criteria weights	Τοπικά βάρη κριτηρίων
Management science	Διοικητική επιστήμη
Massachusetts Institute of Technology	Τεχνολογικό Ινστιτούτο της Μασσαχουσέτης
Mathematical programming	Μαθηματικός προγραμματισμός
Mathematical theory	Μαθηματική θεωρία
Means objectives	Ενδιάμεσοι στόχοι
Metallic carbides	Μεταλλικά καρβίδια
Mixed integer programming	Μικτός αέριος προγραμματισμός
Modelling techniques	Τεχνικές μοντελοποίησης
Multiattribute utility theory	Θεωρία ωφέλειας πολλαπλών ιδιοτήτων
Multicriteria analysis	Πολυκριτηριακή ανάλυση
Multicriteria analysis techniques	Τεχνικές πολυκριτηριακής ανάλυσης
Multicriteria preference index	Πολυκριτηριακός δείκτης προτίμησης
Multidisciplinary	Πολυεπιστημονικός, που απαιτεί τη χρήση διαφορετικών επιστημονικών κλάδων
Multiple objective decision making	Προβλήματα απόφασης πολλαπλών στόχων
Mutual independence of preferences	Αμοιβαία ανεξαρτησία των προτιμήσεων
National Council on Radiation Protection and Measurements	Εθνικό Συμβούλιο για την Προστασία από τη Ραδιενέργεια και τις Μετρήσεις
Natural gas combined cycle power plant	Ηλεκτροπαραγωγικός σταθμός συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο
Natural gas turbine power plant	Ηλεκτροπαραγωγικός σταθμός αεριοστροβίλου με καύσιμο φυσικό αέριο
Net flow	Καθαρή ροή
Network programming	Δικτυακός προγραμματισμός
Networks	Δίκτυα
Nitric acid	Νιτρικό οξύ (HNO ₃)
Nitric oxide	Μονοξείδιο του αζώτου (NO)
Nitrogen dioxide	Διοξείδιο του αζώτου (NO ₂)
Nitrogen oxides	Οξείδια του αζώτου
Nitrous oxide	Υποξείδιο του αζώτου (N ₂ O)
Non-compensatory multicriteria methods	Μη συμβιβαστικές πολυκριτηριακές μέθοδοι
Non-linear programming	Μη γραμμικός προγραμματισμός
Non-methane volatile organic compounds	Μη μεθανιούχες πτητικές οργανικές ενώσεις
Non-negativity	Μη αρνητικότητα
Non-redundancy	Μη πλεονασμός
Nuclear fission	Πυρηνική σχάση
Nuclear power plant	Πυρηνικός ηλεκτροπαραγωγικός σταθμός
Objective	Στόχος
Objective function	Αντικειμενική συνάρτηση

Objective values	Αντικειμενικές τιμές
Oil power plant	Ηλεκτροπαραγωγικός σταθμός πετρελαίου
Operationality	Λειτουργικότητα
Operations/Operational Research	Επιχειρησιακή έρευνα
Options	Εναλλακτικές λύσεις
Outranking method	Μέθοδος υπεροχής
Pairwise comparisons	Σύγκριση κατά ζεύγη (ανά δύο)
Palm oil	Φοινικόλαδο
Partial ranking	Μερική ταξινόμηση
Particulate matter	Αιωρούμενα σωματίδια
Particulates	Αιωρούμενα σωματίδια
Peak hours	Ώρες αιχμής
Peak load	Φορτίο αιχμής
Perfluoroethane (C₂F₆)	Υπερφθοριωμένο αιθάνιο ή υπερφθοροαιθάνιο
Perfluoromethane (CF₄)	Υπερφθοριωμένο μεθάνιο ή υπερφθορομεθάνιο
Performance Matrix	Πίνακας αξιολόγησης
Photovoltaic power plant	Φωτοβολταϊκός ηλεκτροπαραγωγικός σταθμός
Pipeline	Αγωγός
Polonium	Πολώνιο
Preference function	Συνάρτηση προτίμησης
Preference threshold	Κατώφλι προτίμησης
Prioritization methods	Μέθοδοι προτεραιοτήτων
Probabilistic	Στοχαστικός
Problem	Πρόβλημα
Project	Έργο
Project analysis	Ανάλυση έργου
Proportionality	Αναλογικότητα
Pseudocriteria	Ψευδοκριτήρια
Pumped storage plants	Υδροαντλητικοί σταθμοί
Quantitative measure	Ποσοτικό μέγεθος
Quasi-criterion	Φαινομενικό κριτήριο
Queuing theory	Θεωρία ουρών
Radioactivity	Ραδιενέργεια
Radium	Ράδιο
Radon	Ραδόνιο
Random index	Τυχαίος δείκτης
Rapeseed	Ελαιοκράμβη
Ratio scale	Αναλογική κλίμακα
Reference scenario	Σενάριο αναφοράς
Reserves-to-production ratio	Λόγος αποθεμάτων-προς-παραγωγή
Reservoir	Δεξαμενή
Risk tolerance	Ανοχή κινδύνου
Score	Βαθμολογία

Sensitivity analysis	Ανάλυση ευαισθησίας
Shadow price	Σκιώδης τιμή
Simulation	Προσομοίωση
Single criterion analysis	Μονοκριτηριακή ανάλυση
Size	Μέγεθος
Social acceptance	Κοινωνική αποδοχή
Solar cell	Ηλιακή κυψέλη
Soundness	Ορθότητα
Soybean	Σόγια
Stakeholders	Εμπλεκόμενα μέρη
Standard deviation	Τυπική απόκλιση
States of nature	Καταστάσεις της φύσης
Steam turbine	Ατμοστρόβιλος
Stochastic	Στοχαστικός
Stochastic operations research	Στοχαστική επιχειρησιακή έρευνα
Sugarcane	Ζαχαροκάλαμο
Sulphur dioxide	Διοξείδιο του θείου
Sulphur Hexafluoride (SF₆)	Εξαφθοριούχο θείο
Thorium	Θόριο
Time dependence	Εξάρτηση από τον χρόνο
Top-down analysis	Ανάλυση από τα γενικά στα ειδικά (από πάνω προς τα κάτω)
Tradeoff	Συμβιβασμός
Transparency	Διαφάνεια
Tree hierarchy structure	Δενδρική ιεραρχική δομή
Uncertainty	Αβεβαιότητα
Uranium	Ουράνιο
Usual criterion	Συνηθισμένο κριτήριο
Utility	Ωφέλεια
Utility function	Συνάρτηση ωφέλειας
Value added	Προστιθέμενη αξία
Value focused thinking	Τρόπος σκέψης προσανατολισμένος στις αξίες
Variable operation and maintenance cost	Μεταβλητό κόστος λειτουργίας και συντήρησης
Veto threshold	Κατώφλι απόρριψης
Web based technologies	Τεχνολογίες ιστού
Weight	Βάρος
Willow	Ιτιά
Wind power plant	Αιολικός ηλεκτροπαραγωγικός σταθμός
Xenon	Ξένο

Παράρτημα 3

Κώδικας για την μέθοδο *PROMETHEE*

Για την μέθοδο PROMETHEE έχει αναπτυχθεί μία ανεξάρτητη εφαρμογή για κάθε σενάριο και κάθε τύπο γενικευμένου κριτηρίου. Στο παράρτημα αυτό παρουσιάζεται ενδεικτικά ο κώδικας για την εφαρμογή της μεθόδου PROMETHEE στο σενάριο 7 και το γενικευμένο κριτήριο Τύπου VI.

```
Private Sub Command1_Click()  
' alt=10 cr=20  
Dim a(17, 21) As Double ' ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ (alternatives+7, criteria +1)  
Dim b(11, 11) As Double ' ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΡΟΤΙΜΗΣΗΣ (alternatives+1, alternatives+1) b(x,y)=P(a,b)
```

```
a(1, 1) = 2500  
a(1, 2) = 3.86  
a(1, 3) = 342  
a(1, 4) = 24  
a(1, 5) = 986000  
a(1, 6) = 2986  
a(1, 7) = 16511  
a(1, 8) = 347  
a(1, 9) = 490  
a(1, 10) = 2.5  
a(1, 11) = 3.19  
a(1, 12) = 164  
a(1, 13) = 39.4  
a(1, 14) = 85.4  
a(1, 15) = 70.8  
a(1, 16) = 975  
a(1, 17) = 19  
a(1, 18) = 0.183  
a(1, 19) = 1.31  
a(1, 20) = 8.4
```

a(2, 1) = 2500
a(2, 2) = 2.93
a(2, 3) = 385
a(2, 4) = 18
a(2, 5) = 1131178
a(2, 6) = 5253
a(2, 7) = 81590
a(2, 8) = 128
a(2, 9) = 0
a(2, 10) = 2.5
a(2, 11) = 4.96
a(2, 12) = 40.5
a(2, 13) = 37.5
a(2, 14) = 92
a(2, 15) = 26.2
a(2, 16) = 483
a(2, 17) = 6.25
a(2, 18) = 0.233
a(2, 19) = 1.84
a(2, 20) = 6.75

a(3, 1) = 2460
a(3, 2) = 4.32
a(3, 3) = 85
a(3, 4) = 118
a(3, 5) = 560000
a(3, 6) = 1477
a(3, 7) = 152
a(3, 8) = 34
a(3, 9) = 0
a(3, 10) = 2.5
a(3, 11) = 9.39
a(3, 12) = 66.7
a(3, 13) = 39
a(3, 14) = 91
a(3, 15) = 16.6
a(3, 16) = 612
a(3, 17) = 10.83
a(3, 18) = 0.27
a(3, 19) = 2.34
a(3, 20) = 2

a(4, 1) = 2460
a(4, 2) = 5.81
a(4, 3) = 85
a(4, 4) = 118
a(4, 5) = 450000
a(4, 6) = 756
a(4, 7) = 152
a(4, 8) = 6
a(4, 9) = 0
a(4, 10) = 2.5
a(4, 11) = 15.4
a(4, 12) = 66.7
a(4, 13) = 54.8
a(4, 14) = 91

