

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ



UNIVERSITY OF PIRAEUS

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΗΝ ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΚΑΙ
ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ**

**«ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ»**

**ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΥΜΒΑΤΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, "ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΟ ΦΙΛΙΚΩΝ" ΠΡΟΣ
ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ, ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΩΝΤΑΣ ΤΗΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΥΣΑ
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Κωνσταντίνος Δ. Κώνστας

Επιβλέπων : Βασίλης Δεδούσης
Αν.Καθηγητής Παν.Πειραιά

ΑΘΗΝΑ, Νοέμβριος 2008

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ



UNIVERSITY OF PIRAEUS

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΗΝ ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΚΑΙ
ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ**

**«ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ»**

**ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΥΜΒΑΤΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, "ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΟ ΦΙΛΙΚΩΝ" ΠΡΟΣ
ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ, ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΩΝΤΑΣ ΤΗΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΥΣΑ
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Κωνσταντίνος Δ. Κώνστας

Επιβλέπων : Βασίλης Δεδούσης
Αν.Καθηγητής Παν.Πειραιά

Εγκρίθηκε από την τριμελή επιτροπή την 2008

.....
Σ.Σοφianoπούλου
Αν.Καθηγήτρια Παν.Πειραιά

.....
Β.Δεδούσης
Αν.Καθηγητής Παν.Πειραιά

.....
Καθηγητής Παν.Πειραιά

ΑΘΗΝΑ, Νοέμβριος 2008

.....
Κωνσταντίνος Δ. Κώνστας

Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Κωνσταντίνος Δ. Κώνστας, 2008

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Πανεπιστημίου Πειραιά.

Ευχαριστίες:

Ευχαριστώ θερμά την Αν. Καθ. κα. Σοφianoπούλου καθώς και τον Αν. Καθ. κ. Δεδούση που είχαν την κύρια και επικουρική ευθύνη επίβλεψης αντίστοιχα της παρούσας εργασίας για την πολύτιμη βοήθειά τους και για την συμπαράστασή τους καθόλη τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑΣ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο :

ΕΙΣΑΓΩΓΗ-ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Εισαγωγή

Το ενεργειακό πρόβλημα της χώρας είναι μέγα και τίθεται εξ ανάγκης. Συνδέεται ευθέως με τις συνθήκες που διαμορφώνονται διεθνώς, με τις απαιτήσεις για την προστασία του περιβάλλοντος και την απειλούμενη κλιματική αλλαγή, αλλά και με τις ιδιαίτερες ελληνικές συνθήκες, οι οποίες ορίζονται από τη διαρκώς αυξανόμενη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας, τα υδρολογικά προβλήματα των φραγμάτων, αλλά και την παλαιότητα των θερμικών ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων που λειτουργούν στην Ελλάδα.

Σύμφωνα με τα στοιχεία της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού (Δ.Ε.Η.), η ηλεκτροπαραγωγική δυναμικότητα της χώρας μας αυτή τη στιγμή ανέρχεται στα 12.695 MW. Η ζήτηση ηλεκτρικού ρεύματος αυξάνεται περίπου 4%-5% ετησίως, γεγονός που σημαίνει ότι προστίθενται στις ανάγκες της χώρας περίπου 500-600 MW ετησίως. Αλλά πέραν της συνεχώς αυξανόμενης ζήτησης το σύστημα επιβαρύνεται και από τα σοβαρά υδρολογικά προβλήματα που θα αντιμετωπίσουν τουλάχιστον τα επόμενα δύο-τρία χρόνια τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια εξαιτίας της αναμενόμενης λειψυδρίας. Ήδη οι τεχνητές λίμνες αδειάζουν, ο εφετινός χειμώνας (2007-2008) δεν απέδωσε τα αναμενόμενα και ο κίνδυνος μείωσης της παραγωγικής δυνατότητας των υδροηλεκτρικών σταθμών είναι σοβαρός. Σημειώνεται ότι τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια δίδουν περίπου 3.000 MW και για χρόνια έπαιζαν ρόλο εγγυητή στο ηλεκτρικό μας σύστημα.

Ακόμη το σύστημα ηλεκτροπαραγωγής της χώρας χωλαίνει εξαιτίας της παλαιότητας των θερμικών μονάδων, οι οποίες είναι ιδιαίτερα ρυπογόνες και χαμηλής αποδοτικότητας. Υπολογίζεται ότι σε βάθος δεκαετίας, δεδομένων των τεχνολογικών εξελίξεων αλλά και των περιβαλλοντικών απαιτήσεων, θα πρέπει να οδηγηθούν σε απόσυρση και αντικατάσταση θερμικές μονάδες παραγωγικής δυναμικότητας 6.000-7.000 MW.

Συγκεντρωμένες οι ανάγκες ηλεκτροπαραγωγής που πηγάζουν από την αύξηση της ζήτησης ρεύματος, τα υδρολογικά προβλήματα των φραγμάτων και την απόσυρση παλαιών θερμικών μονάδων, οδηγούν σε επενδύσεις παραγωγικής ισχύος τουλάχιστον 10.000 MW σε βάθος δεκαετίας. Αυτό σημαίνει ότι για να εξασφαλιστεί ηλεκτρική επάρκεια σε βάθος δεκαετίας πρέπει κάθε χρόνο να εισέρχονται στο σύστημα μονάδες ηλεκτροπαραγωγικής ισχύος 1.000 MW. Σύμφωνα με χονδρικούς υπολογισμούς, κάθε νέο MW απαιτεί επένδυση της τάξεως του 1.000.000 € που μεταφράζεται σε επενδύσεις 10 δισεκατομμυρίων € σε δέκα χρόνια. Ποσό εντυπωσιακό που

ισοδυναμεί σχεδόν με το 50% του Δ' Κοινοτικού Πλαισίου Στήριξης. Έτσι προκύπτει η ανάγκη εύρεσης τεχνικών και μεθόδων για την αξιολόγηση των υπάρχοντων μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας πριν την εισαγωγή νέων με σκοπό τη βελτίωση της λειτουργίας τους.

Σκοπός της εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελεί μια εφαρμογή της **Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων-Π.Α.Δ.(Data Envelopment Analysis-D.E.A.)** για την αποτίμηση της αποδοτικότητας και τη βελτίωση της λειτουργίας των **Σταθμών Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας- "περισσότερο φιλικών" προς το περιβάλλον-** της Ελλάδος για το έτος 2006. Ως "περισσότερο φιλικό" προς το περιβάλλον χαρακτηρίζονται οι **Θερμοηλεκτρικοί Φυσικού Αερίου** και οι **Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί**, μιας και εμφανίζουν είτε μειωμένες είτε μηδενικές εκπομπές CO₂ αντίστοιχα σε σχέση με τους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας συμβατικών τεχνολογιών (λιγνιτικοί, πετρελαϊκοί σταθμοί).

Η προτεινόμενη πολυκριτηριακή μεθοδολογία συνδυάζει σε ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο καθιερωμένες και δοκιμασμένες τεχνικές Μαθηματικού – Γραμμικού Προγραμματισμού και Επιχειρησιακής Έρευνας που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της τεχνικής αποτελεσματικότητας μονάδων/συστημάτων πολλαπλών εισροών και εκροών. Η συγκεκριμένη μεθοδολογία πέραν της συγκριτικής αξιολόγησης προσδιορίζει επίσης και ποιες μονάδες θα μπορούσαν να αποτελέσουν πρότυπα για τις μη αποτελεσματικές.

Ως εισροές και εκροές των μονάδων λαμβάνονται στοιχεία **'πραγματικά'** και όχι **'τεχνητώς κατασκευασμένα'** δεδομένα της ηλεκτρικής παραγωγής, τα οποία μας παρείχε η Δ.Ε.Η και αναφέρονται στο έτος 2006, έτσι ώστε να παράσχουμε χρήσιμα και πρακτικώς εφαρμόσιμα συμπεράσματα. Τα στοιχεία αυτά είναι **άκρως εμπιστευτικά**, χρησιμοποιήθηκαν αποκλειστικά και μόνο για ερευνητικό σκοπό και βρίσκονται στη διάθεση του συγγραφέα.

Σημειώνεται ότι μελέτες με υπολογιστικά εργαλεία αντίστοιχα με αυτά που χρησιμοποιούνται στην παρούσα διπλωματική εργασία, έχουν πραγματοποιηθεί διεθνώς σε συστήματα ηλεκτροπαραγωγής πολλών χωρών (Αυστραλία, Σκανδιναβία, Η.Π.Α., Ε.Ε.-Δυτική Ευρώπη, κ.λπ.) με απόλυτη επιτυχία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο :

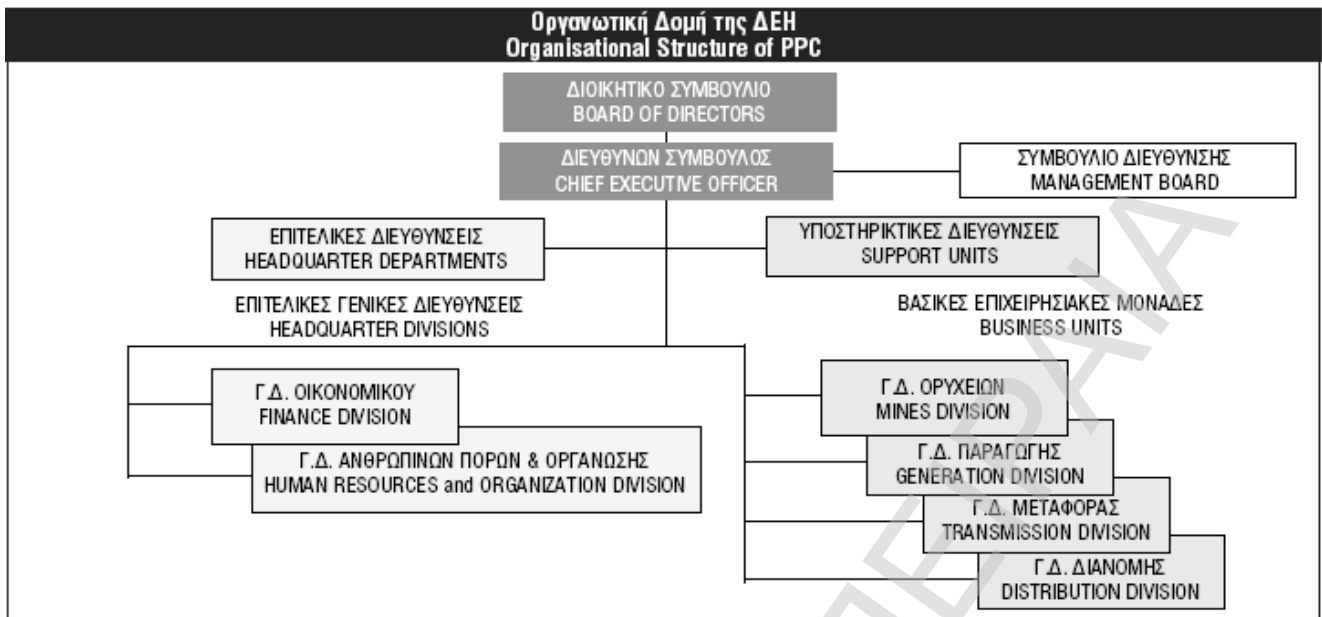
ΣΤΑΘΜΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μια σύντομη αναφορά της οργάνωσης και λειτουργίας της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού (Δ.Ε.Η) καθώς και του Συστήματος Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας της χώρας. Πιο αναλυτικά περιγράφεται η οργανωτική δομή της Δ.Ε.Η. και απεικονίζεται γεωγραφικά η κατανομή των Θερμοηλεκτρικών και Υδροηλεκτρικών Σταθμών. Στους Θερμοηλεκτρικούς Σταθμούς το ενδιαφέρον μας εστιάζεται σε αυτούς του Φυσικού Αερίου, λόγω της "φιλικότητας" τους προς το περιβάλλον, όπου και περιγράφεται η τεχνολογία ηλεκτροπαραγωγής τους η οποία και δικαιολογεί αυτή τη "φιλικότητα" ενώ γίνεται σύντομη ανάλυση των τεχνικών στοιχείων και των Υδροηλεκτρικών Σταθμών. Τέλος ενδεικτικά και για λόγους πληρότητας της παρουσίασης γίνεται σύντομη αναφορά στην Παραγωγή και Ζήτηση Ηλεκτρικής Ενέργειας για το έτος 2006.

2.1 Οργάνωση και Λειτουργία της Δ.Ε.Η [2.1]

Η Δ.Ε.Η. ιδρύθηκε τον Αύγουστο του 1950 με τον ιδρυτικό νόμο Ν.1468/50 που προέβλεπε τη λειτουργία της με ιδιωτικο-οικονομικά κριτήρια και όριζε ως κύρια αποστολή της την παραγωγή και μεταφορά ενέργειας σε ολόκληρη την Ελλάδα με τη χαμηλότερη δυνατή τιμή. Στα 50 χρόνια που ακολούθησαν έγιναν τεράστια έργα παραγωγής, μεταφοράς και διανομής σε ολόκληρη τη χώρα και επετεύχθη ο εξηλεκτρισμός της Ελλάδας. Σήμερα, η Δ.Ε.Η καλύπτει τις ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια ολόκληρου του πληθυσμού της χώρας. Η Δ.Ε.Η διαθέτει σταθμούς παραγωγής, **Θερμοηλεκτρικούς και Υδροηλεκτρικούς**, με συνολική εγκατεστημένη ισχύ **12.695 MW το 2006**.

Η εφαρμογή της Κοινοτικής Οδηγίας 96/92 για την απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα και η εφαρμογή του σχετικού Ν 2773/99, καθώς και η εισαγωγή της Δ.Ε.Η στο Ελληνικό Χρηματιστήριο ως Ανωνύμου Εταιρείας πλέον, αποτελούν ένα ακόμα στάδιο ανάπτυξης της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας στη χώρα, όπου η Δ.Ε.Η καλείται να καταστεί περισσότερο ευέλικτη, αποδοτική και ανταγωνιστική. Το νέο οργανωτικό σχήμα της Δ.Ε.Η παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 2.1):



Πηγή: ΔΕΗ / Source PPC

Σχήμα 2.1 Οργανωτική Δομή της Δ.Ε.Η.

2.2 Θερμοηλεκτρικοί Σταθμοί στην Ελλάδα [2.1]

Το σύστημα ηλεκτροπαραγωγής των Θερμοηλεκτρικών Σταθμών (ΘΗ.Σ) αποτελείται από το διασυνδεδεμένο σύστημα παραγωγής της ηπειρωτικής χώρας με τα προς αυτό διασυνδεδεμένα νησιά και τα ανεξάρτητα συστήματα παραγωγής της Κρήτης, της Ρόδου και των υπολοίπων μικροτέρων νησιών. Η εγκατεστημένη ισχύς του κάθε ανεξάρτητου συστήματος παραγωγής της Δ.Ε.Η παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 2.1):

Αριθμός Σταθμών	Σύστημα/Περιοχή	Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)
11	Διασυνδεδεμένο	8.005
3	Κρήτης	730
1	Ρόδου	234
31	Λουπά Νησιά	666
ΣΥΝΟΛΟ		9.635

Πίνακας 2.1 Εγκατεστημένη Ισχύς Σταθμών Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας

Το **διασυνδεδεμένο σύστημα παραγωγής** της ηπειρωτικής χώρας περιλαμβάνει κυρίως λιγνιτικούς σταθμούς, που αποτελούν τη βάση του συστήματος. Επιπλέον υπάρχουν σταθμοί φυσικού αερίου, πετρελαϊκοί και υδροηλεκτρικοί καθώς και αιολικά πάρκα. Το 1997 για πρώτη φορά υπήρξε παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από σταθμό φυσικού αερίου, μετά την μετατροπή των μονάδων παραγωγής του Αγίου Γεωργίου, στο Κερατσίνι.

Στη **Βόρεια Ελλάδα** και συγκεκριμένα στη Δυτική Μακεδονία, (Πτολεμαίδα, Καρδιά, Άγιος Δημήτριος, Αμύνταιο, Λίπτολ) βρίσκεται το κυριότερο ενεργειακό-λιγνιτικό κέντρο της χώρας. Αποτελείται από 17 λιγνιτικές μονάδες συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 4.108 MW. Επίσης το Φεβρουάριο του 2002 τέθηκε σε λειτουργία και ο σταθμός φυσικού αερίου της Κομοτηνής που αποτελείται από 3 μονάδες συνδυασμένου κύκλου συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 485 MW.

Το **Νότιο** ενεργειακό-λιγνιτικό κέντρο βρίσκεται στο κέντρο της Πελοποννήσου κοντά στην πόλη της Μεγαλόπολης και αποτελείται από 4 μονάδες συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 850 MW.

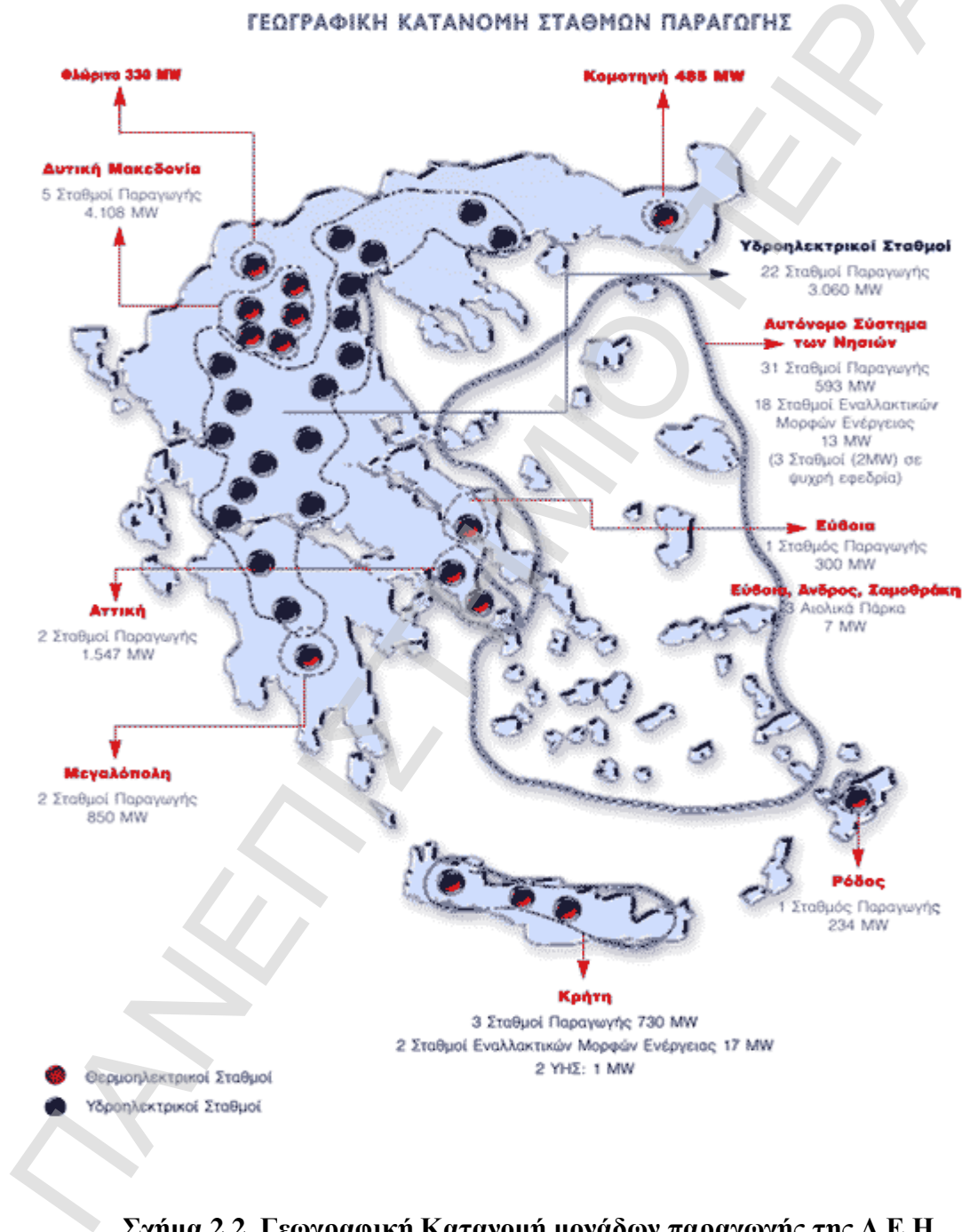
Στην **Κεντρική Ελλάδα** είναι εγκατεστημένοι 3 θερμικοί σταθμοί. Ο πρώτος σταθμός είναι πετρελαϊκός και βρίσκεται στο Αλιβέρι της Εύβοιας με 2 μονάδες συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 300 MW. Ο δεύτερος βρίσκεται στο Λαύριο και αποτελείται από 2 πετρελαϊκές μονάδες ισχύος 450 MW, από 2 μονάδες φυσικού αερίου ισχύος 360 MW και από 5 μονάδες συνδυασμένου κύκλου-diesel και φυσικού αερίου- ισχύος 945 MW. Ο τρίτος σταθμός βρίσκεται στον Άγιο Γεώργιο στο Κερατσίνι και παρέμεινε εκτός λειτουργίας για πολλά χρόνια για περιβαλλοντικούς λόγους. Ξεκίνησε ξανά την εμπορική του λειτουργία με την μονάδα Νο 8 εγκατεστημένης ισχύος 160 MW το 1997, χρησιμοποιώντας ως καύσιμο το φυσικό αέριο μετά την μετατροπή του από πετρελαϊκό, ενώ άλλη μία μονάδα, η Νο 9 ισχύος 200 MW, επίσης με φυσικό αέριο, ξεκίνησε την εμπορική της λειτουργία εντός του 1998.

Το **Σύστημα Παραγωγής της Κρήτης** με εγκατεστημένη ισχύ 730 MW αποτελείται αποκλειστικά από 3 πετρελαϊκούς σταθμούς (ατμοστροβίλους, εμβολοφόρες μηχανές εσωτερικής καύσης και μία μονάδα συνδυασμένου κύκλου). Ο πρώτος σταθμός βρίσκεται στα Λινοπεράματα και αποτελείται από 15 μονάδες συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 279 MW. Ο δεύτερος σταθμός βρίσκεται στα Χανιά και αποτελείται από 9 μονάδες συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 349 MW και ο τρίτος σταθμός βρίσκεται στον Αθρινόλακο και αποτελείται από 2 μονάδες συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 102 MW.

Το **Σύστημα Παραγωγής της Ρόδου** ενισχύθηκε σε μεγάλο βαθμό τη διετία 1996-1997 με τον πετρελαϊκό σταθμό Σορωνίς, που περιλαμβάνει ατμοστροβίλους, εμβολοφόρες μηχανές εσωτερικής καύσης και αεριοστροβίλους, και εμφανίζει συνολική εγκατεστημένη ισχύ 234 MW. Έτσι δόθηκε η δυνατότητα το 1998 να κλείσει ο παλιός σταθμός που λειτουργούσε στην πόλη της Ρόδου.

Τα υπόλοιπα μικρότερα νησιά διαθέτουν δικούς τους αυτόνομους σταθμούς παραγωγής (πετρελαιικούς), μερικά δε είναι συνδεδεμένα με το διασυνδεδεμένο σύστημα (κυρίως τα νησιά του Ιονίου Πελάγους) αλλά και μεταξύ τους με υποβρύχια καλώδια, ενώ παράλληλα μερικά από τα νησιά διαθέτουν αιολικά και φωτοβολταϊκά πάρκα.

Η γεωγραφική κατανομή των μονάδων παραγωγής της Δ.Ε.Η. φαίνονται στον παρακάτω χάρτη. (Σχήμα 2.2)



Σχήμα 2.2 Γεωγραφική Κατανομή μονάδων παραγωγής της Δ.Ε.Η

2.3 Θερμοηλεκτρικοί Σταθμοί Φυσικού Αερίου

Στη χώρα μας οι **Θερμοηλεκτρικοί Σταθμοί Φυσικού Αερίου** χρησιμοποιούν την τεχνολογία του **συνδυασμένου κύκλου με ατμοστρόβιλο και αεριοστρόβιλο** για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Πριν την περιγραφή της συγκεκριμένης τεχνολογίας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι αναγκαίο να γίνει μια σύντομη αναφορά για το εργαζόμενο μέσο της,δηλαδή το φυσικό αέριο.

2.3.1 Γενικά για το Φυσικό Αέριο [2.1]

Η εισαγωγή φυσικού αερίου στην Ελλάδα αποφασίστηκε στα πλαίσια της προσπάθειας εκσυγχρονισμού και βελτίωσης του ενεργειακού ισοζυγίου,αλλά και για την διαφοροποίηση των ενεργειακών πηγών της χώρας μας.Το φυσικό αέριο αποτελεί μια σύγχρονη και αποδοτική μορφή ενέργειας,φιλική προς το περιβάλλον,που χρησιμοποιείται εύκολα και ακίνδυνα.Η υλοποίηση του μεγάλου αυτού ενεργειακού έργου ανατέθηκε στη Δημόσια Επιχείρηση Αερίου (ΔΕΠΑ) Α.Ε,ενώ η επένδυση χρηματοδοτήθηκε κατά 40% περίπου από πηγές της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Η εισαγωγή και αξιοποίηση του φυσικού αερίου προϋποθέτει την ύπαρξη της κατάλληλης υποδομής για την μεταφορά,την αποθήκευση και τη διανομή του.Στα πλαίσια αυτά η βασική υποδομή του ελληνικού συστήματος περιλαμβάνει:

- Τον κύριο αγωγό, μήκους 512 km που εκτείνεται από τα βόρεια σύνορα της χώρας μέχρι τα Μέγαρα της Αττικής και αγωγούς προς διάφορες ελληνικές πόλεις μήκους 450 km.
- Τον τερματικό σταθμό του υγροποιημένου φυσικού αερίου (LNG),στη νησίδα Ρεβυθούσα στον κόλπο των Μεγάρων.
- Τα δίκτυα διανομής του φυσικού αερίου στις πόλεις (Αττική, Θεσσαλονίκη, Λάρισα,Βόλο) συνολικού μήκους 1300 km.

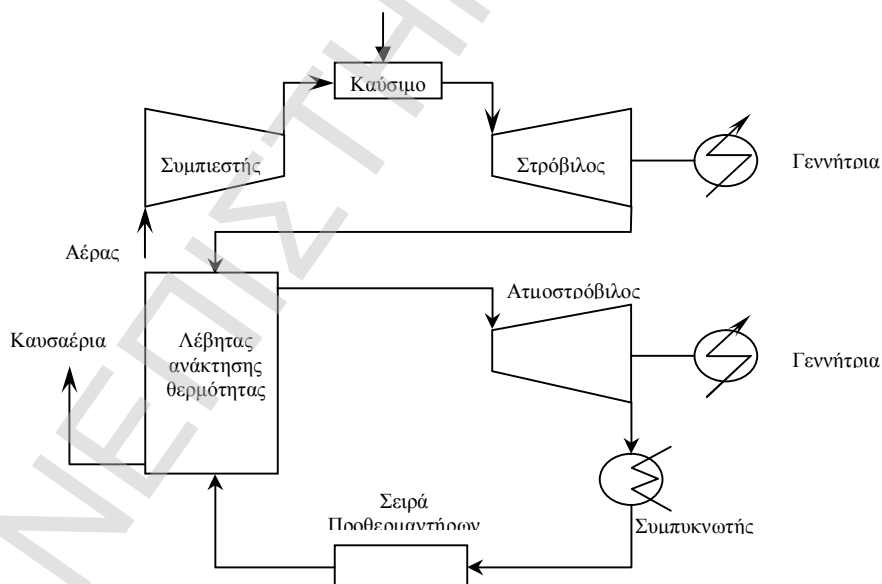
Η Ελλάδα προμηθεύεται φυσικό αέριο από δύο διαφορετικές χώρες,τη Ρωσία και την Αλγερία (σε μικρότερο ποσοστό).Το φυσικό αέριο από τη Ρωσία φθάνει μέσω αγωγού,ενώ από την Αλγερία μεταφέρεται με ειδικά δεξαμενόπλοια σε υγροποιημένη μορφή.Αξίζει να σημειωθεί ότι,το έργο υποδομής φυσικού αερίου συνολικού προϋπολογισμού 700 δις δρχ είναι το μεγαλύτερο ενεργειακό έργο μετά τον εξηλεκτρισμό της Ελλάδας.

Η κατασκευή του έργου υποδομής (πλην των δικτύων πόλεων) ξεκίνησε τον Ιούλιο του 1992 και ολοκληρώθηκε τον Αύγουστο του 2000, ενώ από το Φεβρουάριο του 2000 βρίσκεται σε λειτουργία και ο τερματικός σταθμός υγροποιημένου φυσικού αερίου στη Ρεβυθούσα.

2.3.2 Τεχνολογία συνδυασμένου κύκλου με ατμοστρόβιλο και αεριοστρόβιλο [2.2],[2.3]

Οι τεχνολογίες ηλεκτροπαραγωγής από αέρια καύσιμα έχουν έρθει στο προσκήνιο μόλις τα τελευταία έτη, όμως κερδίζουν έδαφος πολύ γρήγορα. Το μεγάλο δυναμικό ανάπτυξης που παρουσιάζουν γίνεται εύκολα κατανοητό, αν αναλογιστεί κανείς τα δύο κυριότερα πλεονεκτήματά τους, που είναι αφενός ο μεγάλος βαθμός απόδοσης και αφετέρου η φιλικότητα προς το περιβάλλον. Το τελευταίο πλεονέκτημα είναι αποτέλεσμα αφενός της νέας τεχνολογίας, που είναι διαθέσιμη, και αφετέρου της φύσης του καυσίμου, το οποίο δεν περιέχει συστατικά που να μπορούν να σχηματίσουν κατά την καύση του μεγάλες ποσότητες ρύπων.

Η τεχνολογία του συνδυασμένου κύκλου είναι μια τεχνολογία που έχει πολύ πρόσφατα αρχίσει να διεισδύει στην αγορά. Ο βασικός εξοπλισμός αποτελείται από έναν αεριοστρόβιλο, ένα λέβητα ανάκτησης θερμότητας, έναν ατμοστρόβιλο και μια ή δύο γεννήτριες (Σχήμα 2.3).



Σχήμα 2.3 Σχηματικό διάγραμμα συνδυασμένου κύκλου

Το καύσιμο καίγεται στον αεριοστρόβιλο και τα καυσαέρια οδηγούνται μέσα από το λέβητα ανάκτησης θερμότητας, όπου αποδίδουν τη θερμική τους ενέργεια παράγοντας ατμό. Ο ατμός στη

συνέχεια εκτονώνεται στον ατμοστρόβιλο παράγοντας επίσης ηλεκτρική ενέργεια. Ο ατμοστρόβιλος και ο αεροστρόβιλος μπορεί να είναι συνδεδεμένοι στην ίδια γεννήτρια ή σε διαφορετική.

