



**ΔΙΔΡΥΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΚΡΗΤΗΣ - ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ**

**" ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ"**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΔΙΠΛΩΜΑ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ**

**ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ  
ΑΠΟ ΘΕΡΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥΣ ΣΤΑΘΜΟΥΣ  
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΟΥΣ ΘΕΡΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥΣ  
ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΤΗΣ ΔΕΗ ΣΤΗΝ ΚΡΗΤΗ**

**ΣΗΦΑΚΑΚΗ ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΑ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ : ΚΑΝΑΚΙΔΟΥ ΜΑΡΙΑ**

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΧΗΜΙΚΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ, ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ**

**ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2009**

Τριμελής επιτροπή:

**Κανακίδου Μαρία** Καθηγήτρια Χημικού Π.Κ. (Επιβλέπουσα Καθηγήτρια)

**Χρηστάκης Δημήτριος** Καθηγητής Τμήματος Μηχανολογίας, ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ

**Μιχαλόπουλος Νίκος** Καθηγητής Χημικού , Π.Κ.

**UNIVERSITY and TECHNOLOGICAL EDUCATIONAL INSTITUTE OF CRETE  
POSTGRADUATE PROGRAM IN**

**"ENVIRONMENTAL PROTECTION TECHNOLOGIES"**

**MASTER OF SCIENCE - M.Sc.**

**A THERMAL POWER PLANTS ATMOSPHERIC  
POLLUTANTS EMISSION SIMULATION**

**APPLICATION ON THE PPC SA THERMAL POWER PLANTS IN  
CRETE**

**KRISTALLIA SIFAKAKI**

**SUPERVISOR: KANAKIDOY MARIA**

**ENVIRONMENTAL CHEMICAL PROCESS LABORATORY  
DEPARTMENT OF CHEMISTRY, UNIVERSITY OF CRETE**

**HERAKLION 2009**



*Στον γιό μου...*



## Ευχαριστίες

Το μεταπτυχιακό πρόγραμμα το οποίο παρακολούθησα για την απόκτηση Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης σε θέματα τεχνολογιών προστασίας περιβάλλοντος είναι το «Τεχνολογίες Προστασίας Περιβάλλοντος (Τ.Ε.Π.Ρ.Ο.Π.)» του Τμήματος Χημείας του Πανεπιστημίου Κρήτης σε συνεργασία με τη Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών του ΤΕΙ Κρήτης. Θα ήθελα να ευχαριστήσω και τα δύο παραπάνω ιδρύματα που με έκαναν δεκτή και μου έδωσαν την ευκαιρία να ασχοληθώ με περιβαλλοντικά θέματα που συμβαδίζουν με τα ενδιαφέροντα μου.

Τις πιο θερμές μου ευχαριστίες θα ήθελα να τις εκφράσω στην επιβλέπουσα μου καθηγήτρια Μαρία Κανακίδου για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε και την επιστημονική και ανθρώπινη υποστήριξη σε όλη την διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας αυτής.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή Δ. Χρηστάκη, μέλος της τριμελούς μου επιτροπής που ουσιαστικά είναι συνεπιβλέπων καθηγητής, για την εύστοχη και αμείωτη υποστήριξη και καθοδήγηση που μου παρείχε αυτός προσωπικά και τα μέλη του εργαστηρίου «Αιολικής Ενέργειας και Σύνθεσης Ενεργειακών Συστημάτων» του τμήματος Μηχανολογίας του ΤΕΙ Κρήτης, του οποίου είναι υπεύθυνος. Ειδικότερα τον Δρ. Δ. Κατσαπρακάκη για τις πληροφορίες και την ενημέρωση που μου παρείχε στο ξεκίνημα της εργασίας αυτής.

Επίσης πολλές ευχαριστίες στον καθηγητή Ν. Μιχαλόπουλο τρίτο μέλος της επιτροπής μου, για τις παρατηρήσεις και τις διευκρινήσεις του.

Ευχαριστώ όλα τα παιδιά του εργαστηρίου Περιβαλλοντικών Χημικών Διεργασιών και ειδικότερα ο χώρος της Υπολογιστικής Χημείας Περιβάλλοντος και Κλιματικών Αλλαγών του τμήματος Χημείας του Πανεπιστημίου Κρήτης για την συνεργασία και την βοήθεια τους.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ στον Κωνσταντίνο και στον Δημήτρη για την υπομονή τους και την συμπαράστασή τους και στους γονείς μου για ότι μου έδωσαν όλα αυτά τα χρόνια.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω και δημόσια την Κ. Σηφακάκη για την γενικότερη συμπαράστασή της και την βοήθειά της στην μετάφραση των κειμένων.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την Ε. Τζανάκη, τη συνοδοιπόρο μου σε όλη τη διάρκεια του μεταπτυχιακού προγράμματος.



## Περιεχόμενα

Περίληψη .....	1
Ορισμοί .....	4
Κεφάλαιο 1 <sup>ο</sup> .....	6
Εισαγωγικές Έννοιες.....	6
1.1 Ατμοσφαιρικοί ρύποι .....	6
1.2 Ο βαθμός απασχόλησης και η εκπομπή ρύπων .....	12
1.3 Υπολογισμός συντελεστή εκπομπής ρύπου ενεργειακού συστήματος .....	12
1.3.1 Ενεργειακό σύστημα με ανεξάρτητους μεταξύ τους μορφοτροπείς συνδεδεμένους παράλληλα .....	12
1.3.2 Ενεργειακό σύστημα με μορφοτροπείς συνδεδεμένου κύκλου .....	15
1.4 Σκοπός της εργασίας .....	18
1.5 Δομή εργασίας .....	19
Κεφάλαιο 2 <sup>ο</sup> .....	22
Σχηματισμός και εκπομπή αέριων και σωματιδιακών ρύπων θερμικών μηχανών που χρησιμοποιούν ως καύσιμο μίγμα υδρογονανθράκων.....	22
2.1 Διοξείδιο του Άνθρακα (CO <sub>2</sub> ) - Υδρατμοί (H <sub>2</sub> O) .....	24
2.2 Μονοξείδιο Άνθρακα (CO) .....	24
2.3 Άκαυστοι Υδρογονάνθρακες (UHC) .....	27
2.4 Οξείδια του αζώτου(NO <sub>x</sub> ) .....	30
2.4.1 Λόγος μονοξειδίου του αζώτου(NO)προς διοξείδιο του αζώτου σε (NO <sub>2</sub> ) σε νίτζελ κινητήρα .....	33
2.4.2 Παράγοντες που επιδρούν στο σχηματισμό οξειδίων του αζώτου (NO <sub>x</sub> ) στους αεριοστροβίλους.....	35
2.4.3 Παράγοντες που επιδρούν στο σχηματισμό των οξειδίων του αζώτου (NO <sub>x</sub> ) στις νίτζελ μηχανές εσωτερικής καύσης. ....	37
2.5 Οξείδια του Θείου (SO <sub>x</sub> ) .....	43
2.6 Καπνός-Αιθάλη (Smoke, Soot) .....	43
Κεφάλαιο 3 <sup>ο</sup> .....	48
Η μεθοδολογία της προσομοίωσης της εκπομπής αέριων και σωματιδιακών ρύπων θερμοηλεκτρικών μονάδων παραγωγής .....	48
3.1 Η μαθηματική διατύπωση του προβλήματος.....	50
3.1.1 Ο ορισμός του προβλήματος και οι συμβολισμοί που χρησιμοποιούνται στη μαθηματική διατύπωση του .....	50
3.1.2 Η ανάλυση του προβλήματος και οι συναρτήσεις που επιλύουν το μαθηματικό μοντέλο. ....	51
3.2 Η μεθοδολογία υπολογισμού συναρτήσεων εκπομπής ρύπου ή παροχής καυσαερίων. .	56
3.3 Το πρόγραμμα επίλυσης του μαθηματικού μοντέλου «ΡΥΠΟΣ» .....	59
Κεφάλαιο 4 <sup>ο</sup> .....	65
Εφαρμογή και έλεγχος της μεθοδολογίας προσομοίωσης εκπομπής των αέριων ρύπων στο σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη .....	65
4.1 Το σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της Κρήτης. ....	65
4.1.1 Ο θερμοηλεκτρικός σταθμός στα Λινοπεράματα Ηρακλείου. ....	66
4.1.2 Ο θερμοηλεκτρικός σταθμός στην Ξυλοκαμάρα Χανίων .....	67
4.1.3 Ο θερμοηλεκτρικός σταθμός στον Αθρινόλακκο Λασιθίου .....	67
4.1.4 Τα Αιολικά πάρκα του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη... ..	68
4.2 Συναρτήσεις βαθμού απόδοσης των Θερμοηλεκτρικών μονάδων παραγωγής του συστήματος στην Κρήτη.....	71
4.2.1 Των μονάδων του θερμοηλεκτρικού σταθμού στην Ξυλοκαμάρας Χανίων .....	71
4.2.2 Των μονάδων του θερμοηλεκτρικός σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου. ....	72

4.2.3 Των μονάδων του θερμοηλεκτρικού σταθμού στον Αθερινόλακκο Λασιθίου .....	74
4.3 Συναρτήσεις της εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NO <sub>x</sub> ) των θερμοηλεκτρικών σταθμών του συστήματος παραγωγής στην Κρήτη.....	75
4.3.1 Των μονάδων με κινητήρες ντίζελ.....	75
4.3.2 Των μονάδων με ατμοστρόβιλο .....	77
4.3.3 Των μονάδων με αεριοστρόβιλο .....	80
4.4 Συναρτήσεις της εκπομπής οξειδίων του θείου (SO <sub>x</sub> ) των Θερμοηλεκτρικών μονάδων παραγωγής στο σύστημα της Κρήτης.....	86
4.4.1 Των μονάδες με κινητήρες Ντίζελ .....	86
4.4.2 Των μονάδες με Ατμοστροβίλους.....	87
4.4.3 Των μονάδες με Αεριοστρόβιλο .....	90
4.5 Συναρτήσεις της εκπομπής μονοξειδίου του άνθρακα (CO) των θερμοηλεκτρικών σταθμών του συστήματος παραγωγής στην Κρήτη.....	94
4.5.1 Των μονάδων με κινητήρες ντίζελ.....	94
4.5.2 Των μονάδων με ατμοστρόβιλο .....	96
4.5.3 Των μονάδων με αεριοστρόβιλο .....	100
4.6 Συναρτήσεις παροχής καυσαερίων των Θερμοηλεκτρικών μονάδων παραγωγής στο σύστημα της Κρήτης.....	104
Μονάδες με κινητήρες Ντίζελ .....	104
Μονάδες με Ατμοστροβίλους.....	105
Των μονάδες με Αεριοστρόβιλο .....	108
Κεφάλαιο 5 <sup>ο</sup> .....	112
Αποτελέσματα προσομοίωσης του ενεργειακού συστήματος παραγωγής στην Κρήτη .....	112
5.1 Τα αποτελέσματα της σύνθεσης παραγωγής του ενεργειακού συστήματος στην Κρήτη.....	112
5.2 Η αξιολόγηση της σύνθεσης παραγωγής του ενεργειακού συστήματος στην Κρήτη. ....	120
5.3 Αποτελέσματα προσομοίωσης της εκπομπής των οξειδίων του αζώτου (NO <sub>x</sub> ) στο συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη.....	129
5.4 Η αξιολόγηση της προσομοίωσης της εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NO <sub>x</sub> ) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη.....	136
5.5 Τα αποτελέσματα προσομοίωσης της εκπομπής οξειδίων του θείου (SO <sub>x</sub> ) στο συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη.....	143
5.6 Η αξιολόγηση της προσομοίωσης της εκπομπής οξειδίων θείου (SO <sub>x</sub> ) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτης.....	150
5.7 Τα αποτελέσματα προσομοίωσης της εκπομπής μονοξειδίου του άνθρακα (CO) στο συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη.....	155
5.8 Η αξιολόγηση της προσομοίωσης της εκπομπής μονοξειδίου του άνθρακα (CO) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτης.....	163
Κεφάλαιο 6 <sup>ο</sup> .....	166
Συμπεράσματα.....	166
BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	169
Παράρτημα .....	xvii

## Ευρετήριο εικόνων

Εικόνα 1: Συντακτικός τύπος διοξειδίου του άνθρακα (CO <sub>2</sub> ) [48]. .....	7
Εικόνα 2: Συντακτικός τύπος μονοξειδίου του άνθρακα (CO)[48].....	7
Εικόνα 3: Συντακτικός τύπος του διοξειδίου του θείου (SO <sub>2</sub> )[48] .....	8
Εικόνα 4:Εκπομπή οξειδίων του αζώτου ανά δραστηριότητα [49] .....	8
Εικόνα 5:Συντακτικός τύπος υποξειδίου του αζώτου (N <sub>2</sub> O) [48] .....	8

Εικόνα 6: Συντακτικός τύπος μονοξειδίου του αζώτου (NO) [48] .....	8
Εικόνα 7: Συντακτικός τύπος τριοξειδίου του αζώτου (N <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) [48] .....	9
Εικόνα 8 : Συντακτικός τύπος διοξειδίου του αζώτου (NO <sub>2</sub> ) [48] .....	9
Εικόνα 9: Συντακτικός τύπος πεντοξειδίου του αζώτου (N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) [48] .....	9
Εικόνα 10: Πηγές εκπομπής πτητικών οργανικών ουσιών (Volatile Organic Compounds, VOCs)[49] .....	10
Εικόνα 11: Παραγωγή όζοντος (O <sub>3</sub> ) στην ατμόσφαιρα [49] .....	10
Εικόνα 12: Χαρακτηριστική φωτογραφία πόλης με φωτοχημική καπνομίχλη (smog: smoke + fog) αποτέλεσμα αντίδρασης οξειδίων του αζώτου με υδρογονάνθρακες υπό την επίδραση ηλιακού φωτός [50] .....	11
Εικόνα 13: Τυπική κατανομή της συγκέντρωσης του όζοντος (ως μερική πίεση) ως συνάρτηση του ύψους στην ατμόσφαιρα [50] .....	11
Εικόνα 14: Διατάξεις ενεργειακών συστημάτων .....	12
Εικόνα 15: Σύνθεση καυσαερίων συναρτήσει του φορτίου αεριοστροβίλου[18][18] .....	24
Εικόνα 16: Μεταβολή εκπομπής μονοξειδίου του άνθρακα CO (α), μονοξειδίου του αζώτου NO (β) και σωματιδίων (smoke) (γ), (Φ) κινητήρα ντίζελ [17] .....	25
Εικόνα 17 : Επίδραση θερμοκρασίας εισόδου(α), πίεσης (β) καύσης και λόγου ισοδυναμίας (φ) στις εκπομπές μονοξειδίου άνθρακα αεριοστροβίλων (Lefebvre[18]) .....	26
Εικόνα 18: Διαγράμματα μεταβολής της συγκέντρωσης των HC συναρτήσει του βαθμού απασχόλησης (ξi) φορτίου [17] .....	28
Εικόνα 19: Επίδραση της καθυστέρησης αναφλέξεως στην εκπομπή HC [17] .....	28
Εικόνα 20: Εγχυτήρας καυσίμου μηχανής ντίζελ με μικρό και μεγάλο σάκο .....	29
Εικόνα 21: Διάγραμμα εκπομπής υδρογονανθράκων συναρτήσει του όγκου του σάκου του εγχυτήρα [17] .....	30
Εικόνα 22: Συσχέτιση λόγου ισοδυναμίας με τη θερμοκρασία καύσης και το ρυθμό σχηματισμού θερμικών οξειδίων του αζώτου (NO <sub>x</sub> )[22]. .....	32
Εικόνα 23: Διάγραμμα εκπομπής NO και NO <sub>2</sub> από κινητήρα Ντίζελ συναρτήσει του φορτίου [17] .....	34
Εικόνα 24: Επίδραση της θερμοκρασίας καύσης και του είδους του καυσίμου στην εκπομπή οξειδίων του αζώτου (NO <sub>x</sub> ) ([22][23]). .....	36
Εικόνα 25: Επίδραση της ατμοσφαιρικής υγρασίας και της θερμοκρασίας στην εκπομπή οξειδίων αζώτου([22][23]). .....	36
Εικόνα 26: Απεικόνιση φάσεων διαδικασία καύσης εμβολοφόρου κινητήρα εσωτερικής καύσης κατά Heywood [25]. .....	37

Εικόνα 27: Απεικόνιση ακτινικής έγχυσης καυσίμου σε περιβάλλον με εγκάρσιο στροβιλισμό του αέρα[21].....	38
Εικόνα 28: Εκπομπή οξειδίων του αζώτου (NOx), μονοξειδίου του άνθρακα (CO) και υδρογονανθράκων (HC) του λόγου ισοδυναμίας αέρα καυσίμου εμβολοφόρας μηχανής εσωτερικής καύσης[23].....	40
Εικόνα 29 : Συγκέντρωση NOx συναρτήσει του φορτίου για δύο προπορείες εγχύσεως [17]. ....	40
Εικόνα 30: Μεταβολή της συγκέντρωσης των οξειδίων του αζώτου (NOx) συναρτήσει της προπορείας εγχύσεως για διάφορους βαθμούς συστροφής [17] .....	41
Εικόνα 31: Διάγραμμα πίεσης και θερμοκρασίας συναρτήσει της προπορείας [16].....	41
Εικόνα 32: Επιζήμιος όγκος θαλάμου καύσης με το έμβολο στο άνω νεκρό σημείο.....	42
Εικόνα 33: Διάγραμμα μεταβολής συγκέντρωσης των οξειδίων του αζώτου NOx συναρτήσει της μείωσης του οξυγόνου O <sub>2</sub> λόγω αύξησης του παραμένου καυσαερίου [17].....	42
Εικόνα 34: Απεικόνιση της χρονικής αλληλουχίας των διαφορετικών φάσεων σχηματισμού αιθάλης [27].....	45
Εικόνα 35: Διάγραμμα μεταβολής εκπεμπόμενων σωματιδίων (Φ), για κινητήρες Diesel DI [17]. .....	46
Εικόνα 36: Μεταβολή εκπεμπόμενων σωματιδίων (smoke), NO και CO και ειδικής καταναλώσεως καυσίμου (SFC) συναρτήσει της προπορείας εγχύσεως, για διάφορες συ-στροφές αέρα (swirl), κινητήρα Diesel DI [17]......	47
Εικόνα 37: Διαδικασία ανάπτυξης μαθηματικού μοντέλου.....	48
Στον Πίνακα 38 παρουσιάζονται οι συμβολισμοί που χρησιμοποιούνται στην μαθηματική διατύπωση του προβλήματος. ....	50
Πίνακας 39: Συμβολισμοί που χρησιμοποιούνται στην μαθηματική διατύπωση του προβλήματος. .....	50
Εικόνα 40: Γραφική παράσταση συνάρτησης βαθμού απόδοσης.....	54
Εικόνα 41: Γραφική παράσταση συνάρτησης παροχής καυσαερίων .....	55
Εικόνα 42: Γραφική παράσταση της συνάρτησης εκπομπή ρύπου .....	55
Εικόνα 43: Σύσταση καυσαερίων συναρτήσει του συντελεστή απασχόλησης εμβολοφόρων ντίζελ.[17] .....	58
Εικόνα 44: Υποπρόγραμμα «Πρόγραμμα λειτουργίας» υπολογισμού μήτρας «Διαθεσιμότητας λειτουργίας» του προγράμματος «ΡΥΠΟΣ». ....	59
Εικόνα 45: Υποπρόγραμμα «Σύνθεση παραγωγής» υπολογισμού μήτρας «Κατανομής φορτίου» του προγράμματος «ΡΥΠΟΣ». ....	60
Εικόνα 46: Γραφικές παραστάσεις ημερήσιας και μηνιαίας κατανομής φορτίου .....	61
Εικόνα 47: Τελεστές συναρτήσεων βαθμού απόδοσης – βαθμού απασχόλησης.....	62



Εικόνα 48: Τελεστές συνάρτησης εκπομπή Οξειδίων του αζώτου (NO <sub>x</sub> ) – βαθμός απασχόλησης. .....	63
Εικόνα 49: Γραφικές παραστάσεις ημερήσιας και μηνιαίας κατανομής φορτίου.....	63
Εικόνα 50: Το σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της Κρήτης [8].....	65
Εικόνα 51: Θερμοηλεκτρικός σταθμός παραγωγής του συστήματος της Κρήτης στα Λινοπεραμάτων Ηρακλείου .....	66
Εικόνα 52: Θερμοηλεκτρικός σταθμός στον Αθρινόλακκο Ηρακλείου.....	67
Εικόνα 53: Γραφικές παραστάσεις των συναρτήσεων του βαθμού απόδοσης συναρτήσεως του βαθμού απασχόλησης (α) μονάδας με αεριοστρόβιλο #1, (β) μονάδας με αεριοστρόβιλο #4,(γ) μονάδας με αεριοστρόβιλο #5 και (δ) μονάδων με αεριοστρόβιλο #6 και #7. ....	71
Εικόνα 54: Γραφικές παραστάσεις των συναρτήσεων του βαθμού απόδοσης (α) μονάδας με αεριοστρόβιλο # 13 και (β) αεριοστρόβιλων # 11 και # 12.....	72
Εικόνα 55: Γραφικές παραστάσεις των συναρτήσεων του βαθμού απόδοσης (α) μονάδων με αεριοστρόβιλο #1 & #2 και (β) μονάδας με αεριοστρόβιλο #3 .....	72
Εικόνα 56: Γραφικές παραστάσεις των συναρτήσεων του βαθμού απόδοσης (α) μονάδας με αεριοστρόβιλο #4 και (β)μονάδας με αεριοστρόβιλο #5.....	73
Εικόνα 57: Γραφικές παραστάσεις των συναρτήσεων του βαθμού απόδοσης (α) ατμοστρόβιλου # 1, (β) ατμοστρόβιλων #2 & #3,(γ) ατμοστρόβιλου 4 και (δ) ατμοστρόβιλων #5 &#6. ....	73
Εικόνα 58: Γραφική παράσταση της συνάρτησης του βαθμού απόδοσης ντίζελ Λινοπεραμάτων Ηρακλείου .....	74
Εικόνα 59: Γραφική παράσταση της συνάρτησης του βαθμού απόδοσης ντίζελ Αθρινόλακκου Λασιθίου. ....	74
Εικόνα 60 : Συνάρτηση της εκπομπής Οξειδίων του αζώτου (NO <sub>x</sub> ) συναρτήσεως του βαθμού απασχόλησης των κινητήρων Ντίζελ του θερμοηλεκτρικού σταθμού στον Αθρινόλακκο Λασιθίου – Πρώτη προσέγγιση.....	75
Εικόνα 61: Συνάρτηση της εκπομπής Οξειδίων του αζώτου (NO <sub>x</sub> ) συναρτήσεως του βαθμός απασχόλησης των κινητήρων Ντίζελ του θερμοηλεκτρικού σταθμού στον Αθρινόλακκο Λασιθίου -Δεύτερη προσέγγιση.....	76
Εικόνα 62: Συνάρτηση της εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NO <sub>x</sub> ) των κινητήρων Ντίζελ του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεραμάτα Ηρακλείου.....	77
Εικόνα 63: Συνάρτηση της εκπομπής Οξειδίων του αζώτου (NO <sub>x</sub> ) των μονάδων με ατμοστρόβιλο του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου (α) #2 και #3 (β) #4 .....	78
Εικόνα 65: Συνάρτηση της εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NO <sub>x</sub> ) των μονάδων με ατμοστρόβιλο #5 και #6 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου. ....	79