$a(4, 15) = 38.2$
 $a(4, 16) = 587$
 $a(4, 17) = 10$
 $a(4, 18) = 0.233$
 $a(4, 19) = 2.34$
 $a(4, 20) = 1.33$

$a(5, 1) = 2500$
 $a(5, 2) = 1.78$
 $a(5, 3) = 8$
 $a(5, 4) = 0$
 $a(5, 5) = 21435$
 $a(5, 6) = 51$
 $a(5, 7) = 27$
 $a(5, 8) = 2$
 $a(5, 9) = 4.8$
 $a(5, 10) = 2.5$
 $a(5, 11) = 2.77$
 $a(5, 12) = 70$
 $a(5, 13) = 33.5$
 $a(5, 14) = 96$
 $a(5, 15) = 90.5$
 $a(5, 16) = 1590$
 $a(5, 17) = 30$
 $a(5, 18) = 0.033$
 $a(5, 19) = 0.27$
 $a(5, 20) = 0.49$

$a(6, 1) = 2500$
 $a(6, 2) = 10.75$
 $a(6, 3) = 883$
 $a(6, 4) = 0$
 $a(6, 5) = 22696$
 $a(6, 6) = 23$
 $a(6, 7) = 33$
 $a(6, 8) = 5$
 $a(6, 9) = 0$
 $a(6, 10) = 750$
 $a(6, 11) = 6$
 $a(6, 12) = 10000$
 $a(6, 13) = 80$
 $a(6, 14) = 50$
 $a(6, 15) = 29.6$
 $a(6, 16) = 2417$
 $a(6, 17) = 72.5$
 $a(6, 18) = 0.486$
 $a(6, 19) = 0$
 $a(6, 20) = 0.56$

$a(7, 1) = 5635$
 $a(7, 2) = 20.55$
 $a(7, 3) = 103$
 $a(7, 4) = 0$
 $a(7, 5) = 17652$
 $a(7, 6) = 32$
 $a(7, 7) = 54$

$a(7, 8) = 20$
 $a(7, 9) = 0$
 $a(7, 10) = 100$
 $a(7, 11) = 7.73$
 $a(7, 12) = 10000$
 $a(7, 13) = 35$
 $a(7, 14) = 38$
 $a(7, 15) = 32.1$
 $a(7, 16) = 1250$
 $a(7, 17) = 25$
 $a(7, 18) = 0.417$
 $a(7, 19) = 0$
 $a(7, 20) = 0.16$

$a(8, 1) = 5370$
 $a(8, 2) = 23.53$
 $a(8, 3) = 3$
 $a(8, 4) = 70$
 $a(8, 5) = 49174$
 $a(8, 6) = 178$
 $a(8, 7) = 257$
 $a(8, 8) = 101$
 $a(8, 9) = 0$
 $a(8, 10) = 35$
 $a(8, 11) = 26.86$
 $a(8, 12) = 10000$
 $a(8, 13) = 9.4$
 $a(8, 14) = 20$
 $a(8, 15) = 22.4$
 $a(8, 16) = 4167$
 $a(8, 17) = 16.67$
 $a(8, 18) = 1.667$
 $a(8, 19) = 0$
 $a(8, 20) = 0.24$

$a(9, 1) = 36055$
 $a(9, 2) = 8.52$
 $a(9, 3) = 0$
 $a(9, 4) = 80$
 $a(9, 5) = 58000$
 $a(9, 6) = 1325$
 $a(9, 7) = 76$
 $a(9, 8) = 269$
 $a(9, 9) = 0$
 $a(9, 10) = 5000$
 $a(9, 11) = 15.3$
 $a(9, 12) = 10000$
 $a(9, 13) = 28$
 $a(9, 14) = 80$
 $a(9, 15) = 70$
 $a(9, 16) = 1667$
 $a(9, 17) = 60.83$
 $a(9, 18) = 0.708$
 $a(9, 19) = 2.05$
 $a(9, 20) = 2.65$

a(10, 1) = 27050
a(10, 2) = 17.95
a(10, 3) = 0
a(10, 4) = 0
a(10, 5) = 18913
a(10, 6) = 280
a(10, 7) = 20
a(10, 8) = 0
a(10, 9) = 0
a(10, 10) = 18
a(10, 11) = 8.4
a(10, 12) = 10000
a(10, 13) = 6
a(10, 14) = 95
a(10, 15) = 82.5
a(10, 16) = 2158
a(10, 17) = 83.33
a(10, 18) = 0.025
a(10, 19) = 0
a(10, 20) = 0.2

a(11, 1) = 1 ' Min/Max
a(11, 2) = 1
a(11, 3) = 0
a(11, 4) = 0
a(11, 5) = 0
a(11, 6) = 0
a(11, 7) = 0
a(11, 8) = 0
a(11, 9) = 0
a(11, 10) = 0
a(11, 11) = 1
a(11, 12) = 1
a(11, 13) = 1
a(11, 14) = 1
a(11, 15) = 1
a(11, 16) = 0
a(11, 17) = 0
a(11, 18) = 0
a(11, 19) = 0
a(11, 20) = 0

a(12, 1) = 0 ' Weights
a(12, 2) = 0
a(12, 3) = 0
a(12, 4) = 0
a(12, 5) = 0
a(12, 6) = 0
a(12, 7) = 0
a(12, 8) = 0
a(12, 9) = 0
a(12, 10) = 0
a(12, 11) = 0
a(12, 12) = 0
a(12, 13) = 0
a(12, 14) = 0

$a(12, 15) = 0$
 $a(12, 16) = 0.4601$
 $a(12, 17) = 0.0133$
 $a(12, 18) = 0.0532$
 $a(12, 19) = 0.1486$
 $a(12, 20) = 0.3249$

$a(13, 1) = 6$ ' Type I, II, III, IV, V, VI
 $a(13, 2) = 6$
 $a(13, 3) = 6$
 $a(13, 4) = 6$
 $a(13, 5) = 6$
 $a(13, 6) = 6$
 $a(13, 7) = 6$
 $a(13, 8) = 6$
 $a(13, 9) = 6$
 $a(13, 10) = 6$
 $a(13, 11) = 6$
 $a(13, 12) = 6$
 $a(13, 13) = 6$
 $a(13, 14) = 6$
 $a(13, 15) = 6$
 $a(13, 16) = 6$
 $a(13, 17) = 6$
 $a(13, 18) = 6$
 $a(13, 19) = 6$
 $a(13, 20) = 6$

$a(14, 1) = 890.3$ ' q
 $a(14, 2) = 1$
 $a(14, 3) = 18.94$
 $a(14, 4) = 4.28$
 $a(14, 5) = 33150.48$
 $a(14, 6) = 123.61$
 $a(14, 7) = 988.72$
 $a(14, 8) = 9.12$
 $a(14, 9) = 4.95$
 $a(14, 10) = 59.16$
 $a(14, 11) = 1$
 $a(14, 12) = 504.08$
 $a(14, 13) = 3.63$
 $a(14, 14) = 7.38$
 $a(14, 15) = 4.79$
 $a(14, 16) = 159.06$
 $a(14, 17) = 3.34$
 $a(14, 18) = 0.04$
 $a(14, 19) = 0.1$
 $a(14, 20) = 0.23$

$a(15, 1) = 3561.2$ ' p
 $a(15, 2) = 4$
 $a(15, 3) = 75.76$
 $a(15, 4) = 17.12$
 $a(15, 5) = 132601.92$
 $a(15, 6) = 494.44$
 $a(15, 7) = 3954.88$

$a(15, 8) = 36.48$
 $a(15, 9) = 19.79$
 $a(15, 10) = 236.62$
 $a(15, 11) = 4$
 $a(15, 12) = 2016.32$
 $a(15, 13) = 14.5$
 $a(15, 14) = 29.54$
 $a(15, 15) = 19.16$
 $a(15, 16) = 636.24$
 $a(15, 17) = 13.38$
 $a(15, 18) = 0.17$
 $a(15, 19) = 0.41$
 $a(15, 20) = 0.91$

$a(16, 1) = 12187.08$ ' s
 $a(16, 2) = 7.93$
 $a(16, 3) = 281.13$
 $a(16, 4) = 49.14$
 $a(16, 5) = 431577.38$
 $a(16, 6) = 1694.88$
 $a(16, 7) = 25716.61$
 $a(16, 8) = 123.74$
 $a(16, 9) = 154.79$
 $a(16, 10) = 1566.13$
 $a(16, 11) = 7.38$
 $a(16, 12) = 5227.56$
 $a(16, 13) = 21.06$
 $a(16, 14) = 27.45$
 $a(16, 15) = 27.5$
 $a(16, 16) = 1122.26$
 $a(16, 17) = 28.16$
 $a(16, 18) = 0.48$
 $a(16, 19) = 1.06$
 $a(16, 20) = 2.94$

$meg_ela = 11$
 $typos = 13$

For $x = 1$ To 10 'x=a (alternatives)

For $y = 1$ To 10 'y=b (alternatives)

For $k = 1$ To 20 'k=kriteria

$v = a(12, k)$

$q = a(14, k)$

$p = a(15, k)$

$s = a(16, k)$

$d = a(x, k) - a(y, k)$

If $(a(meg_ela, k) = 1$ And $d \geq 0$) Or $(a(meg_ela, k) = 0$ And $d \leq 0$) Then