Η διαμόρφωση αυτή έχει μεγάλα πλεονεκτήματα σε ό,τι αφορά την απόδοσή της, αφού οι μεγαλύτερες μονάδες είναι δυνατόν να φτάσουν το 58% σε σύγκριση με τις απλές μονάδες τύπου Rankine (κύκλος ατμοστροβίλου) και Joule (κύκλος αεριοστροβίλου) των οποίων ο βαθμός απόδοσης κυμαίνεται τυπικά μεταξύ 22-28%. Έχουν επίσης το πλεονέκτημα των μικρών απαιτήσεων σε χώρο, καθώς και της σχετικής τυποποίησης έναντι της τεχνολογίας του απλού θερμοδυναμικού κύκλου, όπου κάθε μονάδα σχεδιάζεται εξαρχής, ειδικά όταν αφορά στερεά καύσιμα. Η τυποποίηση προσφέρει χαμηλότερο κόστος ανά εγκατεστημένη ισχύ και μικρότερους χρόνους παράδοσης και κατασκευής.

Οι μονάδες αυτές χρησιμοποιούνται κυρίως ως μονάδες για την κάλυψη της ενδιάμεσης ζήτησης φορτίου.

2.4 Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί στην Ελλάδα [2.3]

Οι Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί (ΥΗΣ) στην Ελλάδα είναι συνολικής εγκατεστημένης ισχύος **3.060 MW (στοιχεία του 2006)** και ανέρχονται σε **22** από τους οποίους 2 είναι και αντλητικοί (ως αντλητική μονάδα χαρακτηρίζεται η μονάδα στην οποία με τυχόν περίσσειμα ηλεκτρικής ενέργειας αντλείται το νερό από χαμηλό σημείο σε υψηλότερο και, όταν παρουσιαστεί ζήτηση φορτίου, διατίθεται το νερό για την παραγωγή ενέργειας). Η Μέση Ετήσια Παραγωγή Ενέργειας ανέρχεται στις 4.000-5.000 GWh ενώ για έτος 2006 η παραγωγή αυτή ήταν 6.265 GWh. Οι Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί συνεισφέρουν κατά μέσο όρο στη συνολική μέση ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε ποσοστό 8-10% (εξαρτάται από τις ετήσιες υδρολογικές συνθήκες).

Τα τέσσερα σημαντικά υδροηλεκτρικά συγκροτήματα της χώρας μας είναι :

(Α) Συγκρότημα Αχελώου: ΥΗΣ Κρεμαστών-Καστρακίου- Στράτου Ι&ΙΙ-Γκιώνας-Γλαύκου

(Συνολική Εγκατεστημένη Ισχύς: 925,6 MW)

Η αξιοποίηση του Αχελώου γίνεται με τους 4 πρώτους ΥΗΣ.

(Β) Συγκρότημα Αλιάκμονα: ΥΗΣ Πολυφύτου-Σφηκιάς-Ασωμάτων-Μακροχωρίου-Βερμίου-Αγρα-Εδεσσαίου

(Συνολική Εγκατεστημένη Ισχύς: 879,6 MW)

Η αξιοποίηση του Αλιάκμονα γίνεται με τους 4 πρώτους ΥΗΣ.

(Γ) **Συγκρότημα Αράχθου:** ΥΗΣ Πηγών Αώου-Πουρναρίου I & II-Λούρου

(Συνολική Εγκατεστημένη Ισχύς: 553,9 MW)

Η αξιοποίηση του ποταμού Αώου γίνεται με τον 1^ο ΥΗΣ, και του Αράχθου με τους 2 επόμενους ΥΗΣ.

(Δ) **Συγκρότημα Νέστου:** ΥΗΣ Θησαυρού-Πλατανόβρυσης

(Συνολική Εγκατεστημένη Ισχύς: 500 MW)

Η αξιοποίηση του Νέστου γίνεται με αυτούς τους ΥΗΣ.

Οι υπόλοιποι υδροηλεκτρικοί σταθμοί είναι :

(Ε) **ΥΗΣ Πλαστήρα** (Εγκατεστημένη Ισχύς 129,9 MW)

(ΣΤ) **ΥΗΣ Λάδωνα** (Εγκατεστημένη Ισχύς 70 MW)

Επίσης στις **Σέρρες** υπάρχει ΥΗΣ με Εγκατεστημένη Ισχύ 1,45 MW και στο Σύστημα **Κρήτης 2** ΥΗΣ με συνολική Εγκατεστημένη Ισχύ 0,6 MW.

Οι ωφέλιμες χωρητικότητες των 6 κύριων Ταμιευτήρων των ΥΗΣ ετήσιας και υπερετήσιας ρύθμισης σε 10⁶ κ.μ. και σε ενεργειακό περιεχόμενο σε GWh παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 2.2):

	*10 ⁶ κ.μ.	GWh
Ταμιευτήρας ΥΗΣ Κρεμαστών	2.820	705
Ταμιευτήρας ΥΗΣ Πολυφύτου	1.300	413
Ταμιευτήρας ΥΗΣ Θησαυρού	680	223
Ταμιευτήρας ΥΗΣ Πουρναρίου	323	52
Ταμιευτήρας ΥΗΣ Ν.Πλαστήρα	300	390
Ταμιευτήρας ΥΗΣ Π.Αώου	170	236

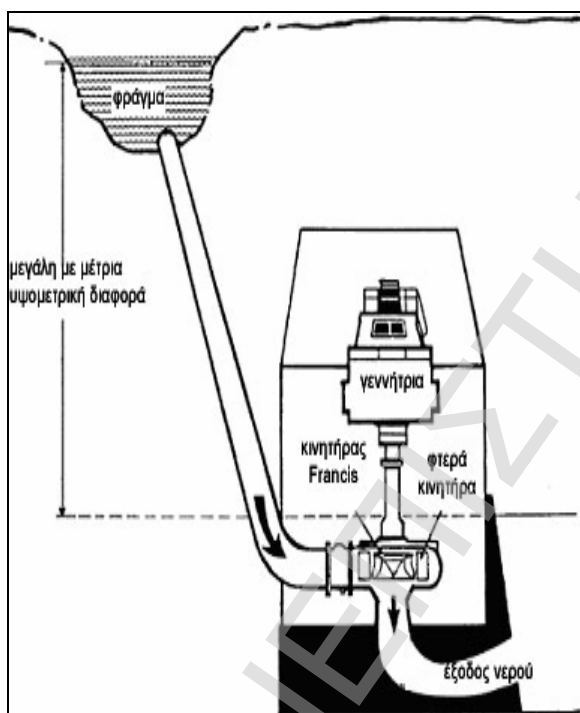
Πίνακας 2.2 Ωφέλιμες Χωρητικότητες των 6 κύριων Ταμιευτήρων των ΥΗΣ

Οι κύριοι αυτοί Ταμιευτήρες υποστηρίζουν το σπουδαίο ρόλο της Παραγωγής της Ενέργειας και των Επικουρικών Υπηρεσιών προς το Ηλεκτρικό Σύστημα (ρύθμιση συχνότητας, τάσεως, παροχή εφεδρείας κ.λ.π) με ταυτόχρονη απελευθέρωση μεγάλων ποσοτήτων νερού για ύδρευση και άρδευση. Οι ταμιευτήρες αυτοί δρουν επίσης προστατευτικά και για το περιβάλλον (αντιπλημμυρική προστασία, αντιμετώπιση μεγάλων περιόδων ξηρασίας-λειψυδρίας).

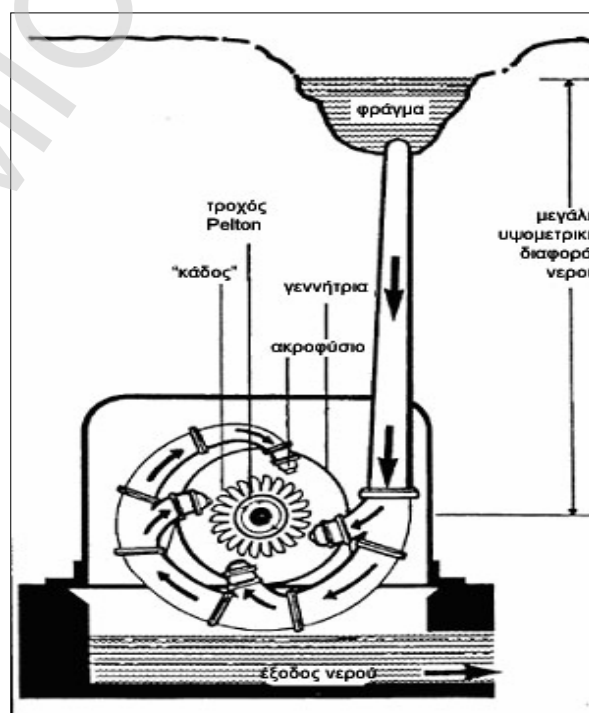
Στους περισσότερους των ΥΗΣ χρησιμοποιούνται υδροστρόβιλοι αντιδράσεως, γνωστοί ως τύπου **Francis** (Σχήμα 2.4) ενώ στους υπόλοιπους χρησιμοποιούνται υδροστρόβιλοι δράσεως

γνωστοί ως τύπου **Pelton** (Σχήμα 2.5).Ο άξονας των υδροστροβίλων αντιδράσεως τύπου **Francis** είναι κατά κανόνα κατακόρυφος και χρησιμοποιούνται για μέτριες ή και μεγάλες υψομετρικές διαφορές .Το νερό οδηγείται στην περιφέρεια του στροβίλου με έναν περιφερειακό αγωγό από όπου μπαίνει στο στρόβιλο μέσω οδηγών θυρίδων με τις οποίες ελέγχεται επίσης και το μέγεθος της παροχής νερού.Μετά την απόδοση της ενέργειας του στο στρόβιλο το νερό πέφτει κατακόρυφα προς την έξοδο.Οι υδροστροβίλοι **Pelton** αντιθέτως έχουν συνήθως οριζόντιο άξονα και χρησιμοποιούνται για αρκετά μεγάλες υψομετρικές διαφορές.Η λειτουργία τους βασίζεται στη μεγάλη κινητική ενέργεια του ύδατος, το οποίο κατευθύνεται στα πτερύγια τα οποία απορροφούν την κινητική ενέργεια του νερού και περιστρέφονται.

Η απόδοση του υδροστροβίλου **Francis** είναι υψηλή στο πλήρες φορτίο (πολλές φορές υψηλότερη από 93%) αλλά μειώνεται για μικρότερα φορτία.Ο **Pelton** δεν έχει τόσο μεγάλη απόδοση στο πλήρες φορτίο αλλά καλύτερη γενικώς απόδοση από τον **Francis** στα μικρά φορτία.



Σχήμα 2.4 Υδροστροβίλος Francis



Σχήμα 2.5 Υδροστροβίλος Pelton

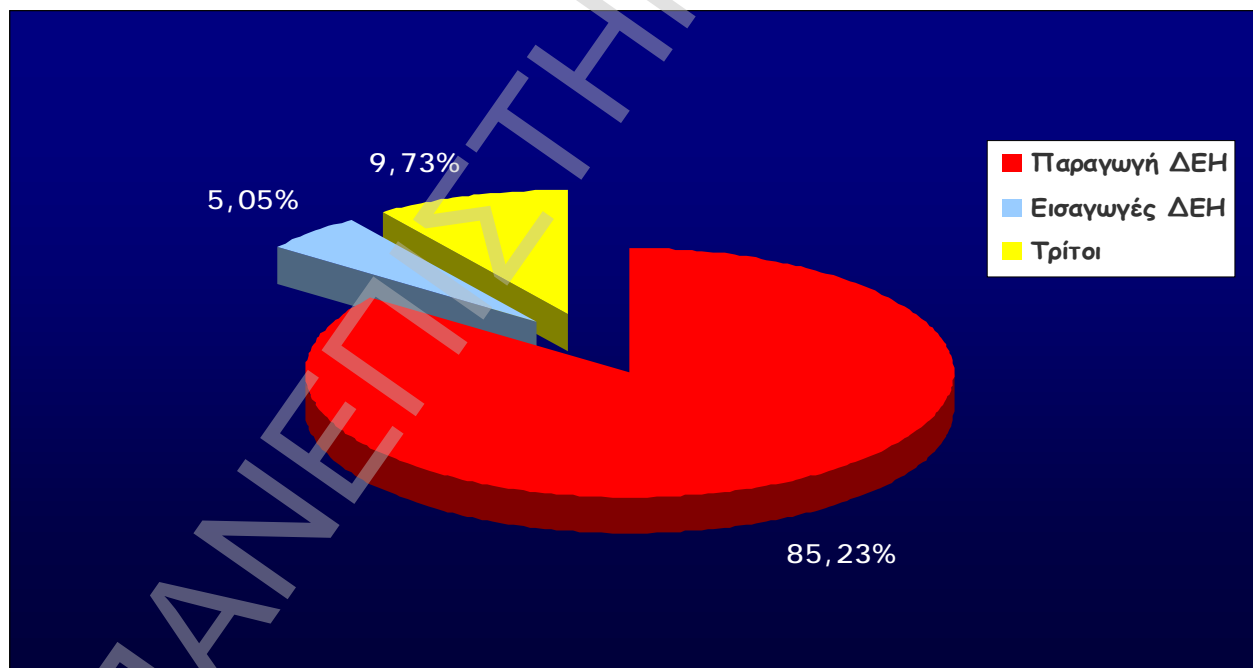
2.5 Παραγωγή και Ζήτηση Ηλεκτρικής Ενέργειας για το έτος 2006 [2.1]

Η συνολική Καθαρή Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας για το 2006 ανήλθε στις 52,065 TWh. Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 2.3) παρουσιάζεται η κατανομή της παραγωγής τόσο στο διασυνδεδεμένο όσο και στο αυτόνομο σύστημα της χώρας:

Σύστημα	Καθαρή Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας (TWh)
Διασυνδεδεμένο	47,278
Αυτόνομο	4,787
Σύνολο	52,065

Πίνακας 2.3 Καθαρή Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας για το 2006

Η συνολική Ζήτηση Ηλεκτρικής Ενέργειας για το 2006 ανήλθε στις 55,5 TWh. Η κάλυψη της ζήτησης αυτής κατανέμεται σύμφωνα με το παρακάτω διάγραμμα (Σχήμα 2.6):

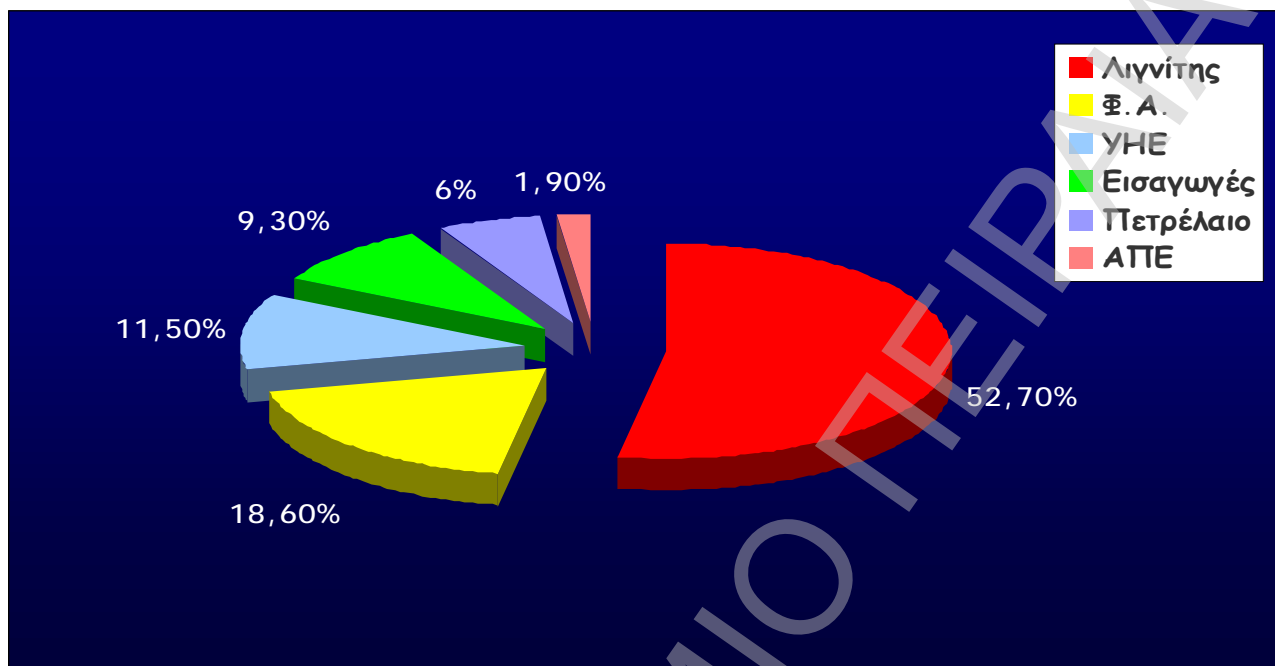


Σχήμα 2.6 Ποσοστιαία Κάλυψη της Ζήτησης Ηλεκτρικής Ενέργειας για το 2006

Η χώρα μας κάνει εισαγωγές ρεύματος από γειτονικές χώρες (Βουλγαρία, Ρουμανία, Αλβανία, και Ιταλία) ενώ ως τρίτοι θεωρούνται οι αυτόνομοι παραγωγοί-ιδιώτες.

Για την κάλυψη της ζήτησης αυτής τα καύσιμα που χρησιμοποιήθηκαν για το έτος 2006 κατανέμονται σύμφωνα με το παρακάτω διάγραμμα (Σχήμα 2.7):

ΚΑΥΣΙΜΑ



Σχήμα 2.7 Ποσοστό Συμμετοχής Καυσίμων για την Κάλυψη της Ζήτησης Ηλεκτρικής Ενέργειας για το 2006

2.6 Βιβλιογραφία-Αρθρογραφία

Τα στοιχεία που παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 2 έχουν αντληθεί από τα παρακάτω άρθρα και βιβλία :

- [2.1] Μιζάν Αβραάμ, (2007) "Ενέργεια-Επενδύσεις εκσυγχρονισμού και επέκτασης του παραγωγικού δυναμικού της Δ.Ε.Η. Α.Ε.", Εκδήλωση ΕΒΕΑ-Εφημερίδας Απογευματινή.
- [2.2] Παπαδιάς Β.Κ, Βουρνάς Κ.(1991) "Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας και Έλεγχος συχνότητας και τάσεως". Εκδόσεις Συμμετρία.
- [2.3] Φραγκόπουλος Χ, Καρυδογιάννης Η, Καραλής Γ. (1994) "Συμπαγωγή Θερμότητας και Ηλεκτρισμού". ΕΛΚΕΠΑ.
- [2.4] Τριανταφύλλης Γιώργος, (2006), "Η Ανάπτυξη του Ελληνικού Υδροδυναμικού και η Τεχνογνωσία της Δ.Ε.Η. Α.Ε.", EnergyTec 2006-Μορφές και Διαχείριση Ενέργειας.
- [2.5] V.L.Streeter & E.B.Wyhe Mc.Graw Hill (1975) "Fluid Mechanics".

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο :
ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΥΣΑΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ
(DATA ENVELOPMENT ANALYSIS)

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μια συνοπτική παρουσίαση της **Data Envelopment Analysis (D.E.A.-Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων-Π.Α.Δ)** που στηρίζεται στις εργασίες των Charnes, Cooper και Rhodes [3.4]. Με τη χρήση απλών παραδειγμάτων γίνεται προσπάθεια κατανόησης της λογικής της μεθόδου και παρουσιάζονται τα πλεονεκτήματά της.

3.1 Εισαγωγή

Η κλασική προσέγγιση στην μελέτη της αποδοτικότητας συστημάτων στηρίζεται στην οικοδόμηση και χρήση θεωρητικών συναρτήσεων παραγωγής, η καταλληλότητα των οποίων ελέγχεται σε σύνολα πραγματικών δεδομένων. Ο Farrell [3.1] εισήγαγε μια εναλλακτική προσέγγιση σύμφωνα με την οποία η μέτρηση της συμπεριφοράς (αποδοτικότητας) ενός συστήματος μπορεί να γίνεται με εμπειρικά δεδομένα, χωρίς δηλαδή την εκ των προτέρων υιοθέτηση συγκεκριμένων συναρτήσεων παραγωγής. Μετά την πρωτοποριακή εργασία του Farrell, κρίσιμη καμπή στη βιβλιογραφία για τη συμπεριφορά συστημάτων από τη σκοπιά της επιχειρησιακής έρευνας, αποτέλεσε η εργασία των Charnes, Cooper και Rhodes [3.4], οι οποίοι εισήγαγαν μια νέα τεχνική αποτίμησης της αποδοτικότητας, τη **D.E.A.**

3.2 Ορισμός

Η **D.E.A.** είναι μια μέθοδος γραμμικού προγραμματισμού για την μέτρηση της σχετικής απόδοσης οργανωτικών μονάδων όπου η πολλαπλή παρουσία εισόδων και εξόδων καθιστά δύσκολες τις συγκρίσεις αυτών.

3.3 Αντικείμενα Ανάλυσης της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων

Τα αντικείμενα ανάλυσης της **D.E.A.**, δηλαδή οι μονάδες των οποίων η αποδοτικότητα εκτιμάται, αναφέρονται γενικά ως **Decision Making Units (DMU-Μονάδες Απόφασης)** και

λαμβάνουν κάθε φορά συγκεκριμένη υπόσταση, ανάλογα με το πεδίο εφαρμογής. Θεωρούνται πάντως ως ομοειδείς μονάδες που λειτουργούν σε ένα κοινό πλαίσιο-σύστημα. Υπάρχουν έτσι ποικίλες εφαρμογές της D.E.A. για την εκτίμηση της αποδοτικότητας τραπεζικών καταστημάτων, νοσοκομείων, σχολικών μονάδων, πανεπιστημιακών τμημάτων, σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας κ.λπ. Τελευταία, η έννοια του όρου «Μονάδα Απόφασης» έχει διευρυνθεί και έχει επεκταθεί σε προϊόντα, διαδικασίες, υπηρεσίες, εργαζόμενους, επιχειρηματικά σχέδια, χαρτοφυλάκια κ.λπ.

Σε κάθε περίπτωση, η D.E.A. θεωρεί τη Μονάδα Απόφασης ως μια παραγωγική μονάδα που καταναλώνει πόρους (εισροές) για να παράγει ένα σύνολο αποτελεσμάτων (εκροές). Οι εισροές και οι εκροές της Μονάδας Απόφασης μπορεί να είναι ποικιλόμορφες, περισσότερες της μίας και μετρήσιμες σε διαφορετικές μονάδες. Στα πλαίσια ενός συστήματος τέτοιων μονάδων, όλες οι Μονάδες Απόφασης θεωρούνται ότι καταναλώνουν τις ίδιες εισροές και παράγουν τις ίδιες εκροές (δηλαδή οι μονάδες είναι ομοειδείς), διαφέρουν μόνο τα επίπεδα των τιμών των εισροών και εκροών τους.

3.4 Μοντέλο CCR της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων

Το σύνηθες μέτρο απόδοσης,

$$\text{Απόδοση} = \frac{\text{Έξοδος}}{\text{Είσοδος}}$$

είναι ανεπαρκές εξαιτίας της παρουσίας πολλαπλών εισόδων και εξόδων που σχετίζονται με διαφορετικές πηγές, δραστηριότητες και περιβαλλοντικούς παράγοντες.

Ένα σύνηθες μέτρο σχετικής απόδοσης είναι :

$$\text{Απόδοση} = \frac{\text{Σταθμισμένο Άθροισμα Εξόδων}}{\text{Σταθμισμένο Άθροισμα Εισόδων}}$$

όπου ως σταθμισμένο άθροισμα ορίζεται το άθροισμα των γινομένων των συντελεστών βαρύτητας των εισόδων/εξόδων επί τις αντίστοιχες ποσότητες αυτών. Το άθροισμα των βαρών όλων των κριτηρίων των εισόδων/εξόδων πρέπει να είναι ίσο με την μονάδα.

Αυτό το μέτρο σχετικής απόδοσης απαιτεί τον ορισμό συντελεστών βαρύτητας γεγονός που μειώνει την αξιοπιστία του.

Οι **Charnes, Cooper και Rhodes** αναγνώρισαν τη δυσκολία στην αναζήτηση ενός κοινού συνόλου βαρών για τον ορισμό της σχετικής απόδοσης και πρότειναν έναν διαφορετικό τρόπο επίλυσης του προβλήματος (**Μοντέλο CCR**).

Έθεσαν ως στόχο την **μεγιστοποίηση της απόδοσης (h_0) της παραγωγικής μονάδας j_0** (τυχαία μονάδα) υπό την προϋπόθεση ότι οι υπόλοιπες μονάδες θα έχουν απόδοση μικρότερη ή ίση της μονάδας.

Το αλγεβρικό μοντέλο έχει ως εξής :

$$\begin{aligned} \text{Max } h_0 &= \frac{\sum_r u_r y_{rj_0}}{\sum_i v_i x_{ij_0}} \\ \text{subject to} & \\ & \frac{\sum_r u_r y_{rj}}{\sum_i v_i x_{ij}} \leq 1 \quad \text{for each unit } j. \\ & u_r, v_i \geq \varepsilon \end{aligned}$$

Μοντέλο (3.1)

όπου u_r οι συντελεστές βαρύτητας των εξόδων,
 v_i οι συντελεστές βαρύτητας των εισόδων,
 y_{rj} οι ποσότητες των εξόδων,
 x_{ij} οι ποσότητες των εισόδων και
 ε σταθερά που εξασφαλίζει τον μη μηδενισμό των συντελεστών βαρύτητας.

Το μοντέλο (3.1) είναι ένα κλασματικό γραμμικό μοντέλο. Απαιτείται η μετατροπή του σε γραμμική μορφή-μοντέλο (3.2).

$$\text{Max } h_0 = \sum_r u_r y_{rj_0}$$

subject to

$$\sum_i v_i x_{ij_0} = 100 \text{ (say)}$$

$$\sum_r u_r y_{rj} - \sum_i v_i x_{ij} \leq 0 \quad j=1,2,\dots,n.$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon$$

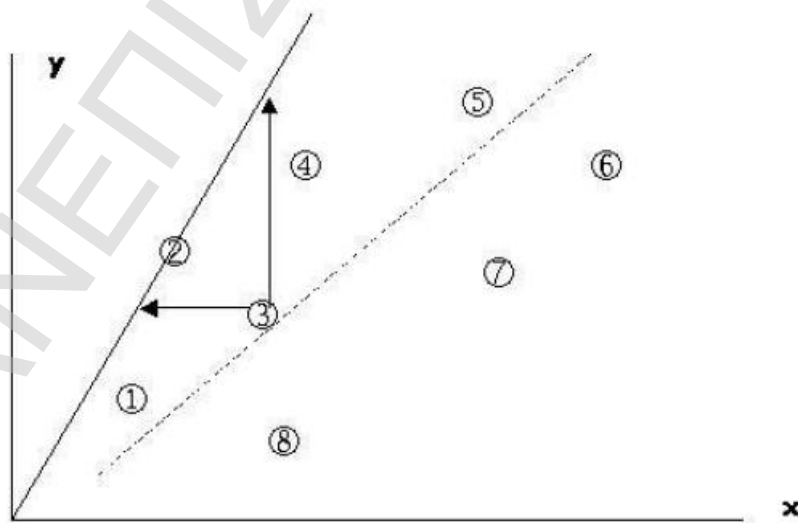
Μοντέλο (3.2)

Η διαδικασία επίλυσης του μοντέλου τερματίζεται όταν είτε η απόδοση της μονάδας-στόχου (μονάδα j) είτε η απόδοση μιας ή περισσότερων άλλων μονάδων "φτάσουν" το άνω όριο του 1.

3.5 Σύνολο παραγωγικών δυνατοτήτων, κλίμακες αποδόσεων και σύνορο αποδοτικότητας

Για την κατανόηση των βασικών εννοιών της **Data Envelopment Analysis** παραθέτουμε το ακόλουθο παράδειγμα οκτώ μονάδων που απαιτούν μια εισροή x για να παράξουν μια εκροή y. Οι μονάδες απεικονίζονται ως σημεία στο σχήμα που ακολουθεί (Σχήμα 3.1) :

Παράδειγμα 1^ο



Σχήμα 3.1 Παράδειγμα 8 Μονάδων

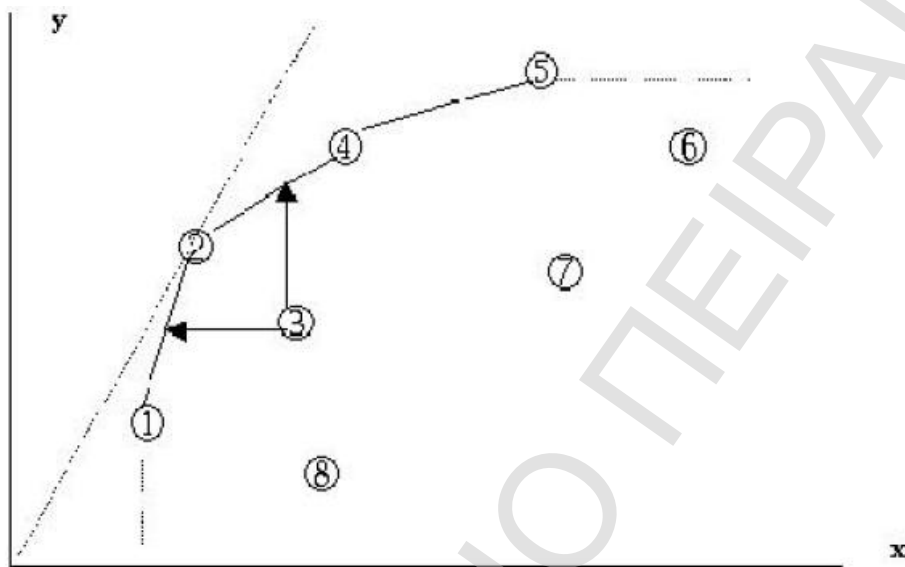
Η κλίση της ευθείας που συνδέει την αρχή των αξόνων με το κάθε σημείο παριστά τον λόγο y/x (εκροή ανά μονάδα εισροής) δηλαδή την αποδοτικότητα της μονάδας. Όσο μεγαλύτερη είναι η κλίση αυτή τόσο μεγαλύτερη είναι η αποδοτικότητα της μονάδας. Όπως φαίνεται στο σχήμα, την μεγαλύτερη κλίση στην ευθεία αυτή έχει η μονάδα 2. Η μονάδα 2 δηλαδή είναι αυτή που παρουσιάζει την μεγαλύτερη σχετική αποδοτικότητα. Η ευθεία που διέρχεται από την αρχή των αξόνων και από τα σημεία με την μεγαλύτερη σχετική αποδοτικότητα χαρακτηρίζονται ως αποδοτικά (μονάδα 2 στο παράδειγμα), ονομάζεται **σύνορο αποδοτικότητας (efficient frontier)** και περιβάλλει (envelops) τις υπόλοιπες μονάδες με την έννοια ότι αυτές βρίσκονται δεξιά και κάτω από το σύνορο αποδοτικότητας. Ο χώρος των σημείων που περιβάλλεται από το σύνορο αποδοτικότητας ονομάζεται **σύνολο παραγωγικών δυνατοτήτων (production possibility set)**. Η ιδιότητα αυτή του ορίου αποδοτικότητας να περιβάλλει το σύνολο των μονάδων, έχει δώσει το όνομα της στην μέθοδο (D.E.A.).