Εικόνα 66: Ποσοστό παραγωγής μονάδων με αεριοστρόβιλο με βάση τα στοιχεία των ετήσιων εκθέσεων παρακολούθησης περιβαλλοντικών παραμέτρων λειτουργίας. ....	80
Εικόνα 67: Συνάρτηση της εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NO <sub>x</sub> ) των μονάδων με αεριοστρόβιλο #6 και #7 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στη Ξυλοκαμάρα Χανίων (ασυνεχείς μετρήσεις).....	81
Εικόνα 68: Σύγκριση μέσων ημερήσιων μετρήσεων της εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NO <sub>x</sub> ) των μονάδων με αεριοστρόβιλο #6 και #7 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στην Ξυλοκαμάρα Χανίων.....	81
Εικόνα 69: Συνάρτηση της εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NO <sub>x</sub> ) μονάδων με αεριοστρόβιλο #6 και #7 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στην Ξυλοκαμάρα Χανίων (μέσες ημερήσιες μετρήσεις).....	82
Εικόνα 70: Συνάρτηση της εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NO <sub>x</sub> ) των μονάδων με αεριοστρόβιλο # 11 και # 12 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στην Ξυλοκαμάρα Χανίων (ασυνεχείς μετρήσεις) .....	82
Εικόνα 71 : Σύγκριση των μέσων ημερήσιων μετρήσεων της εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NO <sub>x</sub> ) των μονάδων με αεριοστρόβιλο #11 και #12 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στην Ξυλοκαμάρα Χανίων.....	83
Εικόνα 72 : Συνάρτηση της εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NO <sub>x</sub> ) συναρτήσει του βαθμού απασχόλησης της μονάδας με αεριοστρόβιλο # 13 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στην Ξυλοκαμάρα Χανίων.....	84
Εικόνα 73: Συνάρτηση της εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NO <sub>x</sub> ) των μονάδων με αεριοστρόβιλο #3 (α) και # 5 (β) του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου. ....	84
Εικόνα 74: Συναρτήσεις της εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NO <sub>x</sub> ) των μονάδων με αεριοστρόβιλο του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στη Κρήτη.....	85
Εικόνα 75: Συνάρτηση της εκπομπής οξειδίων του θείου (SO <sub>x</sub> ) των μονάδων με ντίζελ κινητήρα του θερμοηλεκτρικού σταθμού στον Αθερινόλακκο Λασιθίου (α) Ασυνεχείς μετρήσεις (β) Μέσες ημερήσιες μετρήσεις .....	86
Εικόνα 76: Συνάρτηση της εκπομπής οξειδίων του θείου (SO <sub>x</sub> ) των μονάδων με κινητήρα ντίζελ του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου.....	87
Εικόνα 77: Συνάρτηση Της εκπομπής οξειδίων του θείου (SO <sub>x</sub> ) των μονάδων #2 και #3 ατμοστρόβιλων του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου. ....	88
Εικόνα 78: Συνάρτηση της εκπομπής οξειδίων του θείου (SO <sub>x</sub> ) της μονάδας με ατμοστρόβιλο # του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου.....	89
Εικόνα 79: Συνάρτηση της εκπομπής οξειδίων του θείου (SO <sub>x</sub> ) των μονάδων #5 και #6 ατμοστρόβιλων του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου. ....	90

Εικόνα 80: Συνάρτηση της εκπομπής οξειδίων του θείου (SO <sub>x</sub> ) των μονάδων με αεριοστρόβιλο του θερμοηλεκτρικού σταθμού στην Ξυλοκαμάρα Χανίων (ασυνεχείς μετρήσεις) (α) # 6 και # 7 (β) #11 και #12 .....	91
Εικόνα 81: Συνάρτηση της εκπομπής οξειδίων του θείου (SO <sub>x</sub> ) συναρτήσει του βαθμού απασχόλησης της μονάδας με αεριοστρόβιλο #13 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στην Ξυλοκαμάρα Χανίων (ασυνεχείς μετρήσεις) .....	92
Εικόνα 83: Συναρτήσεις της εκπομπής οξειδίων του θείου (SO <sub>x</sub> ) των μονάδων με αεριοστρόβιλο #3 και #5 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου. ....	93
Εικόνα 84: Μεταβολή εκπομπής μονοξειδίου του άνθρακα CO (α), μονοξειδίου του αζώτου NO (β) και σωματιδίων (smoke) (γ), (Φ) κινητήρα ντίζελ [10].....	95
Εικόνα 85 : Συνάρτηση της εκπομπής μονοξειδίου του άνθρακα (CO) συναρτήσει του βαθμού απασχόλησης των μονάδων με κινητήρα ντίζελ του θερμοηλεκτρικού σταθμού στον Αθρινόλακκο Λασιθίου. ....	95
Εικόνα 86: Συνάρτηση της εκπομπής μονοξειδίου του άνθρακα (CO) των μονάδων με κινητήρα ντίζελ του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου.....	96
Εικόνα 87: Συνάρτηση της εκπομπής μονοξειδίου του άνθρακα (CO) των μονάδων με ατμοστρόβιλο #2 και #3 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου. ....	97
Εικόνα 88: Συνάρτηση της εκπομπής μονοξειδίου του άνθρακα(CO) της μονάδας με ατμοστρόβιλο #4 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου. ....	98
Εικόνα 89: Συνάρτηση της εκπομπής μονοξειδίου του άνθρακα (CO) των μονάδων με ατμοστρόβιλο #5 και #6 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου. ....	99
Εικόνα 90: Συνάρτηση της εκπομπής μονοξειδίου του άνθρακα (CO) των μονάδων #6 και #7 αεριοστρόβιλων του θερμοηλεκτρικού σταθμού στην Ξυλοκαμάρα Χανίων (ασυνεχείς μετρήσεις).....	100
Εικόνα 91: Συνάρτηση της εκπομπής μονοξειδίου του άνθρακα των μονάδων με αεριοστρόβιλο #11 και #12 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στην Ξυλοκαμάρα Χανίων (ασυνεχείς μετρήσεις) .....	101
Εικόνα 92 : Συναρτήσεις της εκπομπής μονοξειδίου του άνθρακα (CO) συναρτήσει του βαθμού απασχόλησης της μονάδας με αεριοστρόβιλο # 13 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στην Ξυλοκαμάρας Χανίων. ....	102
Εικόνα 93: Συνάρτηση της εκπομπής μονοξειδίου του άνθρακα (CO) της μονάδας με αεριοστρόβιλο #3 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου. ....	102
Εικόνα 94: Συνάρτηση της εκπομπής μονοξειδίου του άνθρακα (CO) της μονάδας με αεριοστρόβιλο #5 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου. ....	103

Εικόνα 95: Συνάρτηση της παροχής καυσαερίων των μονάδων με κινητήρα ντίζελ (α) Του θερμοηλεκτρικού σταθμού στον Αθρινόλακκο Λασιθίου και (β) Του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου. ....	104
Εικόνα 96: Συνάρτηση της παροχής καυσαερίων των μονάδων με ατμοστρόβιλο #2 και #3 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου. ....	106
Εικόνα 97: Συνάρτηση της παροχής καυσαερίων της μονάδας με ατμοστρόβιλο #4 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου. ....	107
Εικόνα 98: Συνάρτηση της παροχής καυσαερίων των μονάδων με ατμοστρόβιλο #5 και # του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου. ....	108
Εικόνα 99: Συνάρτηση της παροχής καυσαερίων συναρτήσεις του βαθμού απασχόλησης των μονάδων με αεριοστρόβιλο # 6 και # 7 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στην Ξυλοκαμάρα Χανίων (ασυνεχείς μετρήσεις).....	109
Εικόνα 100: Συνάρτηση της παροχής καυσαερίων συναρτήσει του βαθμού απασχόλησης των μονάδων με αεριοστρόβιλο #11 και #12 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στην Ξυλοκαμάρα Χανίων (ασυνεχείς μετρήσεις).....	109
Εικόνα 101: Συνάρτηση της παροχής καυσαερίων της μονάδας με αεριοστρόβιλο #13 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στην Ξυλοκαμάρα Χανίων (ασυνεχείς μετρήσεις) .....	110
Εικόνα 102: Συναρτήσεις της παροχής καυσαερίων συναρτήσει του βαθμού απασχόλησης των μονάδων με αεριοστρόβιλο #3 και #5 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου.....	111
Εικόνα 103: Ωριαία κατανομή φορτίου του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη στις 24/8/06 όπως προκύπτει από το πρόγραμμα προσομοίωσης «Ρύπος».....	112
Εικόνα 104: Μέσο Καθαρό φορτίο συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη για το έτος 2006.....	113
Εικόνα 105: Μέση ωριαία διαθέσιμη ισχύς Αιολικών Πάρκων του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη για το έτος 2006.....	113
Εικόνα 106 : Προσομοίωση της κατανομής του φορτίου του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Ιανουάριο του 2006.....	114
Εικόνα 107: Προσομοίωση της κατανομής του φορτίου του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Φεβρουάριο του 2006.....	114
Εικόνα 108 Προσομοίωση της κατανομής του φορτίου του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Μάρτιο του 2006.....	115
Εικόνα 109: Προσομοίωση της κατανομής του φορτίου του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Απρίλιο του 2006.....	115

Εικόνα 110 Προσομοίωση της κατανομής του φορτίου του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Μάιο του 2006.....	116
Εικόνα 111: Προσομοίωση της κατανομής του φορτίου του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Ιούνιο του 2006. ....	116
Εικόνα 112 : Προσομοίωση της κατανομής του φορτίου του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Ιούλιο του 2006. ....	117
Εικόνα 113 Προσομοίωση της κατανομής του φορτίου του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Αυγούστου του 2006.....	117
Εικόνα 114: Προσομοίωση της κατανομής του φορτίου του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Σεπτέμβριο του 2006.....	118
Εικόνα 115: Προσομοίωση της κατανομής του φορτίου του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Οκτώβριο του 2006.....	118
Εικόνα 116 : Προσομοίωση της κατανομής του φορτίου του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Νοέμβριο του 2006.....	119
Εικόνα 117: Προσομοίωση της κατανομής του φορτίου του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Δεκέμβριο του 2006. ....	119
Εικόνα 118: Ώρες λειτουργίας των μονάδων με κινητήρα ντίζελ του θερμοηλεκτρικού σταθμού στον Αθερινόλακκο Λασιθίου.....	120
Εικόνα 119: Παραχθείσα ενέργεια των μονάδων με κινητήρα ντίζελ του θερμοηλεκτρικού σταθμού στον Αθερινόλακκο Λασιθίου.....	121
Εικόνα 120: Ώρες λειτουργίας των μονάδων με αεριοστρόβιλο του θερμοηλεκτρικού σταθμού στην Ξυλοκαμάρα Χανίων.....	122
Εικόνα 121 Παραχθείσα ενέργεια των μονάδων με αεριοστρόβιλο του θερμοηλεκτρικού σταθμού στην Ξυλοκαμάρα Χανίων. ....	122
Εικόνα 122: (α) Διαφορά των υπολογισμένων τιμών της προσομοίωσης και των μετρήσεων της μηνιαίας παραγωγής ενέργειας των μονάδων βάσης και των μονάδων αιχμής. (β) Ποσοστό συμμετοχής της παραγωγής των μονάδων με αεριοστρόβιλο του θερμοηλεκτρικού σταθμού στην Ξυλοκαμάρα Χανίων ως προς τη συνολική παραγωγή του συστήματος παραγωγής στην Κρήτη για το 2006. ....	122
Εικόνα 123: Ώρες λειτουργίας της μονάδας συνδυασμένου κύκλου του θερμοηλεκτρικού σταθμού στην Ξυλοκαμάρα Χανίων. ....	123
Εικόνα 124: Παραχθείσα ενέργεια της μονάδας συνδυασμένου κύκλου του θερμοηλεκτρικού σταθμού στην Ξυλοκαμάρα Χανίων. ....	123

Εικόνα 125 : Ποσοστό της συμμετοχής της παραγωγής της μονάδας συνδυασμένου κύκλου του θερμοηλεκτρικού σταθμού στην Ξυλοκαμάρα Χανίων ως προς τη συνολική παραγωγή του συστήματος στην Κρήτη για το 2006.....	124
Εικόνα 126: Ώρες λειτουργίας των μονάδων με ατμοστρόβιλο του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου. ....	124
Εικόνα 127: Παραχθείσα ενέργεια των μονάδων με ατμοστρόβιλο του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου. ....	125
Εικόνα 128: Ώρες λειτουργίας των μονάδων με κινητήρα ντίζελ του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου. ....	125
Εικόνα 129: Παραχθείσα ενέργεια των μονάδων με κινητήρα ντίζελ του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου. ....	125
Εικόνα 130: Ώρες λειτουργίας των μονάδων με αεριοστρόβιλο του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου. ....	126
Εικόνα 131: Παραχθείσα ενέργεια των μονάδων με αεριοστρόβιλο του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου. ....	127
Εικόνα 132: Ποσοστό συμμετοχής της παραγωγής των μονάδων με αεριοστρόβιλο του σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου ως προς τη συνολική παραγωγή του συστήματος στην Κρήτη για το 2006.....	127
Εικόνα 133 : Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας του ενεργειακού συστήματος στην Κρήτη ανά τύπο μονάδας για το έτος 2006.....	128
Εικόνα 134: Απόκλιση του υπολογισμού της ετήσιας παραγωγής ενέργειας ανά τύπο μονάδας του ενεργειακού συστήματος στην Κρήτη. ....	128
Εικόνα 135: Ωριαία εκπομπή των οξειδίων του αζώτου (NOx) ως διοξείδιο του αζώτου (NO <sub>2</sub> ) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη στις 24/8/06. ....	129
Εικόνα 136: Προσομοίωση της εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NOx) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Ιανουάριο του 2006. ....	130
Εικόνα 137: Προσομοίωση της εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NOx) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Φεβρουάριο του 2006. ....	130
Εικόνα 138: Προσομοίωση της εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NOx) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Μάρτιο του 2006. ....	131
Εικόνα 139: Προσομοίωση της εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NOx) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Απρίλιο του 2006. ....	131
Εικόνα 140: Προσομοίωση της εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NOx) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Μαΐου του 2006.....	132

Εικόνα 141: Προσομοίωση της εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NO <sub>x</sub> ) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Ιούνιο του 2006.....	132
Εικόνα 142 Προσομοίωση της εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NO <sub>x</sub> ) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Ιούλιο του 2006.....	133
Εικόνα 143 Προσομοίωση της εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NO <sub>x</sub> ) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Αυγούστου του 2006. ....	133
Εικόνα 144: Προσομοίωση της εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NO <sub>x</sub> ) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Σεπτέμβριο του 2006. ....	134
Εικόνα 145: Προσομοίωση της εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NO <sub>x</sub> ) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Οκτώβριο του 2006. ....	134
Εικόνα 146: Προσομοίωση της εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NO <sub>x</sub> ) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Νοέμβριο του 2006. ....	135
Εικόνα 147: Προσομοίωση της εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NO <sub>x</sub> ) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Δεκέμβριο του 2006.....	135
Εικόνα 148: Εκπομπή οξειδίων του αζώτου (NO <sub>x</sub> ) του θερμοηλεκτρικού σταθμού στον Αθρινόλακκο Λασιθίου .....	136
Εικόνα 149: Ποσοστό παραγωγής των μονάδων με αεριοστρόβιλο, βάση τα στοιχεία των ετήσιων εκθέσεων παρακολούθησης περιβαλλοντικών παραμέτρων λειτουργίας του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη.....	138
Εικόνα 150: Απόκλιση της μηνιαίας εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NO <sub>x</sub> ) των μονάδων με αεριοστρόβιλο του σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου. ....	139
Εικόνα 151: Εκπομπή οξειδίων του αζώτου (NO <sub>x</sub> ) των υποομάδων με αεριοστρόβιλο της μονάδας συνδυασμένου κύκλου του θερμοηλεκτρικού σταθμού στην Ξυλοκαμάρα Χανίων. ..	139
Εικόνα 152: Εκπομπή οξειδίων του αζώτου (NO <sub>x</sub> ) της μονάδας με αεριοστρόβιλο #11 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στην Ξυλοκαμάρα Χανίων.....	140
Εικόνα 153: Εκπομπή οξειδίων του αζώτου (NO <sub>x</sub> ) της μονάδας με μονάδας με αεριοστρόβιλο #12 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στην Ξυλοκαμάρα Χανίων. ....	140
Εικόνα 154: Ποσοστό της ετήσιας εκπομπής οξειδίων του αζώτου ( NO <sub>x</sub> ως Kgr NO <sub>2</sub> ) προς τη ετήσια εκπομπή του συστήματος των μονάδων με ατμοστρόβιλο στο σταθμό στα Λινοπεράματα Ηρακλείου του συστήματος παραγωγής ενέργειας στην Κρήτη.....	141
Εικόνα 155: Ωριαία εκπομπή οξειδίων του θείου (SO <sub>x</sub> ) ως διοξείδιο θείου (SO <sub>2</sub> ) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη στις 24/8/06.....	143
Εικόνα 156: Προσομοίωση της εκπομπής οξειδίων του θείου (SO <sub>x</sub> ) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Ιανουάριο του 2006. ....	144

Εικόνα 157: Προσομοίωση της εκπομπής οξειδίων του θείου (SO <sub>x</sub> ) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Φεβρουάριο του 2006.....	144
Εικόνα 158: Προσομοίωση της εκπομπής οξειδίων του θείου (SO <sub>x</sub> ) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Μάρτιο του 2006. ....	145
Εικόνα 159: Προσομοίωση της εκπομπής οξειδίων του θείου (SO <sub>x</sub> ) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Απρίλιο του 2006.....	145
Εικόνα 160: Προσομοίωση της εκπομπής οξειδίων του θείου (SO <sub>x</sub> ) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Μαΐου του 2006.....	146
Εικόνα 161: Προσομοίωση της εκπομπής οξειδίων του θείου (SO <sub>x</sub> ) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Ιούνιο του 2006. ....	146
Εικόνα 162 Προσομοίωση της εκπομπής οξειδίων του θείου (SO <sub>x</sub> ) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Ιούλιο του 2006. ....	147
Εικόνα 163 Προσομοίωση της εκπομπής οξειδίων του θείου (SO <sub>x</sub> ) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Αυγούστου του 2006. ....	147
Εικόνα 164: Προσομοίωση της εκπομπής οξειδίων του θείου (SO <sub>x</sub> ) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Σεπτέμβριο του 2006.....	148
Εικόνα 165: Προσομοίωση της εκπομπής οξειδίων του θείου (SO <sub>x</sub> ) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Οκτώβριο του 2006. ....	148
Εικόνα 166: Προσομοίωση της εκπομπής οξειδίων του θείου (SO <sub>x</sub> ) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Νοέμβριο του 2006.....	149
Εικόνα 167: Προσομοίωση της εκπομπής οξειδίων του θείου (SO <sub>x</sub> ) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Δεκέμβριο του 2006. ....	149
Εικόνα 168: Εκπομπή οξειδίων του θείου (SO <sub>x</sub> ) του θερμοηλεκτρικού σταθμού στον Αθρινόλακκο Λασιθίου. ....	151
Εικόνα 169: Ποσοστό της εκπομπής οξειδίων του θείου (SO <sub>x</sub> ) των μονάδων με αεριοστρόβιλο προς τη συνολική εκπομπή του συστήματος παραγωγής ενέργειας στην Κρήτη. ....	152
Εικόνα 170: Ποσοστό ετήσιας εκπομπής οξειδίων του θείου (SO <sub>x</sub> ) προς τη ετήσια εκπομπή του συστήματος των μονάδων με ατμοστρόβιλο στο σταθμό στα Λινοπεράματα Ηρακλείου του συστήματος παραγωγής ενέργειας στην Κρήτης. ....	153
Εικόνα 171: Ωριαία εκπομπή μονοξειδίου του άνθρακα (CO) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη στις 02/9/06.....	155
Εικόνα 172: Προσομοίωση της εκπομπής μονοξειδίου του άνθρακα (CO) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Ιανουάριο του 2006.....	156
Εικόνα 173: Προσομοίωση της εκπομπής του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Φεβρουάριο του 2006. ....	156



Εικόνα 174: Προσομοίωση της εκπομπής του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Μάρτιο του 2006.....	157
Εικόνα 175: Προσομοίωση της εκπομπής του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Απρίλιο του 2006. ....	157
Εικόνα 176: Προσομοίωση της εκπομπής του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Μαΐου του 2006. ....	158
Εικόνα 177: Προσομοίωση της εκπομπής του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Ιούνιο του 2006.....	158
Εικόνα 178 Προσομοίωση της εκπομπής του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Ιούλιο του 2006.....	159
Εικόνα 179 Προσομοίωση της εκπομπής του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Αυγούστου του 2006.....	159
Εικόνα 180: Προσομοίωση της εκπομπής του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Σεπτέμβριο του 2006. ....	160
Εικόνα 181: Προσομοίωση της εκπομπής του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Οκτώβριο του 2006.....	160
Εικόνα 182: Προσομοίωση της εκπομπής του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Νοέμβριο του 2006.....	161
Εικόνα 183: Προσομοίωση της εκπομπής του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Δεκέμβριο του 2006.....	161
Εικόνα 184: Ωριαία εκπομπή μονοξειδίου του άνθρακα (CO) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη στις 01/01/06 .....	163



## Περίληψη

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο του διϊδρυματικού μεταπτυχιακού προγράμματος του Πανεπιστημίου Κρήτης και του ΤΕΙ Κρήτης, «Τεχνολογίες Προστασίας Περιβάλλοντος».

Η πρόσφατη απελευθέρωση της ελληνικής αγοράς ενέργειας και η υπάρχουσα ενεργειακή κρίση σε συνδυασμό με την κλιματική αλλαγή δημιουργούν την επιτακτική ανάγκη ορθής διαχείρισης της ενέργειας τόσο για την εξοικονόμηση της ενέργειας όσο και για τη μείωση των ρύπων και την προστασία του περιβάλλοντος.

Σκοπός της παρούσας εργασίας, είναι η ανάπτυξη μίας μεθοδολογίας για τον υπολογισμό των ρύπων της ατμόσφαιρας που εκπέμπονται από ένα σταθμό ηλεκτροπαραγωγής. Η συνολική εκπομπή του κάθε ρύπου είναι συνάρτηση της σύνθεσης παραγωγής και του βαθμού απασχόλησης της κάθε μονάδας. Η σύνθεση παραγωγής εξαρτάται από τη ζήτηση ηλεκτρικής ισχύος η οποία μεταβάλλεται κάθε χρονική στιγμή.

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας αναπτύχθηκε ένα μαθηματικό μοντέλο για τον υπολογισμό εκπομπών αέριων ρύπων, από θερμοηλεκτρικές μονάδες παραγωγής, συναρτήσει του χρόνου και του βαθμού απασχόλησης. Για την επίλυση του μαθηματικού μοντέλου αναπτύχθηκε το πρόγραμμα «ΡΥΠΟΣ». Για την σύνταξη του, χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό της Microsoft office «Excel» και η γλώσσα προγραμματισμού Microsoft Visual Basic.