Select Case $a(typos, k)$

Case 1

If $d = 0$ Then $b(x, y) = b(x, y) + v * 0$

If $d > 0$ Then $b(x, y) = b(x, y) + v * 1$

Case 2

If $d \leq q$ And $d \geq (-q)$ Then $b(x, y) = b(x, y) + v * 0$

If $d > q$ Or $d < (-q)$ Then $b(x, y) = b(x, y) + v * 1$

```

Case 3
  If d <= p And d >= (-p) Then b(x, y) = b(x, y) + v * (d / p)
  If d > p Or d < (-p) Then b(x, y) = b(x, y) + v * 1
Case 4
  If Abs(d) <= q Then b(x, y) = b(x, y) + v * 0
  If Abs(d) <= p And Abs(d) > q Then b(x, y) = b(x, y) + v * 0.5
  If Abs(d) > p Then b(x, y) = b(x, y) + v * 1
Case 5
  If Abs(d) <= q Then b(x, y) = b(x, y) + v * 0
  If Abs(d) <= p And Abs(d) > q Then b(x, y) = b(x, y) + v * ((Abs(d) - q) / (p - q))
  If Abs(d) > p Then b(x, y) = b(x, y) + v * 1
Case 6
  b(x, y) = b(x, y) + v * (1 - Exp((-d ^ 2) / (2 * s ^ 2)))
End Select
End If

Next k
Next y
Next x

For x = 1 To 10 'ALTERNATIVES
  For y = 1 To 10 'ALTRENATIVES
    Font = Bold
    Print b(x, y),
  Next y
  Print
Next x

Dim o As Object
Set o = CreateObject("excel.application")
o.Visible = True
o.Workbooks.Add
' For x = 1 To 6
'   For y = 1 To 6
'     o.sheets("Φύλλο1").Range("A1:K11").Value = b
'   Next y
' Next x
End Sub

```

Παράρτημα 4

Κώδικας για την μέθοδο *ELECTRE*

Για την μέθοδο ELECTRE έχει αναπτυχθεί μία ανεξάρτητη εφαρμογή για την χρήση των δύο τιμών κατωφλίου απόρριψης ή τη μη χρήση τιμής κατωφλίου απόρριψης σε κάθε σενάριο. Στο παράρτημα αυτό παρουσιάζεται ενδεικτικά ο κώδικας για την εφαρμογή της μεθόδου ELECTRE στο σενάριο 7 όταν χρησιμοποιείται τιμή κατωφλίου απόρριψης ίση με το διπλάσιο της μέσης τιμής των αξιολογήσεων για κάθε κριτήριο.

```
Dim o As Object
Dim a(16, 21) As Single ' performance matrix (alternatives+6)*(criteria+1)
Dim b(7, 7) As Single
Dim c(21, 11, 11) As Single ' concordance (criteria+1)*(alternatives+1)*(alternatives+1)
Dim d(21, 11, 11) As Single ' discordance (criteria+1)*(alternatives+1)*(alternatives+1)
Dim cr(11, 11) As Single ' credibility (alternatives + 1)*(alternatives+1)
Dim cr1(11, 11) As Single ' descending distillation (alternatives + 1)*(alternatives+1)
Dim cr2(11, 11) As Single ' ascending distillation (alternatives + 1)*(alternatives+1)
Dim cr3(11, 11) As Single ' ypo descending distillation (alternatives + 1)*(alternatives+1)
Dim cr4(11, 11) As Single ' ypo ascending distillation (alternatives + 1)*(alternatives+1)
Dim c_total(11, 11) As Single ' total concordance (alternatives + 1)*(alternatives+1)
Dim dist(25, 22) As Single ' distillation ('alternatives+15)*(criteria+2)
Dim kan(3, 11) ' 3*(alternatives+1)
```

```
Private Sub Command1_Click()
```

```
alt = 10 ' alternatives
kri = 20 ' criteria
```

```
a(1, 1) = 2500
a(1, 2) = 3.86
a(1, 3) = 342
a(1, 4) = 24
a(1, 5) = 986000
```

$a(1, 6) = 2986$
 $a(1, 7) = 16511$
 $a(1, 8) = 347$
 $a(1, 9) = 490$
 $a(1, 10) = 2.5$
 $a(1, 11) = 3.19$
 $a(1, 12) = 164$
 $a(1, 13) = 39.4$
 $a(1, 14) = 85.4$
 $a(1, 15) = 70.8$
 $a(1, 16) = 975$
 $a(1, 17) = 19$
 $a(1, 18) = 0.183$
 $a(1, 19) = 1.31$
 $a(1, 20) = 8.4$

$a(2, 1) = 2500$
 $a(2, 2) = 2.93$
 $a(2, 3) = 385$
 $a(2, 4) = 18$
 $a(2, 5) = 1131178$
 $a(2, 6) = 5253$
 $a(2, 7) = 81590$
 $a(2, 8) = 128$
 $a(2, 9) = 0$
 $a(2, 10) = 2.5$
 $a(2, 11) = 4.96$
 $a(2, 12) = 40.5$
 $a(2, 13) = 37.5$
 $a(2, 14) = 92$
 $a(2, 15) = 26.2$
 $a(2, 16) = 483$
 $a(2, 17) = 6.25$
 $a(2, 18) = 0.233$
 $a(2, 19) = 1.84$
 $a(2, 20) = 6.75$

$a(3, 1) = 2460$
 $a(3, 2) = 4.32$
 $a(3, 3) = 85$
 $a(3, 4) = 118$
 $a(3, 5) = 560000$
 $a(3, 6) = 1477$
 $a(3, 7) = 152$
 $a(3, 8) = 34$
 $a(3, 9) = 0$
 $a(3, 10) = 2.5$
 $a(3, 11) = 9.39$
 $a(3, 12) = 66.7$
 $a(3, 13) = 39$
 $a(3, 14) = 91$
 $a(3, 15) = 16.6$
 $a(3, 16) = 612$
 $a(3, 17) = 10.83$
 $a(3, 18) = 0.27$
 $a(3, 19) = 2.34$

$$a(3, 20) = 2$$

$$a(4, 1) = 2460$$

$$a(4, 2) = 5.81$$

$$a(4, 3) = 85$$

$$a(4, 4) = 118$$

$$a(4, 5) = 450000$$

$$a(4, 6) = 756$$

$$a(4, 7) = 152$$

$$a(4, 8) = 6$$

$$a(4, 9) = 0$$

$$a(4, 10) = 2.5$$

$$a(4, 11) = 15.4$$

$$a(4, 12) = 66.7$$

$$a(4, 13) = 54.8$$

$$a(4, 14) = 91$$

$$a(4, 15) = 38.2$$

$$a(4, 16) = 587$$

$$a(4, 17) = 10$$

$$a(4, 18) = 0.233$$

$$a(4, 19) = 2.34$$

$$a(4, 20) = 1.33$$

$$a(5, 1) = 2500$$

$$a(5, 2) = 1.78$$

$$a(5, 3) = 8$$

$$a(5, 4) = 0$$

$$a(5, 5) = 21435$$

$$a(5, 6) = 51$$

$$a(5, 7) = 27$$

$$a(5, 8) = 2$$

$$a(5, 9) = 4.8$$

$$a(5, 10) = 2.5$$

$$a(5, 11) = 2.77$$

$$a(5, 12) = 70$$

$$a(5, 13) = 33.5$$

$$a(5, 14) = 96$$

$$a(5, 15) = 90.5$$

$$a(5, 16) = 1590$$

$$a(5, 17) = 30$$

$$a(5, 18) = 0.033$$

$$a(5, 19) = 0.27$$

$$a(5, 20) = 0.49$$

$$a(6, 1) = 2500$$

$$a(6, 2) = 10.75$$

$$a(6, 3) = 883$$

$$a(6, 4) = 0$$

$$a(6, 5) = 22696$$

$$a(6, 6) = 23$$

$$a(6, 7) = 33$$

$$a(6, 8) = 5$$

$$a(6, 9) = 0$$

$$a(6, 10) = 750$$

$$a(6, 11) = 6$$

$$a(6, 12) = 10000$$

$a(6, 13) = 80$
 $a(6, 14) = 50$
 $a(6, 15) = 29.6$
 $a(6, 16) = 2417$
 $a(6, 17) = 72.5$
 $a(6, 18) = 0.486$
 $a(6, 19) = 0$
 $a(6, 20) = 0.56$

$a(7, 1) = 5635$
 $a(7, 2) = 20.55$
 $a(7, 3) = 103$
 $a(7, 4) = 0$
 $a(7, 5) = 17652$
 $a(7, 6) = 32$
 $a(7, 7) = 54$
 $a(7, 8) = 20$
 $a(7, 9) = 0$
 $a(7, 10) = 100$
 $a(7, 11) = 7.73$
 $a(7, 12) = 10000$
 $a(7, 13) = 35$
 $a(7, 14) = 38$
 $a(7, 15) = 32.1$
 $a(7, 16) = 1250$
 $a(7, 17) = 25$
 $a(7, 18) = 0.417$
 $a(7, 19) = 0$
 $a(7, 20) = 0.16$

$a(8, 1) = 5370$
 $a(8, 2) = 23.53$
 $a(8, 3) = 3$
 $a(8, 4) = 70$
 $a(8, 5) = 49174$
 $a(8, 6) = 178$
 $a(8, 7) = 257$
 $a(8, 8) = 101$
 $a(8, 9) = 0$
 $a(8, 10) = 35$
 $a(8, 11) = 26.86$
 $a(8, 12) = 10000$
 $a(8, 13) = 9.4$
 $a(8, 14) = 20$
 $a(8, 15) = 22.4$
 $a(8, 16) = 4167$
 $a(8, 17) = 16.67$
 $a(8, 18) = 1.667$
 $a(8, 19) = 0$
 $a(8, 20) = 0.24$

$a(9, 1) = 36055$
 $a(9, 2) = 8.52$
 $a(9, 3) = 0$
 $a(9, 4) = 80$
 $a(9, 5) = 58000$

$a(9, 6) = 1325$
 $a(9, 7) = 76$
 $a(9, 8) = 269$
 $a(9, 9) = 0$
 $a(9, 10) = 5000$
 $a(9, 11) = 15.3$
 $a(9, 12) = 10000$
 $a(9, 13) = 28$
 $a(9, 14) = 80$
 $a(9, 15) = 70$
 $a(9, 16) = 1667$
 $a(9, 17) = 60.83$
 $a(9, 18) = 0.708$
 $a(9, 19) = 2.05$
 $a(9, 20) = 2.65$