Στο παράπανω σχήμα φαίνεται και η διαφορά προσέγγισης μεταξύ περιβάλλουσας ανάλυσης δεδομένων και **παλινδρόμησης** (η ευθεία παλινδρόμησης εμφανίζεται με διακεκομμένη γραμμή). Με την παλινδρόμηση η εκτίμηση της συνάρτησης παραγωγής γίνεται με βάση τη μέση, κεντρική τάση των παρατηρήσεων (μονάδων). Η δε περιβάλλουσα ανάλυση προσεγγίζει τη συνάρτηση παραγωγής με βάση τις μονάδες που παρουσιάζουν την καλύτερη πρακτική (best practice units).

Το σύνορο αποδοτικότητας εξυπηρετεί την οριοθέτηση στόχων και αποτελεί σημείο αναφοράς μέτρησης (benchmark) για τις μη αποδοτικές μονάδες. Η απόσταση μιας μη αποδοτικής μονάδας από το όριο αποδοτικότητας εκφράζει σε ποιο βαθμό αυτή μπορεί να βελτιωθεί προκειμένου να καταστεί αποδοτική. Τα σημεία προβολής των μη αποδοτικών μονάδων επί του ορίου αποδοτικότητας αποτελούν στόχους για την επίτευξη της αποδοτικότητας. Στο χώρο των δύο διαστάσεων όπως αυτό του παραδείγματος, κάθε μη αποδοτική μονάδα μπορεί να γίνει αποδοτική είτε μειώνοντας τις εισροές της (input oriented) είτε αυξάνοντας τις εκροές της (output oriented) (βλ. μονάδα 3 στο παραπάνω σχήμα). Στις περιπτώσεις που μια μονάδα βελτιώνει τις επιδόσεις της και γίνεται αποδοτική, η σχετική αποδοτικότητα των υπολοίπων δεν μεταβάλλεται.

Η απεικόνιση του συνόρου αποδοτικότητας στο παραπάνω σχήμα στηρίζεται στην υπόθεση περί κλίμακας σταθερών αποδόσεων (constant returns to scale-CRS). Σύμφωνα με την υπόθεση αυτή, μεταβάλλοντας (αυξάνοντας ή μειώνοντας) την εισροή x κατά ένα σταθερό παράγοντα λ (δηλαδή από x σε λx), η εκροή μεταβάλλεται κατά τον ίδιο παράγοντα (από y σε λy). Έτσι το σύνορο αποδοτικότητας διέρχεται από την αρχή των αξόνων και ορίζεται από τη (τις) μονάδα (μονάδες) μεγίστης αποδοτικότητας.

Υπό την υπόθεση κλίμακας μεταβλητών αποδόσεων (variable returns to scale-VRS), το σύνολο αποδοτικότητας (Σχήμα 3.2) είναι πλέον η κυρτή τεθλασμένη γραμμή που ορίζεται από τις μονάδες 1,2,4 και 5. Τέσσερις μονάδες πλέον (μονάδες 1,2,4 και 5) εμφανίζονται ως αποδοτικές.

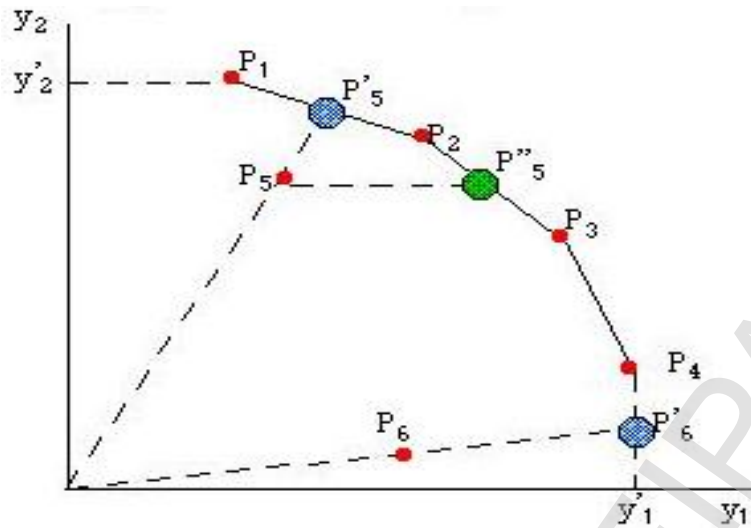


Σχήμα 3.2 Σύνολο Αποδοτικότητας των 8 Μονάδων

Είναι πλέον φανερό ότι η αποδοτικότητα κάθε μη αποδοτικής μονάδας είναι διαφορετική αν υπολογίζεται με προσανατολισμό την μείωση της εισροής και διαφορετική αν υπολογίζεται με προσανατολισμό την αύξηση της εκροής. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι κάθε μη αποδοτική μονάδα προβάλλεται, ανάλογα με τον προσανατολισμό, σε τμήμα του συνόρου αποδοτικότητας με διαφορετική εν γένει κλίση.

Παράδειγμα 2°

Το **Σχήμα 3.3** δείχνει ότι μια ομάδα μονάδων P_1, P_2, \dots, P_6 καταναλώνοντας την ίδια ποσότητα πρώτης ύλης παράγουν διαφορετικές ποσότητες εξόδων (y_1 και y_2). Για μια δοσμένη ποσότητα πρώτης ύλης ως εισόδου οι μονάδες που παράγουν μεγαλύτερες ποσότητες εξόδων θεωρούνται οι αποδοτικές.



Σχήμα 3.3 Η Περιβάλλουσα

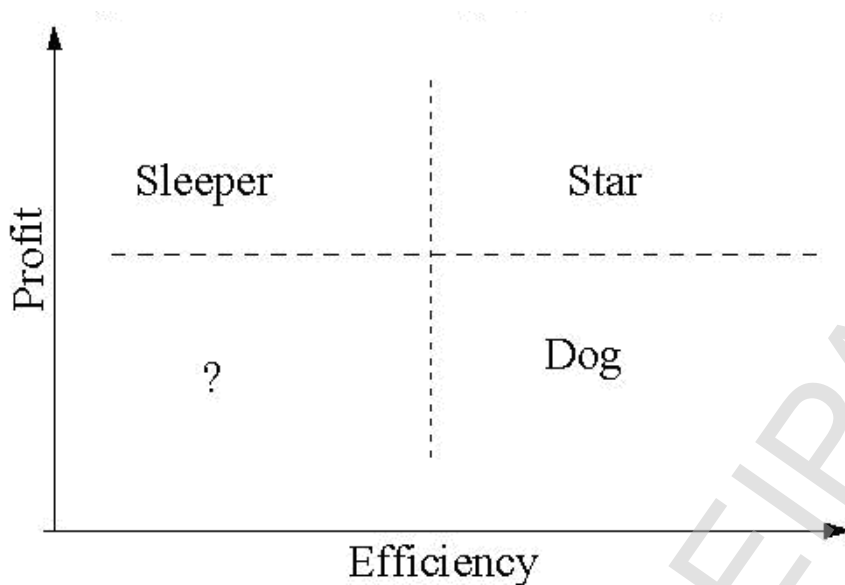
Εφαρμόζοντας την προσέγγιση του μοντέλου Π.Α.Δ. οι μονάδες P1,P2,P3 και P4 θεωρούνται αποδοτικές και βρίσκονται πάνω στην περιβάλλουσα ενώ οι μονάδες P5 και P6 βρίσκονται εντός της περιβάλλουσας και θεωρούνται μη αποδοτικές.

Στόχος της P5 είναι να φτάσει στο σημείο P5' αν μπορεί να αυξηθεί η παραγόμενη ποσότητα y_2 , αν όχι τότε στόχος είναι το P5".

Στόχος της P6 είναι να φτάσει στο σημείο P6' αλλά θεωρείται απαραίτητη η αύξηση της παραγόμενης ποσότητας y_2 .

Γενικά

Για την λήψη απόφασης σε μονάδες, η **αποδοτικότητα** και το **κέρδος** σχετίζονται. Μια προσέγγιση είναι να χρησιμοποιήσουμε το μοντέλο D.E.A. για τον ορισμό της απόδοσης και ξεχωριστά να χρησιμοποιήσουμε το μοντέλο για τον ορισμό του κέρδους. Οι μονάδες τότε μπορούν να αξιολογηθούν σε ένα διάγραμμα απόδοσης/κέρδους όπως αυτό του **Σχήματος 3.4**.



Σχήματος 3.4 Διάγραμμα Απόδοσης/Κέρδους

Οι μονάδες των οποίων το κέρδος και η αποδοτικότητα βρίσκονται στην κατηγορία **STAR** είναι οι πρωτοπóρες μονάδες και αποτελούν πρότυπα καλής λειτουργίας σε ένα πιθανώς ευνοικό περιβάλλον.

Οι μονάδες που βρίσκονται στην κατηγορία **SLEEPER** είναι κερδοφόρες αλλά αυτό έχει περισσότερο να κάνει με ένα ευνοικό περιβάλλον παρά με μια καλή διαχείριση.

Οι μονάδες που βρίσκονται στην κατηγορία **?** έχουν τη δυνατότητα για μια μεγαλύτερη απόδοση και πιθανώς για μεγαλύτερα κέρδη. Πρέπει να γίνουν προσπάθειες αύξησης της αποδοτικότητάς τους που ενδεχομένως θα οδηγήσει σε μεγαλύτερη κερδοφορία.

Οι μονάδες που βρίσκονται στην κατηγορία **DOG** είναι λειτουργικά αποδοτικές αλλά εμφανίζουν χαμηλή κερδοφορία εξαιτίας του μη ευνοικού περιβάλλοντος.

Αυτή η προσέγγιση "βλέπει" την αποδοτικότητα και το κέρδος ως δύο παραμέτρους κλειδιά καθεμιά από τις οποίες μπορεί να βοηθήσει στη διαχείριση του συνολικού συστήματος των μονάδων.

3.6 Παρατηρήσεις

Η **Data Envelopment Analysis** χωρίζει κατ'αρχήν τις Μονάδες Απόφασης σε δύο κατηγορίες : τις αποδοτικές και τις μη αποδοτικές. Για τον διαχωρισμό αυτό μπορούμε να κάνουμε τις ακόλουθες παρατηρήσεις :

1. Ο χαρακτηρισμός μιας μονάδας ως μη αποδοτικής είναι αδιαμφισβήτητος, αφού ο δείκτης αποδοτικότητας υπολογίζεται υπό τους ευνοικότερους όρους για την μονάδα που αποτιμάται. Για τον ίδιο ακριβώς λόγο όμως, ο χαρακτηρισμός των αποδοτικών μονάδων είναι αμφισβητήσιμος. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι υπάρχει πάντα μια διαφορετική «οπτική γωνία» να δει κανείς τον τρόπο με τον οποίο σταθμίζονται οι εισροές και οι εκροές (διαφορετικά βάρη), υπό την οποία μια αποδοτική μονάδα (κατά την έννοια της **Data Envelopment Analysis**) φαίνεται μη αποδοτική.

2. Η διαχωριστική ικανότητα της **Data Envelopment Analysis** (η δυνατότητα της να διακρίνει τις πραγματικά αποδοτικές μονάδες) περιορίζεται όταν ο αριθμός των μονάδων είναι μικρός σχετικά με τον αριθμό των εισροών και εκροών. Αυτό είναι ένα πρόβλημα που πηγάζει από τους βαθμούς ελευθερίας στις γραμμικές σχέσεις και έχει ως αποτέλεσμα ένα μεγάλο ποσοστό των μονάδων απόφασης να αποτιμώνται ως αποδοτικές. Ένας πρακτικός κανόνας για τη σχέση που πρέπει να συνδέει τον αριθμό των μονάδων, των εισροών και των εκροών ώστε να διασφαλίζεται σε καλά επίπεδα η διαχωριστική ικανότητα της **Data Envelopment Analysis** είναι:

$$n \geq \max \{m*s, 3(m+s)\} \quad (\text{Σχέση 3.1})$$

όπου n : ο αριθμός των μονάδων,

m : ο αριθμός των εισροών,

και s : ο αριθμός των εκροών.

3.7 Πλεονεκτήματα της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων

Ο προσανατολισμός της περιβάλλουσας ανάλυσης δεδομένων στον καθορισμό ενός ορίου καλύτερης πρακτικής και στην αριστοποίηση των DMU, ανοίγει νέους δρόμους στην οργάνωση και ανάλυση δεδομένων. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι υπολογισμοί με την D.E.A.:

1. Επικεντρώνουν σε μεμονωμένες παρατηρήσεις και όχι στους μέσους όρους του πληθυσμού.
2. Παράγουν μια απλή αθροιστική μέτρηση για κάθε DMU χρησιμοποιώντας τα inputs (ανεξάρτητες μεταβλητές), για την παραγωγή επιθυμητών outputs (εξαρτημένες μεταβλητές),
3. Μπορούν να χρησιμοποιήσουν ταυτόχρονα πολλαπλές εισροές και πολλαπλές εκροές, οι οποίες είναι δυνατόν να εκφράζονται με διαφορετικές μονάδες μέτρησης,
4. Μπορεί να εξομαλύνουν εξωγενείς μεταβλητές,
5. Μπορούν να ενσωματώσουν "πλασματικές" (dummy) μεταβλητές,
6. Είναι ανεξάρτητοι τιμών και δεν χρειάζεται ο εκ των προτέρων καθορισμός ή γνώση των συντελεστών βαρύτητας για τις εισροές και τις εκροές .
7. Δεν θέτουν περιορισμό για τον τύπο της συνάρτησης που σχετίζεται με τα δεδομένα.
8. Μπορεί να "δεχθεί" την προσωπική κρίση όποτε αυτό είναι επιθυμητό,
9. Παράγουν συγκεκριμένες εκτιμήσεις για τις απαιτούμενες αλλαγές στις εισροές και/ή στις εκροές για την προβολή των DMU που βρίσκονται κάτω από το όριο αποδοτικότητας ή πάνω σε αυτό.
10. Είναι αριστοποιημένοι κατά Pareto.
11. Επικεντρώνουν στα προκύπτοντα "αρίστων" πρακτικά όρια και όχι στις τάσεις των βασικών ιδιοτήτων των ορίων.
12. Ικανοποιούν αυστηρά κριτήρια ισότητας στη σχετική αξιολόγηση κάθε DMU.

Η προσέγγιση με την D.E.A. παρέχει ένα αναλυτικό εργαλείο για τον καθορισμό της αποτελεσματικής και μη, απόδοσης (ιδιαίτερα όταν εμπλέκονται πολλαπλές μετρήσεις απόδοσης και εξωγενείς μεταβλητές) ,σαν σημείο αναφοράς για την εξαγωγή θεωριών για την καλύτερη συμπεριφορά.

3.8 Βιβλιογραφία-Αρθρογραφία

Τα στοιχεία που παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 3 έχουν αντληθεί από τα παρακάτω άρθρα και ιστοσελίδες :

- [3.1] Farrell M.J. (1957), "**The measurement of productive efficiency**", J.R. Statis. Soc. Series A 120, 253-281.
- [3.2] Cooper W.W., Seiford L.M. and Tone K. (1999), "**Data Envelopment Analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-Solver software**", Kluwer, New York.
- [3.3] Banker R.D., Charnes A. and Cooper W.W. (1984), "**Some models for estimating technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis**", Management Science, Volume 30, Pages 1078-1092.
- [3.4] Charnes A., Cooper W.W. and Rhodes E. (1978), "**Measuring the efficiency of Decision Making Units**", European Journal of Operational Research, Volume 2, Pages 429-444.
- [3.5] Ιστοσελίδα : <http://www.deazone.com/index.htm>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο :

ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΔΙΕΘΝΟΥΣ ΕΜΠΕΙΡΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΣΤΑΘΜΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ Π.Α.Δ.-D.E.A.

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μια ανασκόπηση των εργασιών που χρησιμοποιούν D.E.A. για να αξιολογήσουν τα ενεργειακά συστήματα και τους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε άλλες χώρες. Η ανασκόπηση αυτή γίνεται προκειμένου να προσδιοριστούν οι εισροές και εκροές που θα ληφθούν υπόψη στην παρούσα διπλωματική εργασία αλλά και να γίνουν οι απαραίτητες συγκρίσεις με τα αποτελέσματα άλλων ερευνητών.

4.1 Εφαρμογή στην Τουρκία

4.1.1. Ανάλυση αποδοτικότητας των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της Τουρκίας χρησιμοποιώντας τη D.E.A. [4.1]

Η μελέτη αυτή περιλαμβάνει μια εκτίμηση της αποδοτικότητας **65 θερμικών και ανανεώσιμων σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας** - που ανήκουν στο δημόσιο και ιδιωτικό τομέα - στην Τουρκία βασισμένη σε πραγματικά δεδομένα.

Οι **θερμικοί** σταθμοί παραγωγής κατηγοριοποιούνται σε σταθμούς λιγνιτικούς, φυσικού αερίου και πετρελαιοκούς ανάλογα με το είδος του καυσίμου που χρησιμοποιούν ενώ οι **ανανεώσιμοι** σταθμοί διακρίνονται σε υδροηλεκτρικούς, αιολικούς, ηλιακούς, βιομάζας και γεωθερμικούς.

Χρησιμοποιούνται δύο μοντέλα της **Data Envelopment Analysis (D.E.A.)** για την αξιολόγηση των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Το **πρώτο μοντέλο** εστιάζει στην ετήσια απόδοση λειτουργίας (annual operation performance) ενώ το **δεύτερο μοντέλο** εστιάζει στην μακροπρόθεσμη αποδοτικότητα της επένδυσης (long-term investment performance efficiency).

Περιγραφή των Μοντέλων

1. Μοντέλο Αξιολόγησης της Απόδοσης Λειτουργίας των Σταθμών Παραγωγής

Σε αυτό το μοντέλο έχουν αναπτυχθεί δύο υπομοντέλα : ένα για τους **θερμικούς σταθμούς** παραγωγής και ένα για τους **ανανεώσιμους**.

- Το μοντέλο για τους **θερμικούς σταθμούς παραγωγής** αποτελείται από **6 παραμέτρους**. Οι 3 πρώτες παράμετροι σχετίζονται με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε ένα αποδεκτό κόστος ενώ οι 3 επόμενες παράμετροι σχετίζονται με τις επιπτώσεις της παραγωγής σε τοπικό και διεθνές επίπεδο.

Οι παράμετροι που χρησιμοποιούνται είναι :

1. **Κόστος Καυσίμου(\$)**, είναι το συνολικό ετήσιο κόστος του εισαγόμενου καυσίμου στο σταθμό. Επιλέγεται ως **είσοδος**.
 2. **Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας(kWh)**, είναι η συνολική ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας κάθε σταθμού. Επιλέγεται ως **είσοδος**.
 3. **Διαθεσιμότητα(%)**, είναι το ετήσιο ποσοστό χρόνου που ο σταθμός πραγματικά παράγει ενέργεια. Επιλέγεται ως **έξοδος**.
 4. **Θερμική Απόδοση (%)**, είναι η μέση ετήσια απόδοση που σχετίζεται με την ποσότητα της προσδιδόμενης θερμότητας που μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια.
 5. **Περιβαλλοντικό Κόστος(\$ per ton)** , αναφέρεται στις ετήσιες εκπομπές SO₂ και NO_x του κάθε σταθμού.
 6. **Εκπομπές CO₂ (tones per year)**, επιλέγονται αφού οι εκπομπές του έχουν σοβαρές επιπτώσεις τόσο στο περιβάλλον όσο και στην ανθρώπινη υγεία.
- Το μοντέλο που έχει αναπτυχθεί για την απόδοση λειτουργίας των ανανεώσιμων σταθμών έχει **μια μεταβλητή εισόδου-το λειτουργικό κόστος** (που περιλαμβάνει το κόστος συντήρησης και λειτουργίας) και **δύο μεταβλητές εξόδου-την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και τη διαθεσιμότητα**.

2. Μοντέλο Μακροπρόθεσμης Αξιολόγησης της Αποδοτικότητας της Επένδυσης.

Σε αυτό το μοντέλο, που έχει αναπτυχθεί για την μακροπρόθεσμη αξιολόγηση της αποδοτικότητας της επένδυσης κάθε σταθμού, χρησιμοποιούνται **4 παράμετροι**.

Οι παράμετροι που χρησιμοποιούνται είναι:

1. **Κόστος Επένδυσης**, είναι το συνολικό ποσό επένδυσης για την κατασκευή κάθε σταθμού από τη φάση σχεδίασης του έως και την έναρξη λειτουργίας του. Επιλέγεται ως **είσοδος**.
2. **Χρόνος Κατασκευής**, είναι ο χρόνος από την έναρξη κατασκευής μέχρι και την έναρξη λειτουργίας κάθε σταθμού. Επιλέγεται ως **είσοδος**.
3. **Παραγωγή Ισχύος (MW)**, είναι μια σημαντική σχεδιαστική παράμετρος που αντανακλά τη δυνατή ποσότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στη μονάδα του χρόνου. Επιλέγεται ως **έξοδος**.
4. **Διαθεσιμότητα (%)**, είναι η μέση περίοδος διαθεσιμότητας κάθε σταθμού για 8 χρόνια (επιλέγεται η περίοδος των 8 ετών αφού τα δεδομένα είναι περιορισμένα). Επιλέγεται ως **έξοδος**.

Συμπεράσματα

Ενδιαφέροντα συμπεράσματα που εξήχθησαν από αυτή την μελέτη συνοψίζονται παρακάτω:

- Όσον αφορά τους ανανεώσιμους σταθμούς παραγωγής (εκτός των πολύ μικρών εγκαταστάσεων) η κλίμακα αποδοτικότητας "δείχνει" μια εκθετικά μειούμενη τάση σε σχέση με το μέγεθος του σταθμού (εγκατεστημένη ισχύς και/η παραγόμενη ενέργεια).
- Όσον αφορά τους θερμικούς σταθμούς παραγωγής οι περιβαλλοντικές επιδόσεις "δείχνουν" μια ισχυρά εκθετικά μειούμενη τάση σε σχέση με το μέγεθος του σταθμού (παραγόμενη ενέργεια).
- Όσον αφορά τους θερμικούς σταθμούς παραγωγής οι περιβαλλοντικές επιδόσεις "δείχνουν" μια γραμμικά αυξητική τάση σε σχέση με το ποσοστό διαθεσιμότητας.
- Όσον αφορά τους θερμικούς σταθμούς παραγωγής οι περιβαλλοντικές επιδόσεις "δείχνουν" μια εκθετικά μειωμένη τάση σε σχέση με το χρόνο κατασκευής του σταθμού.

- Χωρίς να μειώθουν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των θερμικών σταθμών παραγωγής δεν είναι δυνατόν να επιτευχθούν υψηλότερες αποδοτικότητες αυτών.
- Όσον αφορά την αποδοτικότητα της επένδυσης των θερμικών σταθμών παραγωγής, οι ιδιωτικοί εμφανίζουν υψηλότερη αποδοτικότητα από τους αντίστοιχους που ανήκουν στο δημόσιο τομέα. Αυτό δεν αποτελεί έκπληξη μιας και οι δημόσιοι σταθμοί έχουν υψηλότερα κόστη επένδυσης, μεγαλύτερους χρόνους κατασκευής και χαμηλότερα ποσοστά διαθεσιμότητας.
- Ένας από τους σημαντικούς παράγοντες της χαμηλής αποδοτικότητας της επένδυσης των δημόσιων θερμικών σταθμών είναι η πολύ χαμηλή αποδοτικότητα των αντίστοιχων λιγνιτικών.
- Οι σταθμοί φυσικού αερίου έχουν υψηλότερη αποδοτικότητα της επένδυσης από τους λιγνιτικούς.
- Οι δημόσιοι σταθμοί φυσικού αερίου έχουν ελαφρώς υψηλότερη αποδοτικότητα της επένδυσης από τους αντίστοιχους ιδιωτικούς.
- Η λειτουργική απόδοση των δημόσιων θερμικών σταθμών είναι σημαντικά χαμηλότερη από τους αντίστοιχους ιδιωτικούς.
- Η λειτουργική απόδοση των λιγνιτικών και πετρελαικών σταθμών είναι χαμηλότερη από αυτή των σταθμών φυσικού αερίου.
- Η λειτουργική απόδοση των δημόσιων σταθμών φυσικού αερίου είναι ελαφρώς χαμηλότερη από αυτή των ιδιωτικών.
- Η χαμηλότερη λειτουργική απόδοση των δημόσιων σταθμών είναι αποτέλεσμα της υψηλού ποσοστού συμμετοχής των λιγνιτικών και πετρελαικών σταθμών.
- Οι αιολικοί σταθμοί παραγωγής εμφανίζουν την υψηλότερη λειτουργική απόδοση και την υψηλότερη αποδοτικότητα της επένδυσης σε σχέση με όλους τους υπόλοιπους σταθμούς, που είναι μια ισχυρή ένδειξη των ισχυρών μελλοντικών δυνατοτήτων στον τομέα της παραγωγής ενέργειας.

4.2 Εφαρμογή στην Ινδία

4.2.1 Εκτίμηση των βασικών ορίων των εκπομπών άνθρακα στο σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ινδία χρησιμοποιώντας τη D.E.A.[4.2]

Σε αυτή τη μελέτη γίνεται προσπάθεια εκτίμησης των μελλοντικών εκπομπών άνθρακα στο **Ινδικό σύστημα** παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας για το χρονικό διάστημα από το **1999-2000** μέχρι και το **2011-2012**. Η μελέτη αναφέρεται σε **70 υπάρχοντες θερμικούς σταθμούς** που χρησιμοποιούν το **λιγνίτη** ως καύσιμη ύλη.

Τα σενάρια που αναπτύσσονται είναι βασισμένα σε υποθέσεις σχετικά με την κατανάλωση λιγνίτη στους θερμικούς σταθμούς και με την αβεβαιότητα που χαρακτηρίζει την οικονομική και τεχνολογική προσέγγιση των νέων σχεδίων.

Υπάρχουν τρεις αντικειμενικοί στόχοι στην εργασία αυτή. Ο πρώτος είναι να προσδιοριστούν οι πιο αποδοτικές πρακτικές για τη χρήση ενέργειας και την κατανάλωση ισχύος στην Ινδία. Ο δεύτερος είναι να αναπτυχθούν σενάρια για τη μείωση των εκπομπών άνθρακα και ο τρίτος είναι, βασιζόμενοι στα βασικά όρια των εκπομπών άνθρακα, να βελτιωθεί η απόδοση των σταθμών παραγωγής.

Τα δεδομένα κάθε σταθμού που χρησιμοποιήθηκαν για αυτή τη μελέτη είναι τα ακόλουθα:

1. Το έτος έναρξης λειτουργίας του,
2. Το είδος της τεχνολογίας που χρησιμοποιεί,
3. Η καύσιμη ύλη,
4. Η εγκατεστημένη ισχύς,
5. Ο συντελεστής φορτίου,
6. Η θερμογόνος δύναμη του καυσίμου,
7. Οι συντελεστές εκπομπής ώστε να μετατραπούν σε εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.

Συμπεράσματα

Τα ευρήματα της παραπάνω ανάλυσης έδειξαν ότι αν και όταν τεθεί ως στόχος η επίτευξη της αποδοτικότητας του πρότυπου σταθμού παραγωγής, για την εξοικονόμηση ενέργειας στο Ινδικό

σύστημα, το αποτέλεσμα είναι μεγαλύτερες εκπομπές στις Βόρειες και Νότιες περιοχές, αντίθετα στις Δυτικές και Ανατολικές η μείωση εκπομπών είναι υψηλότερη όταν οι στόχοι έχουν τεθεί βάση της απόδοσης κάθε σταθμού.

Οι βαθμοί αποδοτικότητας από την ανάλυση αποδοτικότητας των θερμικών σταθμών παρέχουν ρεαλιστικούς στόχους για κάθε έναν από αυτούς μιας και είναι βασισμένοι στη συμπεριφορά των στοιχείων που χρησιμοποιούνται ως είσοδοι όλων των υπάρχοντων θερμικών σταθμών με παρόμοια χαρακτηριστικά.

Ενώ για μερικούς σταθμούς υπάρχει η δυνατότητα βελτίωσης των πρακτικών ενεργειακής απόδοσης για να επιτύχουν την απόδοση του πρότυπου σταθμού, για άλλους οι στόχοι αυτοί ίσως είναι υπερβολικά αισιόδοξοι. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα για να επιτευχθούν οι μέγιστες δυνατές μειώσεις εκπομπών χωρίς να εμποδίσουμε τη συνήθη παραγωγή βραχυπρόθεσμα, είναι απαραίτητο να διακρίνουμε τις δυνατότητες βελτίωσης της αποδοτικότητας μεταξύ διαφορετικών σταθμών παραγωγής και να θέσουμε ειδικούς στόχους για κάθε σταθμό όπου αυτό είναι εφικτό ώστε ως ανταμοιβή να έχουμε την αύξηση της αποδοτικότητας τους.

4.3 Εφαρμογή στην Κολομβία

4.3.1 Αποδοτικότητα του συστήματος διανομής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κολομβία: Τα αποτελέσματα της ανασυγκρότησης του 1994.[4.3]

Σε αυτό το άρθρο γίνεται ανάλυση της εξέλιξης του συστήματος διανομής ηλεκτρικής ενέργειας της **Κολομβίας** πριν και μετά την ανασυγκρότηση του 1994 που εισήγαγε δραστηριότητες στην αγορά ενέργειας για **12 εταιρείες διανομής από το 1985 μέχρι το 2001**. Η αποδοτικότητα εκτιμάται με tests των Wilcoxon Rank Sum και Pearson πάνω στις έννοιες του αριθμητικού μέσου και του μέσου όρου ενώ η τεχνική απόδοση υπολογίζεται κάνοντας χρήση της **Data Envelopment Analysis (D.E.A.)**.