Το «ΡΥΠΟΣ» αποτελείται από τα παρακάτω υποπρογράμματα:

- \* Πρόγραμμα λειτουργίας
- \* Σύνθεση παραγωγής
- \* Σύνθεση παραγωγής\_exp\_2006
- \* Εκκινήσεις – Σταματήματα
- \* Βαθμός απόδοσης
- \* Κατανάλωση καυσίμου
- \* Εκπομπή NO<sub>x</sub>\_βαθμός απασχόλησης
- \* Εκπομπή SO<sub>x</sub>\_βαθμός απασχόλησης
- \* Εκπομπή CO\_βαθμός απασχόλησης

Το μοντέλο εφαρμόστηκε στο σύστημα της Κρήτης με δεδομένα του 2006 και μέσω αυτής της εφαρμογής ελέγχθηκε η αξιοπιστία του. Τα μέσα ωριαία καθαρά φορτία και το ωριαίο διαθέσιμο φορτίο των αιολικών πάρκων του συστήματος της Κρήτης για το έτος 2006 παραχωρήθηκαν από το κέντρο Ελέγχου Συστημάτων Μεταφοράς της Διεύθυνσης Διαχείρισης Νήσων της Δ.Ε.Η. Α.Ε.

Οι αέριοι ρύποι για τους οποίους υπήρχαν ασυνεχείς μετρήσεις για όλες τις μονάδες του ενεργειακού συστήματος της Κρήτης στις ετήσιες εκθέσεις “Παρακολούθησης περιβαλλοντικών παραμέτρων λειτουργίας” και για τους οποίους έγινε υπολογισμός της εκπομπής τους είναι :

- \* τα οξείδια του αζώτου (NOx)
- \* τα οξείδια του θείου (SOx).
- \* το μονοξείδιου του άνθρακα (CO) και

Η αξιολόγηση των συναρτήσεων εκπομπής ρύπου έγινε με σύγκριση των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από την επίλυση τους με τις μετρήσεις των μέσων ημερήσιων τιμών, όπου αυτές είναι διαθέσιμες, των ετήσιων εκθέσεων “Παρακολούθησης περιβαλλοντικών παραμέτρων λειτουργίας”, για το έτος 2006, που εκπονήθηκε από την Διεύθυνση εκμετάλλευσης ΘΗΣ της ΔΕΗ ΑΕ.

Ενώ η αξιολόγηση της προσομοίωσης του ενεργειακού συστήματος και της εκπομπής αερίων ρύπων με τη χρήση του προγράμματος «Ρύπος» έγινε με τη σύγκριση των αποτελεσμάτων με τα στοιχεία που δίδονται στις «εκθέσεις» σχετικά με τη κατανομή του φορτίου ανά μονάδα παραγωγής και την εκπομπή του κάθε ρύπου.

## Abstract

This thesis essay was worked out within the scope of the post graduate program in “Environmental Protection Technologies” organized by the University of Crete and the Technological Educational Institute of Crete.

The recent release of energy in Greece and the existing crisis in the energy field in combination with the climate change create an urgent need for a rational management of energy in order to save energy and in the same time reduce air pollutants and protect the environment.

This thesis aim was to develop and substantiate a new methodology on the estimation of air pollutants that are emitted from a simple thermal power production unit. The total emission of each pollutant depends on both, unit commitment and operation rate of each unit in our energy system. Further to unit commitment depends on the electricity power demand that varies in the course of time.

The main scope of this thesis was to develop a new mathematical model for the estimation of the amount of air pollutants emitted from a thermal power production unit in interrelation between both time and operation rate. For the solution of this mathematical model we developed a new program called “ΡΥΠΟΣ” constituted of nine subservient programs.

Our case study, in order to check the reliability of our model, was the power production system of the island of Crete and the data used concern year 2006. The data for the mean hourly load and the hourly available load for the wind farms of the power system of Crete were assigned to us by Public Power Corporation S.A. Islands Network Operations Department.

The data for the emission of air pollutants taken into account on this study - that we must say were based on inconstant measurements concerning all the units consisting the energy system of Crete, where taken from the “Annual environmental report of the three thermal power plants, operating on the island of Crete, for the year 2006”, issued by the National Power Cooperation, Management of the Thermal Power Station Department. The parameters that were monitored are, NO<sub>x</sub>, CO and Sox.

The evaluation of the functions of the air pollutants emission in interrelation of the operating time used was accomplished by comparing the results given if we solve them according to the measurements and data of the mean daily records from the “Annual environmental report of the three thermal power plants, operating on the island of Crete, for the year 2006”, issued by the National Power Cooperation, Management of the Thermal Power Station Department, whenever these are available.

Whereas the evaluation of the simulation of the energy system and the air pollutants emission by using “ΡΥΠΟΣ» was done by comparing the results given from the data recorded to the “Annual environmental report of the three thermal power plants, operating on the island of Crete, for the year 2006”, in relation to both the distribution of load per production unit and air pollutants emission.

## Ορισμοί

**Μορφοτροπέας**, είναι κάθε διάταξη που αλλάζει την μορφή ενός συστήματος.[1]

**Μορφοτροπέας ενέργειας** ορίζεται κάθε διάταξη μελών τα οποία συνθέτουν ένα ανοικτό σύστημα δια του οποίου διερχόμενη η ενέργεια αλλάζει μορφή. Ο μορφοτροπέας ενέργειας είναι και μορφοτροπέας ισχύος. Η μορφή της ισχύος προκύπτει με παραγωγή της ενέργειας στο χρόνο.[1]

**Βαθμός απασχόλησης ( $\xi_k$ ) μορφοτροπέα**, ονομάζεται το ποσοστό επί της ονομαστικής ισχύος  $P_{rk}$  στο οποίο δουλεύει ο μορφοτροπέας.[2]

**Βαθμός απασχόλησης του ενεργειακού συστήματος** είναι η στιγμιαία ισχύς του συστήματος προς την συνολική εγκατεστημένη ονομαστική ισχύ του.[3]

**Βαθμός διείσδυσης ( $\xi_i$ ) ενός μορφοτροπέα** είναι η αναλαμβανόμενη από αυτόν ισχύς προς το σύνολο της στιγμιαίας ισχύος παράλληλα συνδεδεμένων με αυτόν μορφοτροπέων.[3]

**Ενεργειακά αποθέματα**: γνωστές ενεργειακές πηγές οικονομικά εκμεταλλεύσιμες.[1]

**Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας** : Αυθύπαρκτες, φυσικά και όχι τεχνητά εμφανιζόμενες οι οποίες ήδη είναι οικονομικά εκμεταλλεύσιμες ή μπορεί να γίνουν στο ορατό μέλλον.[1]

**Διαθέσιμη παροχή ενέργειας**: Η ροή της ενέργειας από όλες τις, ανανεώσιμες και μη, πηγές ενέργειας που διατίθενται για να καλύψουν τη ζήτηση της ενέργειας στο πλαίσιο μιας δεδομένης οικονομίας.[1]

**Πρωτογενής ενέργεια**: Ενέργεια που δεν έχει υποστεί μετατροπή από τη μορφή που συναντάται στη φύση. Μετατροπή εδώ δεν νοείται η πιθανή αποθήκευση.[1]

**Δευτερογενής ή παραγόμενη ενέργεια**: Ενέργεια που έχει προέλθει από μια τουλάχιστον μετατροπή πρωτογενούς μορφής Ενέργειας.[1]

**Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας**, ονομάζεται η διαδικασία που απαιτείται για την μετατροπή μιας μορφής πρωτογενούς ενέργειας σε ηλεκτρική.

**Σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας** ορίζεται το σύνολο των ηλεκτρομηχανολογικών και ηλεκτρομαγνητικών εγκαταστάσεων μίας ευρύτερης γεωγραφικής περιοχής, το οποίο διαθέτει τα ακόλουθα βασικά τμήματα:

- \* **Σύστημα Παραγωγής**, το οποίο περιλαμβάνει το σύνολο των σταθμών παραγωγής
- \* **Σύστημα Μεταφοράς**, το οποίο περιλαμβάνει τις γραμμές μεταφοράς υπερυψηλής & υψηλής τάσης
- \* **Σύστημα Διανομής**, το οποίο περιλαμβάνει το σύνολο του δικτύου μέσης & χαμηλής τάσης

Δύο βασικές κατηγορίες συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας, οι οποίες διαφοροποιούνται ανάλογα με την δυνατότητα σύνδεσης και συνεργασίας τους με άλλα γειτνιάζοντα δίκτυα, είναι:

- \* **Διασυνδεδεμένα Συστήματα**, τα οποία συνδέονται με γειτονικά συστήματα δίκτυα
- \* **Αυτόνομα Συστήματα**, τα οποία αποτελούν γεωγραφικά απομονωμένα δίκτυα (νησιά)

Οι διάφοροι τύποι των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας κατατάσσονται σε θερμοηλεκτρικούς και σε εναλλακτικούς.[5]

**Θερμοηλεκτρικός σταθμός παραγωγής** ονομάζεται ο σταθμός που αποτελείται από κινητήριες μηχανές (μορφοτροπείς) μέσω των οποίων μετατρέπεται η θερμότητα που προέρχεται από την καύση των ορυκτών καυσίμων ή την πυρηνική σχάση σε μηχανική ενέργεια και στη συνέχεια σε ηλεκτρική μέσω γεννητριών.

**Ατμοηλεκτρική μονάδα** ονομάζεται ο μορφοτροπέας που μετατρέπει την ενέργεια του ατμού που παράγεται από την καύση του καυσίμου μέσα στον λέβητα σε κινητική στον αμοστροβίλο, ο οποίος με τη σειρά του κινεί την ηλεκτρογεννήτρια και τη μετατρέπει σε ηλεκτρική.

**Μονάδα Ντίζελ**, ορίζεται ο μορφοτροπέας που μετατρέπει, την ενέργεια που παράγεται από την καύση του καυσίμου σε μια εμβολοφόρα μηχανή εσωτερικής καύσης (ΜΕΚ), σε κινητική η οποία μετατρέπεται σε ηλεκτρική μέσω μιας ηλεκτρογεννήτριας.

**Μονάδα αεριοστροβίλου**, ορίζεται ο μορφοτροπέας που μετατρέπει την ενέργεια που παράγεται από την καύση του καυσίμου στο θάλαμο καύσης ενός αεριοστροβίλου σε κινητική στον στροβίλο, ο οποίος με τη σειρά του κινεί την ηλεκτρογεννήτρια και τη μετατρέπει σε ηλεκτρική.

**Αιολικά πάρκα**, αποτελούνται από συστοιχίες ανεμογεννητριών. Οι ανεμογεννήτριες (Α/Γ) μετατρέπουν την κινητική ενέργεια του ανέμου σε μηχανικό έργο μέσω ενός ανεμοκινητήρα και στη συνέχεια σε ηλεκτρική ενέργεια μέσω των γεννητριών.

**Θερμογόνος δύναμη καυσίμου**, είναι το ποσό της θερμότητας που απελευθερώνεται κατά την καύση μίας μονάδας βάρους ή όγκου του εν λόγω καυσίμου και μετράται για στερεά καύσιμα σε GJ/kg, για υγρά καύσιμα σε GJ/lit και για το φυσικό αέριο σε GJ/m<sup>3</sup>.

**Ονομαστική ισχύς**, ονομάζεται η μέγιστη ισχύς λειτουργίας ενός ενεργειακού μορφοτροπέα για την οποία σου έγκειται ο κατασκευαστεί του την ευσταθή λειτουργία του.

**Τεχνικά ελάχιστο**, ονομάζεται η ελάχιστη ισχύς λειτουργίας ενός ενεργειακού μορφοτροπέα που εξασφαλίζει την ευσταθή λειτουργία του συστήματος.

**Στρεφόμενη εφεδρεία (spinning reserve)** ορίζεται η διαφορά της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος (ψυχρή εφεδρεία) ή της τρέχουσας ονομαστικής ισχύος (θερμή εφεδρεία) των συμβατικών μονάδων παραγωγής ενός ΣΗΕ και της εκάστοτε συνολικής ζήτησης του φορτίου.[6]

**Ορισμός προβλήματος ένταξης μονάδων:**

Ποιο υποσύνολο μονάδων πρέπει να είναι ενταγμένο (committed) στο σύστημα για ένα δεδομένο χρονικό διάστημα, ιστορικά καθορισμένο από την ετοιμότητα, τον τύπο και την ανειλημμένη ισχύ των μονάδων αφενός, κι αφετέρου την ζήτηση ισχύος και την πρόβλεψη μεταβολής της.

**Ρύπος** είναι κάθε ουσία που μπορεί να προκαλέσει αρνητικές συνέπειες στον άνθρωπο και το περιβάλλον του.[7]

**Ατμοσφαιρική ρύπανση**, ο όρος ατμοσφαιρική ρύπανση καλύπτει ευρύ φάσμα αερίων ρύπων και αιωρούμενων σωματιδίων που εκπέμπονται στην τροπόσφαιρα του πλανήτη (0-15 km), καθώς και την ποικιλία φωτοχημικών δευτερογενών ρύπων και άλλων ατμοσφαιρικών φαινομένων που είναι αποτέλεσμα ανθρωπογενών εκπομπών.[9]

## Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>

# Εισαγωγικές Έννοιες

*«Επίσημος» ορισμός της ρύπανσης,  
(οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης 96/61 για την διαχείριση της ποιότητας του αέρα)  
«ρύπος» είναι κάθε ουσία η οποία διοχετεύεται αμέσως ή εμμέσως από τον άνθρωπο στον αέρα του περιβάλλοντος και ενδέχεται να έχει επιβλαβείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία ή/και στο περιβάλλον στο σύνολό του.*

*«περιβάλλον αέρας» είναι ο εξωτερικός αέρας της τροπόσφαιρας εξαιρουμένου του αέρα στους χώρους εργασίας*

### 1.1 Ατμοσφαιρικοί ρύποι.

Η ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα που αναπνέομε καθορίζεται, με κριτήρια ανθρωποκεντρικά. Η εξέλιξη του πλανήτη γινόταν, μέχρι σήμερα με αργούς ρυθμούς, σε σχέση με την περίοδο εξέλιξης του ανθρώπου. Έτσι η υγεία και οι συνθήκες άνεσης του ανθρώπου ορίστηκαν από την μέση κατάσταση του περιβάλλοντος που αυτός αναπτύχθηκε. Το περιβάλλον αυτό επέδρασε σημαντικά και στην μορφή και στις λειτουργίες του ανθρώπινου σώματος. Η ποικιλότητα του κλίματος καθόρισε και την ποικιλότητα των συνθηκών υγείας. Οι συνθήκες άνετης διαβίωσης των ανθρώπων που αναπτύχθηκαν ως έμβια όντα, σωματικά και πολιτισμικά, σε διάφορες περιοχές του πλανήτη, ποικίλει και λόγω της ποικιλότητας, η επαφή διαφορετικών ανθρώπων, ανέπτυξε σημαντικά πολιτισμικά μορφώματα.

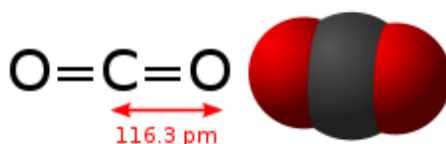
Σήμερα, οι συνεχώς αυξανόμενες δυνατότητες μεταφοράς αγαθών και μηνυμάτων καθώς και η ραγδαία εξάπλωση των κλιματιστικών μηχανών, ιδιαίτερα στα κοινωνικά στρώματα και τάξεις που ασκούν εξουσία, οδήγησαν σε διεθνώς αποδεκτές παραδοχές για την ποιότητα του εισπνεόμενου αέρα. Αυτή η ποιότητα καθορίζεται με τα όρια περιεκτικότητας του αέρα σε διάφορες, κυρίως επιβλαβείς για την υγεία του ανθρώπου, ουσίες. Βέβαια, σήμερα ο άνθρωπος ορίζεται ως αυτός που μπορεί να κοινωνεί στο πλαίσιο της παγκοσμιοποιημένης οικονομίας. Έτσι, για την ατμόσφαιρα, θεσπίστηκαν διεθνώς, συνήθως κοινά, όρια ατμοσφαιρικής ρύπανσης.



Αν η περιεκτικότητα του αέρα σε αυτές τις ουσίες είναι κάτω των ορίων αυτών τότε ο αέρας θεωρείται καθαρός. Το εύρος των ορίων αυτών καθώς και οι μηχανισμοί ελέγχου για την τήρηση αυτών των ορίων, είναι παράμετροι που προσδιορίζονται από την κοινωνική συμπεριφορά των μελών των κοινοτήτων που θεσπίζουν (ή αγνοούν) τα όρια αυτά.

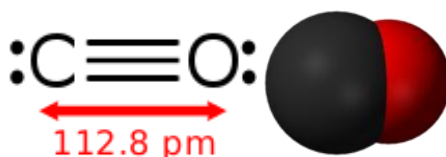
Είναι βέβαια γνωστό ότι η διαβίωση σε σταθερές συνθήκες περιβάλλοντος δεν βοηθά στην ανάπτυξη του πολιτισμού και των αρμών μεταξύ των ανθρώπων ενώ, σε απόλυτα αποστειρωμένο περιβάλλον, οι μηχανισμοί ανοσίας του ανθρώπινου οργανισμού ναρκώνονται και εκφυλίζονται. Έτσι είναι πρόκληση να δοκιμάσει και να θεσμοθετήσει κανείς ένα ελεγχόμενο μεταβαλλόμενο περιβάλλον με διαταραχές τέτοιες ώστε να δυναμώνει τον ανθρώπινο οργανισμό και να βελτιώνει την εν γένει συμπεριφορά του. Στο πλαίσιο όμως αυτής της εργασίας δεν θα επεκταθούμε σε κάτι τέτοιο. Παρακάτω περιγράφονται οι πλέον συνήθεις ρύποι που παράγονται από την καύση του άνθρακα και των υδρογονανθράκων.

Οι πιο σημαντικές εκπομπές της ατμοσφαιρικής ρύπανσης αφορούν **στο διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>)**, το οποίο δεν είναι τοξικό αέριο αλλά με την υπερβολική συγκέντρωση στην ατμόσφαιρα συμβάλλει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Σε παγκόσμια κλίμακα οι εκπομπές CO<sub>2</sub> από 14.520.000 τόνους (1971) διπλασιάστηκαν σε, περίπου, 30.000.000 τόνους το 2000 και υπάρχει αλματώδης αύξηση λόγω της μεγάλης ζήτησης ενέργειας από αναπτυσσόμενες χώρες (Κίνα, Ινδία, κλπ). Πολυάριθμες έρευνες δείχνουν ότι τα αέρια του θερμοκηπίου παίζουν σημαντικό ρόλο στα οικοσυστήματα και στους κυριότερους κύκλους θρεπτικών υλικών και στοιχείων [9].



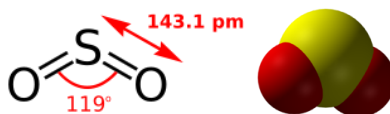
Εικόνα 1: Συντακτικός τύπος διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) [48].

Το **μονοξείδιο του άνθρακα (CO)** είναι εξαιρετικά τοξικό αέριο που παράγεται κατά 70-80% από τα καυσαέρια των αυτοκινήτων. Οι εκπομπές του CO από οχήματα και βιομηχανίες υπολογίζονται σε περίπου 200 εκατομμύρια τόνους, εκ των οποίων το 70% αφορά στις χώρες του ΟΟΣΑ (Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης, οργανισμός των 24 πλέον αναπτυγμένων βιομηχανικών χωρών με έδρα το Παρίσι). Ανάλογες ποσότητες CO παράγονται σε παγκόσμια κλίμακα από τις φωτιές δασών και την καύση βιομάζας [9].



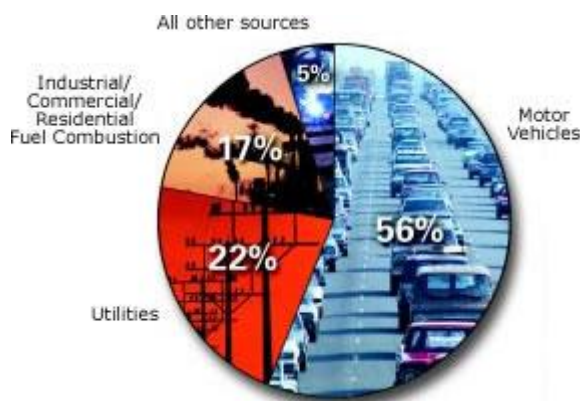
Εικόνα 2: Συντακτικός τύπος μονοξειδίου του άνθρακα (CO)[48].

**Το διοξείδιο του θείου (SO<sub>2</sub>)** είναι αρκετά τοξικός αέριος ρύπος για το περιβάλλον. Το SO<sub>2</sub> είναι αποτέλεσμα της χρήσης ορυκτών καυσίμων με υψηλή περιεκτικότητα σε θείο, καθώς και των ηφαιστειακών εκπομπών. Υπολογίζεται ότι οι ανθρωπογενείς εκπομπές SO<sub>2</sub>, στη δεκαετία του '80 ήταν περίπου 100 εκατ. τόνοι, εκ των οποίων το 40% από τις χώρες του ΟΟΣΑ. Με τη βελτίωση των καυσίμων (αποθειώση) οι εκπομπές SO<sub>2</sub> έχουν μειωθεί σημαντικά. Το SO<sub>2</sub> εκτός από τις επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου σε αστικές περιοχές με αυξημένη ατμοσφαιρική ρύπανση, προκαλεί βλάβες στις επιφάνειες των κτιρίων και διαλυόμενο σε υδρατμούς δημιουργεί όξινη βροχή (acid rain) που καταστρέφει δασικές εκτάσεις και προκαλεί την αύξηση της οξύτητας των λιμνών με επιπτώσεις στους υδρόβιους οργανισμούς [9].



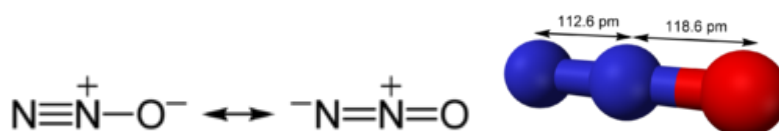
Εικόνα 3: Συντακτικός τύπος του διοξειδίου του θείου (SO<sub>2</sub>)[48]

**Τα οξείδια του αζώτου (NO<sub>x</sub>)** είναι αέριοι ρύποι που παράγεται από τα των καυσαέρια των οχημάτων και από διάφορες καύσεις σε υψηλές θερμοκρασίες (Εικόνα 4).



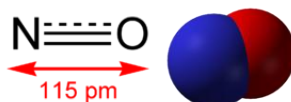
Εικόνα 4: Εκπομπή οξειδίων του αζώτου ανά δραστηριότητα [49]

**Υποξείδιο του αζώτου: N<sub>2</sub>O.** Είναι αέριο άχρωμο, βαρύτερο από τον αέρα, με ευχάριστη οσμή. Δεν καίγεται, αλλά συντελεί στην καύση. Χρησιμοποιείται σαν αναισθητικό[12].



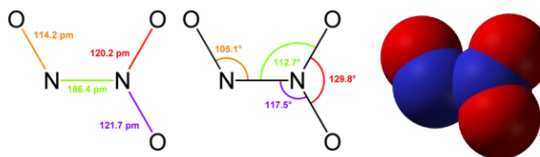
Εικόνα 5: Συντακτικός τύπος υποξειδίου του αζώτου (N<sub>2</sub>O) [48]

**Μονοξείδιο του αζώτου: NO.** Είναι αέριο άχρωμο, ελάχιστα διαλυτό στο νερό, λίγο βαρύτερο από τον αέρα. Παρασκευάζεται με επίδραση αραιού διαλύματος HNO<sub>3</sub> πάνω σε μέταλλο και συνήθως πάνω σε χαλκό. Χρησιμοποιείται στην παρασκευή του νιτρικού οξέος[12].