$a(10, 1) = 27050$
 $a(10, 2) = 17.95$
 $a(10, 3) = 0$
 $a(10, 4) = 0$
 $a(10, 5) = 18913$
 $a(10, 6) = 280$
 $a(10, 7) = 20$
 $a(10, 8) = 0$
 $a(10, 9) = 0$
 $a(10, 10) = 18$
 $a(10, 11) = 8.4$
 $a(10, 12) = 10000$
 $a(10, 13) = 6$
 $a(10, 14) = 95$
 $a(10, 15) = 82.5$
 $a(10, 16) = 2158$
 $a(10, 17) = 83.33$
 $a(10, 18) = 0.025$
 $a(10, 19) = 0$
 $a(10, 20) = 0.2$

$a(11, 1) = 1$ ' Min/Max
 $a(11, 2) = 1$
 $a(11, 3) = 0$
 $a(11, 4) = 0$
 $a(11, 5) = 0$
 $a(11, 6) = 0$
 $a(11, 7) = 0$
 $a(11, 8) = 0$
 $a(11, 9) = 0$
 $a(11, 10) = 0$
 $a(11, 11) = 1$
 $a(11, 12) = 1$
 $a(11, 13) = 1$
 $a(11, 14) = 1$
 $a(11, 15) = 1$
 $a(11, 16) = 0$
 $a(11, 17) = 0$
 $a(11, 18) = 0$
 $a(11, 19) = 0$

$$a(11, 20) = 0$$

$$a(12, 1) = 0 \quad \text{'Weights}$$

$$a(12, 2) = 0$$

$$a(12, 3) = 0$$

$$a(12, 4) = 0$$

$$a(12, 5) = 0$$

$$a(12, 6) = 0$$

$$a(12, 7) = 0$$

$$a(12, 8) = 0$$

$$a(12, 9) = 0$$

$$a(12, 10) = 0$$

$$a(12, 11) = 0$$

$$a(12, 12) = 0$$

$$a(12, 13) = 0$$

$$a(12, 14) = 0$$

$$a(12, 15) = 0$$

$$a(12, 16) = 0.4601$$

$$a(12, 17) = 0.0133$$

$$a(12, 18) = 0.0532$$

$$a(12, 19) = 0.1486$$

$$a(12, 20) = 0.3249$$

$$a(13, 1) = 890.3 \quad \text{'q}$$

$$a(13, 2) = 1$$

$$a(13, 3) = 18.94$$

$$a(13, 4) = 4.28$$

$$a(13, 5) = 33150.48$$

$$a(13, 6) = 123.61$$

$$a(13, 7) = 988.72$$

$$a(13, 8) = 9.12$$

$$a(13, 9) = 4.95$$

$$a(13, 10) = 59.16$$

$$a(13, 11) = 1$$

$$a(13, 12) = 504.08$$

$$a(13, 13) = 3.63$$

$$a(13, 14) = 7.38$$

$$a(13, 15) = 4.79$$

$$a(13, 16) = 159.06$$

$$a(13, 17) = 3.34$$

$$a(13, 18) = 0.04$$

$$a(13, 19) = 0.1$$

$$a(13, 20) = 0.23$$

$$a(14, 1) = 3561.2 \quad \text{'p}$$

$$a(14, 2) = 4$$

$$a(14, 3) = 75.76$$

$$a(14, 4) = 17.12$$

$$a(14, 5) = 132601.92$$

$$a(14, 6) = 494.44$$

$$a(14, 7) = 3954.88$$

$$a(14, 8) = 36.48$$

$$a(14, 9) = 19.79$$

$$a(14, 10) = 236.62$$

$$a(14, 11) = 4$$

$$a(14, 12) = 2016.32$$

a(14, 13) = 14.5
 a(14, 14) = 29.54
 a(14, 15) = 19.16
 a(14, 16) = 636.24
 a(14, 17) = 13.38
 a(14, 18) = 0.17
 a(14, 19) = 0.41
 a(14, 20) = 0.91

a(15, 1) = 17806 ' v
 a(15, 2) = 20
 a(15, 3) = 378.8
 a(15, 4) = 85.6
 a(15, 5) = 663009.6
 a(15, 6) = 2472.2
 a(15, 7) = 19774.4
 a(15, 8) = 182.4
 a(15, 9) = 98.96
 a(15, 10) = 1183.1
 a(15, 11) = 20
 a(15, 12) = 10081.58
 a(15, 13) = 72.52
 a(15, 14) = 147.68
 a(15, 15) = 95.78
 a(15, 16) = 3181.2
 a(15, 17) = 66.88
 a(15, 18) = 0.85
 a(15, 19) = 2.03
 a(15, 20) = 4.56

' concordance matrix

meg_ela = 11
 Weight = 12

For kr = 1 To kri ' criteria number
 For X1 = 1 To alt ' alternatives
 For X2 = 1 To alt ' alternatives

q = a(13, kr)
 p = a(14, kr)
 v = a(15, kr)

' criteria maximization
 If a(meg_ela, kr) = 1 Then
 If a(X1, kr) >= a(X2, kr) - q Then
 c(kr, X1, X2) = 1
 ElseIf a(X1, kr) < a(X2, kr) - p Then
 c(kr, X1, X2) = 0
 Else:
 c(kr, X1, X2) = (a(X1, kr) - a(X2, kr) + p) / (p - q)
 End If
 End If

' criteria minimization
 If a(meg_ela, kr) = 0 Then

```

    If a(X1, kr) <= a(X2, kr) + q Then
      c(kr, X1, X2) = 1
    ElseIf a(X1, kr) > a(X2, kr) + p Then
      c(kr, X1, X2) = 0
    Else:
      c(kr, X1, X2) = (a(X1, kr) - a(X2, kr) - p) / (q - p)
    End If
  End If

' Print c(kr, x1, x2),

  Next X2
' Print
Next X1
' Print
' Print
Next kr
=====
' total concordance index
For kr = 1 To kri 'criteria
  For X1 = 1 To alt 'alt
    For X2 = 1 To alt 'alt

      c_total(X1, X2) = c_total(X1, X2) + c(kr, X1, X2) * a(Weight, kr)

    ' Print c_total(x1, x2),

    Next X2
  ' Print
  Next X1
' Print
' Print
Next kr
=====
Print "concordance matrix"
For X1 = 1 To alt
  For X2 = 1 To alt
    Print c_total(X1, X2),
  Next X2
  Print
Next X1
=====
' discordance matrix

For kr = 1 To kri ' criteria
  For X1 = 1 To alt ' alt
    For X2 = 1 To alt ' alt

      q = a(13, kr)
      p = a(14, kr)
      v = a(15, kr)

      If a(meg_ela, kr) = 1 Then
        If a(X2, kr) >= a(X1, kr) + v Then
          d(kr, X1, X2) = 1
        ElseIf a(X2, kr) < a(X1, kr) + p Then

```

```

        d(kr, X1, X2) = 0
    Else:
        d(kr, X1, X2) = (a(X2, kr) - a(X1, kr) - p) / (v - p)
    End If
End If

If a(meg_ela, kr) = 0 Then
    If a(X2, kr) <= a(X1, kr) - v Then
        d(kr, X1, X2) = 1
    ElseIf a(X2, kr) > a(X1, kr) - p Then
        d(kr, X1, X2) = 0
    Else:
        d(kr, X1, X2) = (a(X2, kr) - a(X1, kr) + p) / (p - v)
    End If
End If

' Print d(kr, x1, x2),

Next X2
' Print
Next X1
' Print
' Print
Next kr
=====
' to disable veto threshold aferountai ta sxolia apo tis epomenes 7 entoles

' For kr = 1 To kri ' criteria
' For X1 = 1 To alt ' alt
'   For X2 = 1 To alt ' alt
'       d(kr, X1, X2) = 0
'   Next X2
' Next X1
' Next kr
=====
' credibility matrix
' Print
Print

For X1 = 1 To alt ' alt
    For X2 = 1 To alt ' alt
        j = 1
        h = 1
        For kr = 1 To kri ' criteria
            If d(kr, X1, X2) > c_total(X1, X2) Then
                h = h * (1 - d(kr, X1, X2)) / (1 - c_total(X1, X2))
                j = 0
            End If
        Next kr
        If j = 1 Then cr(X1, X2) = c_total(X1, X2)
        If j = 0 Then cr(X1, X2) = c_total(X1, X2) * h
    Next X2
Next X1

```

```

Print "credibility matrix"
For X1 = 1 To alt
  For X2 = 1 To alt
    cr1(X1, X2) = cr(X1, X2)
    cr2(X1, X2) = cr(X1, X2)
    Print cr(X1, X2),
  Next X2
Print
Next X1
=====
' distillation process
' descending
' mhdenismos tou distillation matrix
For X1 = 1 To alt + 14
  For X2 = 1 To kri + 1
    dist(X1, X2) = 0
  Next X2
Next X1

rank = 0

Do
  For X1 = 1 To alt
    For X2 = 1 To alt
      cr1(X1, X2) = cr(X1, X2)
      cr2(X1, X2) = cr(X1, X2)
      'Print cr1(X1, X2),
    Next X2
  ' Print
Next X1
' Print

l = -.999999999

For X2 = 1 To alt
  ' Print "dist="; dist(alt + 3, X2),
Next X2
' Print

For X1 = 1 To alt
  For X2 = 1 To alt
    If dist(alt + 3, X1) <> 0 Or dist(alt + 3, X2) <> 0 Then
      dist(X1, X2) = 0
      cr1(X1, X2) = 0
    End If
  Next X2
Next X1

' For X2 = 1 To alt 'alt
' If dist(alt + 3, X2) <> 0 Then
' For X1 = 1 To alt 'alt
' dist(X1, X2) = 0
' cr1(X1, X2) = 0
' dist(X2, X1) = 0
' cr1(X2, X1) = 0
' Next X1