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν γι' αυτήν τη μελέτη λήφθηκαν από τις 12 μεγαλύτερες εταιρείες διανομής ηλεκτρικής ενέργειας που καλύπτουν τις 20 μεγαλύτερες πόλεις που ανήκουν στο λεγόμενο Εθνικό Διασυνδεδεμένο Σύστημα. Το Εθνικό Διασυνδε-δεμένο Σύστημα είναι το αποτέλεσμα της ενοποίησης 5 συστημάτων και αγορών που ήταν διαιρεμένα πριν το 1994. Περιλαμβάνει την περιοχή των Άνδεων και τις ακτές του Ατλαντικού-τις βόρειες επαρχίες της χώρας.

Για την εκτίμηση της αποδοτικότητας για κάθε εταιρεία διανομής συλλέχθηκαν πληροφορίες σχετικά με:

1. τον αριθμό των χρηστών ανά κατηγορία (οικιακοί,βιομηχανικοί και εμπορικοί),
2. τον αριθμό των εργαζομένων,
3. τις απώλειες του συστήματος διανομής,
4. τις πωλήσεις,
5. την εμπορική ζήτηση και τέλος
6. τα τιμολόγια των χρηστών για την περίοδο 1985-2001.

Το παράδειγμα της μελέτης μας είναι αντιπροσωπευτικό μιας και καλύπτει ένα εκτενές κομμάτι ολόκληρου του συστήματος ισχύος.Πιο συγκεκριμένα αντιπροσωπεύει κατά μέσο όρο το 54% της εμπορικής ζήτησης,το 75% του συνόλου των καταναλωτών και το 70% της βιομηχανικής χρήσης.

Για τον υπολογισμό της τεχνικής απόδοσης μέσω της **D.E.A.** χρησιμοποιήθηκαν συνολικά **8** μεταβλητές,5 ως εισοδοι και **3** ως έξοδοι.Αναλυτικά:

ΕΙΣΟΔΟΙ

1. Ο αριθμός των εργαζομένων στο σύστημα διανομής,
2. Ο αριθμός των μετασηματιστών,
3. Το μήκος των γραμμών μεταφοράς,
4. Το μήκος του τοπικού δικτύου ανά κάτοικο και
5. Την εγκατεστημένη ισχύ της χώρας.

ΕΞΟΔΟΙ

1. Τη συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας,
2. Το συνολικό αριθμό των καταναλωτών και
3. Την επιφάνεια της περιοχής που καλύπτει το δίκτυο.

Συμπεράσματα

Η μελέτη αυτή, βασισμένη σε ένα δείγμα 12 εταιρειών διανομής ηλεκτρικής ενέργειας που καλύπτουν τις μεγαλύτερες πόλεις της χώρας για ένα χρονικό διάστημα 16 ετών, αποδεικνύει ότι το επίπεδο διανομής στις αστικές περιοχές έχει βελτιωθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια. Η ανάλυση αποδοτικότητας δείχνει μια αύξηση και των ποσοστών κέρδους. Αυτό κατά ένα μέρος εξηγείται από τα κέρδη της εργατικής και κεφαλαιουχικής παραγωγικότητας στις εταιρείες, αλλά και από τα υψηλότερα τιμολόγια οικιακών καταναλωτών. Το αποτέλεσμα αυτό αντανακλά τη μερική αίσθηση της κοινής γνώμης για οικονομική κρίση στον τομέα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Η ανάλυση αποδοτικότητας παρουσιάζει επίσης σημαντικά στοιχεία. Οι βαθμοί αποδοτικότητας επηρεάζονται από τα χαρακτηριστικά των εταιρειών όπως: το μέγεθος της εγκατάστασης και της παραμέτρου έντασης της παραγωγής. Τέλος η πυκνότητα της αγοράς έχει θετική επιρροή στο βαθμό αποδοτικότητας κάθε συστήματος.

4.4 Εφαρμογές στη Φινλανδία

4.4.1 Ανάλυση οικονομικής-περιβαλλοντικής απόδοσης των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (Φινλανδία) : Μια επέκταση της D.E.A. [4.4]

Σε αυτό το άρθρο γίνεται ανάλυση της μεθόδου που χρησιμοποιήθηκε για την αξιολόγηση της οικονομικής-περιβαλλοντικής απόδοσης και του προγράμματος μείωσης εκπομπών 24 σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε μια Ευρωπαϊκή χώρα και συγκεκριμένα στη Φινλανδία.

Χρησιμοποιήθηκαν δύο διαφορετικά μοντέλα της Π.Α.Δ. για την μέτρηση της τεχνικής και περιβαλλοντικής απόδοσης των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Μοντέλο για την μέτρηση της τεχνικής απόδοσης των σταθμών

Το μοντέλο 4.1 που χρησιμοποιήθηκε για την μέτρηση της τεχνικής απόδοσης των σταθμών είναι ένα πολύ απλό μοντέλο CCR. Στο μοντέλο αυτό ως είσοδος θεωρούνται τα συνολικά έξοδα κάθε σταθμού και ως έξοδος θεωρείται η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας κάθε σταθμού.

$$\text{Max } h_0 = \frac{\sum_{r=1}^k \mu_r Y_{r0}}{\sum_{i=1}^m \nu_i X_{i0}}$$

$$\frac{\sum_{r \in \Phi}^k \mu_r y_{rj}}{\sum_{i \in \Phi}^m v_i x_{ij}} \leq 1, j=1,2,\dots,n$$

$$\mu_r, v_i \geq \varepsilon, \quad r=1,2,\dots,k, \quad i=1,2,\dots,m$$

$$\varepsilon > 0 \text{ (\'Non -Archimedean\')}$$

Μοντέλο (4.1)

Μοντέλο για την μέτρηση της περιβαλλοντικής απόδοσης των σταθμών

Στο μοντέλο 4.2, που χρησιμοποιήθηκε για την μέτρηση της περιβαλλοντικής απόδοσης των σταθμών, θεωρήθηκε η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ως η επιθυμητή έξοδος και η σκόνη, οι εκπομπές NO_x και SO₂ ως οι μη επιθυμητές έξοδοι. Οι μη επιθυμητές έξοδοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν :

- α) είτε ως έξοδοι με αρνητικά βάρη και
- β) είτε ως είσοδοι.

$$\text{Max } g_0 = \frac{\sum_{r \in \Phi}^k \mu_r y_{r0}}{\sum_{s \in \Phi}^p \mu_s y_{s0}}$$

$$\frac{\sum_{r \in \Phi}^k \mu_r y_{rj}}{\sum_{s \in \Phi}^p \mu_s y_{sj}} \leq 1, j=1,2,\dots,n$$

$$\mu_r \geq \varepsilon, \quad r=1,2,\dots,p,$$

$$\varepsilon > 0 \text{ (\'Non -Archimedean\')}$$

Μοντέλο (4.2)

Με σκοπό να υπολογιστεί ένας δείκτης οικονομικής και περιβαλλοντικής απόδοσης των σταθμών θεωρήθηκε η τεχνική και η περιβαλλοντική απόδοση ως είσοδοι σε ένα καινούργιο μοντέλο της Π.Α.Δ. που έχει ως είσοδο το ισodύναμο 1. Με αυτόν τον τρόπο η eco-αποδοτικότητα αναλύεται σε τεχνική και περιβαλλοντική απόδοση. Ας σημειωθεί ότι ως eco-αποδοτική ορίζεται εκείνη η διαδικασία παραγωγής αγαθών και υπηρεσιών με όσο το δυνατόν λιγότερη κατανάλωση ενέργειας και πηγών και όσο το δυνατόν λιγότερη δημιουργία αποβλήτων και εκπομπών.

Συμπεράσματα

Σε αυτήν τη μελέτη παρουσιάζονται 2 προσεγγίσεις που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση της οικονομικής και περιβαλλοντικής απόδοσης των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Με την πρώτη προσέγγιση η εκτίμηση γίνεται σε δύο βήματα: Υπολογίζεται η τεχνική απόδοση και η λεγόμενη περιβαλλοντική απόδοση ξεχωριστά. Στη συνέχεια λαμβάνονται τα αποτελέσματα και των δύο μοντέλων και χρησιμοποιούνται ως έξοδοι σε ένα νέο μοντέλο της Π.Α.Δ. (που έχει ως εισόδους το ισodύναμο 1) το οποίο παρέχει το δείκτη για την οικονομική και περιβαλλοντική απόδοση κάθε σταθμού.

Στη δεύτερη προσέγγιση διατυπώνονται οι διαφορετικές παραλλαγές των μοντέλων της Π.Α.Δ. που ταυτόχρονα λαμβάνουν υπόψη τις εισόδους, τις μη επιθυμητές και τις επιθυμητές εξόδους. Αποδεικνύεται ότι οι αποδοτικές μονάδες είναι αποδοτικές χωρίς να επηρεάζονται από το είδος του μοντέλου που χρησιμοποιείται. Παρόλα αυτά, ο βαθμός αποδοτικότητας διαφέρει.

Συγκρίνοντας τις προαναφερόμενες προσεγγίσεις και οι δύο οδηγούν στα ίδια αποτελέσματα. Παρόλα αυτά, η δεύτερη προσέγγιση παρέχει μια πιο βαθειά γνώση των αιτιών της μη καλής οικονομικής και περιβαλλοντικής απόδοσης και "δείχνει" τη δυνατή βελτίωση που μπορεί να επιτευχθεί σε σχέση με ειδικές εισόδους και εξόδους. Η πρώτη προσέγγιση διαχωρίζει την eco-αποδοτικότητα σε οικονομική και περιβαλλοντική αντίστοιχα.

4.4.2 Εκτίμηση του κόστους αποδοτικότητας του Φινλανδικού Συστήματος Διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. [4.10]

Αυτό το άρθρο περιγράφει τη διαδικασία ανάπτυξης μιας προσέγγισης για την **εκτίμηση του κόστους αποδοτικότητας του Φινλανδικού συστήματος διανομής ηλεκτρικής ενέργειας**. Η διαδικασία αυτή αποτελείται κυρίως από τρία στάδια:

1. περιγραφή του προβλήματος και εξερεύνηση των συντελεστών-κλειδιά,
2. εύρεση μετρήσιμων ποσοτήτων για τους πιο σημαντικούς συντελεστές και
3. επιλογή του κατάλληλου μοντέλου.

Η εκτίμηση της αποδοτικότητας είναι βασισμένη στη **Π.Α.Δ.**. Το τελικό μοντέλο περιλαμβάνει **1 είσοδο, 2 εξόδους και 4 περιβαλλοντικούς παράγοντες**. Αναλυτικά:

ΕΙΣΟΔΟΣ

1. **Λειτουργικό Κόστος**

ΕΞΟΔΟΙ

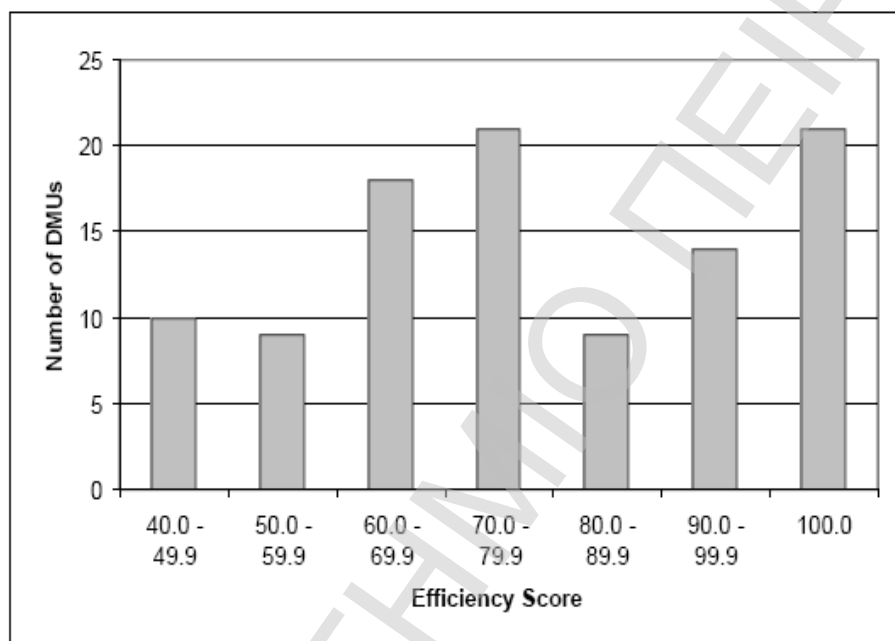
1. **Ποσότητα της Παραγόμενης Ενέργειας και**
2. **Ποιότητα της Παραγόμενης Ενέργειας που εκφράζεται με τη διάρκεια των προγραμματιζόμενων διακοπών.**

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ

1. **Γεωγραφική Κατανομή των Καταναλωτών,**
2. **Αριθμός Καταναλωτών,**
3. **Μέσο Ύψος Χιονιού και**
4. **Επιφάνεια περιοχής που καλύπτει το σύστημα.**

Αποτελέσματα

Βασιζόμενοι στα δεδομένα του έτους **1998**, 21 από τις 102 εταιρείες που δραστηριοποιούνται στο χώρο κρίνονται ως αποδοτικές. Ο μέσος βαθμός αποδοτικότητας είναι 76.9 % ενώ ο χαμηλότερος είναι 42.6 % όπως φαίνεται και στο παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 4.1) :



Διάγραμμα 4.1 Βαθμός Αποδοτικότητας/Αριθμός Μονάδων Απόφασης

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι αποδοτικές μονάδες είναι κατανεμημένες σε όλη τη Φινλανδία. Λειτουργούν σε διαφορετικό περιβάλλον, για παράδειγμα τόσο σε αστικές όσο και σε αγροτικές περιοχές, και το μέγεθος τους ποικίλει.

Το ιδανικό επίπεδο λειτουργίας ποικίλει αρκετά και οι μη καλές οικονομίες κλίμακας σχετίζονται πρωταρχικά με τα εκτεταμένα δίκτυα αλλά και της πολύ μικρής ποσότητας διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Καθώς ο αριθμός των εταιρειών που συμπεριλαμβάνονται στη μελέτη είναι σχετικά μεγάλος δεν είναι δυνατόν να αναλυθούν τα αποτελέσματα λεπτομερώς από την οπτική γωνία κάθε εταιρείας.

Συμπεράσματα

Μια σύγκριση των παραπάνω αποτελεσμάτων με τα αποτελέσματα των ετών 1996-1997 αποκαλύπτει ότι υπάρχουν ανεξήγητες διακυμάνσεις στα λειτουργικά κόστη που χρησιμοποιήθηκαν ως είσοδοι στο μοντέλο. Τα προβλήματα αυτά σχετίζονται με την αξιοπιστία των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν. Οι διαδικασίες συλλογής δεδομένων πρέπει να αναπτυχθούν περαιτέρω με σκοπό να διασφαλιστεί η ποιότητα τους. Όταν συλλεχθούν αξιόπιστα δεδομένα για περίοδο πολλών ετών ίσως είναι ενδιαφέρον να εκτιμηθούν οι αλλαγές στην παραγωγικότητα.

Το κεφαλαιουχικό κόστος δεν έχει συμπεριληφθεί στο τελικό μοντέλο μιας και αξιόπιστα δεδομένα δεν έχουν συλλεχθεί. Καθώς η διανομή ηλεκτρικής ενέργειας είναι μια διαδικασία που απαιτεί μεγάλο κεφάλαιο άρα υπάρχει πρόσφορο έδαφος για τη διερεύνηση της πιθανότητας να συμπεριληφθεί στην ανάλυση. Η επίλυση του προβλήματος αποτελεί μια από τις σημαντικότερες μελλοντικές ανάγκες και οι Ενεργειακές Αρχές κινούνται προς αυτή τη κατεύθυνση.

Τέλος, μερικές από τις παραμέτρους που η ομάδα των ειδικών τις θεωρούσε αρχικά σημαντικές δεν αποκάλυψαν κάποια σημαντική επιρροή στις αναλύσεις κόστους. Αναφέρεται ότι απαιτείται περισσότερη ανάλυση στον τομέα αυτό.

4.5 Εφαρμογές στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής.

4.5.1 Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων των επιπέδων και των αιτιών επίδοσης των λιγνιτικών σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας των Ηνωμένων Πολιτειών.[4.5]

Σε αυτή τη μελέτη γίνεται προσπάθεια εκτίμησης του κόστους αποδοτικότητας των λιγνιτικών σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Η προσέγγιση αυτή επιμερίζει το κόστος αποδοτικότητας στα συστατικά του μέρη και λαμβάνει υπόψη του την επιρροή του είδους του καυσίμου, της χρησιμοποιούμενης τεχνολογίας και κατ'επέκταση του μεγέθους του σταθμού στην λειτουργική του απόδοση. Τα αποτελέσματα αυτής της προσπάθειας δείχνουν τις δυνατότητες μείωσης του κόστους παραγωγής στη βιομηχανία που μπορεί να επιφέρει μειώσεις τιμών και στους καταναλωτές ηλεκτρικής ενέργειας.

Τα δεδομένα αντιπροσωπεύουν ένα ευρύ δείγμα των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στις Ηνωμένες Πολιτείες που χρησιμοποιούν το λιγνίτη ως κύριο καύσιμο για την παραγωγή. Στην

πραγματικότητα, το δείγμα είναι μεγαλύτερο από τις περισσότερες προηγούμενες μελέτες που είχαν εξετάσει το θέμα αυτό. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν γι' αυτή τη μελέτη συνοψίζονται παρακάτω και αναφέρονται στο έτος **1996** για κάθε σταθμό:

1. Η Ετήσια Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας,
2. Ο Αριθμός των Εργαζομένων,
3. Οι Μέσοι Μισθοί των Εργαζομένων,
4. Η Εγκατεστημένη Ισχύς,
5. Το Κόστος Παραγωγής ανά kW Εγκατεστημένης Ισχύος,
6. Η Ποσότητα Καύσης του Λιγνίτη,
7. Η Τιμή του Λιγνίτη,
8. Η Ποσότητα των άλλων καυσίμων που χρησιμοποιήθηκαν για βοηθητικές εργασίες,
9. Η Τιμή των άλλων καυσίμων που χρησιμοποιήθηκαν για βοηθητικές εργασίες,
10. Τα Συνολικά Μεταβλητά Κόστη,
11. Το Έτος Έναρξης Λειτουργίας,
12. Ο Μέσος Θερμικός Βαθμός Απόδοσης,
13. Τα Συνολικά Ετήσια Έξοδα και
14. Τοπικοί Δείκτες ανάλογα με τη γεωγραφική θέση κάθε σταθμού.

Συμπεράσματα

Τα ευρήματα αυτής της μελέτης οδηγούν σε δύο **σημαντικά συμπεράσματα**.

Πρώτον, ότι οι περισσότεροι λιγνιτικοί σταθμοί έχουν εξαντλήσει τα περιθώρια βελτίωσης των τεχνικών τους αποδόσεων. Μελλοντικά οφέλη σε ένα ανταγωνιστικό περιβάλλον μπορούν να είναι αναμενόμενα στις επιμεριζόμενες δυνατότητες της λειτουργίας ενός σταθμού.

Δεύτερον, ότι ειδική προσοχή πρέπει να δοθεί στη χρήση του επενδεδυμένου κεφαλαίου. Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι ανάμεσα στις παραμέτρους που δεν σχετίζονται με τα καύσιμα δηλαδή το επενδεδυμένο κεφάλαιο χρησιμοποιείται περισσότερο λανθασμένα.

Επιπρόσθετα, είναι δυνατόν να σημειωθούν δύο ακόμα σημαντικά στοιχεία από την έρευνα που πραγματοποιήθηκε. Πρώτον, από μεθοδολογικής πλευράς, παρουσιάστηκε μια διαφορετική προσέγγιση του κόστους απόδοσης κατά την παραγωγή στη βιομηχανία ηλεκτρικής ενέργειας. Στο παρελθόν περισσότερο ενδιαφέρον είχε δοθεί στις οριζόμενες οικονομίες κλίμακας και οι οφέλεις κατηγοριοποιούνταν είτε έχοντας αυτές είτε όχι. Η οριζόμενη συνάρτηση κόστους παρείχε περιορισμένες πληροφορίες στις επιχειρήσεις που ήθελαν να προετοιμάσουν στρατηγικές και πλάνα

για την χάραξη μιας οικονομικής πολιτικής. Με άλλα λόγια οι εταιρείες που δραστηριοποιούνται στο χώρο θα βρουν την προσέγγιση της Π.Α.Δ. να προσφέρει περισσότερες σχετικές πληροφορίες στο βαθμό του κόστους και της λειτουργικής απόδοσης.

Δεύτερον, από πρακτικής πλευράς είναι δυνατόν να γίνουν δυο παρατηρήσεις. Το γεγονός ότι η επιμεριζόμενη αναποδοτικότητα είναι η σημαντικότερη πηγή αναποδοτικότητας για την περίοδο που εξετάζεται είναι εξαιρετικά χρήσιμη για την μελλοντική ανταγωνιστική αγορά της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Γι' αυτό το λόγο η επιτυχία ή αποτυχία των εταιρειών σε ένα πλήρως ανταγωνιστικό περιβάλλον ίσως να εξαρτάται από τις εναλλασσόμενες αντιδράσεις τους στις τιμές της αγοράς που υπερισχύουν. Επίσης, αφού η επιμεριζόμενη αναποδοτικότητα επηρεάζεται από τους θερμικούς βαθμούς απόδοσης η τεχνολογία ίσως εξαναγκάσει πολλές παλιές μη αποδοτικές εγκαταστάσεις στο πρώιμο κλείσιμο τους. Ο μεγάλος αριθμός μονάδων συνδυασμένου κύκλου που χρησιμοποιούν το φυσικό αέριο ως εργαζόμενο μέσο ίσως είναι μια πραγματικότητα τα επόμενα χρόνια.

4.5.2 Εκτίμηση της απόδοσης του συστήματος διανομής ηλεκτρικής ενέργειας κοινής ωφέλειας των Ηνωμένων Πολιτειών βασισμένη στη Π.Α.Δ.[4.8]

Σε αυτό το άρθρο παρουσιάζεται μια μέθοδος αξιολόγησης του συστήματος διανομής ηλεκτρικής ενέργειας βασισμένη στη Π.Α.Δ. Εφαρμόζεται η βασική θεωρία της Π.Α.Δ. στα **50 μεγαλύτερα συστήματα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής.**

Πολλά τεχνικά και οικονομικά δεδομένα εξετάστηκαν για την ανάλυση που παρουσιάζεται σε αυτή τη μελέτη και τελικά οκτώ μεταβλητές συμπεριλήφθησαν σε αυτήν την ανάλυση. Αναφέρεται ότι παρόλο που υπήρχε η επιθυμία να συμπεριληφθούν και δεδομένα αξιοπιστίας (διακοπές ανά καταναλωτή και διάρκεια διακοπής ανά καταναλωτή), δεν κατέστη εφικτό μιας και τέτοια στοιχεία είναι διαθέσιμα στο κοινό μόνο για λίγες χρήσεις. Έτσι έχουμε **5 εισόδους** και **3 εξόδους** που είναι:

ΕΙΣΟΔΟΙ

- 1. Απώλειες Διανομής του Συστήματος,**
- 2. Έξοδα Λειτουργίας και Συντήρησης του Συστήματος Διανομής,**
- 3. Πρόσθετα Κεφαλαιουχικά Έξοδα του Συστήματος Διανομής,**
- 4. Μετασηματιστές Διανομής,**

5. Μήκος Γραμμών Μεταφοράς.

ΕΞΟΔΟΙ

1. **Ονομαστική Ισχύς** του Συστήματος Διανομής,
2. **Λιανικές Πωλήσεις**,
3. **Λιανικοί Καταναλωτές**.

Η ανάλυση μπορεί επίσης να πραγματοποιηθεί με κάποιες από τις εισόδους και εξόδους ή με διαφορετική ομάδα μεταβλητών. Όμως εάν υπήρχε ενδιαφέρον να υπολογιστεί η οικονομική απόδοση, μόνο τα Έξοδα Λειτουργίας και Συντήρησης και τα Πρόσθετα Κεφαλαιουχικά Έξοδα θα θεωρούνταν ως εισοδοί και ο αριθμός των καταναλωτών και ο αριθμός των ενεργειακών πωλήσεων ως έξοδοι. Παρόλα αυτά, η ανάλυση με ένα μειωμένο αριθμό μεταβλητών είτε θα μείωνε την αποδοτικότητα των συστημάτων είτε θα τη διατηρούσε ίδια αλλά ποτέ δεν θα την αύξανε. Η μέθοδος της Π.Α.Δ. είναι πολύ ελαστική και επιτρέπει στον αναλυτή να επιλέξει εισροές και εκροές.

Συμπεράσματα

Δεκαεννέα (19) από τα πενήντα (50) συστήματα αποδείχθηκαν ότι είναι **αποδοτικά** κατά τη Π.Α.Δ. ενώ τα υπόλοιπα **τριάντα ένα (31)** αποδείχθηκαν **μη αποδοτικά**. Το σύστημα Α εμφανίζει τη χαμηλότερη D.E.A. αποδοτικότητα (ίση με 0.77) και αποτέλεσε το σημείο αναφοράς μας για κάθε σύγκριση.

Επίσης πραγματοποιήθηκε ανάλυση ευαισθησίας των εξεταζόμενων πενήντα συστημάτων διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Μια προσέγγιση της ανάλυσης ευαισθησίας είναι να απομακρυνθεί κάποια από τις μονάδες απόφασης και στη συνέχεια να συγκριθούν οι αποδοτικότητες της Π.Α.Δ.. Η δεύτερη προσέγγιση βασίζεται στην απομάκρυνση μιας ή περισσότερων μεταβλητών από το μοντέλο για να προσδιοριστούν οι αλλαγές στις αποδοτικότητες της Π.Α.Δ.. Σημειωτέον ότι ως ανάλυση ευαισθησίας ορίζεται η επιρροή στην Π.Α.Δ. αποδοτικότητα που έχει το γεγονός να συμπεριληφθεί ή να απομακρυνθεί μία ή περισσότερες μεταβλητές από το μοντέλο και όχι σε σχέση με τις παραμετρικές διαφοροποιήσεις των εισαγόμενων και εξαγόμενων μεταβλητών. Αυτό το είδος της ανάλυσης ευαισθησίας δεν πρέπει να συγχέεται με την ανάλυση ευαισθησίας των δεδομένων που χρησιμοποιούνται στο μοντέλο. Σε αυτό το άρθρο τα αποτελέσματα είναι βασισμένα στη δεύτερη προσέγγιση.

4.5.3 Αποδοτικότητα του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στις Ηνωμένες Πολιτείες :Αναλύσεις και προβλέψεις βασισμένες στη Π.Α.Δ. [4.12]

Σε αυτό το άρθρο γίνεται εκτίμηση της αποδοτικότητας του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στις **Ηνωμένες Πολιτείες** για τη χρονική περίοδο από το 1991 μέχρι και το 2004 χρησιμοποιώντας τη **Data Envelopment Analysis (D.E.A.)**.

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν είναι μόνο μετρήσιμοι τεχνικοί και οικονομικοί δείκτες. Για παράδειγμα δεν συμπεριλήφθησαν αμιγώς τεχνικά στοιχεία όπως: διακοπές λειτουργίας των σταθμών ή πτώσεις τάσεως. Επίσης δεν λήφθηκαν υπόψη περιβαλλοντικοί και κοινωνικοί δείκτες που είναι εκτός του ελέγχου του σταθμού όπως είναι η ποσότητα της ενέργειας που διατίθεται ή ο αριθμός των καταναλωτών. Η έρευνα δεν περιλαμβάνει παραμέτρους που είναι σημαντικές για την εκτίμηση της αποδοτικότητας αλλά δεν μπορούν να συλλεχθούν από πηγές πληροφοριών διαθέσιμες στο κοινό όπως οι οικονομικές απώλειες που εμφανίζονται λόγω των διακοπών λειτουργίας των σταθμών παραγωγής. Οι τρεις παράμετροι που επιλέχθηκαν για τη μελέτη είναι:

ΕΙΣΟΔΟΙ

- 1. Λειτουργικά Έξοδα (%)**, επιμερισμένα στα συνολικά έσοδα,
- 2. Απώλειες Ενέργειας (%)**, επιμερισμένες στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

ΕΞΟΔΟΣ

- 1. Διαθεσιμότητα του Δικτύου (%)**.

Όλα τα δεδομένα είναι βασισμένα σε πηγές διαθέσιμες στο κοινό και βρίσκονται υπό τον έλεγχο της βιομηχανίας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Η δυνατότητα μέτρησης κάθε μιας παραμέτρου ξεχωριστά επιτρέπει την επέκταση της προτεινόμενης προσέγγισης για διατοπικές και διεθνείς συγκρίσεις.

Τα αποτελέσματα της μελέτης συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 4.1)

Δείκτης	Διαθεσιμότητα Δικτύου(%)	Λειτουργικά Έξοδα (%)	Απώλειες Ενέργειας (%)
Ρόλος στην Π.Α.Δ.	Εκροή	Εισροή	Εισροή
max	53.67	87.92	10.64
min	46.74	81.33	9.64

Πίνακας 4.1 Συγκεντρωτικά Αποτελέσματα

Η διαθεσιμότητα του δικτύου δείχνει σε ποιο βαθμό η βιομηχανία παραγωγής αξιοποιεί τις παραγωγικές της δυνατότητες. Μετράται ως ποσοστό της παραγωγής στο δίκτυο προς την καλοκαιρινή εγκατεστημένη ισχύ πολλαπλασιασμένη επί 8760 ώρες κάθε χρόνο.

Τα λειτουργικά έξοδα είναι ένας ακόμη δείκτης της έρευνας. Συμπεριλαμβάνει έξοδα εργατικά, καυσίμων, υλικών, της διαδικασίας παραγωγής καθώς και διοικητικές δαπάνες. Για να αποφευχθεί η επαφή με δείκτες πληθωρισμού και για να υπάρχει η δυνατότητα διεθνών συγκρίσεων μετράται ο δείκτης ως ποσοστό των εσόδων από τις χονδρικές πωλήσεις ηλεκτρικής ενέργειας.

Ο τελευταίος δείκτης της έρευνας είναι αυτός των **απωλειών ενέργειας**. Η φύση του συστήματος διανομής υπαγορεύει 2 σημαντικά θέματα: την παραγωγή ενέργειας από τη μία και την κατανάλωσή της από την άλλη. Ενώ η μεταφορά της ενέργειας γίνεται σε υψηλή τάση ώστε να μειωθούν οι απώλειες του δικτύου ενώ η παραγωγή και η κατανάλωση της πραγματοποιείται σε χαμηλή τάση για τεχνικούς λόγους και λόγους ασφαλείας.