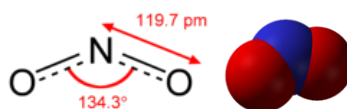
Εικόνα 6: Συντακτικός τύπος μονοξειδίου του αζώτου (NO) [48]

**Τριοξείδιο του αζώτου:  $N_2O_3$ .** Είναι υγρό γαλάζιο ανυδρίτης του ασταθούς νιτρώδους οξέος. Είναι πολύ ασταθές και διασπάται πολύ εύκολα σε μονοξείδιο και διοξείδιο του αζώτου[12].



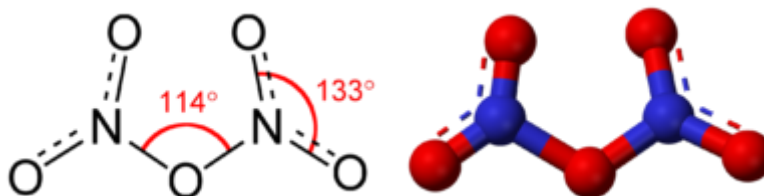
Εικόνα 7: Συντακτικός τύπος τριοξειδίου του αζώτου ( $N_2O_3$ ) [48]

**Διοξείδιο του αζώτου:  $NO_2$ .** Είναι καστανοκόκκινο αέριο, με ξεχωριστή μυρωδιά, δηλητηριώδες. Είναι ισχυρότατο οξειδωτικό μέσο. Αντιδρά με το νερό και σχηματίζει νιτρικό και νιτρώδες οξύ. Χρησιμοποιείται για την παρασκευή του νιτρικού οξέος και σαν οξειδωτικό για την παρασκευή του θειικού οξέος με τη μέθοδο των μολύβδινων θαλάμων [12].



Εικόνα 8 : Συντακτικός τύπος διοξειδίου του αζώτου ( $NO_2$ ) [48]

**Πεντοξείδιο του αζώτου:  $N_2O_5$ .** Είναι λευκό, κρυσταλλικό σώμα. Διασπάται εύκολα και δίνει οξυγόνο και άλλα οξείδια του αζώτου. Είναι οξειδωτικό σώμα, ανυδρίτης του νιτρικού οξέος και έτσι αντιδρά με βάσεις [12].



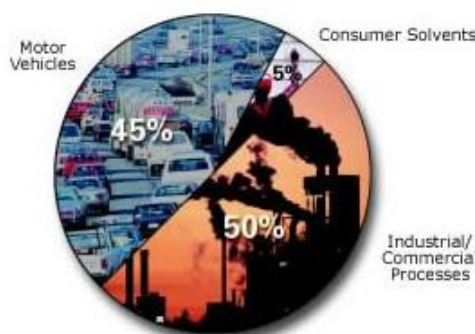
Εικόνα 9: Συντακτικός τύπος πεντοξειδίου του αζώτου ( $N_2O_5$ ) [48]

Οι εκπομπές οξειδίων του αζώτου ( $NO_x$ ) σε παγκόσμια κλίμακα υπολογίζονται σε 60 εκατ. τόνους (τέλος της δεκαετίας '80), εκ των οποίων το 54% προέρχονται από τις χώρες του ΟΟΣΑ. Τα οξείδια του αζώτου ( $NO_x$ ) είναι ένας ακόμη παράγοντας για την παραγωγή όξινης βροχής, ενώ συμβάλλουν μαζί με το διοξείδιο του άνθρακα ( $CO_2$ ) και το μεθάνιο ( $CH_4$ ) στην έξαρση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Ειδικά για τα οξείδια του αζώτου ( $NO_x$ ) έχει συμφωνηθεί ειδική διεθνής συνθήκη για τον περιορισμό τους [9].

**Τα αιωρούμενα σωματίδια (suspended particulates, particulate matter, PM)** είναι σωματίδια μικρής διαμέτρου (από 50 μέχρι 0,1  $\mu m$ ) από διάφορα υλικά και προϊόντα καύσης (σκόνη χώματος, σκόνη ελαστικών, ανθρακούχα σωματίδια καύσεων, κλπ) που αιωρούνται στην ατμόσφαιρα αστικών και βιομηχανικών περιοχών. Το σύνολο των εκπομπών σωματιδίων υπολογίζονται σε 60 εκατ. τόνους (1980) εκ των οποίων το 23% οφείλονται στις χώρες του ΟΟΣΑ. Η πορώδης επιφάνεια των σωματιδίων έχει την ικανότητα προσρόφησης βαρέων μετάλλων,

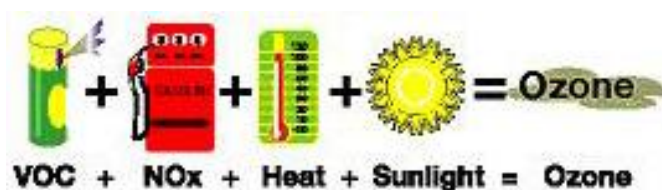
καρκινογόνων ουσιών και πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων (ΠΑΥ) με αποτέλεσμα να προκαλούν ασθένειες και κακοήθειες νεοπλασίες του αναπνευστικού συστήματος. Οι επιδημιολογικές έρευνες των τελευταίων δεκαετιών δείχνουν αυξημένη νοσηρότητα και θνησιμότητα σε αστικές περιοχές λόγω υψηλών συγκεντρώσεων αιωρούμενων εισπνεόμενων σωματιδίων (ιδιαίτερα τα μικρής διαμέτρου σωματίδια, PM10, PM2.5, με 10 και 2,5 μm) [9].

Ως **πτητικές οργανικές ουσίες, ΠΟΕ (Volatile Organic Compounds, VOCs)** χαρακτηρίζονται κυρίως, οι πτητικές αρωματικές ενώσεις που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα όπως το βενζόλιο, το τολουόλιο, τα ξυλόλια κλπ. Οι πηγές των VOCs είναι οι βιομηχανίες, τα οχήματα, τα πρατήρια υγρών καυσίμων, τα χρώματα και τα οικοδομικά υλικά (Εικόνα 10.) Αν και το σύνολο των εκπομπών είναι δύσκολο να υπολογισθεί, οι ΗΠΑ εκπέμπουν, περίπου, 17.580.000 τόνους (1990), η Μ. Βρετανία 2.600.000 τόνους και η Γερμανία 2.545.000 τόνους. Οι VOCs μπορούν να παραμείνουν για 1-2 ημέρες στην ατμόσφαιρα διασπώμενες σε μεγάλη ποικιλία υδρογονανθράκων. Οι ΠΟΕ παίζουν σημαντικό ρόλο σε φωτοχημικές αντιδράσεις και συμβάλλουν στην περιβαλλοντική ρύπανση, λόγω της υψηλής τοξικής και καρκινογόνου δράσης. Οι ΠΟΕ θεωρούνται επικίνδυνες για την υγεία του ανθρώπου [9].



Εικόνα 10: Πηγές εκπομπής πτητικών οργανικών ουσιών (Volatile Organic Compounds, VOCs)[49]

Το **όζον (O<sub>3</sub>)**, εμφανίζεται με δύο πρόσωπα: ως **καλό όζον**, που δημιουργείται φυσικά και βρίσκεται στην στρατόσφαιρα (17-50 km) και στα ανώτερα στρώματα της τροπόσφαιρας (> 2 km) και ως **κακό όζον**, το όζον-"ρύπος", που βρίσκεται σε χαμηλά ύψη στην τροπόσφαιρα (0-2 km) (Εικόνα 11). Το κακό όζον είναι δευτερογενής ατμοσφαιρικός ρύπος, που παράγεται ως αποτέλεσμα των φωτοχημικών αντιδράσεων μεταξύ υδρογονανθράκων και οξειδίων του αζώτου. Θεωρείται ένας από τους κυριότερους ατμοσφαιρικούς ρύπους των αστικών περιοχών, που ωστόσο μεταφέρεται συχνά και σε μεγάλες αποστάσεις από τις πόλεις (Εικόνα 13).

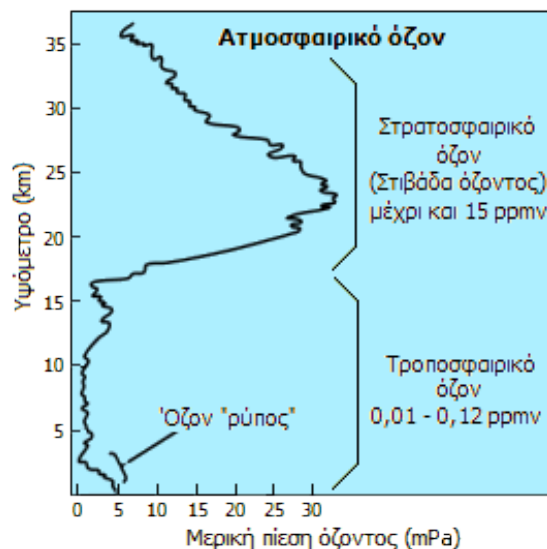


Εικόνα 11: Παραγωγή όζοντος (O<sub>3</sub>) στην ατμόσφαιρα [49]



Εικόνα 12: Χαρακτηριστική φωτογραφία πόλης με φωτοχημική καπνομίχλη (smog: smoke + fog) αποτέλεσμα αντίδρασης οξειδίων του αζώτου με υδρογονάνθρακες υπό την επίδραση ηλιακού φωτός [50]

Εκτιμάται ότι το 90% του ατμοσφαιρικού όζοντος βρίσκεται στην στρατόσφαιρα και το 10% στην τροπόσφαιρα. Μια τυπική κατανομή της συγκέντρωσης του όζοντος (ως μερική πίεση) ως συνάρτηση του ύψους δείχνεται στο διάγραμμα της Εικόνα 13.



Εικόνα 13: Τυπική κατανομή της συγκέντρωσης του όζοντος (ως μερική πίεση) ως συνάρτηση του ύψους στην ατμόσφαιρα [50].

Το "καλό" όζον: Το όζον στην στρατόσφαιρα έχει σημαντικό προστατευτικό ρόλο. Το όζον συχνά αναφέρεται ως στρώμα ή στιβάδα όζοντος. Όμως θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο όρος αυτός είναι κάπως "παρεξηγημένος", γιατί πουθενά δεν υπάρχει μια στιβάδα καθαρού όζοντος. Στην πραγματικότητα πρόκειται για μια διάχυτη περιοχή της ατμόσφαιρας όπου κυριαρχούν τα κανονικά συστατικά της ατμόσφαιρας και το όζον βρίσκεται σε εξαιρετικά χαμηλή συγκέντρωση (0,1 - 1,1 ppmv), αλλά οπωσδήποτε σε πολύ μεγαλύτερη από εκείνη της τροπόσφαιρας.

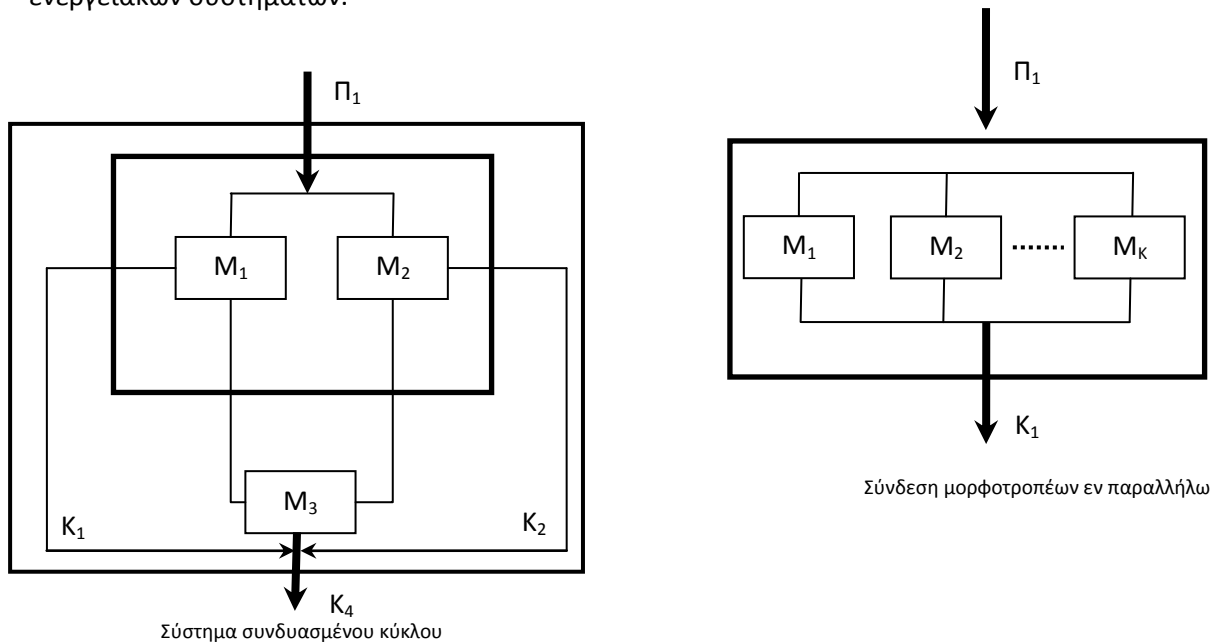
## 1.2 Ο βαθμός απασχόλησης και η εκπομπή ρύπων

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας υπολογίζεται η εκπομπή αέριων ρύπων θερμοηλεκτρικών μονάδων σε συνάρτηση με το βαθμό απασχόλησής τους.

Ο κάθε μορφοτροπέας λειτουργεί ανά πάσα χρονική στιγμή  $i$  με βαθμό απασχόλησης  $\xi_{ki} = \frac{P_{ki}}{P_{rk}}$  και εκπέμπει  $N_{ki}$  μονάδες ρύπου. Υπάρχει δηλαδή μία συνάρτηση που συνδέει το βαθμό απασχόλησης του μορφοτροπέα με την εκπομπή ρύπου.

$$N_{ki} = F(\xi_{ki})$$

Στους θερμοηλεκτρικού σταθμούς παραγωγής συναντώνται οι παρακάτω διατάξεις ενεργειακών συστημάτων.

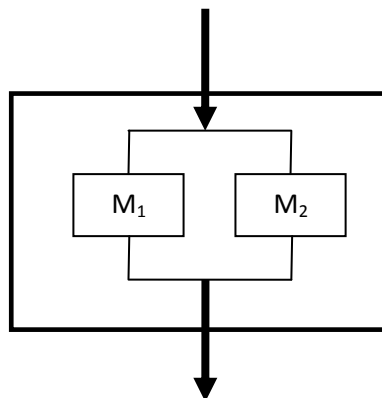


Εικόνα 14: Διατάξεις ενεργειακών συστημάτων

## 1.3 Υπολογισμός συντελεστή εκπομπής ρύπου ενεργειακού συστήματος

1.3.1 Ενεργειακό σύστημα με ανεξάρτητους μεταξύ τους μορφοτροπέις συνδεδεμένους παράλληλα.

Έστω το ενεργειακό σύστημα, όπως αυτό φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα:



Το ενεργειακό αυτό σύστημα αποτελείται από δύο μορφοτροπείς, οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι παράλληλα μεταξύ τους. Συνολικά στο σύστημα έχουμε μία είσοδο η οποία χωρίζεται σε επιλέξιμη αναλογία στις εισόδους των δύο μορφοτροπέων. Εν συνεχεία, οι έξοδοι από τους δύο μορφοτροπείς ενώνονται για να δώσουν τη μία και μόνη έξοδο του συστήματος.

Ο κάθε μορφοτροπέας λειτουργεί ανά πάσα χρονική στιγμή  $i$  σε κάποιο βαθμό απασχόλησης  $\xi_{ki} = \frac{P_{ki}}{P_{rk}}$  και εκπέμπει  $N_{ki}$  μονάδες ρύπου (η εκπομπή ρύπου των δύο μορφοτροπέων εξαρτάται από την ισχύ στην οποία ανά πάσα χρονική στιγμή αυτοί λειτουργούν). Υπάρχει δηλαδή μία συνάρτηση που συνδέει το βαθμό απασχόλησης με την εκπομπή ρύπου.

$$N_{ki} = f(\xi_{ki})$$

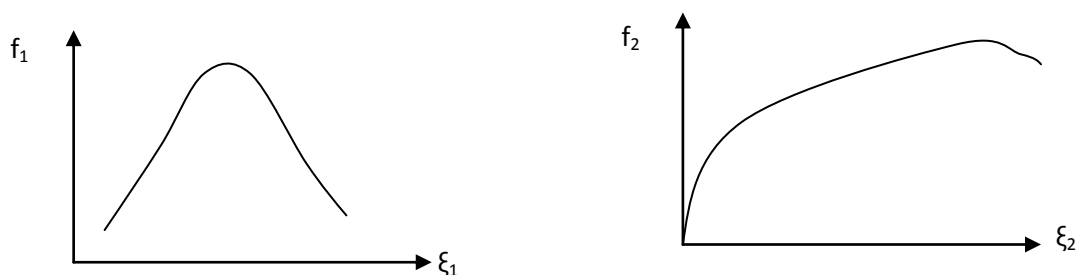
Άρα για την χρονική στιγμή  $i$  η συνολική εκπομπή ρύπου του συστήματος προκύπτει από το άθροισμα:

$$N_i = N_{1i} + N_{2i} = F_1(\xi_{1i}) + F_2(\xi_{2i})$$

Αν αθροίσουμε τώρα όλες αυτές τις διακριτές χρονικές στιγμές  $i$ , τότε θα πάρουμε τη συνολική εκπομπή ρύπου του συστήματος.

$$N = \sum_i (F_1(\xi_{i1}) + F_2(\xi_{i2})) \quad (1)$$

Αν τώρα θεωρήσουμε τη γενική περίπτωση, κατά την οποία ανά πάσα χρονική στιγμή οι δύο μορφοτροπείς μπορεί να δουλεύουν με οποιοδήποτε ποσοστό επί της ονομαστικής τους ισχύος, τότε προκειμένου να έχουμε μια πλήρη εικόνα του προβλήματος, χρειαζόμαστε ακόμα τις καμπύλες διάρκειας των δύο μορφοτροπέων, δηλαδή το πόσο χρονικό διάστημα ο κάθε μορφοτροπέας λειτουργεί με μία συγκεκριμένη ισχύ. Στη συγκεκριμένη περίπτωση οι δύο μορφοτροπείς να μην δεν είναι ανεξάρτητοι μεταξύ τους, όμως δεν μπορούμε να ξέρουμε αν οι ισχύεις στις οποίες δουλεύουν έχουν κάποια σχέση μεταξύ τους. Προκειμένου να καλύψουμε τη γενικότερη των περιπτώσεων, θα θεωρήσουμε ότι η σχέση που συνδέει τις ισχύεις λειτουργίας των δύο μορφοτροπέων είναι εντελώς τυχαία, εάν αυτή υπάρχει, ή ακόμα κι ότι μεταξύ των ισχύων λειτουργίας των δύο μορφοτροπέων δεν υπάρχει καμία απολύτως εξάρτηση. Στην περίπτωση λοιπόν αυτή, οι καμπύλες διάρκειας των δύο μορφοτροπέων έστω ότι δίνονται από τα κάτωθι σχήματα:





Όπου  $f_k = \frac{t_k}{T}$  ( $k=1,2$ ), το ποσοστό του συνολικού χρόνου λειτουργίας όλου του συστήματος  $T$  στο οποίο ο μορφοτροπέας  $k$  λειτουργεί με μία συγκεκριμένη ισχύ  $P_k$ . Τα ποσοστά  $f_{1i}$  και  $f_{2i}$  στη γενική περίπτωση την οποία εξετάζουμε θα τα θεωρήσουμε ανεξάρτητα.

Οι συνολικές εξερχόμενες ενέργειες  $E_{εξ1}$  και  $E_{εξ2}$  από τους μορφοτροπέες 1 και 2 θα προκύπτουν με ολοκλήρωση των αντίστοιχων καμπύλων διάρκειας, καθότι τα διαγράμματα αυτά ουσιαστικά είναι διαγράμματα ισχύος – χρόνου.

Έστω καθ' όλο το χρόνο  $T$  λειτουργίας του συστήματος ο μορφοτροπέας 1 λειτουργεί με ποσοστό  $\xi_{1i}$  συνολικό χρονικό διάστημα  $t_{1i}$ , δηλαδή με ποσοστό  $f_{1i} = \frac{t_{k1i}}{T}$ , τότε η συνολική ενέργεια που παράγει ο μορφοτροπέας όταν αυτός δουλεύει με ισχύς  $\xi_i$  θα είναι:

$$E_{εξ.1i} = t_{1i} \times P_{1i} = f_{1i} \times T \times \xi_{1i} \times P_{r1}$$

Αν αθροίσουμε τώρα όλες αυτές τις διακριτές χρονικές στιγμές  $i$ , ουσιαστικά ολοκληρώνοντας την καμπύλη διάρκειας του μορφοτροπέα 1, τότε θα πάρουμε τη συνολική ενέργεια που παρέχεται από αυτόν. Δηλαδή:

$$E_{εξ.1} = \sum_i E_{εξ.1i} \Leftrightarrow E_{εξ.1} = \sum_i (f_{1i} \times T \times \xi_{1i} \times P_{r1}) \Leftrightarrow E_{εξ.1} = T \times P_{r1} \times \sum_i (f_{1i} \times \xi_{1i})$$

Με την ίδια ακριβώς διαδικασία μπορούμε να καταλήξουμε στην εξερχόμενη ενέργεια από το δεύτερο μορφοτροπέα:

$$E_{εξ.2} = \sum_i E_{εξ.2i} \Leftrightarrow E_{εξ.2} = \sum_i (f_{2i} \times T \times \xi_{2i} \times P_{r2}) \Leftrightarrow E_{εξ.2} = T \times P_{r2} \times \sum_i (f_{2i} \times \xi_{2i})$$

Η συνολική παραγωγή ενέργεια του συστήματος προκύπτει από το άθροισμα των εξερχόμενων ενεργειών του κάθε μορφοτροπέα. Δηλαδή:

$$\begin{aligned} E_{εξ} &= \sum_{\kappa=1,2} E_{εξ.\kappa} \Leftrightarrow (T \times P_{r1} \times \sum_i (f_{1i} \times \xi_{1i})) + (T \times P_{r2} \times \sum_i (f_{2i} \times \xi_{2i})) \Leftrightarrow \\ &\Leftrightarrow E_{εξ} = T \times \left( P_{r1} \times \sum_i (f_{1i} \times \xi_{1i}) + P_{r2} \times \sum_i (f_{2i} \times \xi_{2i}) \right) \quad (2) \end{aligned}$$

Διαιρώντας την σχέση (1) προς τη σχέση (2) προκύπτει ο συντελεστής εκπομπής ρύπου του συστήματος. Δηλαδή:



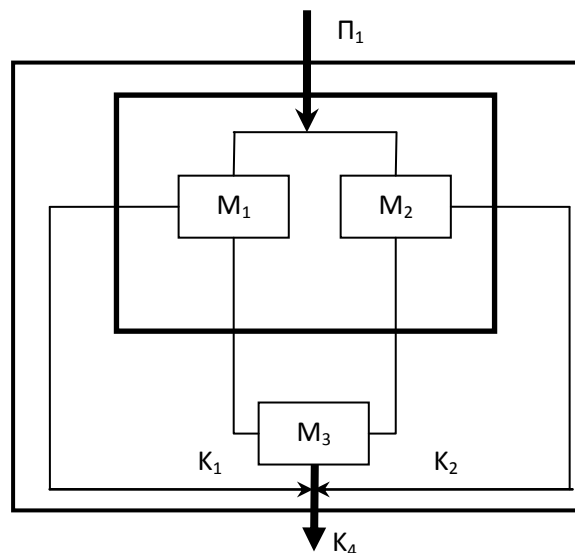
$$U = \frac{N}{E_{εξ}} = \sum_i (F_1(\xi_{i1}) + F_2(\xi_{i2})) / \left( T \times \left( P_{r1} \times \sum_i (f_{1i} \times \xi_{1i}) + P_{r2} \times \sum_i (f_{1i} \times \xi_{1i}) \right) \right)$$

Τέλος για πλήθος κ μορφοτροπέων συνδεδεμένους με την παραπάνω διάταξη ο συντελεστής εκπομπής ρύπου του συστήματος δίνεται από την σχέση:

$$U = \frac{N}{E_{εξ}} = \frac{\sum_i (F_1(\xi_{i1}) + F_2(\xi_{i2}) + \dots + F_k(\xi_{k2}))}{(T \times (P_{r1} \times \sum_i (f_{1i} \times \xi_{1i}) + P_{r2} \times \sum_i (f_{1i} \times \xi_{1i}) + \dots + \sum_i (f_{ki} \times \xi_{ki})))}$$

### 1.3.2 Ενεργειακό σύστημα με μορφοτροπείς συνδεδεμένου κύκλου.

Έστω το ενεργειακό σύστημα, όπως αυτό φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα:



Το ενεργειακό αυτό σύστημα αποτελείται από δύο μορφοτροπείς, οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι παράλληλα μεταξύ τους και ένα τρίτο σε σειρά με τους δύο πρώτους. Συνολικά στο σύστημα έχουμε μία είσοδο η οποία χωρίζεται σε τυχαία αναλογία στις εισόδους των δύο μορφοτροπέων, ενώ η είσοδος του τρίτου μορφοτροπέα εξαρτάται από την έξοδο των δύο άλλων (χωρίς να επηρεάζεται η έξοδος των δύο πρώτων). Εν συνεχεία, οι έξοδοι όλων των μορφοτροπέων ενώνονται για να δώσουν τη μία και μόνη έξοδο του συστήματος.