```



```

' End If
' Next X2

For X1 = 1 To alt
  For X2 = 1 To alt
    ' Print cr1(X1, X2),
  Next X2
' Print
Next X1

=====
For X1 = 1 To alt ' to l einai to megalytero stoixeio tou credibility ektos diagonion
  For X2 = 1 To alt ' kai ton stoixeion pou exoyn eksaleifthei (alt+3)
    If (X1 <> X2) And cr1(X1, X2) > l And (dist(alt + 3, X1) = 0 And dist(alt + 3, X2) = 0)
      Then l = cr1(X1, X2)
    Next X2
  Next X1
=====
sl = 0.3 - 0.15 * l

' Print
' Print "l="; l
' Print "sl="; sl
' Print "l-sl="; (l - sl)

For X1 = 1 To alt
  For X2 = 1 To alt
    ' Print "x1="; X1, "x2="; X2, "cr1(x1,x2)="; cr1(X1, X2)
    If (cr1(X1, X2) > (l - sl)) And (dist(alt + 3, X1) = 0 And dist(alt + 3, X2) = 0)
      Then dist(X1, X2) = 1 Else dist(X1, X2) = 0
    ' Print dist(X1, X2),
  Next X2
' Print
Next X1

=====
' Print "distillation"
  For X1 = 1 To alt
    For X2 = 1 To alt
      ' Print dist(X1, X2),
    Next X2
  ' Print
Next X1
' Print "end distillation"

' Print "distillation"
For X1 = 1 To alt
  For X2 = 1 To alt
    ' Print dist(X1, X2),
  Next X2
' Print
Next X1
' Print "end distillation"

' athroisma grammon

```

```

For X1 = 1 To alt
  rowsum = 0
  For X2 = 1 To alt
    rowsum = rowsum + dist(X1, X2)
  Next X2
  dist(X1, alt + 1) = rowsum
Next X1

```

```

=====
' athroisma sthlon
For X2 = 1 To alt
  colsum = 0
  For X1 = 1 To alt
    colsum = colsum + dist(X1, X2)
  Next X1
  dist(alt + 1, X2) = colsum
Next X2

```

```

=====
'rowsum-colsum
For X2 = 1 To alt
  dist(alt + 2, X2) = dist(X2, alt + 1) - dist(alt + 1, X2)
Next X2

```

```

=====
'
' For X2 = 1 To alt
' Print "22-rank="; dist(alt + 4, X2),
' Next X2
' Print
' Print
' For X2 = 1 To alt
' Print "22- alt+3="; dist(alt + 3, X2),
' Next X2
' Print "rank="; rank
' Print
' Print
' For X2 = 1 To alt
' Print "22- alt+2="; dist(alt + 2, X2),
' Next X2
' Print "rank="; rank
' Print

```

```

=====
meg = -999999999

```

```

For X2 = 1 To alt
  If dist(alt + 3, X2) = 0 And dist(alt + 2, X2) > meg Then meg = dist(alt + 2, X2)
Next X2

```

```

ar_meg = 0
For X2 = 1 To alt
  If dist(alt + 3, X2) = 0 And dist(alt + 2, X2) = meg Then
    ar_meg = ar_meg + 1
  End If
Next X2

```

```

'Print "ar_meg="; ar_meg
'Print "rank="; rank

```

```

rank = rank + ar_meg

For X2 = 1 To alt
  If dist(alt + 3, X2) = 0 And dist(alt + 2, X2) = meg Then
    dist(alt + 3, X2) = 1
    dist(alt + 4, X2) = rank
  End If
  'Print "dist+3="; dist(alt + 3, X2)
  'Print "dist+4="; dist(alt + 4, X2)
Next X2

```

'ypokatataksh lyseon me ta idia megista

```

If ar_meg > 1 Then

  Do

  For X2 = 1 To alt
    If dist(alt + 4, X2) = rank Then dist(alt + 3, X2) = 0
  Next X2

  deikths = 0
  For X2 = 1 To alt
    If dist(alt + 4, X2) = rank Then deikths = deikths + 1
  Next X2

  For X1 = 1 To alt
    For X2 = 1 To alt
      cr1(X1, X2) = cr(X1, X2)
      cr2(X1, X2) = cr(X1, X2)
    Next X2
  Next X1
  l = -999999999

  For X1 = 1 To alt
    For X2 = 1 To alt
      If dist(alt + 4, X1) <> rank Or dist(alt + 4, X2) <> rank Then
        dist(X1, X2) = 0
        cr1(X1, X2) = 0
      End If
    Next X2
  Next X1

  ' For X2 = 1 To alt 'alt
  '   If dist(alt + 4, X2) <> rank Then
  '     For X1 = 1 To alt 'alt
  '       dist(X1, X2) = 0
  '       cr1(X1, X2) = 0
  '       dist(X2, X1) = 0
  '       cr1(X2, X1) = 0
  '     Next X1
  '   End If
  ' Next X2

```

```

For X1 = 1 To alt 'to l einai to megalytero stoixeio tou credibility ekτος diagonion
  For X2 = 1 To alt 'kai ton stoixeion pou exoyn eksaleifthei (alt+3)
    If (X1 <> X2) And cr1(X1, X2) > 1 And (dist(alt + 4, X1) = rank And dist(alt + 4, X2) = rank)
      Then l = cr1(X1, X2)
    Next X2
  Next X1

```

```

sl = 0.3 - 0.15 * l

```

```

' Print
' Print "l="; l
' Print "sl="; sl

```

```

For X1 = 1 To alt
  For X2 = 1 To alt
    ' Print "x1="; X1, "x2="; X2, "cr1(x1,x2)="; cr1(X1, X2)
    If (cr1(X1, X2) > (1 - sl)) And (dist(alt + 4, X1) = rank And dist(alt + 4, X2) = rank)
      Then dist(X1, X2) = 1 Else dist(X1, X2) = 0
    'Print dist(X1, X2),
  Next X2
  'Print
Next X1

```

```

For X1 = 1 To alt
  ' For X2 = 1 To alt
  ' If cr1(X1, X2) > (1 - sl) And (cr(X1, X2) - cr(X2, X1)) >= sl And dist(alt + 4, X2) = rank
  ' Then dist(X1, X2) = 1 Else dist(X1, X2) = 0
  'Print dist(X1, X2),
  'Next X2
  'Print
Next X1

```

```

'athroisma grammon
For X1 = 1 To alt
  rowsum = 0
  For X2 = 1 To alt
    rowsum = rowsum + dist(X1, X2)
  Next X2
  dist(X1, alt + 1) = rowsum
Next X1

```

```

'athroisma sthlon
For X2 = 1 To alt
  colsum = 0
  For X1 = 1 To alt
    colsum = colsum + dist(X1, X2)
  Next X1
  dist(alt + 1, X2) = colsum
Next X2

```

```

'rowsum-colsum
For X2 = 1 To alt
  dist(alt + 2, X2) = dist(X2, alt + 1) - dist(alt + 1, X2)
  'Print dist(alt + 2, X2),
Next X2
'Print

'=====
meg2 = -999999999

For X2 = 1 To alt
  If dist(alt + 4, X2) = rank And dist(alt + 2, X2) > meg2 Then meg2 = dist(alt + 2, X2)
Next X2

For X2 = 1 To alt
  If dist(alt + 4, X2) = rank And dist(alt + 2, X2) < meg2 Then dist(alt + 4, X2) = 0
Next X2

ar2_meg = 0
For X2 = 1 To alt
  If dist(alt + 4, X2) = rank And dist(alt + 2, X2) = meg2
    Then ar2_meg = ar2_meg + 1
  End If
Next X2

'Print "ar2_meg="; ar2_meg
'Print "deikths="; deikths

If ar2_meg < deikths Then
  For X2 = 1 To alt
    If dist(alt + 4, X2) = rank And dist(alt + 2, X2) = meg2 Then
      dist(alt + 4, X2) = rank - deikths + ar2_meg
      dist(alt + 3, X2) = 1
      'Print "====="
      'Print "x2="; X2, dist(alt + 4, X2)
      'Print "====="
    End If
  Next X2
  rank = rank - deikths + ar2_meg
End If

'=====
' For X2 = 1 To alt
' Print "1-rank="; dist(alt + 4, X2),
' Next X2
' Print
' Print
' For X2 = 1 To alt
' Print "1- alt+3="; dist(alt + 3, X2),
' Next X2
' Print "rank="; rank
' Print

'=====
Loop Until ar2_meg = deikths

If ar2_meg = deikths Then
  For X2 = 1 To alt

```

```

        If dist(alt + 4, X2) = rank Then
            dist(alt + 4, X2) = rank - deikths + 1
            dist(alt + 3, X2) = 1
            'Print "======"
            'Print "x2="; X2, dist(alt + 4, X2)
            'Print "======"
        End If
    Next X2
    rank = rank - deikths + 1
End If

'Cls
End If

=====

'For X2 = 1 To alt
'Print "2-rank="; dist(alt + 4, X2),
'Next X2
'Print
'For X2 = 1 To alt
'Print "2-alt+3="; dist(alt + 3, X2),
'Next X2
'Print
ok = True
For X2 = 1 To alt
'Print "dist3="; dist(alt + 3, X2),
ok = ok And dist(alt + 3, X2)
Next X2

Loop Until ok

=====

'Print "descending rank"
'For X1 = 1 To alt
' Print dist(alt + 4, X1),
'Next X1
'Print

'Cls
Print
Font.Bold = True
'Print "======"
Print "normalized descending rank"
For X1 = 1 To alt

    Print dist(alt + 4, X1),
Next X1
Print
'Print "======"

=====

'ascending

=====

'distillation process
'ascending
'mhdenismos tou distillation matrix
For X1 = 1 To alt + 3
    For X2 = 1 To kri + 1