Συμπεράσματα

Τα ευρήματα της εργασίας δείχνουν μια σχετική σταθερότητα της αποδοτικότητας από το 1994 έως και το 2000 στα επίπεδα του 99-100% και μια μικρή πτώση στο 94.61% το 2004. Για το έτος 2010 η αποδοτικότητα εκτιμάται στο 96.80% που είναι υψηλότερη από αυτή του 2004 αλλά ακόμα κάτω από το 100%. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν μπορούν να αποτελέσουν τις κατευθυντήριες γραμμές για τη ανάπτυξη μέτρων βελτίωσης της αποδοτικότητας των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένα το μοντέλο μπορεί επίσης να επεκταθεί για τη διεξαγωγή διατοπικών και διεθνών συγκρίσεων κάνοντας χρήση ενός μικρού αριθμού δεικτών διαθέσιμων στο ευρύ κοινό.

4.6 Εφαρμογή στη Νότια Κορέα

4.6.1 Η αποδοτικότητα των συμβατικών σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της Νότιας Κορέας – Μια σύγκριση παραμετρικών και μη προσεγγίσεων.[4.6]

Σε αυτό το άρθρο γίνεται εφαρμογή της μεθόδου της **D.E.A.** σε **64 συμβατικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας** που λειτουργούν στη Νότια Κορέα (1990).

Οι σταθμοί αυτοί περιλαμβάνουν: **16 πετρελαϊκούς, 18 λιγνιτικούς, 10 φυσικού αερίου και 20 μικρότερους σταθμούς Diesel.** Το παράδειγμα αναφέρεται σε 11 σταθμούς της δεκαετίας 1960-1970, σε 27 σταθμούς της δεκαετίας 1970-1980 και σε 26 σταθμούς της δεκαετίας 1980-1990. Όλα τα δεδομένα του παραδείγματος μας αναφέρονται στο έτος 1990.

Σε αυτό το μοντέλο ως **έξοδος** θεωρείται η **εξαχθείσα στο δίκτυο ηλεκτρική ενέργεια** (σε **MWh**) κάθε σταθμού και ως **είσοδοι** επιλέγονται :η **ποσότητα του καυσίμου** (σε **tones ισοδύναμου πετρελαίου**) που καταναλώνεται σε κάθε σταθμό, η **εγκατεστημένη ισχύς** (σε **KW**) κάθε σταθμού και η **συνεισφορά του εργατικού δυναμικού** (σε **men-years**) για την λειτουργία κάθε σταθμού.

Αποτελέσματα

Μια σύγκριση των αποδόσεων των σταθμών σε σχέση με τη δεκαετία έναρξης λειτουργίας τους δείχνει ότι την υψηλότερη αποδοτικότητα εμφανίζουν αυτοί της δεκαετίας 1980-1990, ακολουθούν αυτοί της δεκαετίας 1970-1980 και έπονται αυτοί της δεκαετίας 1960-1970. Αυτό το γεγονός αποδεικνύει την αλματώδη τεχνολογική πρόοδο που επιτεύχθηκε τα τελευταία 30 χρόνια.

Επιπλέον μια σύγκριση των μέσων αποδόσεων των σταθμών σε σχέση με τη γεωγραφική τους περιοχή (Νότια και Βόρεια Κορέα) δεν αποκαλύπτει σημαντικές διαφορές.

Συμπεράσματα

Οι αποδόσεις, χρησιμοποιώντας τη **D.E.A.**, που υπολογίζονται για ένα πλήθος 64 συμβατικών σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στη Νότια Κορέα προσφέρονται ως εξωγενείς

μεταβλητές σε ένα σταθερό μοντέλο οικονομετρικής συνάρτησης παραγωγής που δίνει περισσότερα καινούργια μοντέλα που εμφανίζονται στατιστικά πιο σημαντικά.

Αυτή η προσέγγιση φαίνεται εντούτοις να οδηγεί σε μερικές νέες κατευθύνσεις έρευνας, έρευνα αναφερόμενη τόσο στις πρακτικές-οικονομετρικές πτυχές της όσο και στις αντίστοιχες θεωρητικές της (και ειδικότερα δίνει την ερμηνεία των αποδόσεων σύμφωνα με την D.E.A. σε σχέση με τη διοικητική και οργανωτική λειτουργία κάθε σταθμού).

4.7 Εφαρμογή στο Ηνωμένο Βασίλειο

4.7.1 Το Σενάριο της Π.Α.Δ. στη δημιουργία στόχων για τους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας – Εφαρμογή στους σταθμούς του Ηνωμένου Βασιλείου.[4.7]

Σε αυτό το άρθρο εφαρμόζεται η Π.Α.Δ. με σκοπό να τεθούν στόχοι στην αποδοτικότητα των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας του **Ηνωμένου Βασιλείου**. Το αλγεβρικό μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε είναι το ακόλουθο (Μοντέλο 4.3):

$$\text{Max } (\lambda_j, z_r, \theta_i) \sum_{r \in O} P_r^+ z_r - \sum_{i \in I} P_i^- \theta_i$$

$$\sum_{j \in \Phi} \lambda_j x_{ij} = \theta_i x_{ij0}, \quad i \in I$$

$$\sum_{j \in \Phi} \lambda_j y_{rj} = z_r y_{rj0}, \quad r \in O$$

$$\theta_i x_{ij0} \geq K_i, \quad i \in I_k$$

$$z_r y_{rj0} \leq K_r, \quad r \in O_k$$

$$A_i < \theta_i < 1/B_i, \quad A_i, B_i \in [0,1], \text{ για κάθε } i \in I$$

$$\Gamma_r < 1/z_r < 1/\Delta_r, \quad \Gamma_r, \Delta_r \in [0,1], \text{ για κάθε } r \in O$$

$$\lambda_j > 0 \text{ για κάθε } j,$$

Μοντέλο (4.3)

όπου x_{ij} είναι η ποσότητα της εισόδου i της μονάδας j ,
 y_{rj} είναι η ποσότητα της εξόδου r της μονάδας j ,
 P_i^-, P_r^+ σταθερές που ορίζονται από το χρήστη ανάλογα με το στόχο κάθε μονάδας,
 θ_i, z_r το ποσοστό συστολής της εισόδου i και της διαστολής της εξόδου r ,
 K_i, K_r τα σύνορα των εκτιμώμενων στόχων της εισόδου i και της εξόδου r ,
 A_i, B_i τα κάτω και άνω όρια της εισόδου i ,
 Γ_i, Δ_i τα κάτω και άνω όρια της εξόδου r .

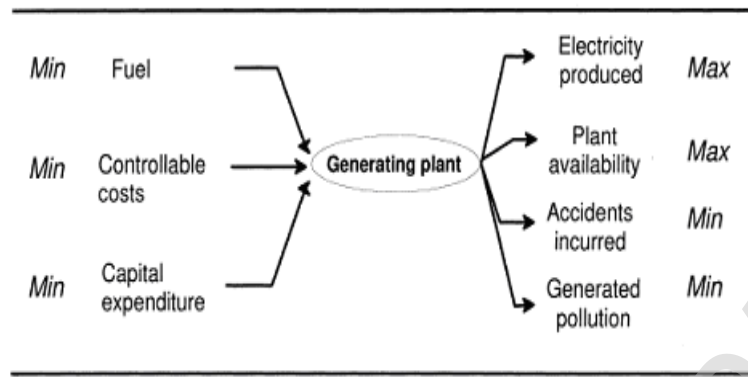
Στο παρακάτω μοντέλο ως **είσοδοι** θεωρούνται :

- 1. Η ποσότητα του καυσίμου** που καταναλώνεται σε κάθε σταθμό, μετρούμενη ως η ποσότητα της προσδιδόμενης θερμότητας σε GJ. Στόχος είναι η ελαχιστοποίηση του.
- 2. Τα εργατικά κόστη κάθε σταθμού.** Στόχος είναι η ελαχιστοποίηση τους.
- 3. Το κόστος επένδυσης** που αντικατοπτρίζει την υποστήριξη που δίνεται σε κάθε σταθμό βελτιώνοντας τόσο την τεχνολογία του όσο και τις εργασιακές συνθήκες και τις συνθήκες ασφάλειας. Στόχος είναι η ελαχιστοποίηση του.

Ως **έξοδοι** θεωρούνται :

- 1. Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια σε MWh** κάθε σταθμού. Στόχος είναι η μεγιστοποίηση της.
- 2. Η διαθεσιμότητα σε %** κάθε σταθμού. Στόχος είναι η μεγιστοποίηση της.
- 3. Ο αριθμός των ατυχημάτων** που συμβαίνει σε κάθε σταθμό. Στόχος είναι η ελαχιστοποίηση του.
- 4. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις** δηλαδή οι εκπομπές SO_2 και NO_x του κάθε σταθμού. Στόχος είναι η ελαχιστοποίηση αυτών.

Σχηματικά οι επιδιωκόμενοι στόχοι εκφράζονται από το παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 4.2) :



Διάγραμμα 4.2 Επιδιωκόμενοι Στόχοι

Συμπεράσματα

- Το ποσοστό μόλυνσης μπορεί να μειωθεί μόνο με την αύξηση των υφιστάμενων κόστων, με την μείωση του χρησιμοποιούμενου καυσίμου (άρα και της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας) και με την αύξηση του κεφαλαίου επένδυσης.
- Υπάρχει ένα ανησυχητικό στοιχείο που αναφέρεται στην αύξηση του αριθμού των ατυχημάτων. Το πρόβλημα αυτό σχετίζεται με την υπάρχουσα τεχνολογία, τις εργασιακές συνθήκες και την ένταση της παραγωγής.
- Κάθε σταθμός παραγωγής θα ήταν καλό να μειώσει την κλίμακα μεγέθους του ώστε να γίνει πιο παραγωγικός.

4.8 Εφαρμογή σε Ευρωπαϊκές Εταιρείες Διανομής.

4.8.1 Διεθνής αξιολόγηση συστημάτων διανομής ηλεκτρικής ενέργειας-Μια εφαρμογή σε Ευρωπαϊκές Εταιρείες Διανομής.[4.9]

Εξαιτίας της έλλειψης δεδομένων και των αυξανόμενων διεθνών συγχωνεύσεων, οι διεθνείς ενεργειακοί ρυθμιστές αναζητούν διεθνείς αναλύσεις με σκοπό να βοηθηθούν στη θέτηση ελεγκτικών μηχανισμών για τις τιμές μέσω κανονισμών με κίνητρα. Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται μια διεθνής μελέτη **63 τοπικών συστημάτων διανομής ηλεκτρικής ενέργειας σε 6 Ευρωπαϊκές Χώρες** που έχει ως στόχο να απεικονίσει τη μεθοδολογία και τα δεδομένα που

λήφθησαν υπόψη για την αξιολόγηση αυτών των συστημάτων. Η μελέτη εξετάζει το αποτέλεσμα της επιλογής μεθόδων χρησιμοποιώντας το μοντέλο **D.E.A.**.

Οι χώρες που επιλέχθηκαν για τη μελέτη μας καθώς και ο αριθμός των εταιρειών σε κάθε χώρα που

Χώρα	Αριθμός
Ιταλία	1
Ολλανδία	18
Νορβηγία	25
Πορτογαλία	1
Ισπανία	4
Ηνωμένο Βασίλειο	14
Συνολικά	63

δραστηριοποιούνται στον τομέα της διανομής ηλεκτρικής ενέργειας φαίνονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 4.2):

Πίνακας 4.2 Εταιρείες ανά χώρα

Τα **δεδομένα** που χρησιμοποιήθηκαν σε αυτή τη μελέτη συλλέχθηκαν από τις σχετικές χώρες με σκοπό τη διεθνή συγκριτική τους αξιολόγηση. Τα δεδομένα αυτά είναι:

- 1. Το Λειτουργικό Κόστος,**
- 2. Τα Κεφαλαιουχικά Έξοδα,**
- 3. Η Παραγόμενη Ηλεκτρική Ενέργεια,**
- 4. Ο Αριθμός Καταναλωτών (Οικιακών και μη),**
- 5. Το Μήκος των Γραμμών Μεταφοράς (Εναέριας και Υπόγειας),**
- 6. Οι Απώλειες Διανομής και Μεταφοράς και**

7. Ο Αριθμός των Μετασχηματιστών.

Αυτή η μελέτη χρησιμοποιεί νομισματικές μονάδες και διαφέρει από πολλές από τις προηγούμενες μελέτες όπου οι εισοδοί ήταν εκφρασμένες σε φυσικές μονάδες. Αυτό αποτελεί πλεονέκτημα μιας και οι νομισματικές μονάδες αντανακλούν όλα τα λειτουργικά και κεφαλαιουχικά έξοδα ως εισόδους και μετρούν το σχετικό κόστος αποδοτικότητας των συστημάτων.

Επειδή η μελέτη πραγματοποιήθηκε το έτος **1999** είναι απαραίτητος ο ορισμός ενός έτους αναφοράς κάθε χώρας ώστε να είναι δυνατή η αναγωγή των στοιχείων της, κυρίως των οικονομικών, στο τρέχον έτος. Ο παρακάτω πίνακας (Πίνακας 4.3) παρουσιάζει το έτος αναφοράς κάθε χώρας.

Χώρα	Έτος Αναφοράς για τα Δεδομένα
Ιταλία	1997
Νορβηγία	1998
Ηνωμένο Βασίλειο	1997/98
Πορτογαλία	1999
Ισπανία	1998
Ολλανδία	1999

Πίνακας 4.3 Έτος Αναφοράς κάθε χώρας.

4.9 Εφαρμογή στη Γερμανία

4.9.1 Ανάλυση αποδοτικότητας των εταιρειών διανομής ηλεκτρικής ενέργειας στη Γερμανία.

[4.11]

Αυτό το άρθρο παρέχει μια ανάλυση της παραγωγικότητας των εταιρειών διανομής ηλεκτρικής ενέργειας στη **Γερμανία** μέσω **D.E.A.** Η εργασία αυτή ομαδοποιεί παραδοσιακά στοιχεία του τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας, όπως ο ρόλος των επιπτώσεων της κλίμακας απόδοσης και της ονομαστικής διαθεσιμότητας του σταθμού. Λαμβάνει επίσης υπόψη του τρεις δομικές μεταβλητές ορισμένες από διεθνείς συμφωνίες : την πληθυσμιακή πυκνότητα, τη σύνθεση του δικτύου

(καλωδιακές έναντι εναέριων γραμμών) και τις διαφοροποιήσεις μεταξύ των εταιρειών της Ανατολικής και Δυτικής Γερμανίας.

Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν για αυτή τη μελέτη αφορούν 380 (από τις 553) Γερμανικές εταιρείες διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Τα δεδομένα αυτά περιλαμβάνουν 3 μεταβλητές εισόδου και 2 μεταβλητές εξόδου. Αναλυτικά:

ΕΙΣΟΔΟΙ

- 1. Εργατικά Κόστη, (*)**
- 2. Κεφάλαιο Επένδυσης, (**)**
- 3. Εγκατεστημένη Ισχύς.**

ΕΞΟΔΟΙ

- 1. Ενέργεια που πωλείται στους καταναλωτές,**
- 2. Αριθμός των καταναλωτών.**

* Τα εργατικά κόστη υπολογίζονται από τον αριθμό των εργαζομένων σε κάθε σταθμό. Καθώς τα δεδομένα που αφορούν τους εργαζομένους καλύπτουν όλους τους υπαλλήλους των εταιρειών, αφαιρείται ένας εργαζόμενος για κάθε παραγόμενη ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας ίση με 20 GWh.

** Το κεφάλαιο επένδυσης υπολογίζεται από το μήκος του υπάρχοντος ηλεκτρικού δικτύου. Διαφοροποιείται μεταξύ των διαφορετικών επιπέδων τάσης (υψηλή, μέση και χαμηλή τάση) με την εισαγωγή ενός συντελεστή κόστους για κάθε τύπο γραμμής.

Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα της μελέτης δείχνουν ότι μόνο οι πολύ μικρές εταιρείες έχουν ένα σημαντικό μειονέκτημα κόστους. Η χαμηλή πυκνότητα των καταναλωτών βρέθηκε να επηρεάζει σημαντικά τους βαθμούς αποδοτικότητας. Η σύνθεση του δικτύου δεν παράγει συστηματικά αποτελέσματα. Προς έκπληξη, οι εταιρείες που βρίσκονται στην Ανατολική Γερμανία εμφανίζουν, κατά μέσο όρο, υψηλότερες αποδόσεις από τις αντίστοιχες της Δυτικής Γερμανίας. Η εγκατεστημένη ισχύς, ως μια δομική παράμετρος εισόδου δεν φαίνεται να αποτελεί καθοριστικό παράγοντα επιρροής της αποδοτικότητας, όταν συγκρίνεται με το βασικό μοντέλο χωρίς την

εγκατεστημένη ισχύ.Οι σχετικές δοκιμές δείχνουν ότι τα αποτελέσματα είναι στενά συνδεδεμένα.Περαιτέρω έρευνα που χρησιμοποιεί πραγματικά δεδομένα κόστους και μια βαθύτερη διαφοροποίηση των μοντέλων πρέπει να πραγματοποιηθούν για την επαλήθευση ή όχι αυτών των αποτελεσμάτων.

4.10 Εφαρμογή στην Πορτογαλία

4.10.1 Ανάλυση αποδοτικότητας υδροηλεκτρικών σταθμών παραγωγής:Εφαρμογή στην Πορτογαλία. [4.13]

Σε αυτό το άρθρο γίνεται μια προσπάθεια εκτίμησης της μεταβολής της συνολικής παραγωγής ενέργειας,αναλύοντας την σε μεταβολή στη τεχνική απόδοση και σε μεταβολή στην τεχνολογική απόδοση,μέσω της **D.E.A.** εφαρμοζόμενη στους **υδροηλεκτρικούς σταθμούς παραγωγής της Πορτογαλίας**.Σκοπός αυτής της διαδικασίας είναι η αναζήτηση των καλύτερων πρακτικών που θα οδηγήσουν σε βελτιωμένες αποδόσεις στην αγορά ενέργειας.

Για την εκτίμηση της παραγωγικότητας χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα για τη χρονική περίοδο από το **2001** έως και το **2004** σε **25 υδροηλεκτρικούς σταθμούς** (4 χρόνια x 25 σταθμοί = 100 παρατηρήσεις).Για την αξιοπιστία της μεθόδου ο αριθμός των μονάδων απόφασης (των σταθμών παραγωγής δηλαδή) που μελετήθηκαν είναι τρεις φορές μεγαλύτερος από το άθροισμα εισόδων και εξόδων (100 παρατηρήσεις > 3*(2+4)).

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για τη μελέτη είναι τα ακόλουθα:

ΕΙΣΟΔΟΙ

- 1. Εργατικά Κόστη** , μετρούμενα από τον αριθμό των εργαζομένων σε κάθε σταθμό,
- 2. Το Κεφάλαιο που αντιπροσωπεύεται από την αξία της φυσικής περιουσίας,**
- 3. Τα Λειτουργικά Κόστη,**

4. Το Κεφάλαιο Επένδυσης.

ΕΞΟΔΟΙ

1. Η Συνολική Παραγωγή Ενέργειας,
2. Η Διαθεσιμότητα του Σταθμού.

Μια εναλλακτική παράμετρος που μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως έξοδος είναι η μέγιστη ζήτηση ενέργειας,εφόσον ήταν διαθέσιμη,αλλά συνδέεται στενά με τη διαθεσιμότητα του σταθμού και επομένως αυτές οι δύο παράμετροι δεν ήταν δυνατόν να χρησιμοποιηθούν ταυτόχρονα.

Συμπεράσματα

Τα ευρήματα της μελέτης καταλήγουν σε δυο κυρίως παρατηρήσεις όσον αφορά την οικονομική πολιτική των σταθμών.Πρώτον,ότι οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί παρουσιάζουν,κατά μέσο όρο,θετική και αυξανόμενη παραγωγικότητα κατά τη διάρκεια της περιόδου 2001-2004. Επιπλέον η βελτίωση της παραγωγικότητας αναλύεται σε ένα υψηλό επίπεδο αλλαγής τόσο της τεχνικής απόδοσης όσο και της αντίστοιχης τεχνολογικής.Δεύτερον,όσον αφορά τους μη αποδοτικούς σταθμούς είναι απαραίτητες κάποιες διαχειριστικές ρυθμίσεις.Αυτές πρέπει να είναι βασισμένες στη βελτίωση τόσο της τεχνικής απόδοσης όσο και της τεχνολογικής, μιμούμενες τις διαδικασίες των "καλύτερων" σταθμών.Οι κύριοι λόγοι της μη καλής απόδοσης των σταθμών είναι η τοποθεσία τους,η ηλικία τους καθώς και η ποικιλία των υδατοπτώσεων.Άλλοι λόγοι που μπορούν να παρουσιαστούν,αλλά δεν εξετάζονται στο άρθρο,είναι τα αποτελέσματα τόσο του αυξανόμενου ανταγωνισμού όσο και των καινούριων κανονισμών.Ακολουθώντας την απελευθέρωση,την ιδιωτικοποίηση και τον ανταγωνισμό που παρατηρείται στην αγορά,υπάρχει πιθανώς μια στρατηγική χρήση των υδροηλεκτρικών σταθμών τις περιόδους υψηλής ζήτησης που δεν έχει εκφραστεί,με σκόπο να εμποδισθούν οι νέοι ενδιαφερόμενοι και να μειωθούν οι εισαγωγές ενέργειας.

Στο ερώτημα **τι θα πρέπει να κάνουν οι διαχειριστές των υδροηλεκτρικών σταθμών ώστε να βελτιώσουν την αποδοτικότητά τους** οι απαντήσεις είναι :

- α) πρέπει να υιοθετήσουν τόσο διαδικασίες διαχείρισης ώστε να μπορούν να προσδιορίσουν τη σχετική τους θέση όσο και στρατηγικές ώστε να φτάσουν τους καλύτερους αποδοτικά σταθμούς,
- β) πρέπει να αναβαθμίσουν την ποιότητα των διαδικασιών διαχείρισης και

γ) πρέπει να λάβουν υπόψη τους τις μεταβλητές που επηρεάζουν την αποδοτικότητα των σταθμών που στην παρούσα περίπτωση είναι η τοποθεσία, η ηλικία και η υδατόπτωση.

4.11 Συγκεντρωτική Παρουσίαση των Είσοδων και Εξόδων που χρησιμοποιούνται στη διεθνή βιβλιογραφία-αρθρογραφία.

Ένας από τους βασικούς στόχους της ανασκόπησης των εργασιών που προηγήθηκε είναι και ο προσδιορισμός των κατάλληλων εισροών και εκροών που πρόκειται να ληφθούν στην εφαρμογή της Π.Α.Δ. για την αξιολόγηση των σταθμών Φυσικού Αερίου και των ΥΗ Σταθμών που πραγματεύεται η παρούσα διπλωματική εργασία. Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται συγκεντρωτικά οι χρησιμοποιηθείσες είσορες (Πίνακας 4.4) και εκροές (Πίνακας 4.5) στην διεθνή βιβλιογραφία-αρθρογραφία που παρουσιάστηκε στις προηγούμενες παραγράφους του κεφ.4.

ΑΡΘΡΟ

A/A	ΕΙΣΟΔΟΙ	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	4.10	4.11	4.12	4.13
1	Κόστος Καυσίμου	x				x								
2	**Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας	x												
3	Κόστος Επένδυσης	x						x	x	x		x		x
4	Χρόνος Κατασκευής	x	x			x								
5	Είδος Τεχνολογίας		x											
6	Καύσιμη Ύλη		x											
7	**Εγκατεστημένη Ισχύς		x	x		x	x					x		
8	Συντελεστής Φορτίου		x											
9	Θερμογόνος Δύναμη Καυσίμου		x											
10	Αριθμός Εργαζομένων			x		x								
11	Μέσοι Μισθοί Εργαζομένων					x								
12	Αριθμός των Μετασχηματιστών			x					x	x				
13	Μήκος Γραμμών Μεταφοράς			x					x	x				
14	Μήκος Τοπικού Δικτύου ανά κάτοικο			x										
15	**Συνολικά Έξοδα				x									
16	Ποσότητα Κύριου Καυσίμου					x	x	x						
17	Ποσότητα Άλλων Βοηθητικών Καυσίμων					x								
18	Τιμή Άλλων Βοηθητικών Καυσίμων					x								
19	Τοπικοί Δείκτες ανάλογα με τη γεωγραφική θέση κάθε σταθμού					x								
20	Συνεισφορά Εργατικού Δυναμικού						x							
21	Εργατικά Κόστη							x				x		x
22	Απώλειες Διανομής								x	x				
23	Έξοδα Λειτουργίας και Συντήρησης								x	x	x		x	x
24	Απώλειες Ενέργειας κατά την Παραγωγή												x	

Πίνακας 4.4 Χρησιμοποιηθείσες Είσορες

ΑΡΘΡΟ

A/A	ΕΞΟΔΟΙ	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	4.10	4.11	4.12	4.13
1	Διαθεσιμότητα	x						x					x	x
2	Θερμική Απόδοση	x				x								
3	Περιβαλλοντικό Κόστος (Εκπομπές SO ₂ και NO _x)	x			x			x						
4	Εκπομπές CO	x			x									
5	Παραγωγή Ισχύος (MW)	x												
6	Συντελεστές Εκπομπής		x											
7	**Συνολική Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας			x	x	x	x	x		x	x	x		x
8	Συνολικός Αριθμός Καταναλωτών			x						x	x	x		
9	Επιφάνεια της περιοχής που καλύπτει το δίκτυο			x							x			
10	Κόστος Παραγωγής					x								
11	Συνολικά Μεταβλητά Κόστη					x								
12	**Συνολικά Ετήσια Έξοδα					x								
13	Αριθμός Ατυχημάτων							x						
14	**Εγκατεστημένη Ισχύς								x					
15	Λιανικές Πωλήσεις								x					
16	Λιανικοί Καταναλωτές								x					
17	Προγραμματιζόμενες Διακοπές										x			
18	Γεωγραφική Κατανομή Καταναλωτών										x			

Πίνακας 4.5 Χρησιμοποιηθείσες Εκροές

* Τα Άρθρα με πράσινη ένδειξη αναφέρονται σε αξιολόγηση Συστημάτων Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας

** Οι μεταβλητές με κίτρινη ένδειξη εμφανίζονται τόσο ως είσοδοι όσο και ως έξοδοι

4.12 Βιβλιογραφία-Αρθρογραφία

Τα στοιχεία που παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 4 έχουν αντληθεί από τα παρακάτω άρθρα:

- [4.1] Kemal Sarıca and İlhan Or (2007), "**Efficiency assessment of Turkish power plants using data envelopment analysis**", Energy, Vol.32, No 8, pp. 1484-1499.
- [4.2] Barnali Nag (2006), "**Estimation of carbon baselines for power generation in India: the supply side approach**", Energy Policy, Vol.34, No 12, pp. 1399-1410.
- [4.3] Carlos Pombo and Rodrigo Taborda (2006), "**Performance and efficiency in Colombia's power distribution system: Effects of the 1994 reform**", Energy Economics, Vol. 28, No 3, pp.339-369.
- [4.4] Pekka J. Korhonen and Mikulas Luptacik (2004), "**Eco-efficiency analysis of power plants: An extension of data envelopment analysis**", European Journal of Operational Research, Vol.154, No 2 , pp. 437-446.
- [4.5] Williams O. Olatubi and David E. Dismukes (2000), "**A data envelopment analysis of the levels and determinants of coal-fired electric power generation performance**", Utilities Policy, Vol. 9, No 2 , pp. 47–59.
- [4.6] Soo-Uk Park and Jean-Baptiste Lesourd (2000), "**The efficiency of conventional fuel power plants in South Korea: A comparison of parametric and non-parametric approaches**", International Journal of Production Economics, Vol.63, No 1, pp. 59–67.
- [4.7] Antreas D. Athanassopoulos, Nikos Lambroukos and Lawrence Seiford (1999), "**Data envelopment scenario analysis for setting targets to electricity generating plants**", European Journal of Operational Research, Vol.115, No 3, pp. 413-428.
- [4.8] Anil Pahwa, Xiamoning Feng and David Lubkeman (2002), "**Performance Evaluation of Electric Distribution Utilities Based on Data Envelopment Analysis**", IEEE Transactions on Power Systems, Vol.17, No 3, pp. 400–405.
- [4.9] Tooraj Jamasb and Michael Pollitt (2002) , "**International Utility Benchmarking & Regulation: An Application to European Electricity Distribution Companies**", DAE Working Paper, No0115, Department of Applied Economics, University of Cambridge.

- [4.10] Pekka Korhonen and Mikko Syrjanen (2002), "**Evaluation of Cost Efficiency in Finnish Electricity Distribution**", Research Report, Helsinki School of Economics.
- [4.11] Christian von Hirschhausen and Andreas Kappeler (2005), "**Efficiency Analysis of German Electricity Distribution Utilities-Non Parametric and a Parametric Test**", German Institute for Economic Research, DIW Berlin.
- [4.12] Alexander Vaninsky (2006), "**Efficiency of electric power generation in the United States: Analysis and forecast based on data envelopment analysis**", Energy Economics, Vol. 28, No 3, pp. 326-338.
- [4.13] Carlos Pestana Barros (2006), "**Efficiency analysis of hydroelectric generating plants: A case study for Portugal**", Energy Economics, In Press, Corrected Proof.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο :

ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΡΟΩΝ-ΕΚΡΟΩΝ

ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥΣ ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Προκειμένου να εφαρμοστεί η D.E.A. για την αποτίμηση της αποδοτικότητας των Θερμικών Σταθμών Φυσικού Αερίου (Φ.Α.) καθώς και των ΥΗΣ απαιτείται να γίνει αυστηρός καθορισμός των δεδομένων που θα χρησιμοποιηθούν ως εισροές και εκροές στις αντίστοιχες υπολογιστικές εφαρμογές. Στο κεφάλαιο αυτό παρατίθενται αναλυτικά τα δεδομένα αυτά.