Ο κάθε μορφοτροπέας λειτουργεί ανά πάσα χρονική στιγμή  $i$  σε κάποια βαθμό απασχόλησης  $\xi_{ki} = \frac{P_{ki}}{P_{rk}}$  και εκπέμπει  $N_{ki}$  μονάδες ρύπου, η εκπομπή ρύπου των δύο πρώτων μορφοτροπέων εξαρτάται από την ισχύ στην οποία ανά πάσα χρονική στιγμή αυτοί λειτουργούν ενώ στον τρίτο έχουμε μηδενικές εκπομπές. Υπάρχει δηλαδή μία συνάρτηση που συνδέει το βαθμό απασχόλησης με την εκπομπή ρύπου  $N_{ki} = f_k(\xi_{ki})$  μόνο για τους δύο πρώτους.

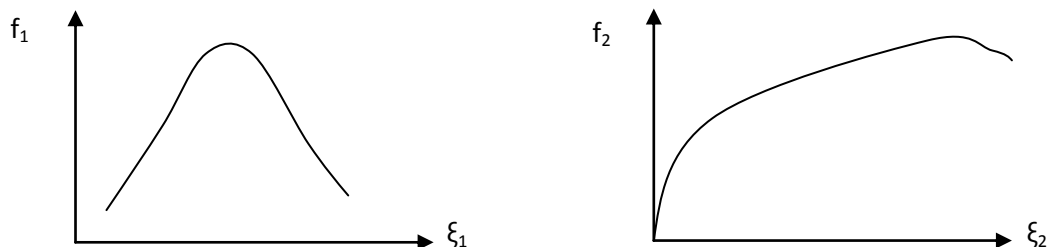
Άρα για την χρονική στιγμή  $i$  η συνολική εκπομπή ρύπου του συστήματος προκύπτει από το άθροισμα:

$$N_i = N_{1i} + N_{2i} = F_1(\xi_{1i}) + F_2(\xi_{2i})$$

Αν αθροίσουμε τώρα όλες αυτές τις διακριτές χρονικές στιγμές, τότε θα πάρουμε τη συνολική εκπομπή ρύπου του συστήματος.

$$N = \sum_i (F_1(\xi_{1i}) + F_2(\xi_{2i})) \quad (3)$$

Αν τώρα θεωρήσουμε τη γενική περίπτωση, κατά την οποία ανά πάσα χρονική στιγμή οι δύο πρώτοι μορφοτροπείς μπορεί να δουλεύουν με οποιοδήποτε ποσοστό επί της ονομαστικής τους ισχύος, τότε προκειμένου να έχουμε μια πλήρη εικόνα του προβλήματος, χρειαζόμαστε ακόμα τις καμπύλες διάρκειας των δύο μορφοτροπέων, δηλαδή το πόσο χρονικό διάστημα ο κάθε μορφοτροπέας λειτουργεί με μία συγκεκριμένη ισχύ. Στη συγκεκριμένη περίπτωση οι δύο μορφοτροπείς να μην είναι ανεξάρτητοι μεταξύ τους, όμως δεν μπορούμε να ξέρουμε αν οι ισχύεις στις οποίες δουλεύουν έχουν κάποια σχέση μεταξύ τους. Προκειμένου να καλύψουμε τη γενικότερη των περιπτώσεων, θα θεωρήσουμε ότι η σχέση που συνδέει τις ισχύεις λειτουργίας των δύο μορφοτροπέων είναι εντελώς τυχαία, εάν αυτή υπάρχει, ή ακόμα κι ότι μεταξύ των ισχύων λειτουργίας των δύο μορφοτροπέων δεν υπάρχει καμία απολύτως εξάρτηση. Στην περίπτωση λοιπόν αυτή, οι καμπύλες διάρκειας των δύο μορφοτροπέων έστω ότι δίνονται από τα κάτωθι σχήματα:



Όπου  $f_k = \frac{t_k}{T}$  ( $k=1,2$ ), το ποσοστό του συνολικού χρόνου λειτουργίας όλου του συστήματος  $T$  στο οποίο ο μορφοτροπέας  $k$  λειτουργεί με μία συγκεκριμένη ισχύ  $P_k$ . Τα ποσοστά  $f_{1i}$  και  $f_{2i}$  στη γενική περίπτωση την οποία εξετάζουμε θα τα θεωρήσουμε ανεξάρτητα.

Οι συνολικές εξερχόμενες ενέργειες  $E_{εξ1}$  και  $E_{εξ2}$  από τους μορφοτροπείς 1 και 2 θα προκύπτουν με ολοκλήρωση των αντίστοιχων καμπύλων διάρκειας, καθότι τα διαγράμματα αυτά ουσιαστικά είναι διαγράμματα ισχύος – χρόνου.

Έστω καθ' όλο το χρόνο  $T$  λειτουργίας του συστήματος ο μορφοτροπέας 1 λειτουργεί με ποσοστό  $\xi_{1i}$  συνολικό χρονικό διάστημα  $t_{1i}$ , δηλαδή με ποσοστό  $f_{1i} = \frac{t_{k1i}}{T}$ , τότε η συνολική ενέργεια που παράγει ο μορφοτροπέας όταν αυτός δουλεύει με ισχύς  $\xi_i$  θα είναι:

$$E_{εξ.1i} = t_{1i} \times P_{1i} = f_{1i} \times T \times \xi_{1i} \times P_{r1}$$

Αν αθροίσουμε τώρα όλες αυτές τις διακριτές χρονικές στιγμές  $i$ , ουσιαστικά ολοκληρώνοντας την καμπύλη διάρκειας του μορφοτροπέα 1, τότε θα πάρουμε τη συνολική ενέργεια που παρέχεται από αυτόν. Δηλαδή:

$$E_{εξ.1} = \sum_i E_{εξ.1i} \Leftrightarrow E_{εξ.1} = \sum_i (f_{1i} \times T \times \xi_{1i} \times P_{r1}) \Leftrightarrow E_{εξ.1} = T \times P_{r1} \times \sum_i (f_{1i} \times \xi_{1i}) \quad (4)$$

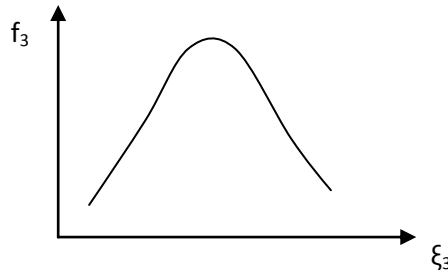
Με την ίδια ακριβώς διαδικασία μπορούμε να καταλήξουμε στην εξερχόμενη ενέργεια από το δεύτερο μορφοτροπέα:

$$E_{εξ.2} = \sum_i E_{εξ.2i} \Leftrightarrow E_{εξ.2} = \sum_i (f_{2i} \times T \times \xi_{2i} \times P_{r2}) \Leftrightarrow E_{εξ.2} = T \times P_{r2} \times \sum_i (f_{2i} \times \xi_{2i}) \quad (5)$$

Ο τρίτος μορφοτροπέας λειτουργεί μόνο αν λειτουργεί ένας εκ των δύο πρώτων και έχει είσοδο η οποία εξαρτάται από την έξοδό τους. Έχουμε λοιπόν μία συνάρτηση που συνδέει το φορτίο λειτουργίας του τρίτου μορφοτροπέα σε σχέση με το συντελεστή απασχόλησης των δύο πρώτων μορφοτροπέων της μορφής:

$$\xi_{3i} = F_3(\xi_{1i}) + F_4(\xi_{2i}) \quad (6)$$

Στην περίπτωση λοιπόν αυτή, οι καμπύλες διάρκειας του τρίτου μορφοτροπέα έστω ότι δίνονται από τα κάτωθι σχήματα:



Όπου  $f_3 = \frac{t_3}{T}$ , το ποσοστό του συνολικού χρόνου λειτουργίας όλου του συστήματος  $T$  στο οποίο ο μορφοτροπέας 3 λειτουργεί με μία συγκεκριμένη ισχύς  $P_3$ . Η συνολική εξερχόμενη ενέργεια  $E_{εξ3}$  του μορφοτροπέα 3 θα προκύπτουν με ολοκλήρωση των αντίστοιχων καμπύλων διάρκειας, καθότι τα διαγράμματα αυτά ουσιαστικά είναι διαγράμματα ισχύος – χρόνου.

Έστω καθ' όλο το χρόνο  $T$  λειτουργίας του συστήματος ο μορφοτροπέας 3 λειτουργεί με ποσοστό  $\xi_{3i}$  συνολικό χρονικό διάστημα  $t_{3i}$ , δηλαδή με ποσοστό  $f_{3i} = \frac{t_{3i}}{T}$ , τότε η συνολική ενέργεια που παράγει ο μορφοτροπέας όταν αυτός δουλεύει με ισχύς  $\xi_i$  θα είναι:

$$E_{εξ.3i} = t_{3i} \times P_{3i} = f_{3i} \times T \times \xi_{3i} \times P_{r3} \stackrel{(6)}{\Rightarrow} E_{εξ.3i} = f_{3i} \times T \times (F_3(\xi_{1i}) + F_4(\xi_{2i})) \times P_{r3}$$

Αν αθροίσουμε τώρα όλες αυτές τις διακριτές χρονικές στιγμές  $i$ , ουσιαστικά ολοκληρώνοντας την καμπύλη διάρκειας του μορφοτροπέα 3, τότε θα πάρουμε τη συνολική ενέργεια που παρέχεται από αυτόν. Δηλαδή:

$$\begin{aligned} E_{εξ.3} &= \sum_i E_{εξ.3i} \Leftrightarrow E_{εξ.3} = \sum_i (f_{3i} \times T \times (F_3(\xi_{1i}) + F_4(\xi_{2i})) \times P_{r3}) \Leftrightarrow \\ &\Leftrightarrow E_{εξ.3} = T \times P_{r3} \times \sum_i (f_{3i} \times (F_3(\xi_{1i}) + F_4(\xi_{2i}))) \quad (6) \end{aligned}$$

Η συνολική παραγωγή ενέργεια του συστήματος προκύπτει από το άθροισμα των εξερχόμενων ενεργειών του κάθε μορφοτροπέα. Δηλαδή:

$$\begin{aligned} E_{εξ} &= \sum_{\kappa=1,2} E_{εξ.\kappa} \Leftrightarrow (T \times P_{r1} \times \sum_i (f_{1i} \times \xi_{1i})) + (T \times P_{r2} \times \sum_i (f_{2i} \times \xi_{2i})) \\ &\quad + \left( T \times P_{r3} \times \sum_i (F_3(\xi_{1i}) + F_4(\xi_{2i})) \times P_{r3} \right) \Leftrightarrow \\ &\Leftrightarrow E_{εξ} = T \times \left( P_{r1} \times \sum_i (f_{1i} \times \xi_{1i}) + P_{r2} \times \sum_i (f_{1i} \times \xi_{1i}) + P_{r3} \right. \\ &\quad \left. \times \sum_i (F_3(\xi_{1i}) + F_4(\xi_{2i})) \right) \quad (7) \end{aligned}$$

Διαιρώντας την σχέση (3) προς τη σχέση (7) προκύπτει ο συντελεστής εκπομπής ρύπου του συστήματος. Δηλαδή:

$$U = \frac{N}{E_{εξ}} =$$

$$= \sum_i (F_1(\xi_{i1}) + F_2(\xi_{i2})) / \left( T \times \left( P_{r1} \times \sum_i (f_{1i} \times \xi_{1i}) + P_{r2} \times \sum_i (f_{1i} \times \xi_{1i}) + P_{r3} \times \sum_i (F_3(\xi_{1i}) + F_4(\xi_{2i})) \right) \right)$$

#### 1.4 Σκοπός της εργασίας.

Η εργασία αυτή είχε ως σκοπό την ανάπτυξη μίας μεθοδολογίας για την προσομοίωση ενός σύνθετου ενεργειακού συστήματος αποτελούμενο από πολλούς μορφοτροπείς ενέργειας και τον υπολογισμό των ρύπων της ατμόσφαιρας που εκπέμπει. Η συνολική εκπομπή του κάθε ρύπου είναι συνάρτηση της σύνθεσης παραγωγής και του βαθμού απασχόλησης του κάθε

μορφοτροπέα. Η σύνθεση παραγωγής εξαρτάται από τη ζήτηση ηλεκτρικής ισχύος η οποία μεταβάλλεται κάθε χρονική στιγμή.

Η μεθοδολογία αυτή εφαρμόζεται στο σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη για το 2006 με δεδομένα από το κέντρο Ελέγχου Συστημάτων Μεταφοράς της Διεύθυνσης Διαχείρισης Νήσων της ΔΕΗ Α.Ε. και των ετήσιων εκθέσεων παρακολούθησης περιβαλλοντικών παραμέτρων λειτουργίας του συστήματος, που συντάχθηκαν από την Διεύθυνση Εκμετάλλευσης Θερμικών σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της ΔΕΗ Α.Ε.

Τέλος τα αποτελέσματα αξιολογούνται με τις υπάρχουσες μετρήσεις των παραπάνω εκθέσεων.

### 1.5 Δομή εργασίας

Η εργασία αποτελείται από έξη κεφάλαια και ένα παράρτημα.

Στο πρώτο κεφάλαιο ορίζονται οι βασικές έννοιες της εργασίας και αναπτύσσεται η μέθοδος υπολογισμού της εκπομπής αέριων ρύπων σε ένα σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε συνάρτηση με τον βαθμό απασχόλησης.

Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφονται οι μηχανισμοί σχηματισμού αέριων και σωματιδιακών ρύπων θερμικών μηχανών που χρησιμοποιούν ως καύσιμο μίγμα υδρογονανθράκων.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναπτύσσονται η μεθοδολογία προσομοίωσης της εκπομπής αέριων ρύπων των θερμοηλεκτρικών μονάδων παραγωγής σε συνάρτηση με το βαθμό απασχόλησης τους. Παρουσιάζεται η δομή του προγράμματος «ΡΥΠΟΣ» το οποίο επιλύει το μαθηματικό πρόβλημα του υπολογισμού των παραγόμενων ρύπων σαν συνάρτηση του χρόνου και του βαθμού απασχόλησης. Περιγράφεται το σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της Κρήτης και υπολογίζονται οι συναρτήσεις του βαθμού απασχόλησης συναρτήσει της εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NO<sub>x</sub>) και της παροχής καυσαερίων των θερμοηλεκτρικών μονάδων που το συνθέτουν.

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται η εφαρμογή και ο έλεγχος της μεθοδολογίας προσομοίωσης εκπομπής των αέριων και σωματιδιακών ρύπων στο σύνθετο ενεργειακό σύστημα στην Κρήτη.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται και αξιολογούνται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης του ενεργειακού συστήματος και της εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NO<sub>x</sub>) στο σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στη Κρήτη, με τη χρήση του προγράμματος «ΡΥΠΟΣ» και έτος αναφοράς το 2006.

Στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα και η προοπτική της εργασίας.

Τέλος στο Παράρτημα αποτελείται από επτά ενότητες.

Στην πρώτη ενότητα περιγράφονται :

- \* Ο επιπτώσεις της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο περιβάλλον και οι διεθνείς συμβάσεις για τις κλιματολογικές αλλαγές.
- \* Το Ελληνικό ενεργειακό σύστημα και η απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

Στην δεύτερη ενότητα περιγράφονται τα είδη των μορφοτροπέων που συνθέτουν ένα θερμοηλεκτρικό σύστημα παραγωγής. Στην τρίτη ενότητα περιγράφονται οι μέθοδοι εκτίμησης εκπομπής ρύπων. Στην τέταρτη ενότητα δίνονται οι μονάδες μέτρησης ρύπων και οι συναρτήσεις που τις μετατρέπουν από τη μία μονάδα στην άλλη. Στην πέμπτη ενότητα δίνονται στοιχεία για το νομοθετικό πλαίσιο που διέπει τον τομέα της ενέργειας στην Ελληνική επικράτεια και τέλος στην έκτη ενότητα δίνεται ο κώδικας προγραμματισμού του προγράμματος προσομοίωσης ενεργειακών συστημάτων «Ρύπος».



Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>

## Σχηματισμός και εκπομπή αέριων και σωματιδιακών ρύπων θερμικών μηχανών που χρησιμοποιούν ως καύσιμο μίγμα υδρογονανθράκων

Όλες οι μηχανές που χρησιμοποιούν ως καύσιμο μίγμα υδρογονανθράκων, εκπέμπουν κυρίως διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) και υδρατμούς (H<sub>2</sub>O). Άλλα συστατικά που συνήθως σχηματίζονται κατά την οξείδωση του χρησιμοποιούμενου καυσίμου είναι το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), τα οξείδια του αζώτου (NO, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O), τα οξείδια του θείου (SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>), οι άκαυστοι υδρογονάνθρακες (HxCy), ενώσεις μετάλλων, η αιθάλη, και άλλα συστατικά σε αμελητέες ποσότητες. Από τα παραπάνω συστατικά ιδιαίτερο ενδιαφέρον δίνεται σε αυτά που αποτελούν κίνδυνο για το περιβάλλον. Έτσι, τα επίπεδα εκπομπής των συγκεκριμένων συστατικών περιορίζονται βάσει νόμου, γεγονός που καθιστά αναγκαία την πραγματοποίηση συχνών μετρήσεων και ελέγχων.

Στους Πίνακες 1 και Πίνακας 2 παρατίθενται οι οριακές τιμές εκπομπής αέριων ρύπων βάση των στοιχείων του Υπουργείου Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων[51] των βιομηχανιών ενεργειακών δραστηριοτήτων με εγκαταστάσεις καύσης ονομαστικής θερμικής ισχύος άνω των 50 MW που χρησιμοποιούν υγρά καύσιμα. Στον Πίνακα 1 για τις εγκαταστάσεις με άδεια πριν την 1/7/1987 που δεν έχουν υποβληθεί σε σημαντικές τροποποιήσεις (υφιστάμενες εγκαταστάσεις) και στον Πίνακα 2 για τις εγκαταστάσεις με άδεια μετά την 1/7/1987 (νέες εγκαταστάσεις) ή τις υφιστάμενες με σημαντικές τροποποιήσεις [51].

Κατηγορία 1.1.2	Εγκαταστάσεις καύσης με ονομαστική θερμική ισχύ καύσης μεγαλύτερη των 50 MW που χρησιμοποιούν υγρά καύσιμα						Δεν υπάρχουν υφιστάμενες εγκαταστάσεις ΟΠΕΡ αυτής της κατηγορίας
	Ατμοσφαιρικός ρύπος	Οριακή τιμή	Μονάδα	Συνθήκες αναφοράς	Παρατηρήσεις	Παρακολούθηση	
Σωματίδια	150	mg/Nm <sup>3</sup>					ΟΤ προκύπτουσα από ΠΔ 1180/81
PM <sub>10</sub>							
CO							
NO <sub>x</sub>	70	χιλ. τόνοι/έτος		1			ΚΥΑ 58751/2370/93
SO <sub>x</sub> (ως SO <sub>2</sub> )	320	χιλ. τόνοι/έτος		1			ΚΥΑ 58751/2370/93
Μέταλλα και ενώσεις τους (Cu, Pb, As, Ni, Cd, Zn, Cr, Hg, Sn)	20 20 20	mg/Nm <sup>3</sup> mg/Nm <sup>3</sup> mg/Nm <sup>3</sup>	Pb As Cd				ΠΔ 1180/81
PCDD/PCDF							
Επεξήγηση Παρατηρήσεων. 1: Αφορά τις εκπομπές του συνόλου της χώρας (ως υφιστάμενες νοούνται αυτές στις οποίες χορηγήθηκε άδεια πριν από 1/7/1987).				Επεξήγηση του "ΟΤ προκύπτουσα από". Προεδρικό Διάταγμα 1180/81: "Περί ρυθμίσεων θεμάτων αναγόμενων εις τα της ιδρύσεως και λειτουργίας βιομηχανιών, βιοτεχνιών, πάσης φύσεως μηχανολογικών εγκαταστάσεων και αποθηκών και της εκ τούτων διασφαλίσεως περιβάλλοντος εν γένει" ΚΥΑ 58751/2370/93: "Καθορισμός μέτρων και όρων για τον περιορισμό της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που προέρχεται από			

Πίνακας 1 : Οριακές τιμές εκπομπής αέριων ρύπων υφιστάμενων εγκαταστάσεων καύσης ονομαστικής θερμικής ισχύος άνω των 50 MW που χρησιμοποιούν υγρά καύσιμα. [51]



Σχηματισμός και εκπομπή αέριων και σωματιδιακών ρύπων θερμικών μηχανών που χρησιμοποιούν ως καύσιμο μίγμα υδρογονανθράκων

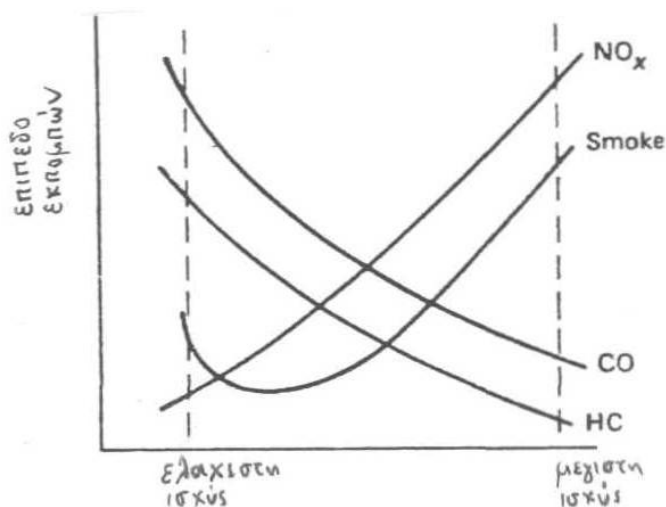
Κατηγορία 1.1.2	Εγκαταστάσεις καύσης με ονομαστική θερμική ισχύ καύσης μεγαλύτερη των 50 MW που χρησιμοποιούν υγρά καύσιμα						Δεν υπάρχουν νέες ή με ουσιαστικές μεταβολές εγκαταστάσεις ΟΠΕΡ της κατηγορίας αυτής
	Οριακή τιμή	Μονάδα	Συνθήκες αναφοράς	Παρατηρήσεις	Παρακολούθηση	Αναφορά	
Ατμοσφαιρικός ρύπος							ΟΤ προκύπτουσα από
Σωματίδια	50 100	mg/Nm <sup>3</sup> mg/Nm <sup>3</sup>		1 2			ΚΥΑ 58751/2370/93
PM <sub>10</sub>							
CO							
NO <sub>x</sub>	450	mg/Nm <sup>3</sup>		1			ΚΥΑ 58751/2370/93
SO <sub>x</sub> (ως SO <sub>2</sub> )	400 400 - 1700 1700	mg/Nm <sup>3</sup> mg/Nm <sup>3</sup> mg/Nm <sup>3</sup>		3 4 5			ΚΥΑ 58751/2370/93
Μέταλλα και ενώσεις τους (Cu, Pb, As, Ni, Cd, Zn, Cr, Hg, Sn)	10 10 10	mg/Nm <sup>3</sup> mg/Nm <sup>3</sup> mg/Nm <sup>3</sup>	Pb As Cd				ΠΔ 1180/81
PCDD/PCDF							
Επεξήγηση παρατηρήσεων 1: γενικά 2: MW < 500, που χρησιμοποιούν υγρά καύσιμα με περιεκτικότητα τέφρας μεγαλύτερη του 0,06% 3: MW > 500 (σύμφωνα με το διάγραμμα του Παραρτήματος V της ΚΥΑ 58751) 4: MW 500 έως 300 (σύμφωνα με το διάγραμμα του Παραρτήματος V της ΚΥΑ 58751) 5: MW < 300 (σύμφωνα με το διάγραμμα του Παραρτήματος V της ΚΥΑ 58751)				Επεξήγηση του "ΟΤ προκύπτουσα από" Προεδρικό Διάταγμα 1180/81: "Περί ρυθμίσεων θεμάτων αναγόμενων εις τα της ιδρύσεως και λειτουργίας βιομηχανιών, βιοτεχνιών, πάσης φύσεως μηχανολογικών εγκαταστάσεων και αποθηκών και της εκ τούτων διασφάλισης περιβάλλοντος εν γένει" ΚΥΑ 58751/2370/93 "Καθορισμός μέτρων και όρων για τον περιορισμό της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που προέρχεται από μεγάλες εγκαταστάσεις καύσης"			

Πίνακας 2: Οριακές τιμές εκπομπής αέριων ρύπων με ουσιαστικές μεταβολές εγκαταστάσεων καύσης ονομαστικής θερμικής ισχύος άνω των 50 MW που χρησιμοποιούν υγρά καύσιμα. [51]

Τα τελευταία χρόνια γίνονται εκτενείς και σημαντικές έρευνες ώστε να βρεθούν τρόποι μείωσης των παραπάνω ρύπων. Όσον αφορά στο θείο, οι έρευνες επικεντρώνονται στη χρήση πετρελαίου χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο (Low Sulphur Fuel Oil), ενώ για τη μείωση των οξειδίων του αζώτου και της αιθάλης, η έρευνα επικεντρώνεται σε νέες τεχνικές έγχυσης, όπως η προέγχυση, η μετέγχυση, η χρήση γαλακτώματος νερού - καυσίμου, και η τεχνική της ανακυκλοφορίας των καυσαερίων[19].