```

```

    dist(X1, X2) = 0
  Next X2
Next X1

rank = alt + 1

Do

  For X1 = 1 To alt
    For X2 = 1 To alt
      cr1(X1, X2) = cr(X1, X2)
      cr2(X1, X2) = cr(X1, X2)
      'Print cr1(X1, X2),
    Next X2
  'Print
Next X1
'Print

l = -999999999

For X2 = 1 To alt
' Print "dist="; dist(alt + 3, X2),
Next X2
'Print

For X1 = 1 To alt
  For X2 = 1 To alt
    If dist(alt + 3, X1) <> 0 Or dist(alt + 3, X2) <> 0 Then
      dist(X1, X2) = 0
      cr1(X1, X2) = 0
    End If
  Next X2
Next X1

'For X2 = 1 To alt 'alt
' If dist(alt + 3, X2) <> 0 Then
'   For X1 = 1 To alt 'alt
'     dist(X1, X2) = 0
'     cr1(X1, X2) = 0
'     dist(X2, X1) = 0
'     cr1(X2, X1) = 0
'   Next X1
' End If
'Next X2

For X1 = 1 To alt
  For X2 = 1 To alt
    'Print cr1(X1, X2),
  Next X2
'Print
Next X1

'=====
For X1 = 1 To alt 'to l einai to megalytero stoixeio tou credibility ektos diagonion
  For X2 = 1 To alt 'kai ton stoixeion pou exoyn eksaleifthei (alt+3)
    If (X1 <> X2) And cr1(X1, X2) > l And (dist(alt + 3, X1) = 0 And dist(alt + 3, X2) = 0)

```

```

        Then l = cr1(X1, X2)
    Next X2
Next X1
=====
sl = 0.3 - 0.15 * l

'Print
'Print "l="; l
'Print "sl="; sl
'Print "l-sl="; (l - sl)

For X1 = 1 To alt
    For X2 = 1 To alt
        ' Print "x1="; X1, "x2="; X2, "cr1(x1,x2)="; cr1(X1, X2)
        If (cr1(X1, X2) > (l - sl)) And (dist(alt + 3, X1) = 0 And dist(alt + 3, X2) = 0)
            Then dist(X1, X2) = 1 Else dist(X1, X2) = 0
        'Print dist(X1, X2),
    Next X2
'Print
Next X1
=====

' Print "distillation"
    For X1 = 1 To alt
        For X2 = 1 To alt
            ' Print dist(X1, X2),
        Next X2
    ' Print
    Next X1
' Print "end distillation"

'Print "distillation"
For X1 = 1 To alt
    For X2 = 1 To alt
        ' Print dist(X1, X2),
    Next X2
'Print
Next X1
'Print "end distillation"
=====

'athroisma grammon
For X1 = 1 To alt
    rowsum = 0
    For X2 = 1 To alt
        rowsum = rowsum + dist(X1, X2)
    Next X2
    dist(X1, alt + 1) = rowsum
Next X1
=====

'athroisma sthlon
For X2 = 1 To alt
    colsum = 0
    For X1 = 1 To alt

```



```

        colsum = colsum + dist(X1, X2)
    Next X1
    dist(alt + 1, X2) = colsum
Next X2
=====
'rowsum-colsum
For X2 = 1 To alt
    dist(alt + 2, X2) = dist(X2, alt + 1) - dist(alt + 1, X2)
Next X2
=====
'
' For X2 = 1 To alt
' Print "22-rank="; dist(alt + 4, X2),
' Next X2
' Print
' Print
' For X2 = 1 To alt
' Print "22- alt+3="; dist(alt + 3, X2),
' Next X2
' Print "rank="; rank
' Print
' Print
' For X2 = 1 To alt
' Print "22- alt+2="; dist(alt + 2, X2),
' Next X2
' Print "rank="; rank
' Print
=====
elax = 999999999

For X2 = 1 To alt
    If dist(alt + 3, X2) = 0 And dist(alt + 2, X2) < elax Then elax = dist(alt + 2, X2)
Next X2

ar_elax = 0
For X2 = 1 To alt
    If dist(alt + 3, X2) = 0 And dist(alt + 2, X2) = elax Then
        ar_elax = ar_elax + 1
    End If
Next X2

'Print "ar_elax="; ar_elax
'Print "rank="; rank

rank = rank - ar_elax

For X2 = 1 To alt
    If dist(alt + 3, X2) = 0 And dist(alt + 2, X2) = elax Then
        dist(alt + 3, X2) = 1
        dist(alt + 5, X2) = rank
    End If
    'Print "dist+3="; dist(alt + 3, X2)
    'Print "dist+4="; dist(alt + 4, X2)
Next X2
=====
'ypokatataksh lyseon me ta idia elaxista
'alt+4 ta megista

```

```

'alt+5 ta elaxista
If ar_elax > 1 Then

  Do

  For X2 = 1 To alt
    If dist(alt + 5, X2) = rank Then dist(alt + 3, X2) = 0
  Next X2

  deikths = 0
  For X2 = 1 To alt
    If dist(alt + 5, X2) = rank Then deikths = deikths + 1
  Next X2

  For X1 = 1 To alt
    For X2 = 1 To alt
      cr1(X1, X2) = cr(X1, X2)
      cr2(X1, X2) = cr(X1, X2)
    Next X2
  Next X1
  Next X1
  l = -999999999

  For X1 = 1 To alt
    For X2 = 1 To alt
      If dist(alt + 5, X1) <> rank Or dist(alt + 5, X2) <> rank Then
        dist(X1, X2) = 0
        cr1(X1, X2) = 0
      End If
    Next X2
  Next X1

  ' For X2 = 1 To alt 'alt
  '   If dist(alt + 4, X2) <> rank Then
  '     For X1 = 1 To alt 'alt
  '       dist(X1, X2) = 0
  '       cr1(X1, X2) = 0
  '       dist(X2, X1) = 0
  '       cr1(X2, X1) = 0
  '     Next X1
  '   End If
  ' Next X2

=====
  For X1 = 1 To alt   'to l einai to megalytero stoixeio tou credibility ekτος diagonion
  For X2 = 1 To alt   'kai ton stoixeion pou exoyn eksaleifthei (alt+3)
    If (X1 <> X2) And cr1(X1, X2) > 1 And (dist(alt + 5, X1) = rank And dist(alt + 5, X2) = rank)
      Then l = cr1(X1, X2)
    Next X2
  Next X1

=====

sl = 0.3 - 0.15 * l

'Print
'Print "l="; l

```

```

Print "sl="; sl

For X1 = 1 To alt
  For X2 = 1 To alt
    ' Print "x1="; X1, "x2="; X2, "cr1(x1,x2)="; cr1(X1, X2)
    If (cr1(X1, X2) > (1 - sl)) And (dist(alt + 5, X1) = rank And dist(alt + 5, X2) = rank)
      Then dist(X1, X2) = 1 Else dist(X1, X2) = 0
    'Print dist(X1, X2),
  Next X2
  'Print
Next X1

For X1 = 1 To alt
  ' For X2 = 1 To alt
  '   If cr1(X1, X2) > (1 - sl) And (cr(X1, X2) - cr(X2, X1)) >= sl And dist(alt + 4, X2) = rank
  '     Then dist(X1, X2) = 1 Else dist(X1, X2) = 0
  'Print dist(X1, X2),
  ' Next X2
  'Print
Next X1

```

```

'athroisma grammon
For X1 = 1 To alt
  rowsum = 0
  For X2 = 1 To alt
    rowsum = rowsum + dist(X1, X2)
  Next X2
  dist(X1, alt + 1) = rowsum
Next X1

```

```

'athroisma sthlon
For X2 = 1 To alt
  colsum = 0
  For X1 = 1 To alt
    colsum = colsum + dist(X1, X2)
  Next X1
  dist(alt + 1, X2) = colsum
Next X2

```

```

'rowsum-colsum
For X2 = 1 To alt
  dist(alt + 2, X2) = dist(X2, alt + 1) - dist(alt + 1, X2)
  'Print dist(alt + 2, X2),
Next X2
'Print

```

```

elax2 = 999999999

For X2 = 1 To alt
  If dist(alt + 5, X2) = rank And dist(alt + 2, X2) < elax2 Then elax2 = dist(alt + 2, X2)
Next X2

For X2 = 1 To alt

```

```

    If dist(alt + 5, X2) = rank And dist(alt + 2, X2) > elax2 Then dist(alt + 5, X2) = 0
Next X2

ar2_elax = 0
For X2 = 1 To alt
    If dist(alt + 5, X2) = rank And dist(alt + 2, X2) = elax2
        Then ar2_elax = ar2_elax + 1
    End If
Next X2

'Print "ar2_meg="; ar2_meg
'Print "deikths="; deikths

If ar2_elax < deikths Then
    For X2 = 1 To alt
        If dist(alt + 5, X2) = rank And dist(alt + 2, X2) = elax2 Then
            dist(alt + 5, X2) = rank + deikths - ar2_elax
            dist(alt + 3, X2) = 1
            'Print "======"
            'Print "x2="; X2, dist(alt + 4, X2)
            'Print "======"
        End If
    Next X2
rank = rank + deikths - ar2_elax
End If
'======'
' For X2 = 1 To alt
'Print "1-rank="; dist(alt + 4, X2),
' Next X2
' Print
' Print
' For X2 = 1 To alt
' Print "1- alt+3="; dist(alt + 3, X2),
' Next X2
' Print "rank="; rank
' Print
'======'

Loop Until ar2_elax = deikths

If ar2_elax = deikths Then
    For X2 = 1 To alt
        If dist(alt + 5, X2) = rank Then
            dist(alt + 5, X2) = rank
            dist(alt + 3, X2) = 1
            'Print "======"
            'Print "x2="; X2, dist(alt + 4, X2)
            'Print "======"
        End If
    Next X2
rank = rank
End If

'Cls
End If
'======'