5.1 Σταθμοί Παραγωγής Φυσικού Αερίου Διασυνδεδεμένου Δικτύου

5.1.1 Δεδομένα Εισροών

Ως δεδομένα εισροών λαμβάνονται στοιχεία που μας παρέχει η Διεύθυνση Θερμοηλεκτρικών της Δ.Ε.Η. για το έτος 2006 και τα οποία αναλυτικά είναι (Πίνακας 5.1):

1. **Η μέση καθαρή θερμογόνος ισχύς του καυσίμου (φυσικό αέριο) που χρησιμοποιείται σε κάθε μονάδα εκφρασμένη σε KJ/Kg**
2. **Η κατανάλωση θερμότητας** κάθε μονάδας, εκφρασμένη σε GJ, που φανερώνει την ποσότητα του καυσίμου που χρησιμοποιείται σε κάθε μονάδα,
3. **Η εγκατεστημένη ισχύς** κάθε μονάδας εκφρασμένη σε MW,
4. **Το έτος έναρξης λειτουργίας** κάθε μονάδας ώστε να ληφθούν υπόψη **τα χρόνια λειτουργίας** της κάθε μονάδας με έτος αναφοράς το 2006,
5. **Οι συνολικές ετήσιες ώρες λειτουργίας (h)** των μονάδων κάθε σταθμού.
6. **Η θερμή εφεδρεία (h)** που εκφράζει τις συνολικές ετήσιες ώρες κάθε μονάδας που βρίσκεται σε κατάσταση αναμονής, δηλαδή είναι σε θέση να παράγει ηλεκτρική ενέργεια χωρίς όμως να λειτουργεί.
7. **Τα σταθερά έξοδα** κάθε μονάδας, εκφρασμένα σε €MW εγκατεστημένης ισχύος και τα οποία αναλύονται σε έξοδα μισθοδοσίας, εργολάβων και λοιπά έξοδα και
8. **Τα μεταβλητά έξοδα** κάθε μονάδας, εκφρασμένα σε €MWh παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας και τα οποία αναλύονται σε έξοδα καυσίμων και έξοδα λειτουργίας και συντήρησης.

ΜΟΝΑΔΕΣ	1.ΜΕΣΗ ΚΑΘΑΡΗ ΘΕΡΜΟΓΟΝΟΣ ΙΣΧΥΣ (KJ/Kg)	2.ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (GJ)	3.ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (MW)	4.ΕΤΟΣ ΕΝΑΡΞΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	5.ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (h)	6.ΘΕΡΜΗ ΕΦΕΔΡΕΙΑ (h)
1	9	9	9	9	9	9
2	9	9	9	9	9	9
ΣΥΝΟΛΟ	9	9	9		9	9
3	9	9	9	9	9	9
4	9	9	9	9	9	9
5			9	9	9	9
ΣΥΝΟΛΟ	9	9	9		9	9
6	9	9	9	9	9	9
7	9	9	9	9	9	9
8	9	9	9	9	9	9
9			9	9	9	9
ΣΥΝΟΛΟ	9	9	9	9	9	9
10	9	9	9	9	9	9
11	9	9	9	9	9	9
12	9	9	9	9	9	9
13			9	9	9	9

ΣΥΝΟΛΟ	9	9	9	9	9	9
--------	---	---	---	---	---	---

ΜΟΝΑΔΕΣ	ΣΤΑΘΕΡΑ ΕΞΟΔΑ (€ΜW)				ΜΕΤΑΒΛΗΤΑ ΕΞΟΔΑ (€ΜWh)		
	7.ΣΥΝΟ- ΛΙΚΑ	8.ΜΙΣΘΟΙ	9.ΕΡΓΟ- ΛΑΒΟΙ	10.ΔΙΑ- ΦΟΡΑ	11.ΣΥΝΟ- ΛΙΚΑ	12.ΚΑΥΣΙΜΑ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ & ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ
1	9	9	9	9	9	9	9
2	9	9	9	9	9	9	9
ΣΥΝΟΛΟ	9	9	9	9	9	9	9
3	9	9	9	9	9	9	9
4	9	9	9	9	9	9	9
5	9	9	9	9	9	9	9
ΣΥΝΟΛΟ	9	9	9	9	9	9	9
6	9	9	9	9	9	9	9
7	9	9	9	9	9	9	9
8	9	9	9	9	9	9	9
9	9	9	9	9	9	9	9
ΣΥΝΟΛΟ	9	9	9	9	9	9	9
10	9	9	9	9	9	9	9
11	9	9	9	9	9	9	9
12	9	9	9	9	9	9	9
13	9	9	9	9	9	9	9
ΣΥΝΟΛΟ	9	9	9	9	9	9	9

Πίνακας 5.1 Δεδομένα Εισροών Σταθμών Φ.Α.

Σχολιασμός Δεδομένων Εισροών των Μονάδων Φυσικού Αερίου

- Με τον όρο "ΣΥΝΟΛΟ" εκφράζεται ο κάθε σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που απαρτίζεται από τις επιμέρους μονάδες.(Ο 1^{ος} Σταθμός αποτελείται από τις Μονάδες 1 και 2,ο 2^{ος} Σταθμός αποτελείται από τις Μονάδες 3,4 και 5. κ.λ.π)
- Η αξιολόγηση της αποδοτικότητας θα γίνει σε επίπεδο μονάδων για την εξαγωγή πιο χρήσιμων και αξιόπιστων αποτελεσμάτων.
- Η μέση καθαρή θερμογόνος ισχύς του φυσικού αερίου που χρησιμοποιείται σε κάθε μονάδα εμφανίζει μικρές αποκλίσεις γεγονός που φανερώνει την ομοιογένεια του καυσίμου.
- Η κατανάλωση θερμότητας προκύπτει ως το γινόμενο της μέσης καθαρής θερμογόνου ισχύος του καυσίμου επί την ποσότητα του που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.
- Η εγκατεστημένη ισχύς κάθε μονάδας ποικίλει μεταξύ 57 και 385 MW.

- Δύο μονάδες (οι μονάδες 1 και 2) εμφανίζουν διπλά έτη έναρξης λειτουργίας γεγονός που οφείλεται στο ότι ο σταθμός αρχικά κατασκευάστηκε ως πετρελαικός και πρόσφατα ανακατασκευάστηκε και χρησιμοποιείται το φυσικό αέριο ως καύσιμο.
- Τις περισσότερες ώρες θερμής εφεδρείας εμφανίζουν οι μονάδες με τη μικρότερη εγκατεστημένη ισχύ. Το γεγονός αυτό είναι δικαιολογημένο μιας και οι μεγάλες μονάδες καλύπτουν το φορτίο βάσης του συστήματος ενώ οι μικρότερες μονάδες καλύπτουν το φορτίο αιχμής. Έτσι είναι πιο οικονομικό να βρίσκονται σε κατάσταση αναμονής οι μονάδες με μικρή εγκατεστημένη ισχύ.
- Τα σταθερά έξοδα εξαρτώνται από το μέγεθος κάθε μονάδας. Τα μεγαλύτερα σταθερά έξοδα εμφανίζουν οι 2 ανακατασκευασμένες μονάδες (μονάδες 1 και 2) που οφείλονται σε έξοδα μισθοδοσίας ίσως είτε επειδή η αλλαγή τεχνολογίας για την αντικατάσταση του καυσίμου απαιτεί την παρουσία μεγαλύτερου ανθρώπινου δυναμικού είτε επειδή μπορεί να παρατηρείται άνιση κατανομή του ανθρώπινου δυναμικού.
- Τα μεταβλητά έξοδα εξαρτώνται από την ποσότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας κάθε μονάδας. Τα μεγαλύτερα μεταβλητά έξοδα εμφανίζουν οι 2 ανακατασκευασμένες μονάδες (μονάδες 1 και 2) που οφείλονται σε έξοδα καυσίμου ίσως είτε γιατί οι εγκαταστάσεις τους είχαν κατασκευαστεί αρχικά με γνώμονα τη χρησιμοποίηση άλλου καυσίμου με αποτέλεσμα να εμφανίζονται απώλειες ενέργειας κατά τη διαδικασία της παραγωγής είτε λόγω παλαιότητας της εγκατάστασης.

5.1.2 Δεδομένα Εκροών

Ως δεδομένα εκροών λαμβάνονται στοιχεία που μας παρέχει η Διεύθυνση Θερμοηλεκτρικών της Δ.Ε.Η για το έτος 2006 και τα οποία αναλυτικά είναι (Πίνακας 5.2):

1. **Η συνολική ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας** κάθε μονάδας για το έτος 2006 εκφρασμένη σε MWh.
2. **Η μέση διαθεσιμότητα** κάθε μονάδας, σε ποσοστό επί τοις %, που εκφράζει το ποσοστό των ετήσιων ωρών (8.760 h) που η μονάδα έχει τη δυνατότητα να παράγει ηλεκτρική ενέργεια.
3. **Οι προγραμματισμένες διακοπές** λόγω εργασιών συντήρησης κάθε μονάδας, σε GWh, που εκφράζουν την ποσότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που θα παρήγαγε η μονάδα σε λειτουργία.

4. **Οι μη προγραμματισμένες διακοπές** λόγω βλαβών κάθε μονάδας, σε GWh, που εκφράζουν την ποσότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που θα παρήγαγε η μονάδα σε λειτουργία.
5. **Ο χρόνος υπολειτουργίας** κάθε μονάδας λόγω **περιβαλλοντικών αιτιών (h)** και
6. **Οι συνολικές ετήσιες εκπομπές CO₂** κάθε μονάδας εκφρασμένες σε tn.

ΜΟΝΑΔΕΣ	1. ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΤΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (GWh)	2. ΜΕΣΗ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ (%)	3. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΜΕΝΕΣ ΔΙΑΚΟΠΕΣ (GWh)	4. ΜΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΕΝΕΣ ΔΙΑΚΟΠΕΣ (GWh)	5. ΧΡΟΝΟΣ ΥΠΟΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΛΟΓΩ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΑΙΤΙΩΝ (h)	6. ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΕΤΗΣΙΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ CO ₂ (t)
1	9	9	9	9	9	9
2	9	9	9	9	9	9
ΣΥΝΟΛΟ	9	9	9	9	9	9
3	9	9	9	9	9	9
4	9	9	9	9	9	9
5	9	9	9	9	9	9
ΣΥΝΟΛΟ	9	9	9	9	9	9
6	9	9	9	9	9	9
7	9	9	9	9	9	9
8	9	9	9	9	9	9
9	9	9	9	9	9	9
ΣΥΝΟΛΟ	9	9	9	9	9	9
10	9	9	9	9	9	9
11	9	9	9	9	9	9
12	9	9	9	9	9	9
13	9	9	9	9	9	9
ΣΥΝΟΛΟ	9	9	9	9	9	9

Πίνακας 5.2 Δεδομένα Εκροών Σταθμών Φ.Α.

Σχολιασμός Δεδομένων Εκροών των Μονάδων Φυσικού Αερίου

Όπως και στην περίπτωση των εισροών:

- Με τον όρο "ΣΥΝΟΛΟ" εκφράζεται ο κάθε σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που απαρτίζεται από τις επιμέρους μονάδες ενώ η αξιολόγηση της αποδοτικότητας θα γίνει σε επίπεδο μονάδων για την εξαγωγή πιο χρήσιμων και αξιόπιστων αποτελεσμάτων.
- Μεγαλύτερη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας για το έτος 2006 εμφανίζει η μονάδα 10 μιας και πρόκειται για τη μονάδα με τη μεγαλύτερη εγκατεστημένη ισχύ. Για τον ίδιο ακριβώς λόγο η μονάδα 10 εκπέμπει τις μεγαλύτερες ποσότητες CO₂ για το ίδιο έτος αλλά και εμφανίζει τις μεγαλύτερες μη προγραμματισμένες διακοπές λόγω βλαβών.
- Αντίθετα τις μεγαλύτερες προγραμματισμένες διακοπές λόγω εργασιών συντήρησης άρα και τη χαμηλότερη μέση διαθεσιμότητα εμφανίζει η μονάδα 12 χωρίς αυτά τα στοιχεία να

μπορούν να αποδοθούν σε κάποιους εμφανείς λόγους (π.χ.παλαιότητα σταθμού ή ετήσιες ώρες λειτουργίας του).

- Όλες οι μονάδες φυσικού αερίου εμφανίζουν μηδενικούς χρόνους υπολειτουργίας λόγω περιβαλλοντικών αιτιών είτε επειδή δεν υπερβαίνουν τα περιβαλλοντικά όρια που τους έχουν τεθεί για τις εκπομπές CO₂ είτε επειδή καμία από αυτές δεν εφαρμόζει κάποια ιδιαίτερη περιβαλλοντική πολιτική.

5.2 Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί Παραγωγής

5.2.1 Δεδομένα Εισροών

Ως δεδομένα εισροών λαμβάνονται στοιχεία που μας παρέχει η Διεύθυνση Ανάπτυξης Υδροηλεκτρικών Έργων της Δ.Ε.Η για το έτος 2006 και τα οποία αναλυτικά είναι (Πίνακας 5.3):

1. **Η εγκατεστημένη ισχύς** κάθε σταθμού εκφρασμένη σε MW,
2. **Το έτος έναρξης λειτουργίας** κάθε σταθμού ώστε να ληφθούν υπόψη **τα χρόνια λειτουργίας** του κάθε σταθμού με έτος αναφοράς το 2006 και
3. **Οι συνολικές ετήσιες ώρες λειτουργίας** των σταθμών που προκύπτουν ως ο μέσος όρος του αθροίσματος των συνολικών ωρών κάθε μονάδας του υπό μελέτη σταθμού.

ΣΤΑΘΜΟΣ	ΜΟΝΑΔΕΣ	1.ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (MW)	2.ΕΤΟΣ ΕΝΑΡΞΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	3.ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΤΑΘΜΩΝ (h)	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ (h)
1	I	9	9	9	
	II	9	9	9	
	III	9	9	9	
	IV	9	9	9	
	ΣΥΝΟΛΟ	9		9	9
2	I	9	9	9	
	II	9	9	9	
	III	9	9	9	

	IV	9	9	9	
	ΣΥΝΟΛΟ	9		9	9
3	I	9	9	9	
	II	9	9	9	
	ΣΥΝΟΛΟ	9		9	9
4	I	9	9	9	
	II	9	9	9	
	ΣΥΝΟΛΟ	9		9	9
5	I	9	9	9	9
6	I	9	9	9	
	II	9	9		
	ΣΥΝΟΛΟ	9		9	9
7	I	9	9	9	
	II	9	9	9	
	ΣΥΝΟΛΟ	9		9	9
8	I	9	9	9	
	II	9	9	9	
	ΣΥΝΟΛΟ	9		9	9
9	I	9	9	9	
	II	9	9	9	
	III	9	9	9	
	ΣΥΝΟΛΟ	9		9	9
10	I	9	9	9	
	II	9	9	9	
	III	9	9	9	
	ΣΥΝΟΛΟ	9		9	9
ΣΤΑΘΜΟΣ	ΜΟΝΑΔΕΣ	1.ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (MW)	2.ΕΤΟΣ ΕΝΑΡΞΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	3.ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΤΑΘΜΩΝ (h)	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ (h)
11	I	9	9	9	
	II	9	9	9	
	III	9	9	9	
	ΣΥΝΟΛΟ	9		9	9
12	I	9	9	9	
	II	9	9	9	
	III	9	9	9	
	ΣΥΝΟΛΟ	9		9	9
13	I	9	9	9	

	II	9	9	9	
	III	9	9	9	
	ΣΥΝΟΛΟ	9		9	9
14	I	9	9	9	
	II	9	9	9	
	ΣΥΝΟΛΟ	9		9	9
15	I	9	9	9	
	II	9	9	9	
	III	9	9	9	
	ΣΥΝΟΛΟ	9		9	9
16	I	9	9	9	
	II	9	9	9	
	ΣΥΝΟΛΟ	9		9	9
17	I	9	9	9	9
18	I	9	9	9	
	II	9	9	9	
	ΣΥΝΟΛΟ	9		9	9
19	I	9	9	9	
	II	9	9	9	
	III	9	9	9	
	ΣΥΝΟΛΟ	9		9	9
20	I	9	9	9	
	II	9	9	9	
	ΣΥΝΟΛΟ	9		9	9

Πίνακας 5.3 Δεδομένα Εισροών ΥΗΣ.

Σχολιασμός Δεδομένων Εισροών των Υδροηλεκτρικών Μονάδων

Όπως και στην περίπτωση των Θερμοηλεκτρικών Σταθμών Φ.Α.:

- Με τον όρο "ΣΥΝΟΛΟ" εκφράζεται ο κάθε σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που απαρτίζεται από τις επιμέρους μονάδες, δηλαδή ο 1^{ος} Σταθμός αποτελείται από τις Μονάδες I, II, III και IV, ο 2^{ος} Σταθμός αποτελείται από τις Μονάδες I, II, III και IV κ.λ.π.
- Σε αντίθεση με τους Θερμοηλεκτρικούς Σταθμούς Φ.Α. η αξιολόγηση της αποδοτικότητας των ΥΗΣ θα γίνει σε επίπεδο σταθμών μιας και δεν είναι εφικτή η αξιολόγηση των μονάδων κάθε σταθμού λόγω της ιδιαιτερότητας της λειτουργίας μιας υδροηλεκτρικής εγκατάστασης.
- Η εγκατεστημένη ισχύς κάθε σταθμού ποικίλει μεταξύ 1,5 και 437 MW.

- Τις περισσότερες ώρες λειτουργίας εμφανίζουν οι δύο μονάδες του σταθμού 12 ίσως επειδή είτε λόγω γεωγραφικής θέσης ο σταθμός αυτός εμφανίζει υψηλότερο υδατικό δυναμικό είτε “καλύπτει” ενεργειακά περιοχές με μεγαλύτερες ανάγκες..

5.2.2 Δεδομένα Εκροών

Ως δεδομένα εκροών λαμβάνονται στοιχεία που μας παρείχε η Διεύθυνση Ανάπτυξης Υδροηλεκτρικών Έργων της Δ.Ε.Η το έτος 2006 και τα οποία αναλυτικά είναι (Πίνακας 5.4):

1. **Η συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας** κάθε σταθμού για το έτος 2006 εκφρασμένη σε MWh/year.
2. **Η μέση διαθεσιμότητα** κάθε σταθμού, σε ποσοστό επί τοις %, που εκφράζει το ποσοστό των ετήσιων ωρών (8.760 h) που ο σταθμός έχει τη δυνατότητα να παράγει ηλεκτρική ενέργεια.
3. **Η προγραμματισμένη μη διαθεσιμότητα** κάθε σταθμού, σε ποσοστό επί τοις %, που εκφράζει το ποσοστό των ετήσιων ωρών (8.760 h) που ο σταθμός δεν έχει τη δυνατότητα να παράγει ηλεκτρική ενέργεια λόγω εργασιών συντήρησης.
4. **Η μη διαθεσιμότητα από απρόβλεπτους λόγους** κάθε σταθμού, σε ποσοστό επί τοις %, που εκφράζει το ποσοστό των ετήσιων ωρών (8.760 h) που ο σταθμός δεν έχει τη δυνατότητα να παράγει ηλεκτρική ενέργεια λόγω βλαβών.
5. **Η έμμεση μη διαθεσιμότητα** κάθε σταθμού, σε ποσοστό επί τοις %, που εκφράζει το ποσοστό των ετήσιων ωρών (8.760 h) που ο σταθμός δεν έχει τη δυνατότητα να παράγει ηλεκτρική ενέργεια λόγω εξωγενών παραγόντων (καιρικές συνθήκες ,περίοδοι λειψυδρίας,στάσεις εργασίας).

Στο σημείο αυτό πρέπει να διευκρινιστεί ότι σε αντίθεση με τα δεδομένα των εισροών, η Διεύθυνση Ανάπτυξης Υδροηλεκτρικών Έργων της Δ.Ε.Η για τις εκροές μας παρείχε στοιχεία που αφορούν τον κάθε σταθμό και όχι την εκάστοτε μονάδα.

ΣΤΑΘΜΟΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΟΝΑΔΩΝ	1.ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΤΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (GWh)	2.ΜΕΣΗ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ (%)	3.ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΕΝΗ ΜΗ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ (ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ) (%)	4.ΜΗ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ ΑΠΟ ΑΠΡΟΒΛΕΠΤΟΥΣ ΛΟΓΟΥΣ (ΒΛΑΒΕΣ) (%)	5.ΕΜΜΕΣΗ ΜΗ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ (%)

1	4	9	9	9	9	9
2	4	9	9	9	9	9
3	2	9	9	9	9	9
4	2	9	9	9	9	9
5	1	9	9	9	9	9
6	2	9	9	9	9	9
7	2	9	9	9	9	9
8	2	9	9	9	9	9
9	3	9	9	9	9	9
10	3	9	9	9	9	9
11	3	9	9	9	9	9
12	3	9	9	9	9	9
13	3	9	9	9	9	9
14	2	9	9	9	9	9
15	3	9	9	9	9	9
16	2	9	9	9	9	9
17	1	9	9	9	9	9
18	2	9	9	9	9	9
19	3	9	99	9	9	9
20	2	9	9	9	9	9

Πίνακας 5.4 Δεδομένα Εκροών ΥΗΣ.

Σχολιασμός Δεδομένων Εκροών των Υδροηλεκτρικών Μονάδων

Όπως και στην περίπτωση των Θερμοηλεκτρικών Σταθμών Φ.Α:

- Με τον όρο "ΣΥΝΟΛΟ" εκφράζεται ο κάθε σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που απαρτίζεται από τις επιμέρους μονάδες δηλαδή ο 1^{ος} Σταθμός αποτελείται από τις Μονάδες Ι,ΙΙ,ΙΙΙ και ΙV,ο 2^{ος} Σταθμός αποτελείται από τις Μονάδες Ι,ΙΙ,ΙΙΙ και ΙV κ.λ.π
- Σε αντίθεση με τους Θερμοηλεκτρικούς Σταθμούς Φ.Α. η αξιολόγηση της αποδοτικότητας των ΥΗΣ θα γίνει σε επίπεδο σταθμών μιας και δεν είναι εφικτή η αξιολόγηση των μονάδων κάθε σταθμού λόγω της ιδιαιτερότητας της λειτουργίας μιας υδροηλεκτρικής εγκατάστασης.
- Μεγαλύτερη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας για το έτος 2006 εμφανίζει ο σταθμός 1 μιας και πρόκειται για το σταθμό με τη μεγαλύτερη εγκατεστημένη ισχύ.

- Τη χαμηλότερη μέση διαθεσιμότητα για το έτος 2006 εμφανίζει ο σταθμός 18 μιας και πρόκειται για το σταθμό με τη μικρότερη εγκατεστημένη ισχύ.
- Ο σταθμός 18 εμφανίζει τα περισσότερα χρόνια λειτουργίας και ως συνέπεια τη μεγαλύτερη μη διαθεσιμότητα από απρόβλεπτους λόγους π.χ.βλάβες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο :

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΥΣΑΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Στο κεφάλαιο αυτό αρχικά γίνεται μια σύντομη περιγραφή του υπολογιστικού κώδικα που χρησιμοποιείται και στη συνέχεια πραγματοποιείται η αξιολόγηση των Θερμοηλεκτρικών Μονάδων Φυσικού Αερίου καθώς και των Υδροηλεκτρικών Σταθμών.

6.1 Σύντομη περιγραφή του υπολογιστικού κώδικα

Η αξιολόγηση της αποδοτικότητας των Θερμικών Μονάδων Φυσικού Αερίου και των ΥΗΣ της Δ.Ε.Η. γίνεται με τη βοήθεια του υπολογιστικού κώδικα xIDEA 2.0 που έχει αναπτυχθεί από τον κ.Σπηλιόπουλο [6.1].Ο συγκεκριμένος κώδικας είναι ένα πρόγραμμα εφαρμογής της Π.Α.Δ. σε περιβάλλον Excel και προσφέρει τη δυνατότητα πολλαπλών επιλογών όσον αφορά την εφαρμογή του.Τα αποτελέσματα της υπολογιστικής μας ανάλυσης στηρίζονται στις παρακάτω επιλογές :

- Η ανάλυση είναι «ως προς τις εκροές» δηλαδή όταν διερευνάται η δυνατότητα αύξησης των εκροών με σταθερές εισροές.
- Όταν επιθυμούμε μείωση των εκροών τότε εισάγονται με την αντίστροφη μορφή τους.
- Με την ανάλυση «ως προς τις εισροές» τα αποτελέσματα είναι κάπως διαφορετικά,οι αποτελεσματικοί όμως γείτονες παραμένουν οι ίδιοι.
- Το βασικό κριτήριο για την επιλογή προσανατολισμού είναι το σε ποια μεγέθη (εισροές ή εκροές) έχουν μεγαλύτερο έλεγχο οι φορείς αποφάσεων για βελτιωτικές ενέργειες.
- Εφαρμόστηκε η παραδοχή ότι οι εκροές δεν αυξάνονται αναλογικά με τις εισροές.Το μοντέλο αυτό είναι τύπου μεταβλητής απόδοσης κλίμακας (Variable Returns to Scale-VRS) και είναι το ευρέως χρησιμοποιούμενο από τις αρχές της δεκαετίας του 1990.
- Το εναλλακτικό αναλογικό μοντέλο σταθερής απόδοσης κλίμακας (Constant Returns to Scale-CRS) ενδείκνυται για μερικές βιομηχανικές εφαρμογές (όταν το παραγόμενο προϊόν είναι ανάλογο των διατιθέμενων πόρων) αλλά πάντως όχι στην περίπτωση μας.
- Υπάρχει η δυνατότητα επιλογής των μη ελεγχόμενων παραμέτρων,των παραμέτρων δηλαδή που πρακτικά δεν είναι δυνατή η μεταβολή τους.
- Κατά την εφαρμογή του προγράμματος όμως οι μη ελεγχόμενες παράμετροι εμφανίζουν υποθετικά ποσοστά μεταβολής αναγκαία για να καταστεί η μονάδα απόφασης αποτελεσματική.

Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων μας γίνεται μέσω φύλλων εργασίας στο λειτουργικό περιβάλλον του Excel.Τα φύλλα εργασίας περιλαμβάνουν τους **δείκτες αποτελεσματικότητας (scores-scores chart)**,τη **συχνότητα εμφάνισης αυτών (frequencies- frequencies chart)**,τους **αποτελεσματικούς γείτονες (peers)**,τις **εικονικές εισροές και εκροές (virtual inputs/outputs)** και τα **περιθώρια εισροών και εκροών (input / output slacks)**.Ακολουθεί η λεπτομερής περιγραφή των φύλλων εργασίας :

Δείκτες Αποτελεσματικότητας

Στον πίνακα και το αντίστοιχο διάγραμμα δίνονται οι δείκτες αποτελεσματικότητας.Ως δείκτης αποτελεσματικότητας ορίζεται ο λόγος :

σταθμισμένες εκροές / σταθμισμένες εισροές

και είναι πάντοτε ένας αριθμός μεταξύ 0 και 1, με τις μεγαλύτερες τιμές να αντιστοιχούν σε καλύτερη απόδοση.Ο δείκτης αυτός περιγράφει συνεπώς την ικανότητα μιας μονάδας να αξιοποιεί τη δομή της,είτε μεγιστοποιώντας τις εκροές με σταθερές εισροές,είτε ελαχιστοποιώντας τις εισροές με σταθερές εκροές.

Η τιμή 1 αντιστοιχεί στις "αποτελεσματικές" μονάδες.Η στάθμιση εισροών και εκροών δεν είναι δεδομένη αλλά μέρος των μεταβλητών του προβλήματος και δεν έχει καμία σχέση με οικονομικά στοιχεία εκτίμησης κόστους εισροών / αξίας εκροών.Στην πραγματικότητα η στάθμιση αυτή είναι διαφορετική για κάθε μονάδα και υπολογίζεται έτσι ώστε ο παραγόμενος δείκτης αποτελεσματικότητας να είναι όσο το δυνατόν πιο "ευνοϊκός" γι'αυτήν.

Συχνότητα Εμφάνισης Δεικτών Αποτελεσματικότητας

Στον πίνακα αυτό δίνεται η συχνότητα εμφάνισης των δεικτών αποτελεσματικότητας για τις υπό αξιολόγηση μονάδες.Το πεδίο εμφάνισης των συχνοτήτων τους εμφανίζει βήμα 0,1 έχοντας ως αρχική τιμή το 0 και τελική τιμή το 1.

Πρότυπα-Αποτελεσματικοί Γείτονες

Στον πίνακα αυτό δίνονται για κάθε μη αποτελεσματική μονάδα οι αποτελεσματικοί της "γείτονες",με συντελεστές για τον καθένα.Κάθε αποτελεσματική μονάδα έχει τον εαυτό της σαν μοναδικό αποτελεσματικό γείτονα με συντελεστή 1.Η "σύνθετη" μονάδα που αντιστοιχεί σε κάθε μη αποτελεσματική μονάδα είναι ο ιδανικός εφικτός στόχος ή "πρότυπο".

Εικονικές Εισροές-Εκροές

Στον πίνακα αυτό δίνονται οι εικονικές εισροές και εκροές που αντιστοιχούν σε κάθε μονάδα. Οι τιμές αυτές είναι ίδιες με τις πραγματικές για τις αποτελεσματικές μονάδες, ενώ για τις μη αποτελεσματικές αντιστοιχούν στην προηγούμενη ιδεατή "σύνθετη" μονάδα-πρότυπο. Οι δείκτες εκφράζουν το μικρότερο περιθώριο αύξησης εκροών, με εισροές το πολύ ίσες με τις πραγματικές.

Περιθώρια Εισροών / Εκροών

Τα περιθώρια εισροών / εκροών στον αντίστοιχο πίνακα ενδιαφέρουν κυρίως ως προς τις αποτελεσματικές μονάδες. Αν για μία αποτελεσματική μονάδα είναι όλα 0 η αποτελεσματικότητα είναι κατά μία έννοια πιο "εγγυημένη". Αυτά τα αποτελέσματα ενδιαφέρουν κυρίως στην ανάλυση μικρών δειγμάτων.

Στο σημείο αυτό είναι αναγκαίο να υπενθυμιστεί ότι τηρείται ο περιορισμός στον αριθμό εισροών και εκροών που χρησιμοποιούνται κάθε φορά ώστε να διασφαλίζεται σε καλά επίπεδα η διαχωριστική ικανότητα της **Data Envelopment Analysis** δηλαδή σύμφωνα με τη σχέση 3.1 :

$$n \geq \max \{m*s, 3(m+s)\}$$

όπου n : ο αριθμός των μονάδων,

m : ο αριθμός των εισροών,

και s : ο αριθμός των εκροών.

Προκειμένου να διατηρηθεί η ομαλή ροή του κειμένου τα εκτενή υπολογιστικά αποτελέσματα της εφαρμογής της Π.Α.Δ. έχουν συγκεντρωθεί στο **Παράρτημα** της παρούσας εργασίας.

6.2 Αξιολόγηση Θερμοηλεκτρικών Μονάδων Φυσικού Αερίου

Η χώρα μας διαθέτει 5 Σταθμούς Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας που χρησιμοποιούν ως καύσιμο το Φ.Α. Οι σταθμοί αυτοί είναι: της **Κομοτηνής**, του **Αγ.Γεωργίου** και του **Λαυρίου** (οι **III, IV** και **V**) και οι οποίοι περιλαμβάνουν **13 συνολικά μονάδες**. Οι μονάδες αυτές αξιολογούνται μέσω της **D.E.A.** κάνοντας χρήση πολλαπλών μεταβλητών εισροών και εκροών που είναι δυνατόν να εκφράζονται σε διαφορετικές μονάδες μέτρησης.