Στις θερμικές μηχανές η σύνθεση των καυσαερίων και συνεπώς η περιεκτικότητά τους σε διάφορους μολυντές, σχετίζεται με αρκετούς παράγοντες οι σημαντικότεροι από τους οποίους είναι: η θερμοκρασία που γίνεται η καύση, οι συγκεντρώσεις των διάφορων συστατικών, και ο χρόνος που απαιτείται για να ολοκληρωθεί η καύση. Γενικά μπορεί να ειπωθεί ότι σε συνθήκες χαμηλού φορτίου οι συγκεντρώσεις μονοξειδίου και ακουστών είναι μέγιστες, ελαττούμενες με την αύξηση της ισχύος. Αντίθετα, ο καπνός και τα οξείδια του αζώτου παρουσιάζουν μέγιστες συγκεντρώσεις σε συνθήκες υψηλού φορτίου. Μια ποιοτική εικόνα της μεταβολής της περιεκτικότητας στους διάφορους μολυντές για τους αεριοστρόβιλους δίνεται στην Εικόνα 15. Στις επόμενες παραγράφους θα γίνει μια περιγραφή του μηχανισμού ανάπτυξης των διάφορων

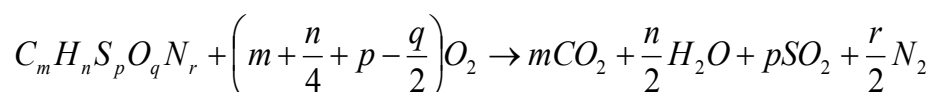
συστατικών των καυσαερίων των μηχανών που χρησιμοποιούν ως καύσιμο μίγμα υδρογονανθράκων.



Εικόνα 15: Σύνθεση καυσαερίων συναρτήσει του φορτίου αεριοστρόβιλου[18][18]

## 2.1 Διοξείδιο του Άνθρακα (CO<sub>2</sub>) - Υδρατμοί (H<sub>2</sub>O)

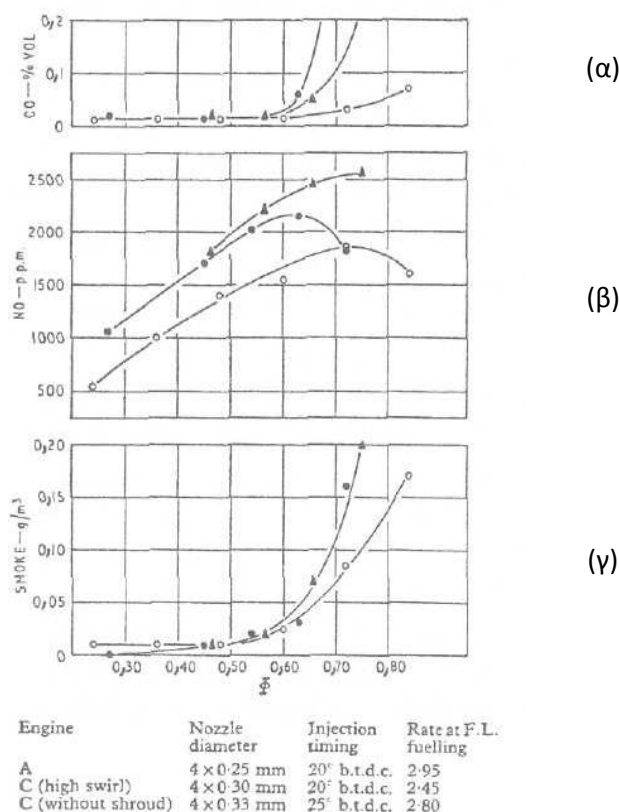
Το διοξείδιο του άνθρακα και ο υδρατμός αποτελούν τα κύρια συστατικά των καυσαερίων που παράγονται κατά την οξείδωση των καυσίμων, τα οποία αποτελούν μίγμα υδρογονανθράκων. Μια εκτίμηση της περιεκτικότητας των συγκεκριμένων συστατικών μπορεί εύκολα να πραγματοποιηθεί όταν γνωρίζουμε το μοριακό τύπο του καυσίμου από τη χημική αντίδραση τέλει καύσης.



## 2.2 Μονοξείδιο Άνθρακα (CO)

Το μονοξείδιο του άνθρακα αποτελεί ενδιάμεσο προϊόν της καύσης του άνθρακα που εμπεριέχεται στο καύσιμο προς διοξείδιο (CO<sub>2</sub>). Αποτελεί ένας από τους σοβαρότερους και πλέον επιβλαβείς ρύπους που εκπέμπονται από τις εμβολοφόρες ΜΕΚ. Ο σχηματισμός του CO λαμβάνει χώρα όταν το διαθέσιμο οξυγόνο δεν επαρκεί για την στοιχειομετρική καύση του μείγματος καυσίμου – αέρα, και έτσι ο λόγος ισοδυναμίας λ<sub>α</sub> αποτελεί τη βασικότερη παράμετρο επηρεασμού της εκπομπής μονοξειδίου του άνθρακα (CO). Κατά συνέπεια το πρόβλημα καθίσταται ιδιαίτερα έντονο στην περίπτωση που το μίγμα είναι πλούσιο, καθώς τότε το ποσοστό του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) στα προϊόντα τα καύσεως αυξάνει δραματικά. Λόγω του γεγονότος αυτού το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) εμφανίζεται σε πολύ μικρά ποσοστά στους κινητήρες ντίζελ, οι οποίοι λειτουργούν με μεγάλη περίσσεια αέρα ακόμη και στο πλήρες φορτίο τους.

Στο διάγραμμα (α) της Εικόνα 82 παρουσιάζεται η μεταβολή της εκπομπής μονοξειδίου του άνθρακα CO συναρτήσει του συντελεστή απασχόλησης κινητήρα ντίζελ.



Εικόνα 16: Μεταβολή εκπομπής μονοξειδίου του άνθρακα CO (α), μονοξειδίου του αζώτου NO (β) και σωματιδίων (smoke) (γ), (Φ) κινητήρα ντίζελ [17].

Στους αεριοστρόβιλους η ατελής καύση μπορεί να οφείλεται σε ένα ή περισσότερους από τους παρακάτω παράγοντες :

1. Ανεπαρκείς ρυθμοί καύσης στην αρχική ζώνη αντίδρασης του θαλάμου καύσης.

Προκαλούνται όταν η ποσότητα του αέρα καύσης δεν αρκεί για την προμήθεια του απαραίτητου οξυγόνου ή όταν η επικρατούσα θερμοκρασία δεν ξεπερνά την τιμή που επιβάλλει τον επιθυμητό ρυθμό καύσης.

2. Ανεπαρκής ανάμιξη του καυσίμου με τον αέρα.

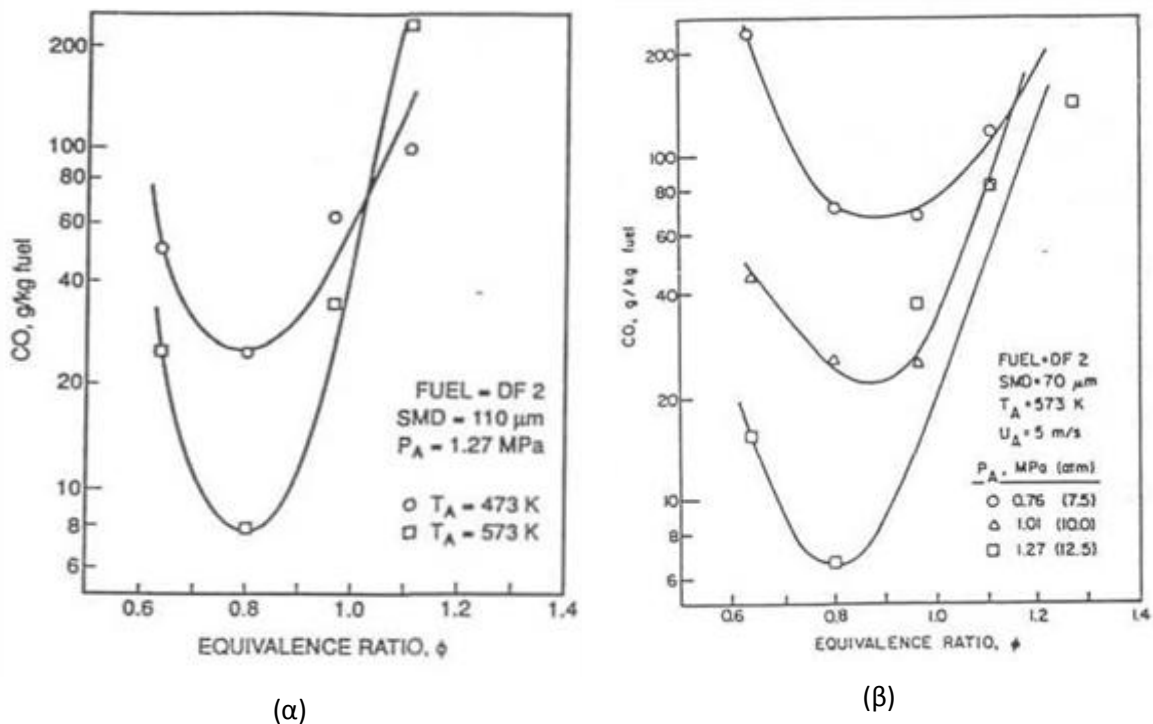
Όταν η ανάμιξη του καυσίμου με τον αέρα είναι ανεπαρκής, σχηματίζονται περιοχές ανεπιθύμητα πλούσιες σε καύσιμο όπου το μίγμα για τη δεδομένη θερμοκρασία και χρόνο παραμονής στο θάλαμο καύσης δεν προλαβαίνει να οξειδωθεί πλήρως. Το φαινόμενο απαντάται συχνότερα και με περισσότερο δυσμενή αποτελέσματα κατά την καύση υγρών καυσίμων.

3. Σβήσιμο (quenching) των προϊόντων της καύσης πριν την ολοκλήρωση της.

Σε μικρή απόσταση από κάποια σχετικά κρύα επιφάνεια παρατηρείται σβήσιμο της φλόγας. Το φαινόμενο οδηγεί στη δημιουργία ενός λεπτού στρώματος καυσίμου - αέρα στο εσωτερικό της επιφάνειας του τοιχώματος του θαλάμου καύσης. Στις περισσότερες μηχανές έχει

προβλεφθεί η ανάμειξη του κρύου αυτού μίγματος με θερμά αέρια ώστε να ολοκληρωθεί η οξείδωση.

Σε θαλάμους καύσης που λειτουργούν με πλούσια σε καύσιμο μίγματα, σχηματίζονται μεγάλες ποσότητες μονοξειδίου του άνθρακα κυρίως λόγω έλλειψης οξυγόνου. Σημαντικές όμως ποσότητες μονοξειδίου του άνθρακα παράγονται και σε στοιχείο μετρική ή ελαφρά φτωχή σε καύσιμο καύση, σαν αποτέλεσμα της διάσπασης του CO<sub>2</sub> στην επικρατούσα θερμοκρασία καύσης. Θεωρητικά η σταδιακή ψύξη των καυσαερίων με προσθήκη αέρα μετά την αρχική ζώνη αντίδρασης θα έπρεπε να μειώνει δραστικά το CO που σχηματίζεται με τη διάσπαση του CO<sub>2</sub>. Στην πράξη όμως, οι εκπομπές CO είναι πολύ υψηλότερες από αυτές που προβλέπονται από τους υπολογισμούς με βάση τη χημική ισορροπία, ενώ μεγιστοποιούνται σε συνθήκες λειτουργίας μερικού φορτίου, όπου οι ρυθμοί καύσης και οι μέγιστες θερμοκρασίες είναι σχετικά χαμηλές.



Εικόνα 17 : Επίδραση θερμοκρασίας εισόδου(α), πίεσης (β) καύσης και λόγου ισοδυναμίας (φ) στις εκπομπές μονοξειδίου άνθρακα αεριοστρόβιλων (Lefebvre[18]).

Οι σημαντικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν το ρυθμό καύσης, άρα και τις εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα, είναι η θερμοκρασία εισόδου του αέρα στη μηχανή και στο θάλαμο καύσης, η πίεση στο θάλαμο καύσης και ο λόγος ισοδυναμίας καυσίμου (ο λόγος ισοδυναμίας καυσίμου ορίζεται σαν το κλάσμα του πραγματικού λόγου καυσίμου/αέρα προς το λόγο καυσίμου/αέρα στοιχειομετρικής καύσης). Ποιοτικά η επίδραση των παραπάνω παραγόντων στις εκπομπές μονοξειδίου άνθρακα παρουσιάζεται στην Εικόνα 17.

### 2.3 Άκαυστοι Υδρογονάνθρακες (UHC)

Οι άκαυστοι υδρογονάνθρακες είναι μόρια καυσίμου στην αρχική τους μορφή, ή συνθετέτερα, μικρότερου μοριακού βάρους εξ' αιτίας μερικής οξειδωσης ή πυρόλυσης. Ο κύριος λόγος εμφάνισης άκαυστων υδρογονανθράκων στα καυσαέρια των κινητήρων είναι η ίδια με αυτή του CO, δηλαδή η πραγματοποίηση ατελούς καύσης μέσα στον θάλαμο καύσης.

Σημειώνεται ότι η περιεκτικότητα των καυσαερίων σε άκαυστους υδρογονάνθρακες εκφράζεται με τους ακόλουθους δύο τρόπους (ISO 11042-1-1996 [20]):

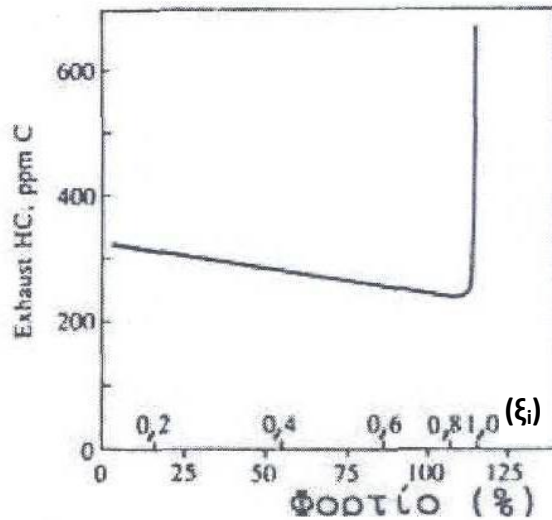
- UHC (unburned or partially burned hydrocarbon product) όπου περιλαμβάνονται όλοι οι άκαυστοι υδρογονάνθρακες εκφρασμένοι σαν ισοδύναμη ποσότητα μεθανίου (CH<sub>4</sub>).
- VOC (volatile organic compounds), πτητικοί άκαυστοι υδρογονάνθρακες όπου συμπεριλαμβάνονται όλοι οι άκαυστοι υδρογονάνθρακες εκτός του μεθανίου (CH<sub>4</sub>) και του αιθανίου (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>), εκφρασμένοι όμως σαν ισοδύναμη ποσότητα μεθανίου (CH<sub>4</sub>).

Στους κινητήρες Ντίζελ, δύο είναι οι αιτίες εμφάνισης ατελούς καύσης:

- είτε γιατί το μείγμα κατά την καύση ήταν πάρα πολύ φτωχό για την αυτανάφλεξη και συντήρηση της (υπερναμειξιμότητα).
- είτε γιατί το μείγμα ήταν πάρα πολύ πλούσιο με αποτέλεσμα την ανικανότητα τέλειας καύσεως του και τη διαφυγή άκαυστου μείγματος αέρα - καυσίμου από το θάλαμο καύσης (υποναμειξιμότητα).

Στις περισσότερες όμως περιπτώσεις η διαφεύγουσα αυτή ποσότητα άκαυστου μίγματος αναλώνεται μέσω αργών αντιδράσεων οξειδωσης στη φάση της αποτόνωσης δια ανάμειξης του με επιπλέον αέρα. Αυτό έχει σαν συνέπεια ως κύρια αιτία εκπομπής HC να θεωρείται το πολύ φτωχό μείγμα, το οποίο δεν αυταναφλέγεται ή είναι ανίκανο να συντηρήσει την καύση. Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται κυρίως στο καύσιμο που εγχύεται κατά τη διάρκεια της καθυστέρησης αναφλέξεως, ενώ αυτό το οποίο εγχύεται μετά από αυτή (στο στάδιο της ελεγχόμενης καύσης) οξειδώνεται ραγδαία και οδηγεί ουσιαστικά σε τέλεια καύση.

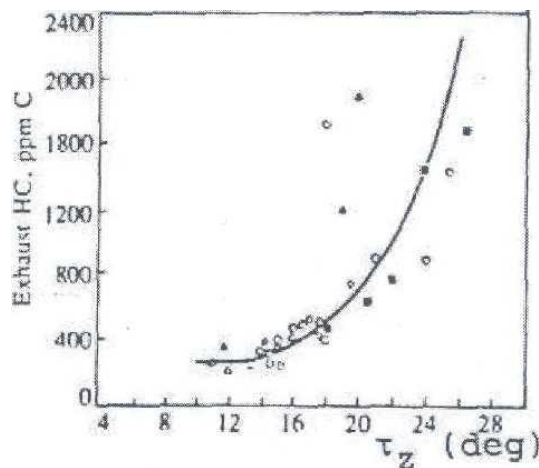
Γίνεται κατανοητό λοιπόν ότι η εκπομπή υδρογονανθράκων από το κινητήρα Ντίζελ έχει να κάνει με τις συνθήκες λειτουργίας του κινητήρα. Στην εν κενό λειτουργία (άφορτη) ή στα πολύ χαμηλά φορτία (υψηλό λ) οι εκπομπές είναι αρκετά μεγαλύτερες από ότι στο πλήρες, ενώ όταν ο κινητήρας υπερφορτωθεί (overloading) πέρα από τα επιτρεπόμενα όρια τότε οι εκπομπές HC αυξάνονται πάλι ραγδαία. Η συμπεριφορά αυτή απεικονίζεται αναλυτικά στο διάγραμμα της Εικόνα 18.



Εικόνα 18: Διαγράμματα μεταβολής της συγκέντρωσης των HC συναρτήσει του βαθμού απασχόλησης ( $\xi$ ) φορτίου [17].

### Η υπεραναμειξιμότητα.

Η υπεραναμειξιμότητα (over mixing) αποτελεί έναν μηχανισμό σχηματισμού HC που σχετίζεται με την ύπαρξη έντονα φτωχών περιοχών στο θάλαμο καύσης. Είναι γνωστό ότι με την έγχυση του καυσίμου στο θάλαμο καύσης, το σχηματιζόμενο μείγμα καυσίμου - αέρα είναι ετερογενές, αποτελούμενο δηλαδή από πολύ φτωχές έως και πολύ πλούσιες σε καύσιμο περιοχές. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα ορισμένες περιοχές (κυρίως στις παρυφές της δέσμης ψεκασμού) να είναι πολύ πάνω από τη στοιχειομετρική τιμή του  $\lambda$  (πολύ φτωχές περιοχές) στις οποίες το καύσιμο δεν μπορεί να αυταναφλεγεί και να συντηρήσει ένα μέτωπο ταχείας αντιδράσεως. Το μείγμα στην περιοχή αυτή μπορεί να οξειδωθεί μόνο μέσω βραδέων εξώθερμων αντιδράσεων οξείδωσης που οδηγούν σε ατελή καύση, με άμεσο αποτέλεσμα τον εντοπισμό καυσίμου, προϊόντων αποσυνθέσεως του καυσίμου και οξειδωμένων προϊόντων (αλδεΐδες και άλλες οξυγονούχες οργανικές ενώσεις).