```

```

'For X2 = 1 To alt
'Print "2-rank="; dist(alt + 4, X2),
'Next X2
'Print
'For X2 = 1 To alt
'Print "2-alt+3="; dist(alt + 3, X2),
'Next X2
'Print
ok = True
For X2 = 1 To alt
'Print "dist3="; dist(alt + 3, X2),
ok = ok And dist(alt + 3, X2)
Next X2

Loop Until ok
'=====
'kanonikopoihsh

z = 0

Do

z = z + 1

elax = 100
For X2 = 1 To alt
  If dist(alt + 5, X2) < elax And kan(1, X2) = 0 Then elax = dist(alt + 5, X2)
Next X2

For x3 = 1 To alt
  If dist(alt + 5, x3) = elax Then
    kan(1, x3) = 1
    kan(2, x3) = z
  End If
Next x3

ok = True
For X2 = 1 To alt
  ok = ok And kan(1, X2)
Next X2
Loop Until ok

For X2 = 1 To alt
  dist(alt + 5, X2) = kan(2, X2)
Next X2

Print
'Print "=====
Print "normalized ascending rank"
For X1 = 1 To alt
  Print dist(alt + 5, X1),
Next X1
Print
'Print "=====
'=====

```

```

=====
'final distillation

'elax = 999

'For X2 = 1 To alt
'  If dist(alt + 5, X2) < elax Then elax = dist(alt + 5, X2)
'Next X2

'If elax > 1 Then
'For X2 = 1 To alt
'  dist(alt + 5, X2) = dist(alt + 5, X2) - (elax - 1)
'Next X2
'End If

'Font.Bold = False

'Print "distillation sum"
For X1 = 1 To alt
  dist(alt + 6, X1) = dist(alt + 4, X1) + dist(alt + 5, X1)

  'Print dist(11, X1),

Next X1

rank = 1

Do While rank < alt + 1
r2 = 0
elax = 999
For X2 = 1 To alt
  If dist(alt + 6, X2) < elax Then elax = dist(alt + 6, X2)
Next X2

For X1 = 1 To alt
  If dist(alt + 6, X1) = elax Then
    dist(alt + 6, X1) = 1000
    dist(alt + 7, X1) = rank
    r2 = r2 + 1
  End If
Next X1

rank = rank + r2

Loop
'Font.Bold = False
'Print
'Print "=====
'Print "proto final rank"
'Print "=====
'kanonikopoihsh

z = 0
For X2 = 1 To alt
  kan(1, X2) = 0

```

```

    kan(2, X2) = 0
Next X2

Do

z = z + 1

elax = 100
For X2 = 1 To alt
    If dist(alt + 7, X2) < elax And kan(1, X2) = 0 Then elax = dist(alt + 7, X2)
Next X2

For x3 = 1 To alt
    If dist(alt + 7, x3) = elax Then
        kan(1, x3) = 1
        kan(2, x3) = z
    End If
Next x3

ok = True
For X2 = 1 To alt
    ok = ok And kan(1, X2)
Next X2
Loop Until ok

For X2 = 1 To alt
    dist(alt + 7, X2) = kan(2, X2)
Next X2

'Print "=====
'=====

For X1 = 1 To alt
    Print dist(alt + 7, X1),
Next X1
Print
'=====

Font.Bold = True
'Print "=====
Print "final rank"

'rank = 1

'For X1 = 1 To alt
'    r1 = 0

'    For X2 = 1 To alt
'        If (dist(alt + 4, X2) = X1 And dist(alt + 8, X2) = 0) Or (dist(alt + 5, X2) = X1 And dist(alt + 8, X2) = 0)
'            Then dist(alt + 8, X2) = 100
'                r1 = r1 + 1
'        End If
'        Print dist(alt + 8, X2)
'        Print "r1="; r1
'    Next X2

```

```

'      Do
'          elax = 999
'          For X2 = 1 To alt
'              If dist(alt + 8, X2) = 100 And dist(alt + 6, X2) < elax Then elax = dist(alt + 6, X2)
'          Next X2

'          r2 = 0
'          For x3 = 1 To alt
'              If dist(alt + 8, x3) = 100 And dist(alt + 6, x3) = elax Then
'                  dist(alt + 8, x3) = rank
'                  r2 = r2 + 1
'              End If
'          Next x3

'          rank = rank + r2
'          r1 = r1 - r2

'          'Print "rank="; rank
'          'Print "r1="; r1
'          'Print "r2="; r2

'      Loop Until r1 = 0

'Next X1
=====
=====
' FINAL RANK

For X2 = 1 To alt
    kan(1, X2) = dist(alt + 4, X2)
    kan(2, X2) = dist(alt + 5, X2)
    dist(alt + 8, X2) = alt - X2 + 1 '6 5 4 3 2 1
Next X2

For X1 = 1 To alt

'Print
For x3 = 1 To alt
    ' Print dist(alt + 8, x3),
Next x3

    For X2 = 1 To alt

        If kan(1, X1) < kan(1, X2) And kan(2, X1) < kan(2, X2) And dist(alt + 8, X1) > dist(alt + 8, X2)
            Then
                temp = dist(alt + 8, X1)
                dist(alt + 8, X1) = dist(alt + 8, X2)
                dist(alt + 8, X2) = temp
                'temp1 = kan(1, X2)
                'temp2 = kan(2, X2)
                'kan(1, X2) = kan(1, X2 + 1)
                'kan(2, X2) = kan(2, X2 + 1)
                'kan(1, X2 + 1) = temp1
                'kan(2, X2 + 1) = temp2
            End If
        
```



```

If kan(1, X1) < kan(1, X2) And kan(2, X1) = kan(2, X2) And dist(alt + 8, X1) > dist(alt + 8, X2)
  Then
    temp = dist(alt + 8, X1)
    dist(alt + 8, X1) = dist(alt + 8, X2)
    dist(alt + 8, X2) = temp
    'temp1 = kan(1, X2)
    'temp2 = kan(2, X2)
    'kan(1, X2) = kan(1, X2 + 1)
    'kan(2, X2) = kan(2, X2 + 1)
    'kan(1, X2 + 1) = temp1
    'kan(2, X2 + 1) = temp2
  End If

If kan(1, X1) = kan(1, X2) And kan(2, X1) < kan(2, X2) And dist(alt + 8, X1) > dist(alt + 8, X2)
  Then
    temp = dist(alt + 8, X1)
    dist(alt + 8, X1) = dist(alt + 8, X2)
    dist(alt + 8, X2) = temp
    'temp1 = kan(1, X2)
    'temp2 = kan(2, X2)
    'kan(1, X2) = kan(1, X2 + 1)
    'kan(2, X2) = kan(2, X2 + 1)
    'kan(1, X2 + 1) = temp1
    'kan(2, X2 + 1) = temp2
  End If

If kan(1, X1) > kan(1, X2) And kan(2, X1) > kan(2, X2) And dist(alt + 8, X2) > dist(alt + 8, X1)
  Then
    temp = dist(alt + 8, X2)
    dist(alt + 8, X2) = dist(alt + 8, X1)
    dist(alt + 8, X1) = temp
    'temp1 = kan(1, X2)
    'temp2 = kan(2, X2)
    'kan(1, X2) = kan(1, X2 + 1)
    'kan(2, X2) = kan(2, X2 + 1)
    'kan(1, X2 + 1) = temp1
    'kan(2, X2 + 1) = temp2
  End If

If kan(1, X1) > kan(1, X2) And kan(2, X1) = kan(2, X2) And dist(alt + 8, X2) > dist(alt + 8, X1)
  Then
    temp = dist(alt + 8, X2)
    dist(alt + 8, X2) = dist(alt + 8, X1)
    dist(alt + 8, X1) = temp
    'temp1 = kan(1, X2)
    'temp2 = kan(2, X2)
    'kan(1, X2) = kan(1, X2 + 1)
    'kan(2, X2) = kan(2, X2 + 1)
    'kan(1, X2 + 1) = temp1
    'kan(2, X2 + 1) = temp2
  End If

If kan(1, X1) = kan(1, X2) And kan(2, X1) > kan(2, X2) And dist(alt + 8, X2) > dist(alt + 8, X1)
  Then
    temp = dist(alt + 8, X2)

```

```

dist(alt + 8, X2) = dist(alt + 8, X1)
dist(alt + 8, X1) = temp
'temp1 = kan(1, X2)
'temp2 = kan(2, X2)
'kan(1, X2) = kan(1, X2 + 1)
'kan(2, X2) = kan(2, X2 + 1)
'kan(1, X2 + 1) = temp1
'kan(2, X2 + 1) = temp2
End If

If kan(1, X1) = kan(1, X2) And kan(2, X1) = kan(2, X2) And dist(alt + 8, X1) > dist(alt + 8, X2)
  Then
    dist(alt + 8, X1) = dist(alt + 8, X2)
  End If

If kan(1, X1) = kan(1, X2) And kan(2, X1) = kan(2, X2) And dist(alt + 8, X2) > dist(alt + 8, X1)
  Then
    dist(alt + 8, X2) = dist(alt + 8, X1)
  End If

If kan(1, X1) < kan(1, X2) And kan(2, X1) > kan(2, X2) Then
  meg = -100
  If kan(1, X1) > meg Then meg = kan(1, X1)
  If kan(2, X1) > meg Then meg = kan(2, X1)
  If kan(1, X2) > meg Then meg = kan(1, X2)
  If kan(2, X2) > meg Then meg = kan(2, X2)
  'Print
  'Print "x1="; X2
  'Print "x2="; X2
  'Print "meg="; meg

  If (kan(1, X2) = meg Or kan(2, X2) = meg) And (kan(1, X1) < meg And kan(2, X1) < meg)
And dist(alt + 8, X1) > dist(alt + 8, X2) Then
  temp = dist(alt + 8, X1)
  dist(alt + 8, X1) = dist(alt + 8, X2)
  dist(alt + 8, X2) = temp
  'temp1 = kan(1, X2)
  'temp2 = kan(2, X2)
  'kan(1, X2) = kan(1, X2 + 1)
  'kan(2, X2) = kan(2, X2 + 1)
  'kan(1, X2 + 1) = temp1
  'kan(2, X2 + 1) = temp2
  End If

  If (kan(1, X1) = meg Or kan(2, X1) = meg) And (kan(1, X2) < meg And kan(2, X2) < meg)
And dist(alt + 8, X2) > dist(alt + 8, X1) Then
  temp = dist(alt + 8, X2)
  dist(alt + 8, X2) = dist(alt + 8, X1)
  dist(alt + 8, X1) = temp
  'temp1 = kan(1, X2)
  'temp2 = kan(2, X2)
  'kan(1, X2) = kan(1, X2 + 1)
  'kan(2, X2) = kan(2, X2 + 1)
  'kan(1, X2 + 1) = temp1
  'kan(2, X2 + 1) = temp2
  End If