Λαμβάνοντας υπόψη τις μεταβλητές εισροών και εκροών που έχουν χρησιμοποιηθεί στη διεθνή βιβλιογραφία και των διαθέσιμων στοιχείων καταλήξαμε σε τρία σενάρια αξιολόγησης της αποδοτικότητας των μονάδων φυσικού αερίου :

α) αξιολόγηση με γνώμονα τα τεχνικά τους χαρακτηριστικά,

β) αξιολόγηση με γνώμονα τα περιβαλλοντικά τους χαρακτηριστικά και

γ) αξιολόγηση με γνώμονα τα οικονομικά τους χαρακτηριστικά.

Στο σημείο αυτό είναι αναγκαίο να τονιστεί το γεγονός ότι λόγω του αριθμού των μονάδων Φ.Α.(σύνολο μονάδων 13) ο αριθμός των εισροών και εκροών δεν μπορεί να υπερβαίνει τις 2 ώστε να ικανοποιείται η σχέση 3.1.

Ως μη ελεγχόμενοι παράμετροι επιλέγονται αυτή της εγκατεστημένης ισχύος και των ετών λειτουργίας κάθε σταθμού αφού είτε πιθανή μεταβολή τους επιδέχεται μεγάλη οικονομική επένδυση (εγκατεστημένη ισχύς) είτε πρακτικά είναι ανέφικτη μια τέτοια μεταβολή (έτη λειτουργίας).

6.2.1 Σενάριο 1^ο : Αξιολόγηση των μονάδων με γνώμονα τα τεχνικά τους χαρακτηριστικά

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται στρατηγικές αξιολόγησης των μονάδων λαμβάνοντας υπόψη τα τεχνικά τους στοιχεία.Οι στρατηγικές αυτές περιλαμβάνουν 2 συνδυασμούς κατάλληλων μεταβλητών εισροών και εκροών για την αξιολόγηση της αποδοτικότητας των μονάδων και τη βελτίωση της λειτουργίας τους όπου αυτή είναι εφικτή.

ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ 1 (βλέπε Π.1.1.1)

Στο συνδυασμό αυτό ως εισροές επιλέγονται τα χρόνια λειτουργίας της κάθε μονάδας (με έτος αναφοράς το 2006) και οι συνολικές ετήσιες ώρες λειτουργίας τους ενώ ως εκροές επιλέγονται η συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εκφρασμένη σε MWh/year και η μέση διαθεσιμότητα κάθε σταθμού εκφρασμένη σε ποσοστό επί τοις %.

Διαγραμματικά οι εισροές και εκροές του Συνδυασμού 1 φαίνονται στον Πίνακα 6.1.

ΕΙΣΡΟΕΣ	ΕΚΡΟΕΣ
1.Έτος Έναρξης Λειτουργίας	1.Συνολική Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας
2.Συνολικές Ώρες Λειτουργίας	2.Μέση Διαθεσιμότητα

Πίνακας 6.1 Συνδυασμός 1 Τεχνικής Αξιολόγησης

ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ 2(βλέπε Π.1.1.2)

Στο συνδυασμό αυτό ως εισροές επιλέγονται η εγκατεστημένη ισχύς εκφρασμένη σε MW και η κατανάλωση θερμότητας εκφρασμένη σε GJ ενώ ως εκροές επιλέγονται η συνολική ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εκφρασμένη σε MWh/year και η μέση διαθεσιμότητα κάθε σταθμού εκφρασμένη σε ποσοστό επί τοις % .

Διαγραμματικά οι εισροές και εκροές του Συνδυασμού 2 φαίνονται στον Πίνακα 6.2.

ΕΙΣΡΟΕΣ	ΕΚΡΟΕΣ
1. Κατανάλωση Θερμότητας	1.Συνολική Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας
2. Εγκατεστημένη Ισχύς	2.Μέση Διαθεσιμότητα

Πίνακας 6.2 Συνδυασμός 2 Τεχνικής Αξιολόγησης

Οι συγκεκριμένες επιλογές των μεταβλητών εισροών και εκροών είναι τέτοιες που:

- με την εφαρμογή του 1^{ου} Συνδυασμού να διαπιστώσουμε :
 1. πως επηρεάζει η παλαιότητα των μονάδων την αποτελεσματικότητά τους,
 2. ποιες πολιτικές προτείνονται για τις καινούργιες σχετικά μονάδες και ποιες για τις παλαιότερες μονάδες για να καταστούν αποτελεσματικές.
- με την εφαρμογή του 2^{ου} Συνδυασμού να διαπιστώσουμε :
 1. πως επηρεάζει η εγκατεστημένη ισχύς των μονάδων την αποτελεσματικότητά τους,
 2. ποιες πολιτικές προτείνονται για τις μονάδες με μεγαλύτερη εγκατεστημένη ισχύ και ποιες για τις μονάδες με μικρότερη εγκατεστημένη ισχύ για να καταστούν αποτελεσματικές.

Συμπεράσματα-Προτάσεις

Με βάση τα υπολογιστικά αποτελέσματα που εμφανίζονται στο Παράρτημα (σελ. 105-116) για τους Συνδυασμούς 1 και 2 προκύπτουν τα παρακάτω :

1. Η αποτελεσματικότητα των μονάδων δεν εξαρτάται ούτε από τα χρόνια λειτουργίας τους ούτε από την εγκατεστημένη ισχύ τους μιας και εμφανίζονται ως αποτελεσματικές μονάδες με αποκλίσεις και στην παλαιότητα τους αλλά και στο μέγεθός τους.
2. Για τις καινούργιες σχετικά μονάδες προτείνεται αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας για να καταστούν αποτελεσματικές.
3. Για τις παλαιότερες μονάδες οι προτάσεις διαφέρουν ανάλογα με τις ετήσιες ώρες λειτουργίας τους,δηλαδή :
 - α) Για τις μονάδες με πολλές ώρες ετήσιας λειτουργίας προτείνεται μείωση των ωρών αυτών για να καταστούν αποτελεσματικές
 - β) Για τις μονάδες με λίγες ώρες ετήσιας λειτουργίας προτείνεται αύξηση της μέσης διαθεσιμότητας που εκφράζεται σε εφαρμογή πολιτικών με σκοπό την μείωση των προγραμματισμένων και μη διακοπών.
4. Για τις μονάδες με μεγαλύτερη εγκατεστημένη ισχύ προτείνεται αύξηση της κατανάλωσης θερμότητας,που μεταφράζεται είτε στη χρήση μεγαλύτερης ποσότητας καυσίμου είτε στη χρήση καυσίμου με μεγαλύτερη θερμογόνο δύναμη,για να καταστούν αποτελεσματικές.
5. Για τις μονάδες με μικρότερη εγκατεστημένη ισχύ προτείνεται αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας για να καταστούν αποτελεσματικές μέσω της αύξησης της μέσης διαθεσιμότητας τους.

6.2.2 Σενάριο 2^ο : Αξιολόγηση των μονάδων με γνώμονα τα περιβαλλοντικά τους χαρακτηριστικά

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται στρατηγικές αξιολόγησης των μονάδων λαμβάνοντας υπόψη τα περιβαλλοντικά τους στοιχεία.Οι στρατηγικές αυτές περιλαμβάνουν 2 συνδυασμούς κατάλληλων μεταβλητών εισροών και εκροών για την αξιολόγηση της αποδοτικότητας των μονάδων και τη βελτίωση της λειτουργίας τους όπου αυτή είναι εφικτή.

ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ 1(βλέπε Π.1.2.1)

Στο συνδυασμό αυτό ως εισροές επιλέγονται τα χρόνια λειτουργίας της κάθε μονάδας (με έτος αναφοράς το 2006) και οι συνολικές ετήσιες ώρες λειτουργίας τους ενώ ως εκροές επιλέγονται η συνολική ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εκφρασμένη σε MWh και το αντίστροφο των εκπομπών CO₂ εκφρασμένο σε 1/tn. Ας σημειωθεί ότι επιλέγεται το αντίστροφο των εκπομπών CO₂ ως εκροή μιας και επιθυμούμε μείωση των εκπομπών CO₂.

Διαγραμματικά οι εισροές και εκροές του Συνδυασμού 1 φαίνονται στον Πίνακα 6.3.

ΕΙΣΡΟΕΣ	ΕΚΡΟΕΣ
1. Έτος Έναρξης Λειτουργίας	1. Συνολική Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας
2. Συνολικές Ώρες Λειτουργίας	2. Εκπομπές CO ₂

Πίνακας 6.3 Συνδυασμός 1 Περιβαλλοντικής Αξιολόγησης

ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ 2 (βλέπε Π.1.2.2)

Στο συνδυασμό αυτό ως εισροές επιλέγονται η εγκατεστημένη ισχύς εκφρασμένη σε MW και η κατανάλωση θερμότητας εκφρασμένη σε GJ ενώ ως εκροές επιλέγονται η συνολική ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εκφρασμένη σε MWh και το αντίστροφο των εκπομπών CO₂ εκφρασμένο σε 1/tn.

Διαγραμματικά οι εισροές και εκροές του Συνδυασμού 2 φαίνονται στον Πίνακα 6.4.

ΕΙΣΡΟΕΣ	ΕΚΡΟΕΣ
1. Κατανάλωση Θερμότητας	1. Συνολική Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας
2. Εγκατεστημένη Ισχύς	2. Εκπομπές CO ₂

Πίνακας 6.4 Συνδυασμός 2 Περιβαλλοντικής Αξιολόγησης

Οι συγκεκριμένες επιλογές των μεταβλητών εισροών και εκροών είναι τέτοιες που:

- με την εφαρμογή του 1^{ου} Συνδυασμού να διαπιστώσουμε :

1. πως επηρεάζουν οι εκπομπές CO₂ σε συνάρτηση με την παλαιότητα των μονάδων την αποτελεσματικότητά τους,
 2. που δίνεται προτεραιότητα -στη μείωση των ωρών λειτουργίας μιας μονάδας ή στη μείωση των εκπομπών CO₂ - για να καταστούν οι μη αποτελεσματικές μονάδες πιο αποδοτικές.
- με την εφαρμογή του 2^{ου} Συνδυασμού να διαπιστώσουμε :
 1. πως επηρεάζουν οι εκπομπές CO₂ σε συνάρτηση με την εγκατεστημένη ισχύ των μονάδων την αποτελεσματικότητά τους,
 2. που δίνεται προτεραιότητα – στη μείωση της ποσότητας του χρησιμοποιούμενου καυσίμου ή στη μείωση των εκπομπών CO₂ - για να καταστούν οι μη αποτελεσματικές μονάδες πιο αποδοτικές.

Συμπεράσματα-Προτάσεις

Με βάση τα υπολογιστικά αποτελέσματα που παρουσιάζονται στο Παράρτημα (σελ.117-128) για τους Συνδυασμούς 1 και 2 προκύπτουν τα παρακάτω :

1. Ανεξαρτήτως των ετών λειτουργίας μιας μονάδας αλλά και της εγκατεστημένης της ισχύος επιτακτική θεωρείται η ανάγκη μείωσης των εκπομπών CO₂ για να καταστούν οι μη αποτελεσματικές μονάδες πιο αποδοτικές.
2. Πιο αναλυτικά μπορούμε να αναφέρουμε ότι η μείωση των εκπομπών πρέπει να συνοδεύεται με ταυτόχρονη αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Κάτι τέτοιο μοιάζει πρακτικά ανέφικτο μιας και η αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας συνοδεύεται πάντα με αύξηση των εκπομπών.
3. Επειδή λοιπόν μια τέτοια πολιτική εμφανίζει ιδιαίτερες δυσκολίες για την εφαρμογή της εναλλακτικά για τις μη αποτελεσματικές μονάδες προτείνεται μείωση των ωρών λειτουργίας τους και η ταυτόχρονη μείωση της ποσότητας του χρησιμοποιούμενου καυσίμου.

6.2.3 Σενάριο 3^ο : Αξιολόγηση των μονάδων με γνώμονα τα οικονομικά τους στοιχεία

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται στρατηγικές αξιολόγησης των μονάδων λαμβάνοντας υπόψη τα οικονομικά τους στοιχεία. Οι στρατηγικές αυτές περιλαμβάνουν 3 συνδυασμούς κατάλληλων

μεταβλητών εισροών και εκροών για την αξιολόγηση της αποδοτικότητας των μονάδων και τη βελτίωση της λειτουργίας τους όπου αυτή είναι εφικτή.

ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ 1(βλέπε Π.1.3.1)

Στο συνδυασμό αυτό ως εισροές επιλέγονται τα σταθερά έξοδα κάθε μονάδας εκφρασμένα σε €/MW και τα μεταβλητά έξοδα εκφρασμένα σε €/MWh ενώ ως εκροές επιλέγονται η συνολική ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εκφρασμένη σε MWh και το αντίστροφο των εκπομπών CO₂ εκφρασμένη σε 1/tn.

Διαγραμματικά οι εισροές και εκροές του Συνδυασμού 1 φαίνονται στον Πίνακα 6.5.

ΕΙΣΡΟΕΣ	ΕΚΡΟΕΣ
1.Σταθερά Έξοδα	1.Συνολική Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας
2.Μεταβλητά Έξοδα	2.Εκπομπές CO ₂

Πίνακας 6.5 Συνδυασμός 1 Οικονομικής Αξιολόγησης

ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ 2(βλέπε Π.1.3.2)

Στο συνδυασμό αυτό ως εισροές επιλέγονται η εγκατεστημένη ισχύς εκφρασμένη σε MW και τα σταθερά έξοδα κάθε μονάδας εκφρασμένα σε €/MW ενώ ως εκροές επιλέγονται η συνολική ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εκφρασμένη σε MWh και το αντίστροφο των εκπομπών CO₂ εκφρασμένη σε 1/tn.

Διαγραμματικά οι εισροές και εκροές του Συνδυασμού 2 φαίνονται στον Πίνακα 6.6.

ΕΙΣΡΟΕΣ	ΕΚΡΟΕΣ
1.Εγκατεστημένη Ισχύς	1.Συνολική Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας
2. Σταθερά Έξοδα	2.Εκπομπές CO ₂

Πίνακας 6.6 Συνδυασμός 2 Οικονομικής Αξιολόγησης

ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ 3(βλέπε Π.1.3.3)

Στο συνδυασμό αυτό ως εισροές επιλέγονται τα χρόνια λειτουργίας και τα μεταβλητά έξοδα κάθε μονάδας εκφρασμένα σε €/MWh ενώ ως εκροές επιλέγονται η συνολική ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εκφρασμένη σε MWh και το αντίστροφο των εκπομπών CO₂ εκφρασμένη σε 1/tn.

Διαγραμματικά οι εισροές και εκροές του Συνδυασμού 3 φαίνονται στον Πίνακα 6.7.

ΕΙΣΡΟΕΣ	ΕΚΡΟΕΣ
1. Έτος Έναρξης Λειτουργίας	1. Συνολική Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας
2. Μεταβλητά Έξοδα	2. Εκπομπές CO ₂

Πίνακας 6.7 Συνδυασμός 3 Οικονομικής Αξιολόγησης

Οι συγκεκριμένες επιλογές των μεταβλητών εισροών και εκροών είναι τέτοιες που:

- με την εφαρμογή του 1^{ου} Συνδυασμού να διαπιστώσουμε :
 1. πως επηρεάζουν τα σταθερά και πως τα μεταβλητά έξοδα μιας μονάδας την αποτελεσματικότητα της,
 2. που δίνεται προτεραιότητα – στη μείωση των σταθερών ή των μεταβλητών εξόδων-για να καταστούν οι μη αποτελεσματικές μονάδες πιο αποδοτικές.
- με την εφαρμογή του 2^{ου} Συνδυασμού να διαπιστώσουμε :
 1. αν στις μονάδες μικρής ή μεγάλης εγκατεστημένης ισχύος είναι πιο εφικτή η μείωση των σταθερών εξόδων ώστε να βελτιώσουν αυτές την αποδοτικότητα τους,
 2. ποιες εναλλακτικές πολιτικές μπορούν να εφαρμοστούν για να καταστούν οι μη αποτελεσματικές μονάδες πιο αποδοτικές.
- με την εφαρμογή του 3^{ου} Συνδυασμού να διαπιστώσουμε :
 1. αν στις παλαιότερες ή στις νέες μονάδες είναι πιο εφικτή η μείωση των μεταβλητών εξόδων ώστε να βελτιώσουν αυτές την αποδοτικότητα τους,
 2. ποιες εναλλακτικές πολιτικές μπορούν να εφαρμοστούν για να καταστούν οι μη αποτελεσματικές μονάδες πιο αποδοτικές.

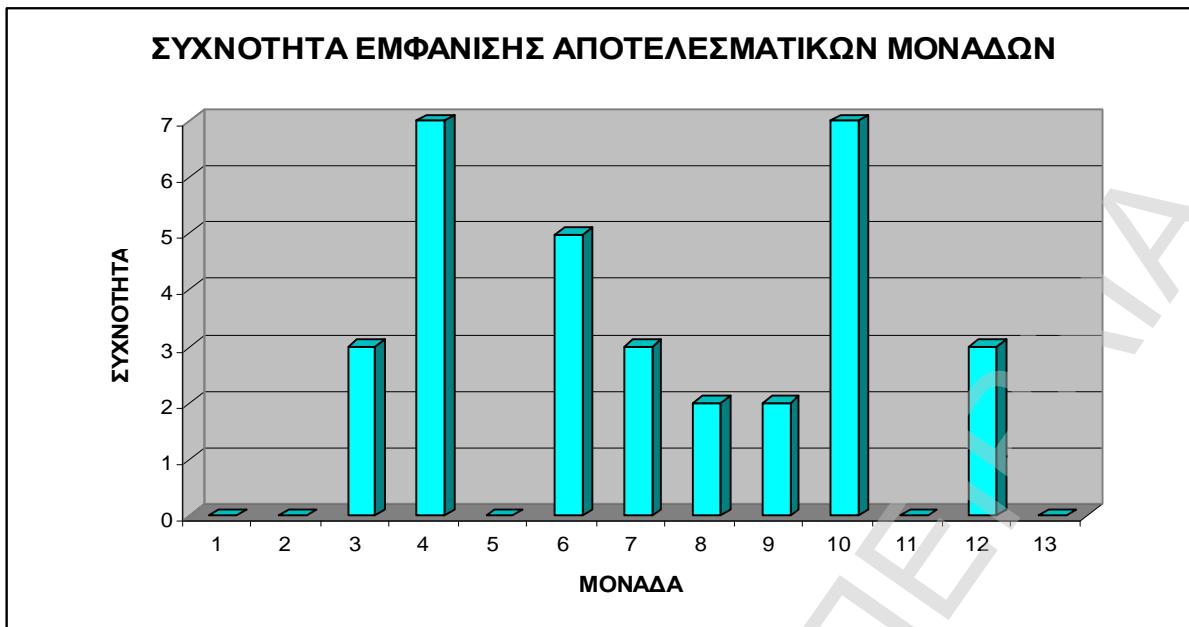
Συμπεράσματα-Προτάσεις

Με βάση τα υπολογιστικά αποτελέσματα που παρουσιάζονται στο Παράρτημα (Π. 1.1,1.2,1.3) για τους Συνδυασμούς 1,2 και 3 προκύπτουν τα παρακάτω :

1. Η αποτελεσματικότητα των μονάδων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τα σταθερά έξοδα μιας και εμφανίζονται ως αποτελεσματικές μονάδες με μικρά σταθερά έξοδα.
2. Αντίθετα η αποτελεσματικότητα των μονάδων δεν εξαρτάται τόσο από τα μεταβλητά έξοδα της μονάδας μιας και εμφανίζονται ως αποτελεσματικές μονάδες με σχετικά χαμηλά μεταβλητά έξοδα. αλλά και μονάδες με υψηλά μεταβλητά έξοδα.
3. Είναι αναγκαία η μείωση των σταθερών εξόδων-έξοδα μισθοδοσίας και εργολάβων-ώστε να καταστούν οι μη αποτελεσματικές μονάδες πιο αποδοτικές.
4. Στις μονάδες μικρής εγκατεστημένης ισχύος είναι πιο εφικτή η μείωση των σταθερών εξόδων για να βελτιώσουν την αποδοτικότητα τους.
5. Αντίθετα για τις μονάδες μεγάλης εγκατεστημένης ισχύος προτείνεται αύξηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας και ταυτόχρονη μείωση των εκπομπών CO₂ .
6. Για τις μονάδες με περισσότερα έτη λειτουργίας είναι εφικτή η μείωση των μεταβλητών εξόδων λειτουργίας τους-έξοδα λειτουργίας, συντήρησης και καυσίμων-ώστε να βελτιώσουν την αποδοτικότητα τους.
7. Αντίθετα για τις μονάδες με λίγα έτη λειτουργίας δεν υπάρχουν περιθώρια μείωσης των μεταβλητών εξόδων τους οπότε εναλλακτικά προτείνεται η αύξηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας και ταυτόχρονα η μείωση των εκπομπών CO₂ .

6.2.4 Συχνότητα εμφάνισης αποτελεσματικών μονάδων

Μετά την εφαρμογή αυτών των 7 συνδυασμών για την αξιολόγηση της αποδοτικότητας των θερμικών μονάδων φυσικού αερίου είμαστε σε θέση να προσδιορίσουμε τη συχνότητα εμφάνισης εκείνων των μονάδων που εμφανίζονται ως αποτελεσματικές μιας και το δείγμα μας είναι ικανοποιητικό. **(Διάγραμμα 6.1)**



Διάγραμμα 6.1

Από το Διάγραμμα 6.1 γίνεται αντιληπτό ότι οι **Μονάδες 4 και 10** εμφανίζονται σε όλους τους συνδυασμούς ως αποτελεσματικές και τις ακολουθεί σε συχνότητα εμφάνισης η **Μονάδα 6**. Αντίθετα οι **Μονάδες 1,2,5,11 και 13** δεν εμφανίζονται ως αποτελεσματικές σε κανένα συνδυασμό.

Οι **Μονάδες 4 και 10**, αλλά και η **6**, ανήκουν σε σταθμό της Κεντρικής Ελλάδας οπότε όχι μόνο ικανοποιούν τις ηλεκτρικές ανάγκες μεγάλης πληθυσμιακής κοινότητας αλλά βρίσκονται και πολύ κοντά στο χώρο κατανάλωσης.

6.3 Αξιολόγηση Υδροηλεκτρικών Σταθμών

Η χώρα μας διαθέτει συνολικά 22 Υδροηλεκτρικούς Σταθμούς Παραγωγής συνολικής εγκατεστημένης ισχύος **3.060 MW (2006)**. Στην μελέτη αυτή αξιολογούνται **20 Σταθμοί** μιας και οι 2 είναι αντλητικοί. Οι 2 αντλητικοί εξαιρούνται της μελέτης μας μιας και παρουσιάζουν το χαρακτηριστικό σε περίπτωση πλεονάσματος της ηλεκτρικής ενέργειας να αντλούν νερό από χαμηλό σημείο σε υψηλότερο και όταν παρουσιαστεί ζήτηση φορτίου να διαθέτουν το νερό για την

παραγωγή ενέργειας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η παραγόμενη ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας να μην αποτελεί αξιόπιστο στοιχείο για να ληφθεί υπόψη σε μια τέτοια μελέτη.

Οι Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί συνεισφέρουν κατά μέσο όρο στη συνολική μέση ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε ποσοστό 8-10% που εξαρτάται από τις ετήσιες υδρολογικές συνθήκες.

Λαμβάνοντας υπόψη τις μεταβλητές εισροών και εκροών που έχουν χρησιμοποιηθεί στη διεθνή βιβλιογραφία και των διαθέσιμων στοιχείων καταλήξαμε σε ένα μόνο σενάριο αξιολόγησης : Αξιολόγηση με γνώμονα τα τεχνικά χαρακτηριστικά, που περιλαμβάνει μόνο τεχνικά στοιχεία μιας και μόνο αυτά ήταν διαθέσιμα, για τους ΥΗΣ.

Στο σημείο αυτό είναι αναγκαίο να τονιστεί το γεγονός ότι παρόλο τον αριθμό των ΥΗΣ (σύνολο σταθμών 20) ο αριθμός των εισροών και εκροών δεν υπερβαίνει τις 2 ώστε να καταλήγουμε σε εμφανή και αξιόπιστα συμπεράσματα. Δοκιμάστηκαν συνδυασμοί με μεγαλύτερο αριθμό εισροών και εκροών ,τέτοιος αριθμός όμως ώστε να ικανοποιείται η σχέση 3.1, που οδήγησαν όμως σε αντιφατικά συμπεράσματα.

Ως μη ελεγχόμενοι παράμετροι επιλέγονται αυτή της εγκατεστημένης ισχύος και των ετών λειτουργίας κάθε σταθμού αφού είτε πιθανή μεταβολή τους επιδέχεται μεγάλη οικονομική επένδυση (εγκατεστημένη ισχύς) είτε πρακτικά είναι ανέφικτη μια τέτοια μεταβολή (έτη λειτουργίας).

6.3.1 Σενάριο : Αξιολόγηση των σταθμών με γνώμονα τα τεχνικά τους στοιχεία

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται στρατηγικές αξιολόγησης των μονάδων λαμβάνοντας υπόψη τα τεχνικά τους στοιχεία. Οι στρατηγικές αυτές περιλαμβάνουν 3 συνδυασμούς κατάλληλων μεταβλητών εισροών και εκροών για την αξιολόγηση της αποδοτικότητας των ΥΗΣ και τη βελτίωση της λειτουργίας τους όπου αυτή είναι εφικτή.

Τονίζεται ότι η αξιολόγηση δεν γίνεται για κάθε μία από τις μονάδες των σταθμών ξεχωριστά δεδομένου ότι αναγκαία στοιχεία για κάθε μία από τις μονάδες των σταθμών δεν διετέθησαν από τη Δ.Ε.Η.

ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ 1(βλέπε Π.2.1.1)

Στο συνδυασμό αυτό ως εισροές επιλέγονται τα χρόνια λειτουργίας του κάθε σταθμού (με έτος αναφοράς το 2006) και οι συνολικές ετήσιες ώρες λειτουργίας τους (που προκύπτουν ως ο μέσος όρος του αθροίσματος των συνολικών ωρών κάθε μονάδας του υπό μελέτη σταθμού) ενώ ως εκροές επιλέγονται η συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εκφρασμένη σε MWh/year και η μέση διαθεσιμότητα κάθε σταθμού εκφρασμένη σε ποσοστό επί τοις %.

Διαγραμματικά οι εισροές και εκροές του Συνδυασμού 1 φαίνονται στον Πίνακα 6.8.

ΕΙΣΡΟΕΣ	ΕΚΡΟΕΣ
1.Έτος Έναρξης Λειτουργίας	1.Συνολική Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας
2.Συνολικές Ώρες Λειτουργίας	2.Μέση Διαθεσιμότητα

Πίνακας 6.8 Συνδυασμός 1 Τεχνικής Αξιολόγησης

ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ 2(βλέπε Π.2.1.2)

Στο συνδυασμό αυτό ως εισροές επιλέγονται η εγκατεστημένη ισχύς κάθε σταθμού εκφρασμένη σε MW και οι συνολικές ετήσιες ώρες λειτουργίας τους (που προκύπτουν ως ο μέσος όρος του αθροίσματος των συνολικών ωρών κάθε μονάδας του υπό μελέτη σταθμού) ενώ ως εκροές επιλέγονται η συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εκφρασμένη σε MWh/year και η μέση διαθεσιμότητα κάθε σταθμού εκφρασμένη σε ποσοστό επί τοις %.

Διαγραμματικά οι εισροές και εκροές του Συνδυασμού 2 φαίνονται στον Πίνακα 6.9.

ΕΙΣΡΟΕΣ	ΕΚΡΟΕΣ
1.Εγκατεστημένη Ισχύς	1.Συνολική Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας
2.Συνολικές Ώρες Λειτουργίας	2.Μέση Διαθεσιμότητα

Πίνακας 6.9 Συνδυασμός 2 Τεχνικής Αξιολόγησης

ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ 3(βλέπε Π.2.1.3)

Στο συνδυασμό αυτό ως εισροές επιλέγονται τα χρόνια λειτουργίας του κάθε σταθμού (με έτος αναφοράς το 2006) και οι συνολικές ετήσιες ώρες λειτουργίας τους (που προκύπτουν ως ο μέσος όρος του αθροίσματος των συνολικών ωρών κάθε μονάδας του υπό μελέτη σταθμού) ενώ ως εκροές επιλέγονται το αντίστροφο της προγραμματιζόμενης μη διαθεσιμότητας (συντήρηση) εκφρασμένη

σε ποσοστό επί τοις % και το αντίστροφο της μη διαθεσιμότητας από απρόβλεπτους λόγους (βλάβες) εκφρασμένη σε ποσοστό επί τοις %.

Διαγραμματικά οι εισροές και εκροές του Συνδυασμού 3 φαίνονται στον Πίνακα 6.10.

ΕΙΣΡΟΕΣ	ΕΚΡΟΕΣ
1.Έτος Έναρξης Λειτουργίας	1.Προγραμματιζόμενη Μη Διαθεσιμότητα (Συντήρηση)
2.Συνολικές Ώρες Λειτουργίας	2.Μη Διαθεσιμότητα από απρόβλεπτους λόγους (Βλάβες)

Πίνακας 6.10 Συνδυασμός 3 Τεχνικής Αξιολόγησης

Τονίζεται ότι επιλέγεται το αντίστροφο της μη διαθεσιμότητας από απρόβλεπτους λόγους (βλάβες) ως εκροή μιας και επιθυμούμε μείωση αυτής.

Επιλέγοντας τις παραπάνω μεταβλητές εισροών και εκροών σκοπεύουμε:

- με τον 1^ο Συνδυασμό να διαπιστώσουμε :
 1. πως επηρεάζει η παλαιότητα των σταθμών την αποτελεσματικότητά τους,
 2. ποιες πολιτικές προτείνονται για τους σταθμούς με πολλά χρόνια λειτουργίας και ποιες με λιγότερα χρόνια για να καταστούν αποτελεσματικοί.
- με τον 2^ο Συνδυασμό να διαπιστώσουμε :
 1. πως επηρεάζει η εγκατεστημένη ισχύς των σταθμών την αποτελεσματικότητά τους,
 2. ποιες πολιτικές προτείνονται για τους σταθμούς με μεγαλύτερη εγκατεστημένη ισχύ και ποιες για τους σταθμούς με μικρότερη εγκατεστημένη ισχύ για να καταστούν αποτελεσματικοί.
- με τον 3^ο Συνδυασμό να διαπιστώσουμε :
 1. πως επηρεάζει η μη διαθεσιμότητα λόγω εργασιών συντήρησης ή λόγω βλαβών την αποτελεσματικότητά των σταθμών,
 2. ποιες πολιτικές προτείνονται για τους σταθμούς με μεγάλα ποσοστά προγραμματιζόμενης και μη διαθεσιμότητας για να καταστούν αποτελεσματικοί.