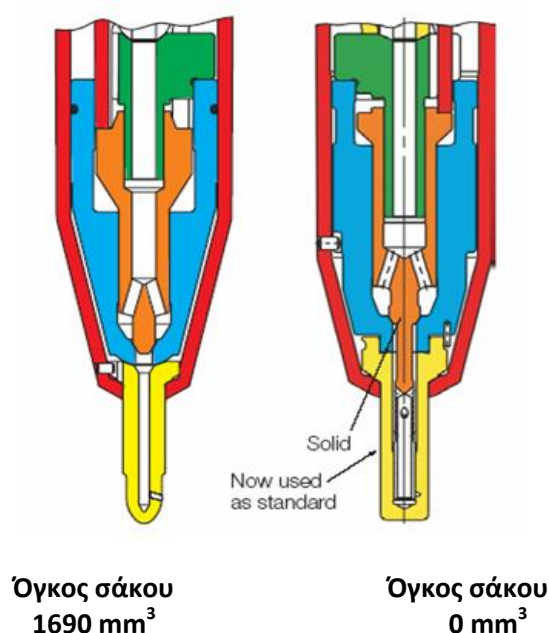
Εικόνα 19: Επίδραση της καθυστέρησης αναφλέξεως στην εκπομπή HC [17].

Το ποσοστό των ακαύστων HC που προέρχεται από τις παραπάνω περιοχές εξαρτάται από την ποσότητα του καυσίμου που εγχύεται στην διάρκεια της καθυστέρησης αναφλέξεως, από τον ρυθμό αναμείξεως με τον αέρα κατά το στάδιο αυτό, και από το κατά πόσο οι συνθήκες εντός του κυλίνδρου μπορούν να οδηγήσουν σε αυτανάφλεξη. Παρατηρούμε δηλαδή ότι υπάρχει κάποια συσχέτιση μεταξύ της ποσότητας των εκπεμπόμενων υδρογονανθράκων και της καθυστέρησης αναφλέξεως. Η συσχέτιση αυτή φαίνεται στην Εικόνα 19.

Καθώς η καθυστέρηση αναφλέξεως αυξάνει πέραν μιας ελάχιστης δυνατής τιμής, δια μεταβολής των συνθηκών λειτουργίας του κινητήρα, παρατηρείται αύξηση της εκπομπής HC με ολόένα και αυξανόμενο ρυθμό. Μια ραγδαία ανάμιξη στο στάδιο της καθυστέρησης αναφλέξεως, παράγουσα μια μεγάλη περιοχή υπεραναμειξιμότητας με αέρα, αποτελεί μια σημαντική αιτία σχηματισμού HC, ιδίως σε συνθήκες όπου η καθυστέρηση αναφλέξεως είναι μεγαλύτερη του δέοντος.

#### Η Υποαναμειξιμότητα

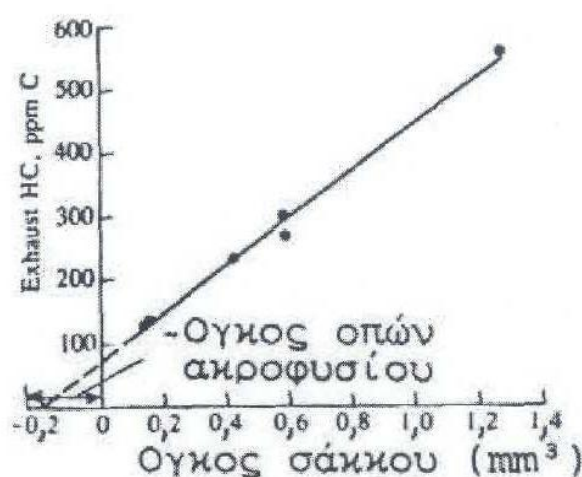
Όπως δηλώνεται από το όνομα, η υποαναμειξιμότητα (under mixing) έχει να κάνει με την ύπαρξη ζωνών εντός του θαλάμου καύσης όπου το μείγμα είναι ιδιαίτερα πλούσιο. Στις ζώνες αυτές το καύσιμο αδυνατεί να αναμιχθεί με τον υπάρχοντα αέρα ή αν αναμιχθεί αναμιγνύεται ανεπαρκώς. Οι κύριες αιτίες που συμβαίνει αυτό το φαινόμενο είναι, είτε διότι ο κινητήρας υπερφορτώθηκε (υπερβολική έγχυση καυσίμου ανά κύκλο λειτουργίας) είτε γιατί το καύσιμο ψεκάζεται στο θάλαμο καύσης με πολύ χαμηλή ταχύτητα στο τέλος της φάσης της καύσεως. Κύρια πηγή αυτού του καυσίμου είναι ο όγκος του σάκου (Εικόνα 21), που βρίσκεται μέσα στο ακροφύσιο του εγχυτήρα Εικόνα 20.



Εικόνα 20: Εγχυτήρας καυσίμου μηχανής ντιζελ με μικρό και μεγάλο σάκο



Στο τέλος της εγχύσεως ο όγκος κάτω από τη βελόνη του ακροφυσίου του εγχυτήρα είναι γεμάτος με καύσιμο. Με την εξέλιξη των φάσεων της καύσης και της αποτόνωσης, το καύσιμο αυτό θερμαίνεται και ατμοποιείται, οπότε εισέρχεται στον κύλινδρο (όπου η πίεση αρχίζει να μειώνεται) με πολύ μικρή ταχύτητα μέσω των μικρών οπών του εγχυτήρα. Ο ατμός αυτός του καυσίμου αναμιγνύεται με τον υπολειπόμενο αέρα με πολύ χαμηλούς ρυθμούς, οπότε και αποφεύγει το πρωταρχικό στάδιο της καύσης.



Εικόνα 21: Διάγραμμα εκπομπής υδρογονανθράκων συναρτήσει του όγκου του σάκου του εγχυτήρα [17]

Στους αεριοστρόβιλους η παρουσία τους στα καυσαέρια αεριοστρόβιλων είναι επίσης ένδειξη ατελούς καύσης και συνδέεται με τον ατελή διασκορπισμό του καυσίμου, τους ανεπαρκείς ρυθμούς αντίδρασης, το «πάγωμα» των προϊόντων της καύσης λόγω μείξης με τον αέρα ψύξης του θαλάμου καύσης, ή οποιοδήποτε συνδυασμό των παραπάνω.

Η χημική κινητική που περιγράφει το σχηματισμό των UHC είναι πολύ πιο πολύπλοκη από τη σχετική για το μονοξείδιο του άνθρακα, σε γενικές όμως γραμμές οι παράγοντες που επηρεάζουν τις εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα επηρεάζουν προς την ίδια κατεύθυνση και τις εκπομπές άκαυστων υδρογονανθράκων. Έτσι, όπως και με το CO, οι εκπομπές UHC μειώνονται όταν αυξάνεται η θερμοκρασία και η πίεση εισόδου στο θάλαμο καύσης, η θερμοκρασία περιβάλλοντος, και επίσης όταν ο λόγος ισοδυναμίας καυσίμου κινείται προς την περιοχή της βέλτιστης τιμής.

#### 2.4 Οξείδια του αζώτου(NOx)

Τα οξείδια του αζώτου που περιέχονται στα καυσαέρια των θερμικών μηχανών οφείλονται στη διάσπαση του ατμοσφαιρικού αζώτου (N<sub>2</sub>) και οξυγόνου (O<sub>2</sub>) σε N και O αντίστοιχα. Η διάσπαση αυτή ακολουθείται από μια αλυσίδα αντιδράσεων οι οποίες οδηγούν στο σχηματισμό επτά γνωστών τύπων οξειδίων αζώτου: NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> και N<sub>2</sub>O<sub>5</sub> [23]. Από τα παραπάνω επτά οξείδια μόνο το μονοξείδιο (NO) και διοξείδιο (NO<sub>2</sub>) αζώτου σχηματίζονται σε ποσότητες που είναι σημαντικές για την ατμοσφαιρική ρύπανση. Έτσι, η

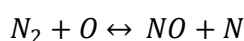
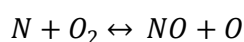
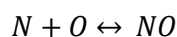
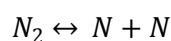
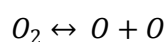


περιεκτικότητα των καυσαερίων σε οξειδία του αζώτου ( $\text{NO}_x$ ) ορίζεται ως το άθροισμα του μονοξειδίου και διοξειδίου αζώτου. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι αντιδράσεις σχηματισμού  $\text{NO}_x$  συντελούνται με ικανοποιητικό ρυθμό σε υψηλές θερμοκρασίες (>1800 K) και η συγκέντρωση του  $\text{NO}$  σε πετρελαιομηχανές εσωτερικής καύσης κυμαίνεται από 80% έως 90% της συνολικής συγκέντρωσης των  $\text{NO}_x$  [21].

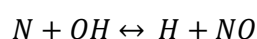
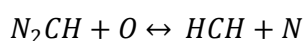
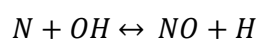
Ανάλογα με το μηχανισμό σχηματισμού τους, τα  $\text{NO}_x$  που παράγονται από την οξείδωση του ατμοσφαιρικού αζώτου διαχωρίζονται σε 'Θερμικά' και 'Στιγμιαία'  $\text{NO}_x$  ("thermal", 'Prompt",  $\text{NO}_x$ ). Μια τρίτη κατηγορία οξειδίων του αζώτου αφορά τα οξειδία που παράγονται από το υποξείδιο αζώτου  $\text{N}_2\text{O}$ , και μια τελευταία αφορά τα  $\text{NO}_x$  που σχηματίζονται με την οξείδωση του αζώτου που περιέχεται στο καύσιμο ('Fuel  $\text{NO}_x$ ). Οι συγκεκριμένοι μηχανισμοί σχηματισμού  $\text{NO}_x$  περιγράφονται στη συνέχεια.

#### Θερμικό $\text{NO}_x$ (Thermal $\text{NO}_x$ ).

Τα θερμικά οξειδία του αζώτου σχηματίζονται στις θερμές περιοχές του θαλάμου καύσης με μια αλυσίδα αντιδράσεων που οδηγούν στη διάσπαση και οξείδωση του αζώτου που περιέχεται στα προϊόντα καύσης. Οι σημαντικότερες από τις αντιδράσεις αυτές, όπως καθιερώθηκε από τον Zeldovich, είναι οι ακόλουθες ([22][23]):



Σημειώνεται ότι η συγκεκριμένη αλυσίδα αντιδράσεων ισχύει για φτωχά σε καύσιμο μίγματα (λόγος ισοδυναμίας καυσίμου < 1). Στην περίπτωση καύσης πλούσιων σε καύσιμο μιγμάτων (λόγος ισοδυναμίας καυσίμου > 1), προστίθενται οι ακόλουθες τρεις αντιδράσεις που αφορούν επιμέρους προϊόντα καύσης ([22][23]).

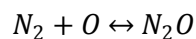


Ο ρυθμός σχηματισμού των θερμικών οξειδίων του αζώτου αυξάνεται εκθετικά με τη θερμοκρασία καύσης, ενώ σημαντικό επίσης ρόλο παίζει και ο χρόνος παραμονής στο θάλαμο καύσης.

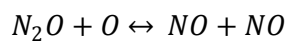
Η θερμοκρασία καύσης σχετίζεται άμεσα με το λόγο ισοδυναμίας καυσίμου αέρα, όπου λαμβάνει τη μέγιστη τιμή της για στοιχειομετρική καύση (λόγος ισοδυναμίας καυσίμου = 1). Η συσχέτιση του λόγου ισοδυναμίας καυσίμου με τη θερμοκρασία καύσης και το ρυθμό σχηματισμού οξειδίων του αζώτου για υγρό καύσιμο παρουσιάζεται ποιοτικά στην Εικόνα 22.

Σημειώνεται ότι ο χρόνος παραμονής εξαρτάται από την παροχή αέρα, τις συνθήκες (πίεση και θερμοκρασία) στην είσοδο του θαλάμου καύσης και το μέγεθος του.

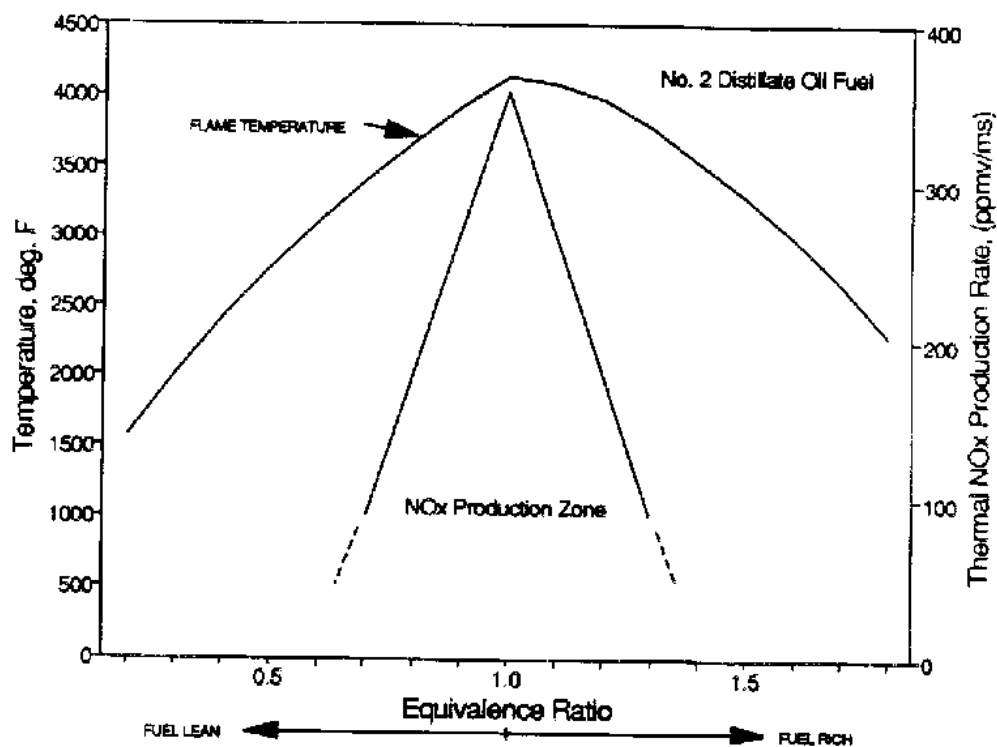
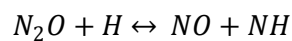
Το υποξείδιο του αζώτου ( $N_2O$ ) αποτελεί ένα ενδιάμεσο προϊόν οξείδωσης του ατμοσφαιρικού αζώτου, το οποίο σχηματίζεται με την ακόλουθη αντίδραση (Lefebvre [24]).



Στη συνέχεια οξειδώνεται προς μονοξείδιο με την αντίδραση



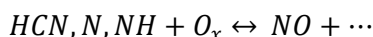
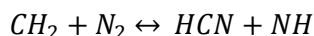
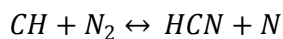
Αλλά επίσης και με τον μηχανισμό



Εικόνα 22: Συσχέτιση λόγου ισοδυναμίας με τη θερμοκρασία καύσης και το ρυθμό σχηματισμού θερμικών οξειδίων του αζώτου ( $NO_x$ )[22].

### Στιγμαίο $NO_x$

Τα στιγμιαία οξειδία του αζώτου σχηματίζονται στην περιοχή της φλόγας ως προϊόντα οξειδωσης ενδιάμεσων προϊόντων καύσης ( $HCN$ ,  $N$  και  $NH$ ), όπως προβλέπεται από τις ακόλουθες χημικές αντιδράσεις ([22][23])



Η συνεισφορά του μηχανισμού στιγμιαίου  $NO_x$  στα συνολικά επίπεδα οξειδίων του αζώτου είναι συγκριτικά μικρή για συνθήκες καύσης πλησίον της στοιχείο μετρικής, αλλά αυξάνει όσο απομακρυνόμαστε από αυτή (όταν μειώνεται ο λόγος ισοδυναμίας καυσίμου). Για το λόγο αυτό, τα στιγμιαία  $NO_x$  παίζουν σημαντικό ρόλο στη σχεδίαση θαλάμων καύσης χαμηλών εκπομπών  $NO_x$  που βασίζονται στη καύση φτωχού προαναμεμιγμένου μίγματος.

### $NO_x$ Καυσίμου (Fuel $NO_x$ )

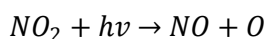
Αν το καύσιμο περιέχει άζωτο οργανικά συνδεδεμένο στα μόρια του, κάποια ποσότητα αυτού θα αποδεσμευθεί και στη συνέχεια θα οξειδωθεί σε  $NO_x$ . Το κλάσμα του αζώτου που οξειδώνεται δεν φαίνεται να εξαρτάται από τον τρόπο με τον οποίο συνδέεται χημικά το άζωτο με το καύσιμο, αλλά επηρεάζεται ποικιλότροπα από τις συνθήκες καύσης (π.χ. από το λόγο ισοδυναμίας καυσίμου, τη θερμοκρασία καύσης, κ.α.).

Το ποσοστό του αζώτου του καυσίμου που οξειδώνεται φαίνεται να αυξάνεται ελάχιστα όταν αυξάνεται η θερμοκρασία καύσης. Ο τρόπος που οι υπόλοιποι παράγοντες επιδρούν στην παραγωγή  $NO_x$  από το άζωτο του καυσίμου διαφέρει κατά περίπτωση, για αυτό και η εξαγωγή γενικών συμπερασμάτων δεν είναι δυνατή. Μπορούμε πάντως να εκτιμήσουμε τα επίπεδα του αναμενόμενου  $NO_x$  γνωρίζοντας κατ' αρχή την ποσότητα του αζώτου που περιέχεται στο καύσιμο.

#### 2.4.1 Λόγος μονοξειδίου του αζώτου( $NO$ )προς διοξείδιο του αζώτου σε ( $NO_2$ ) σε ντίζελ κινητήρα.

---

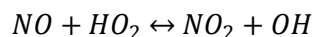
Στις πετρελαιομηχανές εσωτερικής καύσης, η συγκέντρωση του  $NO_2$  κυμαίνεται από 10% έως 20% της συνολικής συγκέντρωσης των  $NO_x$ . Το  $NO_2$  είναι ένα ισχυρό οξείδιο, που με την παρουσία υπεριώδους και ακτινοβολίας, συνεισφέρει μέσω φωτόλυσης στον σχηματισμό όζοντος ( $O_3$ ), χημικό στοιχείο που συμβάλει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Ο μηχανισμός της παραπάνω διαδικασίας έχει ως εξής:





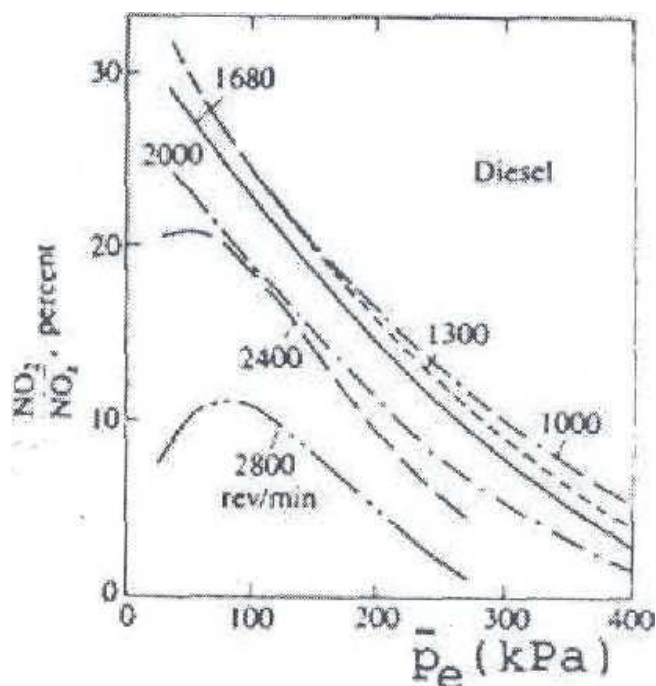
Όπου, M, τρίτο σώμα, απαραίτητο για την πρόσδοση της ενέργειας ενεργοποίησης της αντίδρασης.

Η ταχεία δημιουργία του  $NO_2$ , κατά τη διάρκεια της καύσης, οφείλεται στην αντίδραση του  $NO$  με τη ρίζα του  $HO_2$  ως εξής[21]:



Ωστόσο, στην περιοχή των καυσαερίων, το  $NO_2$  μετατρέπεται και πάλι σε  $NO$  και  $O_2$ , λόγω αντίδρασης του με το ατομικό οξυγόνο. Εάν τα υψηλής θερμοκρασίας καυσαέρια αναμιχθούν γρήγορα με τον ψυχρότερο αέρα ή το μίγμα καυσίμου - αέρα, λόγω του έντονου στροβιλισμού, οι αντιδράσεις που σχηματίζουν  $NO$  και  $O_2$  από  $NO_2$  παγώνουν. Μια τέτοια εκδοχή οδηγεί σε υψηλές τελικές συγκεντρώσεις  $NO_2$  στις πετρελαιομηχανές εσωτερικής καύσης.

Το φαινόμενο αυτό συμβαίνει στα χαμηλά φορτία των κινητήρων Ντίζελ, όπου λόγω της έντονα ανομοιόμορφης κατανομής του καυσίμου παρατηρούνται ψυχρές περιοχές. Στις περιοχές αυτές η παρουσία του  $NO_2$  είναι αρκετά έντονη, εξου και τα υψηλά ποσοστά  $NO_2/NO$ . Στο διάγραμμα της Εικόνα 23 σχήμα φαίνεται το ποσοστό εκπομπής του  $NO_2$  σε σχέση με την συνολική εκπομπή  $NO_x$  από όπου φαίνεται η ισχυρή εξάρτηση του ποσοστού αυτού με την ταχύτητα περιστροφής και το φορτίο (μέση πραγματική πίεση  $p_e$ ).



Εικόνα 23: Διάγραμμα εκπομπής  $NO$  και  $NO_2$  από κινητήρα Ντίζελ συναρτήσει του φορτίου [17]

#### 2.4.2 Παράγοντες που επιδρούν στο σχηματισμό οξειδίων του αζώτου (NO<sub>x</sub>) στους αεριοστρόβιλους.

---

Ο ρυθμός ανάπτυξης και συνεπώς τα επίπεδα των εκπεμπόμενων οξειδίων του αζώτου καθορίζονται κυρίως από τη σχεδίαση του θαλάμου καύσης, τον τύπο και τη σύνθεση του χρησιμοποιούμενου καυσίμου, τις ατμοσφαιρικές συνθήκες, και το σημείο λειτουργίας. Για τους αεριοστρόβιλο ο τρόπος με τον οποίο κάθε ένας από τους παραπάνω παράγοντες επηρεάζει τα οξείδια του αζώτου NO<sub>x</sub> θα συζητηθεί στις επόμενες παραγράφους.

##### *Θάλαμος Καύσης*

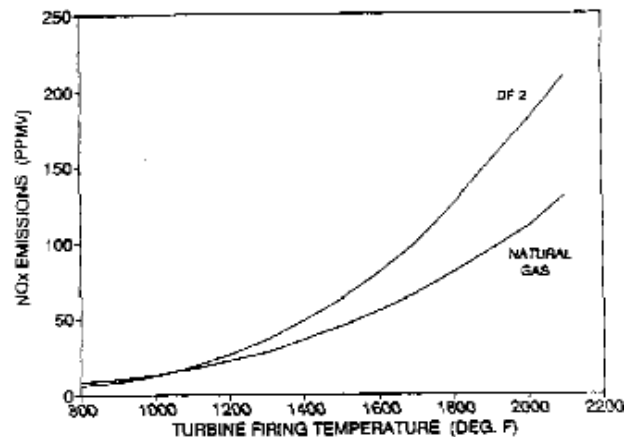
Η σχεδίαση του θαλάμου καύσης παίζει το σημαντικότερο ρόλο στο σχηματισμό οξειδίων του αζώτου. Όπως συζητήθηκε προηγουμένως, τα θερμικά NO<sub>x</sub> επηρεάζονται κυρίως από τη θερμοκρασία καύσης και το χρόνο παραμονής. Έτσι, ο έλεγχος και η ρύθμιση του λόγου ισοδυναμίας καυσίμου και του αέρα ψύξης που αναμιγνύεται με τα θερμά προϊόντα καύσης θα επηρεάσει άμεσα το σχηματισμό θερμικών NO<sub>x</sub>.