```

```

    If (kan(1, X1) = meg Or kan(2, X1) = meg) And (kan(1, X2) = meg Or kan(2, X2) = meg)
And dist(alt + 8, X1) > dist(alt + 8, X2) Then
    dist(alt + 8, X1) = dist(alt + 8, X2)
End If

    If (kan(1, X1) = meg Or kan(2, X1) = meg) And (kan(1, X2) = meg Or kan(2, X2) = meg)
And dist(alt + 8, X2) > dist(alt + 8, X1) Then
    dist(alt + 8, X2) = dist(alt + 8, X1)
End If
End If

If kan(1, X1) > kan(1, X2) And kan(2, X1) < kan(2, X2) Then
    meg = -100
    If kan(1, X1) > meg Then meg = kan(1, X1)
    If kan(2, X1) > meg Then meg = kan(2, X1)
    If kan(1, X2) > meg Then meg = kan(1, X2)
    If kan(2, X2) > meg Then meg = kan(2, X2)

    'Print "x1="; X2
    'Print "x2="; X2
    'Print "meg="; meg

    If (kan(1, X2) = meg Or kan(2, X2) = meg) And (kan(1, X1) < meg And kan(2, X1) < meg)
And dist(alt + 8, X1) > dist(alt + 8, X2) Then
        temp = dist(alt + 8, X1)
        dist(alt + 8, X1) = dist(alt + 8, X2)
        dist(alt + 8, X2) = temp
        ' temp1 = kan(1, X2)
        ' temp2 = kan(2, X2)
        ' kan(1, X2) = kan(1, X2 + 1)
        ' kan(2, X2) = kan(2, X2 + 1)
        ' kan(1, X2 + 1) = temp1
        ' kan(2, X2 + 1) = temp2
    End If

    If (kan(1, X1) = meg Or kan(2, X1) = meg) And (kan(1, X2) < meg And kan(2, X2) < meg)
And dist(alt + 8, X2) > dist(alt + 8, X1) Then
        temp = dist(alt + 8, X2)
        dist(alt + 8, X2) = dist(alt + 8, X1)
        dist(alt + 8, X1) = temp
        ' temp1 = kan(1, X2)
        ' temp2 = kan(2, X2)
        ' kan(1, X2) = kan(1, X2 + 1)
        ' kan(2, X2) = kan(2, X2 + 1)
        ' kan(1, X2 + 1) = temp1
        ' kan(2, X2 + 1) = temp2
    End If

    If (kan(1, X1) = meg Or kan(2, X1) = meg) And (kan(1, X2) = meg Or kan(2, X2) = meg)
And dist(alt + 8, X1) > dist(alt + 8, X2) Then
        dist(alt + 8, X1) = dist(alt + 8, X2)
    End If

    If (kan(1, X1) = meg Or kan(2, X1) = meg) And (kan(1, X2) = meg Or kan(2, X2) = meg)
And dist(alt + 8, X2) > dist(alt + 8, X1) Then

```

```

        dist(alt + 8, X2) = dist(alt + 8, X1)
      End If
    End If
  Next X2
Next X1

For X1 = 1 To alt
  dist(alt + 6, X1) = dist(alt + 4, X1) + dist(alt + 5, X1)
  'Print dist(alt + 6, X1)
Next X1
' ΤΕΛΟΣ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΚΑΤΑΤΑΞΗΣ

'=====
'kanonikopoihsh

z = 0

For X2 = 1 To alt
  kan(1, X2) = 0
  kan(2, X2) = 0
Next X2

Do

z = z + 1

elax = 100
For X2 = 1 To alt
  If dist(alt + 8, X2) < elax And kan(1, X2) = 0 Then elax = dist(alt + 8, X2)
Next X2

For x3 = 1 To alt
  If dist(alt + 8, x3) = elax Then
    kan(1, x3) = 1
    kan(2, x3) = z
  End If
Next x3

ok = True
For X2 = 1 To alt
  ok = ok And kan(1, X2)
Next X2
Loop Until ok

'Print "=====
'=====

'Print
For X2 = 1 To alt
  dist(alt + 8, X2) = kan(2, X2)
  Print dist(alt + 8, X2),
Next X2
Print
'Font.Bold = False

```

```
'+++++++'
'+++++++'
'ΑΠΟΚΑΝΟΝΙΚΟΠΟΙΗΣΗ
Print "+++++++"
Print "+++++++"
Print "+++++++"
'=====

For X2 = 1 To alt
    kan(1, X2) = 0
    kan(2, X2) = 0
Next X2

z = 1

For X1 = 1 To alt
    For X2 = 1 To alt
        If dist(alt + 4, X2) = X1 Then
            kan(1, X2) = 1
            kan(2, X2) = z
        End If
    Next X2

    For X2 = 1 To alt
        If dist(alt + 4, X2) = X1 Then
            z = z + 1
        End If
    Next X2
Next X1

Print

'Print "=====
'Print
For X2 = 1 To alt
    dist(alt + 9, X2) = kan(2, X2)
    Print dist(alt + 9, X2),
Next X2

'=====

For X2 = 1 To alt
    kan(1, X2) = 0
    kan(2, X2) = 0
Next X2

z = 1

For X1 = 1 To alt
    For X2 = 1 To alt
        If dist(alt + 5, X2) = X1 Then
            kan(1, X2) = 1
            kan(2, X2) = z
        End If
    Next X2

    For X2 = 1 To alt
```

```

    If dist(alt + 5, X2) = X1 Then
      z = z + 1
    End If
  Next X2
Next X1

```

Print

'Print "=====

Print

```

For X2 = 1 To alt
  dist(alt + 10, X2) = kan(2, X2)
  Print dist(alt + 10, X2),
Next X2

```

```

For X2 = 1 To alt
  kan(1, X2) = 0
  kan(2, X2) = 0
Next X2

```

z = 1

```

For X1 = 1 To alt
  For X2 = 1 To alt
    If dist(alt + 7, X2) = X1 Then
      kan(1, X2) = 1
      kan(2, X2) = z
    End If
  Next X2

```

```

  For X2 = 1 To alt
    If dist(alt + 7, X2) = X1 Then
      z = z + 1
    End If
  Next X2
Next X1

```

Print

Print "=====

Print

```

For X2 = 1 To alt
  dist(alt + 11, X2) = kan(2, X2)
  Print dist(alt + 11, X2),
Next X2

```

```

For X2 = 1 To alt
  kan(1, X2) = 0
  kan(2, X2) = 0
Next X2

```

z = 1

```

For X1 = 1 To alt
  For X2 = 1 To alt

```

```

    If dist(alt + 8, X2) = X1 Then
      kan(1, X2) = 1
      kan(2, X2) = z
    End If
  Next X2

  For X2 = 1 To alt
    If dist(alt + 8, X2) = X1 Then
      z = z + 1
    End If
  Next X2
Next X1

Print

'Print "=====
Print
For X2 = 1 To alt
  dist(alt + 12, X2) = kan(2, X2)
  Print dist(alt + 12, X2),
Next X2
'=====
'anadiataksh se periptosh pollvn isothtvn sthn katataksh

'Print
For X2 = 1 To alt
  dist(alt + 13, X2) = dist(alt + 9, X2) + dist(alt + 10, X2)
  'Print dist(alt + 13, X2),
Next X2

For X1 = 1 To alt

  For X2 = 1 To alt
    kan(1, X2) = 0
    kan(2, X2) = 0
  Next X2

  plithos = 0
  For X2 = 1 To alt
    If dist(alt + 12, X2) = X1 Then
      kan(1, X2) = 1
      plithos = plithos + 1
    End If
  Next X2

  elax = 999
  For X2 = 1 To alt
    If kan(1, X2) = 1 And dist(alt + 13, X2) < elax Then
      elax = dist(alt + 13, X2)
    End If
  Next X2

  ar_elax = 0
  For X2 = 1 To alt
    If kan(1, X2) = 1 And dist(alt + 13, X2) = elax Then
      ar_elax = ar_elax + 1

```

```

    End If
  Next X2

  If ar_elax < plithos Then

    For X2 = 1 To alt

      If kan(1, X2) = 1 And dist(alt + 13, X2) > elax Then
        dist(alt + 14, X2) = dist(alt + 12, X2) + ar_elax
      End If

      If kan(1, X2) = 1 And dist(alt + 13, X2) = elax Then
        dist(alt + 14, X2) = dist(alt + 12, X2)
      End If

    Next X2

  End If

  If ar_elax = plithos Then
    For X2 = 1 To alt
      If kan(1, X2) = 1 Then
        dist(alt + 14, X2) = dist(alt + 12, X2)
      End If
    Next X2
  End If

  'Print "x1="; X1

Next X1
'=====
Print

Font.Bold = True
Print "telikh katataksh"
Print "===== "
  For X2 = 1 To alt
    Print dist(alt + 14, X2),
  Next X2

End Sub

Private Sub Command2_Click()

Set o = CreateObject("excel.application")
  o.Visible = True
  o.Workbooks.Add
  o.sheets("Φύλλο1").Range("A1:K11").Value = cr
  o.sheets("Φύλλο1").Range("A12:V36").Value = dist
  ' For x = 1 To 6
    ' For y = 1 To 6

    ' Next y
  ' Next x
End Sub

```