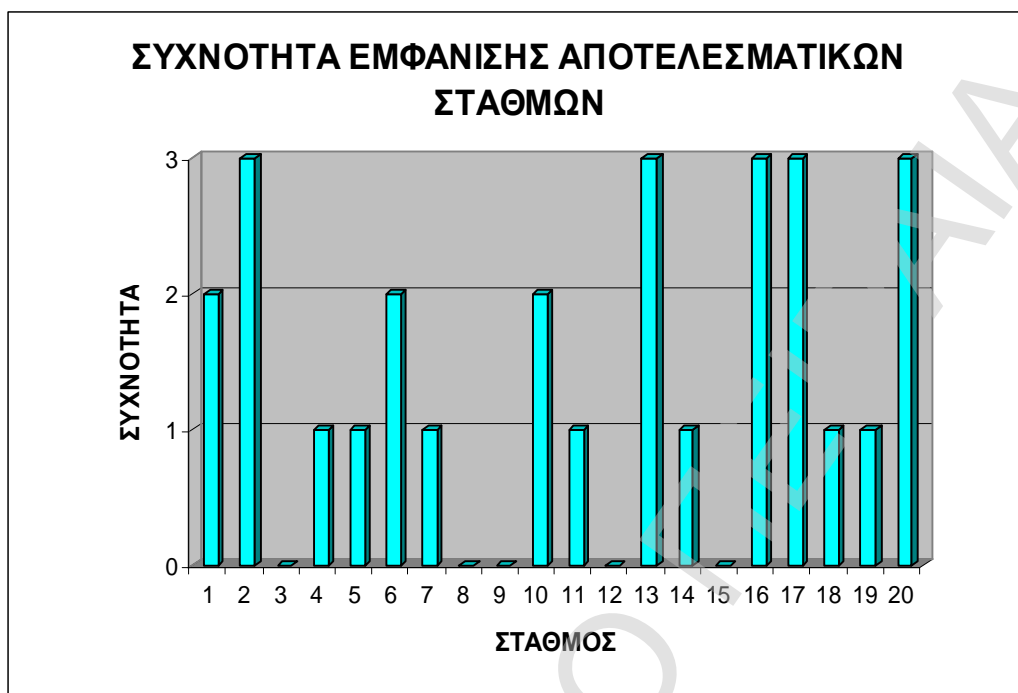
Συμπεράσματα-Προτάσεις

Με βάση τα υπολογιστικά αποτελέσματα που παρουσιάζονται στο Παράρτημα (Π.2.1) για τους Συνδυασμούς 1,2 και 3 προκύπτουν τα παρακάτω :

1. Η αποτελεσματικότητα των σταθμών δεν εξαρτάται ούτε από τα χρόνια λειτουργίας τους ούτε από την εγκατεστημένη ισχύ τους μιας και εμφανίζονται ως αποτελεσματικοί σταθμοί με αποκλίσεις και στην παλαιότητα τους αλλά και στο μέγεθός τους.
2. Για τους νεότερους σχετικά σταθμούς είναι πιο εφικτή η μείωση των ωρών λειτουργίας τους για να καταστούν αποτελεσματικοί.
3. Για τους παλαιότερους σταθμούς είναι πιο εφικτή η αύξηση της ετήσιας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και ταυτόχρονα η αύξηση της μέσης διαθεσιμότητάς τους για να βελτιώσουν την αποδοτικότητα τους.
4. Για τους σταθμούς είτε μικρής είτε μεγάλης εγκατεστημένης ισχύος δεν προτείνεται κάποιο σενάριο μείωσης των ετήσιων ωρών λειτουργίας τους για να καταστούν αποτελεσματικοί. Μονόδρομο αποτελεί η αύξηση της ετήσιας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και ταυτόχρονα η αύξηση της μέσης διαθεσιμότητάς τους για να βελτιώσουν την αποδοτικότητα τους.
5. Η αποτελεσματικότητα των σταθμών δεν εξαρτάται ούτε από τις διακοπές λόγω εργασιών συντήρησης ούτε από τις διακοπές λόγω βλαβών μιας και εμφανίζονται ως αποτελεσματικοί σταθμοί με αποκλίσεις στις τιμές αυτές.
6. Για όλους τους μη αποτελεσματικούς σταθμούς προτείνεται μεγάλη μείωση των διακοπών αυτών (προγραμματισμένων και μη) σε βαθμό μη εφικτό για να βελτιώσουν την αποδοτικότητα τους. Σε κάποιες μόνο περιπτώσεις και μόνο σε σταθμούς με πολλά έτη λειτουργίας προτείνεται μείωση των ωρών λειτουργίας τους.

6.3.2 Συχνότητα εμφάνισης αποτελεσματικών σταθμών

Μετά την εφαρμογή αυτών των 3 συνδυασμών για την αξιολόγηση της αποδοτικότητας των υδροηλεκτρικών σταθμών είμαστε σε θέση να προσδιορίσουμε τη συχνότητα εμφάνισης εκείνων των σταθμών που εμφανίζονται ως αποτελεσματικοί. **(Διάγραμμα 6.2)**



Διάγραμμα 6.2

Από το Διάγραμμα 6.2 γίνεται αντιληπτό ότι οι **Σταθμοί 2,13,16,17** και **20** εμφανίζονται σε όλους τους συνδυασμούς ως αποτελεσματικοί. Αντίθετα οι **Σταθμοί 3,8,9,12** και **15** δεν εμφανίζονται ως αποτελεσματικοί σε κανένα συνδυασμό.

Οι Σταθμοί 13,16 και 17 ανήκουν σε Συγκρότημα της Δυτικής Στερεάς Ελλάδας το οποίο εμφανίζει ευνοϊκές υδρολογικές συνθήκες ενώ ο Σταθμός 2 ανήκει σε Συγκρότημα της Δυτικής Μακεδονίας οπότε όχι μόνο εμφανίζει ευνοϊκές υδρολογικές συνθήκες αλλά και η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια είναι άμεσα καταναλώσιμη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Με βάση τη συστηματική ανάλυση και τα επιμέρους συμπεράσματα που παρουσιάστηκαν στο κεφ.6, στο παρόν κεφάλαιο συνοψίζονται δίνονται διαγραμματικά οι πολιτικές για τη βελτίωση της

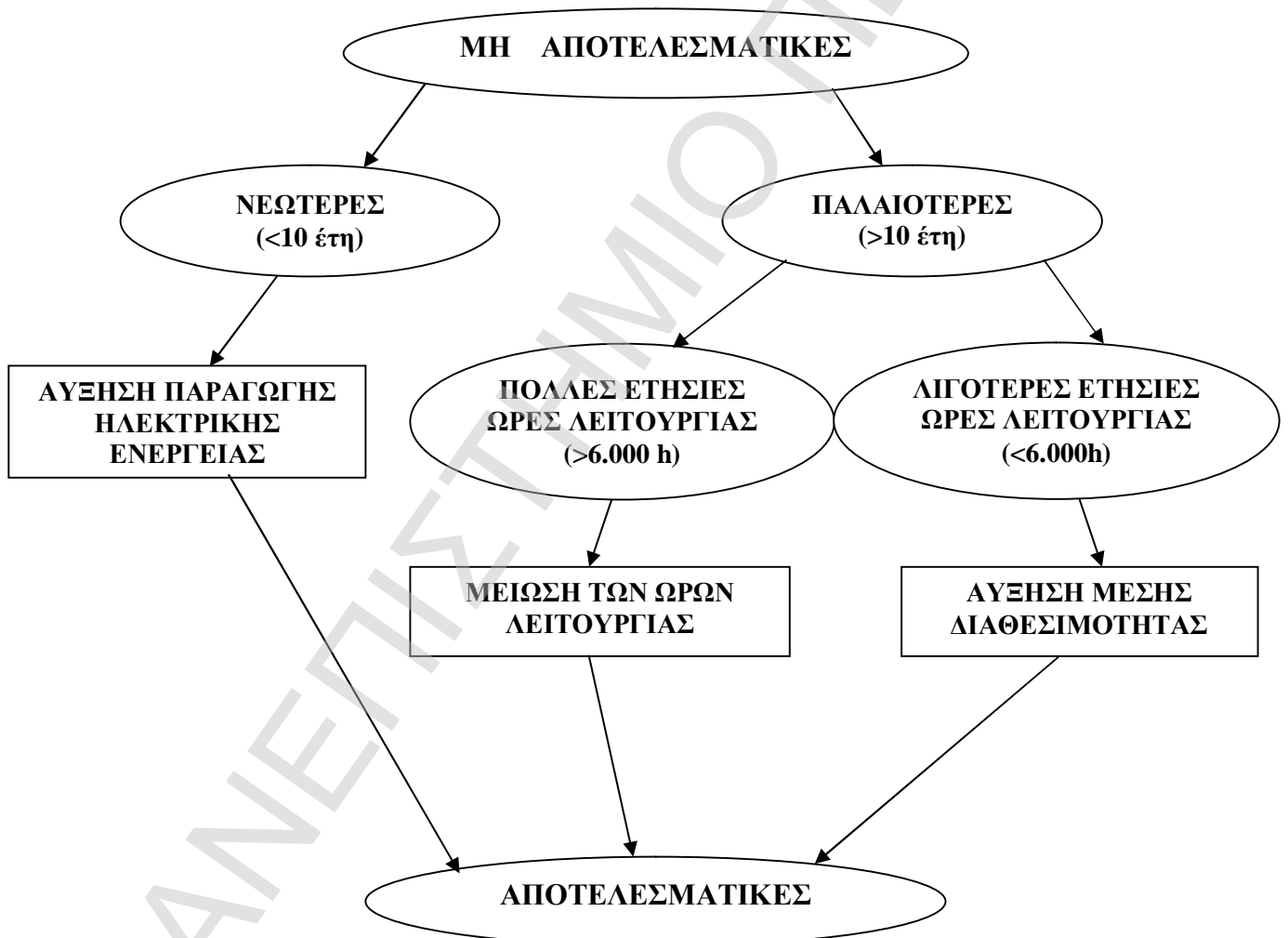
απόδοσης μη αποτελεσματικών Θερμικών μονάδων Φυσικού Αερίου και ΥΗΣ ανάλογα α) με την παλαιότητα τους και β) με την εγκατεστημένη τους ισχύ.

7.1 Μονάδες Φυσικού Αερίου

7.1.1 Πολιτικές για τη βελτίωση της απόδοσης μη αποτελεσματικών θερμικών μονάδων φυσικού αερίου ανάλογα με την παλαιότητα τους.

Μονάδες: ○

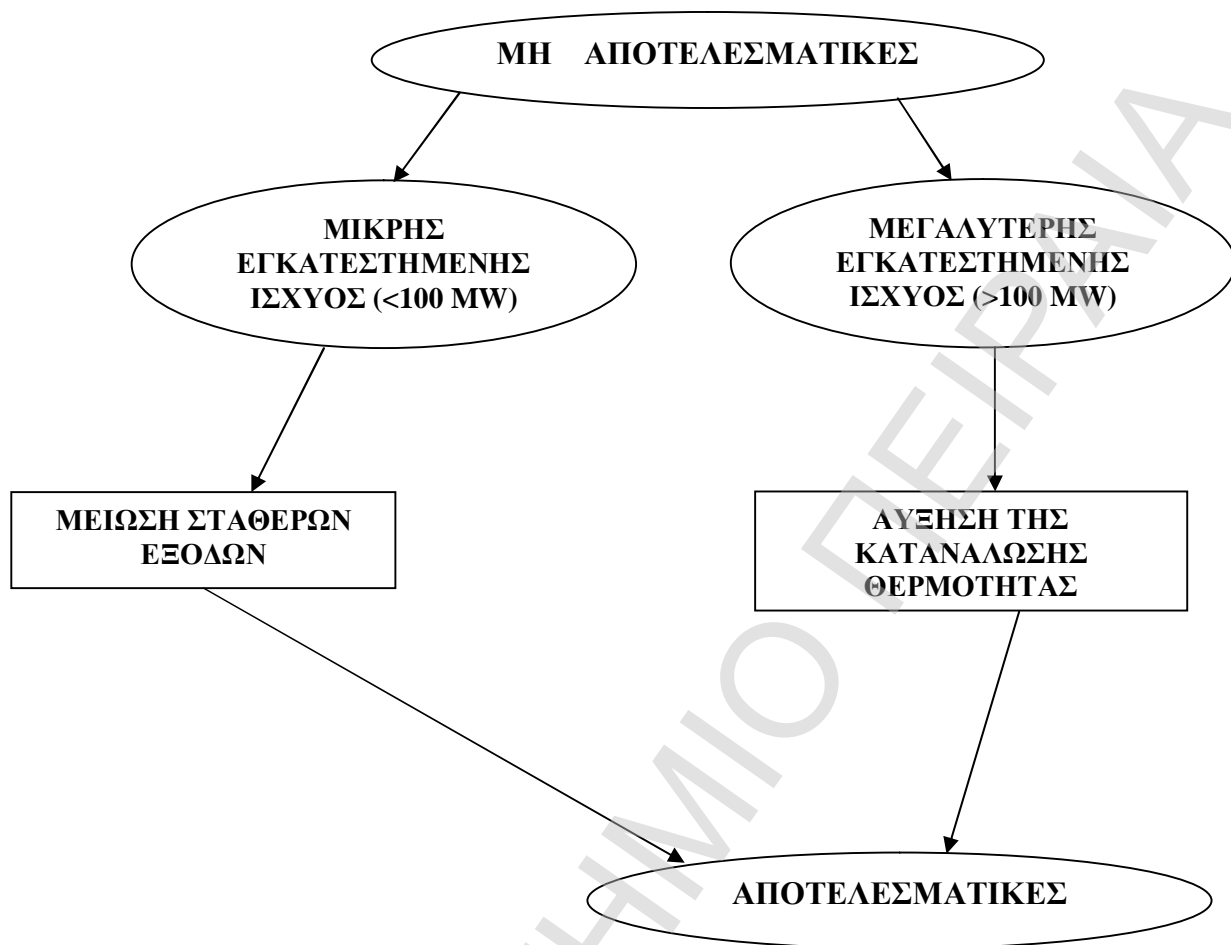
Πολιτικές: □



7.1.2 Πολιτικές για τη βελτίωση της απόδοσης μη αποτελεσματικών θερμικών μονάδων φυσικού αερίου ανάλογα με την εγκατεστημένη τους ισχύ.

Μονάδες: ○

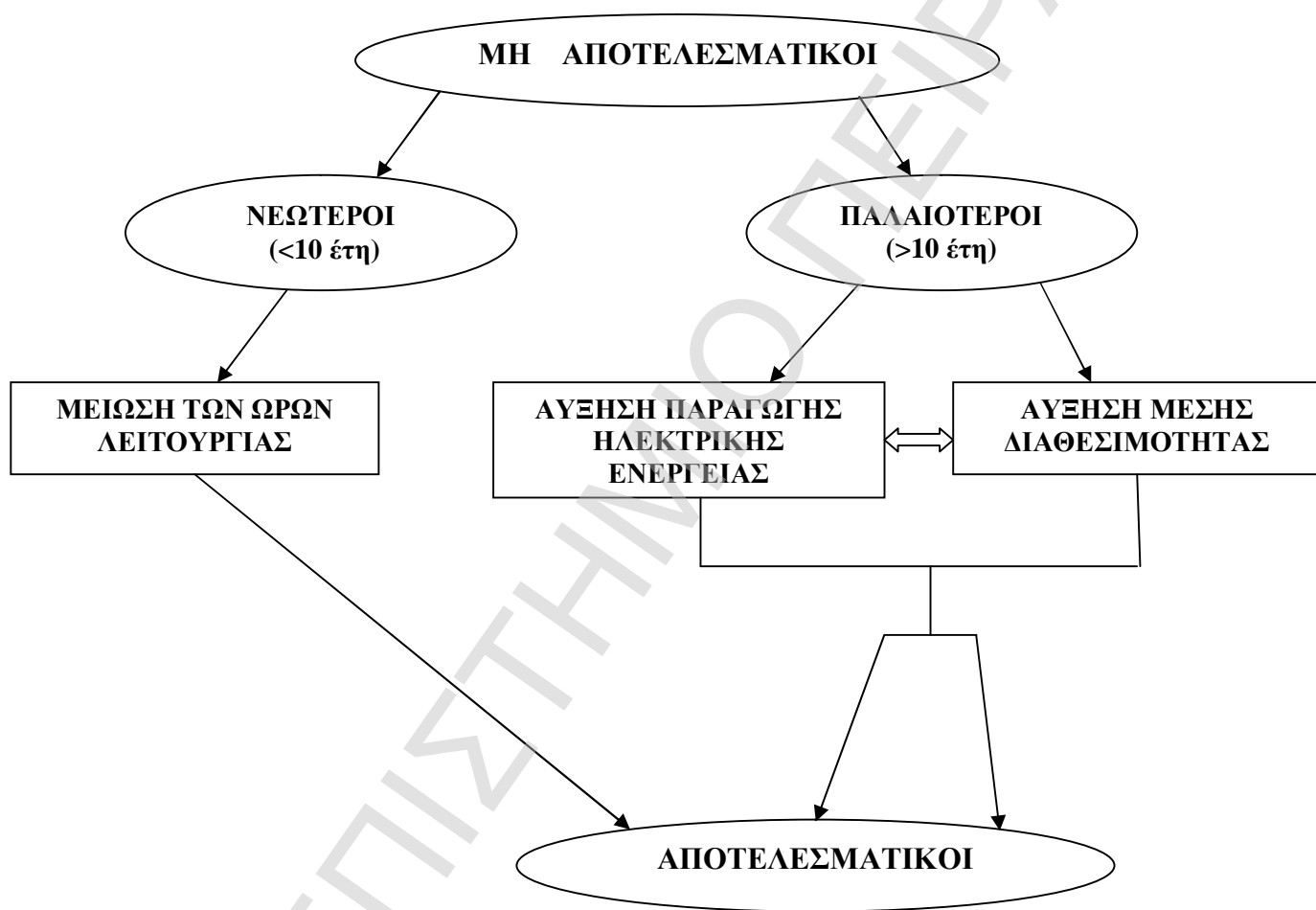
Πολιτικές:



7.2 Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί

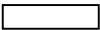
7.2.1 Πολιτικές για τη βελτίωση της απόδοσης μη αποτελεσματικών υδροηλεκτρικών σταθμών ανάλογα με την παλαιότητα τους.


Σταθμοί : ○
 Πολιτικές : □
 Ταυτόχρονα : ⇔

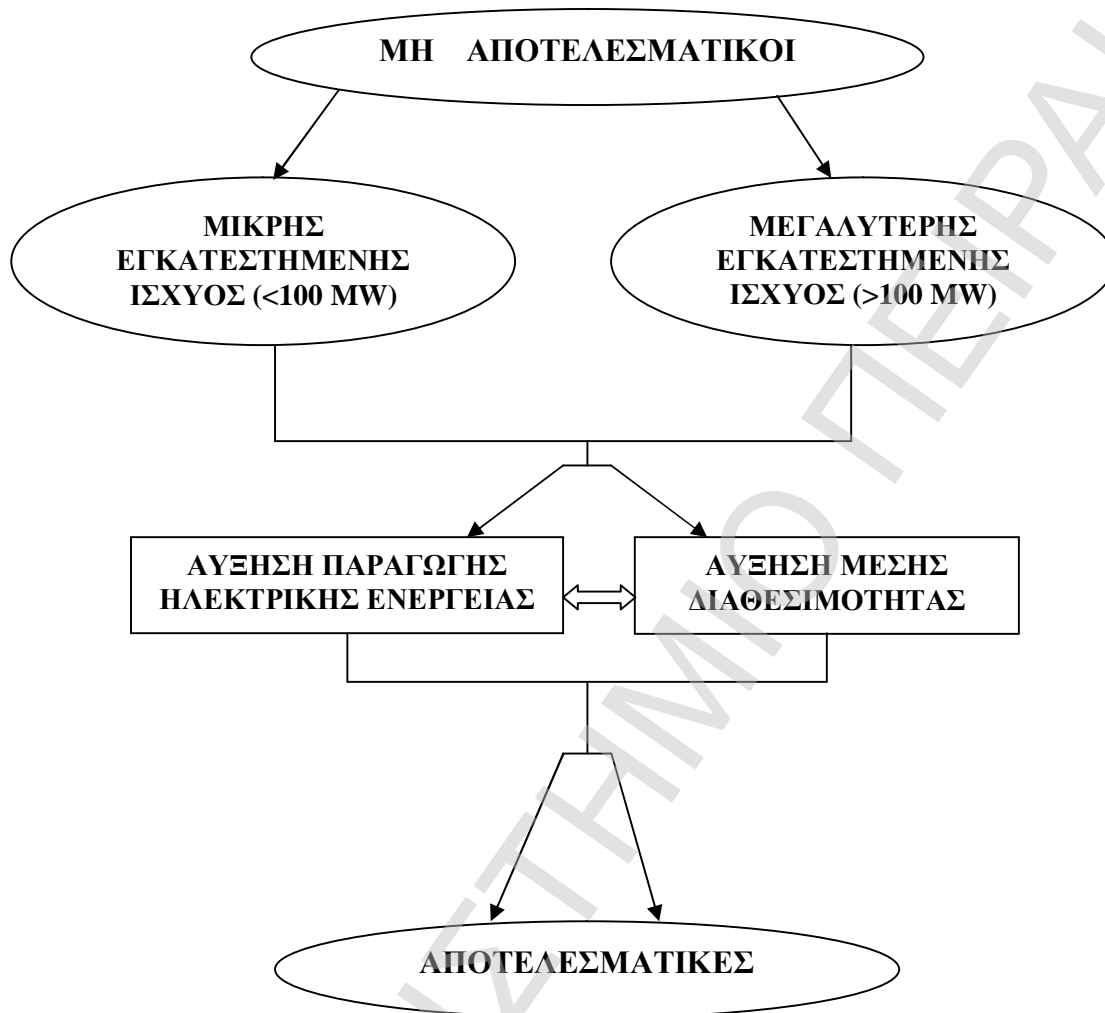


7.2.2 Πολιτικές για τη βελτίωση της απόδοσης μη αποτελεσματικών υδροηλεκτρικών σταθμών ανάλογα με την εγκατεστημένη τους ισχύ.

Σταθμοί : ○

Πολιτικές: 

Ταυτόχρονα: 



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ-ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	8
2	ΣΤΑΘΜΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	10
2.1	Οργάνωση και Λειτουργία της Δ.Ε.Η.....	10
2.2	Θερμοηλεκτρικοί Σταθμοί στην Ελλάδα.....	11
2.3	Θερμοηλεκτρικοί Σταθμοί Φυσικού Αερίου	14
2.3.1	Γενικά για το Φυσικό Αέριο	14
2.3.2	Τεχνολογία συνδυασμένου κύκλου με αμμοστρόβιλο και αεριοστρόβιλο.....	15
2.4	Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί στην Ελλάδα	16
2.5	Παραγωγή και Ζήτηση Ηλεκτρικής Ενέργειας για το έτος 2006.....	19
2.6	Βιβλιογραφία-Αρθρογραφία.....	20
3	ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΥΣΑΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ (DATA ENVELOPMENT ANALYSIS).....	21
3.1	Εισαγωγή.....	21
3.2	Ορισμός.....	21
3.3	Αντικείμενα Ανάλυσης της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων.....	21
3.4	Μοντέλο CCR της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων.....	22
3.5	Σύνολο παραγωγικών δυνατοτήτων, κλίμακες αποδόσεων και σύνορο αποδοτικότητας.....	24
3.6	Παρατηρήσεις.....	29
3.7	Πλεονεκτήματα της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων.....	30
3.8	Βιβλιογραφία-Αρθρογραφία.....	31
4	ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΔΙΕΘΝΟΥΣ ΕΜΠΕΙΡΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΣΤΑΘΜΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ Π.Α.Δ.-D.E.A.	32
4.1	Εφαρμογή στην Τουρκία.....	32
4.1.1	Ανάλυση αποδοτικότητας των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της Τουρκίας χρησιμοποιώντας τη D.E.A.	32
4.2	Εφαρμογή στην Ινδία	36
4.2.1	Εκτίμηση των βασικών ορίων των εκπομπών άνθρακα στο σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ινδία χρησιμοποιώντας τη D.E.A.	36
4.3	Εφαρμογή στην Κολομβία	37
4.3.1	Αποδοτικότητα του συστήματος διανομής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κολομβία:Τα αποτελέσματα της ανασυγκρότησης του 1994.	37
4.4	Εφαρμογές στη Φινλανδία.....	39
4.4.1	Ανάλυση οικονομικής-περιβαλλοντικής απόδοσης των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (Φινλανδία) : Μια επέκταση της D.E.A.	39
4.4.2	Εκτίμηση του κόστους αποδοτικότητας του Φινλανδικού Συστήματος Διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.....	42
4.5	Εφαρμογές στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής.....	44
4.5.1	Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων των επιπέδων και των αιτιών επίδοσης των λιγνιτικών σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας των Ηνωμένων Πολιτειών.	44
4.5.2	Εκτίμηση της απόδοσης του συστήματος διανομής ηλεκτρικής ενέργειας κοινής ωφέλειας των Ηνωμένων Πολιτειών βασισμένη στη Π.Α.Δ.	46
4.5.3	Αποδοτικότητα του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στις Ηνωμένες Πολιτείες :Αναλύσεις και προβλέψεις βασισμένες στη Π.Α.Δ.....	48
4.6	Εφαρμογή στη Νότια Κορέα.....	50
4.6.1	Η αποδοτικότητα των συμβατικών σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της Νότιας Κορέας – Μια σύγκριση παραμετρικών και μη προσεγγίσεων.	50

4.7	Εφαρμογή στο Ηνωμένο Βασίλειο	51
4.7.1	Το Σενάριο της Π.Α.Δ. στη δημιουργία στόχων για τους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας – Εφαρμογή στους σταθμούς του Ηνωμένου Βασιλείου.	51
4.8	Εφαρμογή σε Ευρωπαϊκές Εταιρείες Διανομής.....	53
4.8.1	Διεθνής αξιολόγηση συστημάτων διανομής ηλεκτρικής ενέργειας-Μια εφαρμογή σε Ευρωπαϊκές Εταιρείες Διανομής.....	53
4.9	Εφαρμογή στη Γερμανία	55
4.9.1	Ανάλυση αποδοτικότητας των εταιρειών διανομής ηλεκτρικής ενέργειας στη Γερμανία ...	55
4.10	Εφαρμογή στην Πορτογαλία	57
4.10.1	Ανάλυση αποδοτικότητας υδροηλεκτρικών σταθμών παραγωγής:Εφαρμογή στην Πορτογαλία.	57
4.11	Συγκεντρωτική Παρουσίαση των Είσοδων και Εξόδων που χρησιμοποιούνται στη διεθνή βιβλιογραφία-αρθρογραφία.....	59
4.12	Βιβλιογραφία-Αρθρογραφία.....	60
5	ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΡΟΩΝ-ΕΚΡΟΩΝ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥΣ ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	62
5.1	Σταθμοί Παραγωγής Φυσικού Αερίου Διασυνδεδεμένου Δικτύου.....	62
5.1.1	Δεδομένα Εισροών	62
5.1.2	Δεδομένα Εκροών	65
5.2	Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί Παραγωγής	66
5.2.1	Δεδομένα Εισροών	66
5.2.2	Δεδομένα Εκροών	69
6	ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΥΣΑΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	72
6.1	Σύντομη περιγραφή του υπολογιστικού κώδικα	72
6.2	Αξιολόγηση Θερμοηλεκτρικών Μονάδων Φυσικού Αερίου	75
6.2.1	Σενάριο 1 ^ο : Αξιολόγηση των μονάδων με γνώμονα τα τεχνικά τους χαρακτηριστικά.....	75
6.2.2	Σενάριο 2 ^ο : Αξιολόγηση των μονάδων με γνώμονα τα περιβαλλοντικά τους χαρακτηριστικά	78
6.2.3	Σενάριο 3 ^ο : Αξιολόγηση των μονάδων με γνώμονα τα οικονομικά τους στοιχεία.....	80
6.2.4	Συχνότητα εμφάνισης αποτελεσματικών μονάδων.....	83
6.3	Αξιολόγηση Υδροηλεκτρικών Σταθμών.....	84
6.3.1	Σενάριο : Αξιολόγηση των σταθμών με γνώμονα τα τεχνικά τους στοιχεία.....	84
6.3.2	Συχνότητα εμφάνισης αποτελεσματικών σταθμών.....	88
7	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	89
7.1	Μονάδες Φυσικού Αερίου.....	89
7.1.1	Πολιτικές για τη βελτίωση της απόδοσης μη αποτελεσματικών θερμικών μονάδων φυσικού αερίου ανάλογα με την παλαιότητα τους.....	89
7.1.2	Πολιτικές για τη βελτίωση της απόδοσης μη αποτελεσματικών θερμικών μονάδων φυσικού αερίου ανάλογα με την εγκατεστημένη τους ισχύ.	90
7.2	Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί.....	91
7.2.1	Πολιτικές για τη βελτίωση της απόδοσης μη αποτελεσματικών υδροηλεκτρικών σταθμών ανάλογα με την παλαιότητα τους,	91
7.2.2	Πολιτικές για τη βελτίωση της απόδοσης μη αποτελεσματικών υδροηλεκτρικών σταθμών ανάλογα με την εγκατεστημένη τους ισχύ.	92
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....		93
1.	Θερμοηλεκτρικές Μονάδες Φυσικού Αερίου	93
1.1	Σενάριο 1ο : Αξιολόγηση των μονάδων με γνώμονα τα τεχνικά τους χαρακτηριστικά.....	93
1.1.1	Συνδυασμός 1.....	93
1.1.2	Συνδυασμός 2.....	99

1.2 Σενάριο 2 ^ο : Αξιολόγηση των μονάδων με γνώμονα τα περιβαλλοντικά τους χαρακτηριστικά	105
1.2.1 Συνδυασμός 1.....	105
1.2.2 Συνδυασμός 2.....	111
1.3 Σενάριο 3 ^ο : Αξιολόγηση των μονάδων με γνώμονα τα οικονομικά τους στοιχεία	117
1.3.1 Συνδυασμός 1.....	117
1.3.2 Συνδυασμός 2.....	123
1.3.3 Συνδυασμός 3.....	129
2. Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί	135
2.1 Σενάριο : Αξιολόγηση των σταθμών με γνώμονα τα τεχνικά τους χαρακτηριστικά	135
2.1.1 Συνδυασμός 1.....	135
2.1.2 Συνδυασμός 2.....	141
2.1.3 Συνδυασμός 3.....	147