Η ομοιογένεια του μίγματος καυσίμου - αέρα του καυσίμου επηρεάζει επίσης σημαντικά το σχηματισμό οξειδίων αζώτου. Η ταυτόχρονη μείξη και καύση του μίγματος, οδηγεί στην ανάπτυξη περιοχών που είναι τοπικά πλούσιες σε καύσιμο. Έτσι, στις περιοχές αυτές αναπτύσσονται μεγάλες θερμοκρασίες καύσης, γεγονός που ευνοεί το σχηματισμό NO<sub>x</sub>.

##### *Τύπος Καυσίμου*

Για συγκεκριμένο θάλαμο καύσης τα επίπεδα των εκπεμπόμενων οξειδίων του αζώτου εξαρτώνται από τον τύπο (υγρό ή αέριο) και τη σύνθεση του καυσίμου που χρησιμοποιείται. Ένα βασικό στοιχείο που διαφοροποιείται από καύσιμο σε καύσιμο και σχετίζεται άμεσα με το σχηματισμό NO<sub>x</sub> είναι η θερμοκρασία καύσης που αναπτύσσεται κατά την οξείδωση του. Έτσι, δεδομένου ότι η θερμοκρασία καύσης υγρών καυσίμων είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη αερίων, τα επίπεδα εκπομπών NO<sub>x</sub> υγρών καυσίμων είναι κατά κανόνα μεγαλύτερα από αυτά αερίων καυσίμων (Εικόνα 24).

Όσον αφορά τα αέρια καύσιμα, επιμέρους διαφορές στη σύνθεση τους επηρεάζουν επίσης σημαντικά το σχηματισμό οξειδίων του αζώτου. Αέρια καύσιμα που είναι μίγματα υδρογονανθράκων με μοριακό βάρος μεγαλύτερο από αυτό του μεθανίου (CH<sub>4</sub>) έχουν μεγαλύτερη θερμοκρασία καύσης. Η χρήση τους είναι έτσι δυνατό να οδηγήσει σε μεγαλύτερα μέχρι και κατά 50% επίπεδα εκπομπών NO<sub>x</sub> σε σχέση με τις εκπομπές που παρατηρούνται κατά την καύση μεθανίου.

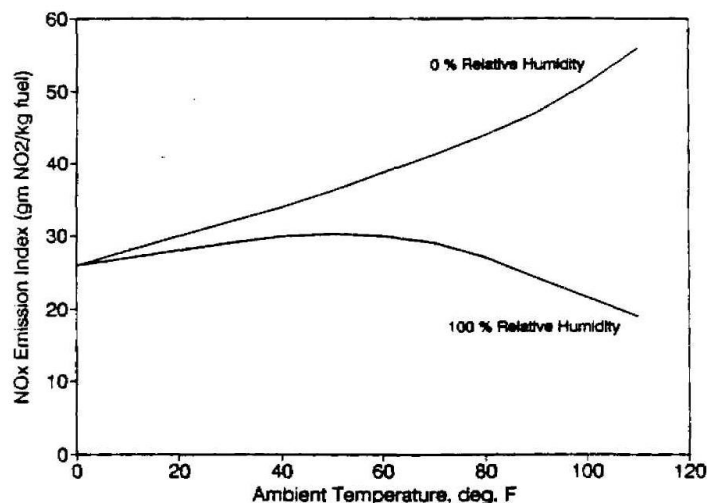


Εικόνα 24:Επίδραση της θερμοκρασίας καύσης και του είδους του καυσίμου στην εκπομπή οξειδίων του αζώτου (NO<sub>x</sub>) ([22][23]).

### Ατμοσφαιρικές Συνθήκες

Από τις ατμοσφαιρικές συνθήκες (πίεση, θερμοκρασία, υγρασία), η υγρασία έχει τη μεγαλύτερη επίδραση στη συγκέντρωση οξειδίων αζώτου. Η θερμότητα που απαιτείται για την αύξηση της θερμοκρασίας των υδρατμών που περιέχονται στον αέρα που εισέρχεται στο θάλαμο καύσης, επηρεάζει τη θερμοκρασία καύσης και συνεπώς το σχηματισμό θερμικών NO<sub>x</sub>. Σε συνθήκες χαμηλής υγρασίας, αύξηση της ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας οδηγεί σε αύξηση των εκπομπών NO<sub>x</sub>. Για υψηλά επίπεδα υγρασίας και χαμηλές ατμοσφαιρικές θερμοκρασίες, μια αύξηση της θερμοκρασίας προκαλεί επίσης αύξηση των οξειδίων του αζώτου. Αντιθέτως, στην περίπτωση όπου παρατηρούνται υψηλά επίπεδα υγρασίας και θερμοκρασίας (μεγαλύτερες από 10° C), η αύξηση της ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας θα οδηγήσει σε μείωση των εκπομπών NO<sub>x</sub>.

Όσον αφορά την επίδραση της ατμοσφαιρικής πίεσης, μια αύξηση της οδηγεί σε μεγαλύτερες θερμοκρασίες και πιέσεις στην είσοδο του θαλάμου καύσης. Το γεγονός αυτό θα προκαλέσει με τη σειρά του μία αύξηση των εκπεμπόμενων οξειδίων του αζώτου.



Εικόνα 25:Επίδραση της ατμοσφαιρικής υγρασίας και της θερμοκρασίας στην εκπομπή οξειδίων αζώτου([22][23]).

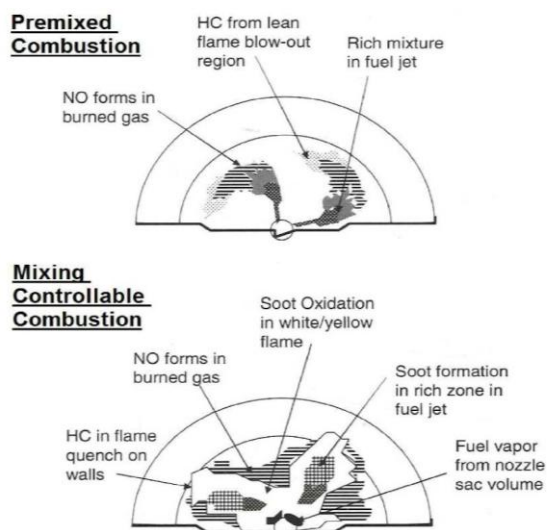
### Σημείο Λειτουργίας

Το σημείο λειτουργίας και ειδικότερα το παραγόμενο φορτίο σχετίζεται άμεσα με τη θερμοκρασία καύσης. Έτσι, η μείωση του φορτίου συνεπάγεται μείωση της θερμοκρασίας καύσης και συνεπώς των εκπεμπόμενων  $\text{NO}_x$ . Αντιθέτως, μία αύξηση του φορτίου του αεριοστρόβιλου θα οδηγήσει σε αύξηση της θερμοκρασίας καύσης και των οξειδίων αζώτου.

### 2.4.3 Παράγοντες που επιδρούν στο σχηματισμό των οξειδίων του αζώτου ( $\text{NO}_x$ ) στις ντίζελ μηχανές εσωτερικής καύσης.

Στις πετρελαιομηχανές, το καύσιμο ψεκάζεται μέσα στον ζεστό, συμπιεσμένο αέρα του κύλινδρου προς το τέλος της φάσης της συμπίεσης. Μέσα στον κύλινδρο υπάρχει μία ανομοιογενής κατανομή καυσίμου, η οποία μεταβάλλεται χρονικά και χωρικά. Συνεπώς, η ανάμιξη αέρα -καυσίμου είναι επίσης ανομοιογενής, και η ανομοιογένεια χαρακτηρίζει όλη την περίοδο της καύσης. Η ανάμιξη του αέρα με το καύσιμο επηρεάζεται από διάφορες παραμέτρους, όπως η πίεση έγχυσης, η κίνηση και ο στροβιλισμός του αέρα, και η ατμοποίηση του καυσίμου. Η ποσότητα του καυσίμου ποικίλει ανάλογα με την απαιτούμενη ισχύ, ενώ η ποσότητα του αέρα παραμένει σχεδόν σταθερή σε όλο το εύρος λειτουργίας. Η κατανομή του καυσίμου σε κάθε χρονική στιγμή του κύκλου λειτουργίας διαφέρει, διότι εξαρτάται από το φορτίο και τις στροφές. Ο ρυθμός σχηματισμού των ρύπων επηρεάζεται σημαντικά από τον τοπικό λόγο καυσίμου - αέρα, και μεταβάλλεται με τον χρόνο κατά την περίοδο της καύσης. Η διαδικασία της καύσης του πετρελαίου αποτελείται από δύο φάσεις, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 26.

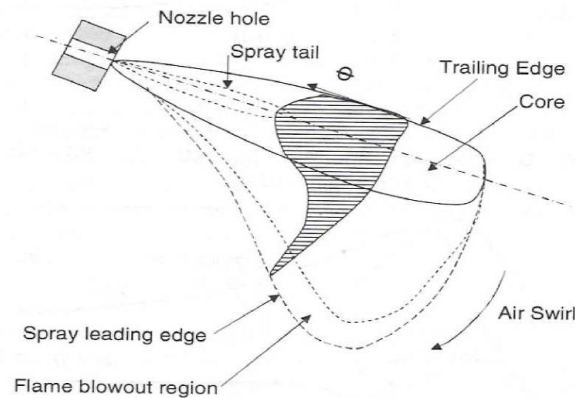
- Προαναμειγμένη καύση (Premixed Combustion).
- Καύση ελεγχόμενη από την ανάμιξη (Mixing Controllable Combustion).



Εικόνα 26: Απεικόνιση φάσεων διαδικασίας καύσης εμβολοφόρου κινητήρα εσωτερικής καύσης κατά Heywood [25].

Η σχηματική απεικόνιση των δύο αυτών φάσεων υποδεικνύει ότι οι διαφορετικές περιοχές εγχεόμενου καυσίμου και φλόγας συνεισφέρουν στη δημιουργία μονοξειδίου του αζώτου ( $NO$ ), άκαυστων υδρογονανθράκων και αιθάλης κατά τη διάρκεια των δύο προαναφερθέντων φάσεων. Το μονοξείδιο του αζώτου σχηματίζεται σε περιοχές φλόγας υψηλής θερμοκρασίας.

Στις πετρελαιομηχανές, η ταχεία καύση στη φάση της προανάμιξης ακολουθείται από τη διαδικασία της καύσης διάχυσης. Ο ρυθμός ανάμιξης καυσίμου - αέρα ελέγχει την παραπάνω διαδικασία. Η κινητική των αντιδράσεων οδηγεί στον σχηματισμό  $NO_x$  και άλλων ενώσεων ισορροπίας του συστήματος C - H - O. Στην Εικόνα 27, παρίσταται μία ακτινική έγχυση καυσίμου σε περιβάλλον με εγκάρσιο στροβιλισμό του αέρα (Air Swirl), ενώ ταυτόχρονα διακρίνεται η κατανομή του λόγου καυσίμου - αέρα,  $\phi$ . Καθώς το καύσιμο εγχύεται στον θάλαμο καύσης μέσω της οπής του εγχυτήρα (Nozzle Hole), το spray εισχωρεί μέσα στον ζεστό συμπιεσμένο αέρα, με αποτέλεσμα να δημιουργείται μία ανομοιόμορφη κατανομή καυσίμου στον χώρο του θαλάμου καύσης. Ο λόγος καυσίμου - αέρα,  $\phi$ , ποικίλει σε μεγάλο βαθμό μεταξύ της περιοχής του πυρήνα (Spray Core & Tail) και των ορίων του spray (Spray Leading & Trailing Edge). Η περιοχή του πυρήνα του spray είναι πλούσια σε καύσιμο, ενώ τα όριά του φτωχά.



Εικόνα 27: Απεικόνιση ακτινικής έγχυσης καυσίμου σε περιβάλλον με εγκάρσιο στροβιλισμό του αέρα[21].

Καθώς το spray διαπερνά τον συμπιεσμένο αέρα, αποκλίνει από την ακτινική ευθεία κατεύθυνση του, και ακολουθεί την κατεύθυνση του εγκάρσιου στροβιλισμού του αέρα. Ο πυρήνας του spray (Core) περιέχει, κυρίως, υγρό καύσιμο, ενώ μεγάλες περιοχές αέριου καυσίμου δημιουργούνται γύρω από τον πυρήνα του spray. Κατά τη διάρκεια της καθυστέρησης έναυσης, όπου λαμβάνει χώρα η φάση της προανάμιξης, το μίγμα καυσίμου - αέρα, το οποίο βρίσκεται στις φτωχότερες σε αέριο καύσιμο περιοχές (Flame Blowout Region), καίγεται απότομα. Κατά τη φάση της ρυθμιζόμενης καύσης, η καύση συμβαίνει σε περιοχές όπου ο λόγος καυσίμου - αέρα είναι κοντά στη μονάδα [26]. Συνεπώς, ο ρυθμός του



σχηματισμού του  $NO$  ποικίλει, και εξαρτάται από τον τοπικό λόγο καυσίμου - αέρα και τη θερμοκρασία. Καθώς η διαδικασία της καύσης εξελίσσεται, τα καυσαέρια αναμειγνύονται με αέρα χαμηλότερης θερμοκρασίας, με συνέπεια στο αέριο καύσιμο να αλλάζει η σύνθεση και η θερμοκρασία. Επίσης, η θερμοκρασία των καυσαερίων αλλάζει λόγω της συμπίεσης και της εκτόνωσης.

Ο σχηματισμός του  $NO$  συμβαίνει, κυρίως, στην περιοχή των παραγόμενων καυσαερίων κατά τη διάρκεια της προαναμειγμένης καύσης σε περιοχές χαμηλού  $\phi$ . Τα καυσαέρια της προαναμειγμένης καύσης συμπιέζονται προς υψηλότερη πίεση και θερμοκρασία, με συνέπεια την αύξηση του ρυθμού δημιουργίας  $NO$ .

Σε μηχανές φυσικής αναπνοής (ατμοσφαιρικοί κινητήρες), που λειτουργούν στο σημείο επίτευξης της μεγαλύτερης ροπής, η συνεισφορά της φάσης προανάμιξης στο σχηματισμό  $NO$  είναι σημαντική για δύο λόγους. Ο πρώτος σχετίζεται με το γεγονός ότι καίγεται το φτωχό μίγμα καυσίμου - αέρα ή το μίγμα με αναλογία κοντά στη στοιχειομετρική (υψηλή θερμοκρασία καυσαερίων), ενώ ο δεύτερος με τη μεγάλη καθυστέρηση έναυσης, που επιτρέπει μεγάλη ποσότητα καυσίμου να προαναμειχθεί και να καεί απότομα.

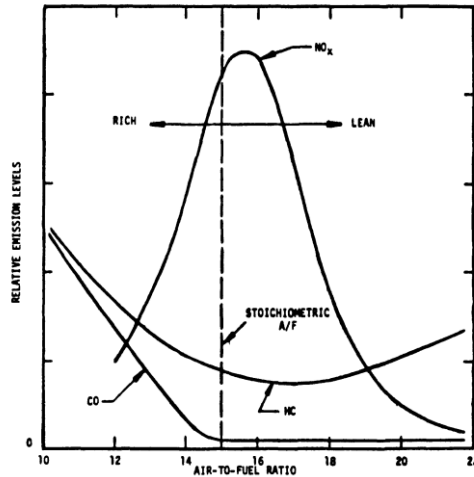
Σε υπερπληρούμενους κινητήρες, η περίοδος καθυστέρηση έναυσης είναι μικρή, με αποτέλεσμα η ποσότητα καυσίμου που προαναμειγνύεται με τον συμπιεσμένο αέρα να είναι μικρότερη. Επιπλέον, σε τέτοιους κινητήρες, η επιβράδυνση του χρονισμού έγχυσης του καυσίμου στον κύλινδρο και η λειτουργία σε υψηλά επίπεδα πιέσεων έχουν ως αποτέλεσμα ένα μικρό μέρος της φάσης της καύσης να είναι φτωχό σε καύσιμο, ενώ το υπόλοιπο πλούσιο [27]. Συνεπώς, σε σύγκριση με τους ατμοσφαιρικούς κινητήρες, στους υπερπληρούμενους καίγεται σημαντικά λιγότερη ποσότητα προαναμειγμένου καυσίμου, και ο σχηματισμός του  $NO$ , σε αναλογία περισσότερη από τη μισή, λαμβάνει χώρα μετά την επίτευξη της μέγιστης πίεσης. Καθώς ο κύκλος λειτουργίας εξελίσσεται, η θερμοκρασία των καυσαερίων ελαττώνεται λόγω της εκτόνωσης και της ανάμιξής τους με τον ψυχρότερο αέρα, με συνέπεια το πάγωμα της χημικής κινητικής και αποσύνθεσης του  $NO$ . Η συγκεκριμένη συμπεριφορά συντελεί στη σταθεροποίηση της συγκέντρωσης του  $NO$  στον κύλινδρο.

Η επίδραση των κυρίων παραμέτρων λειτουργίας ενός ντίζελ κινητήρα στις εκπομπές  $NO_x$  και συγκεκριμένα του φορτίου, της προπορείας έγχυσης του καυσίμου, καθώς και του κλάσματος του παραμένουτος καυσαερίου είναι:

### *Η επίδραση του Φορτίου*

Επειδή η ρύθμιση του φορτίου στον κινητήρα Ντίζελ είναι ποιοτική, όταν αναφερόμαστε στην επιρροή που έχει αυτό στο σχηματισμό των  $NO_x$ , ουσιαστικά μελετάμε έμμεσα την επιρροή του λόγου ισοδυναμίας καυσίμου στο σχηματισμό των  $NO_x$  (Εικόνα 28). Με την αύξηση

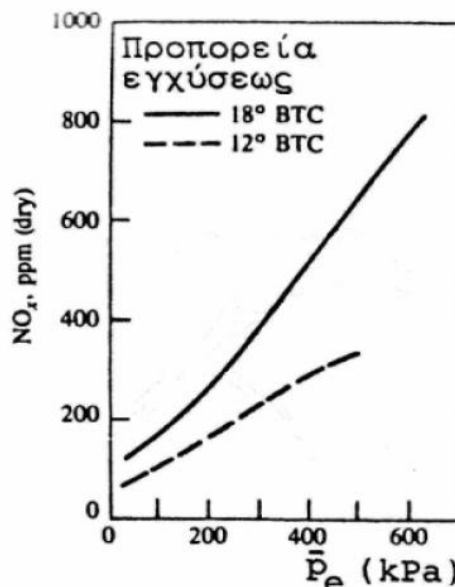
του φορτίου, παρατηρείται εν γένει αύξηση της συγκεντρώσεως του NO στο καυσαέριο, λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας στη ζώνη αντίδρασης και λόγω της ύπαρξης αρκετών περιοχών με συγκέντρωση αέρα-καυσίμου γύρω από τη στοιχειομετρική τιμή, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα της Εικόνα 82.



Εικόνα 28: Εκπομπή οξειδίων του αζώτου ( $NO_x$ ), μονοξειδίου του άνθρακα ( $CO$ ) και υδρογονανθράκων ( $HC$ ) του λόγου ισοδυναμίας αέρα καυσίμου εμβολοφόρας μηχανής εσωτερικής καύσης[23]

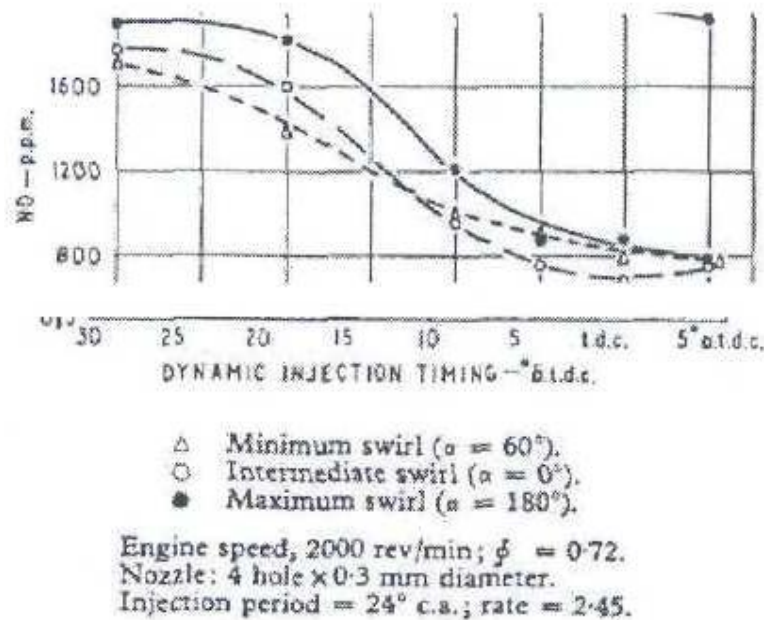
### Η επίδραση της Προπορείας Εγχύσεως του Καυσίμου

Η επίδραση της προπορείας έγχυσης στη συγκέντρωση του  $NO$ , στην εξαγωγή των κινητήρων Ντίζελ είναι σημαντική. Η μείωση της προπορείας έγχυσης συμβάλει στη μείωση του ποσοστού της προαναμειγμένης (ανεξέλεγκτης) καύσης, συμβάλλοντας στη μείωση των εκπομπών  $NO_x$  (Εικόνα 29). Επιπλέον, λόγω της μείωσης της προπορείας έγχυσης, τα ήδη καμένα τμήματα εντός του θαλάμου καύσης συμπιέζονται λιγότερο, με αποτέλεσμα τη μείωση της θερμοκρασίας τους, που συμβάλει σε περαιτέρω μείωση των εκπομπών  $NO_x$ .

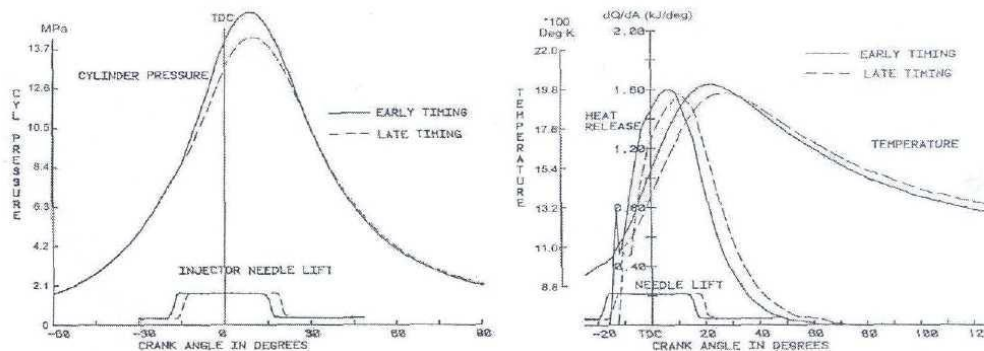


Εικόνα 29 : Συγκέντρωση  $NO_x$  συναρτήσει του φορτίου για δύο προπορείες εγχύσεως [17].

Ενώ όπως φαίνεται στο διάγραμμα της Εικόνα 31 όσο πιο νωρίς γίνεται η έγχυση τόσο οι αναπτυσσόμενες θερμοκρασίες (Peak Temperature) είναι μεγαλύτερες, μετατοπίζοντας το ρυθμό έκλυσης θερμότητας (Heat Release Rate) αριστερότερα προ του ΑΝΣ και συμβάλλοντας έτσι στην αυξημένη παραγωγή των NOx.



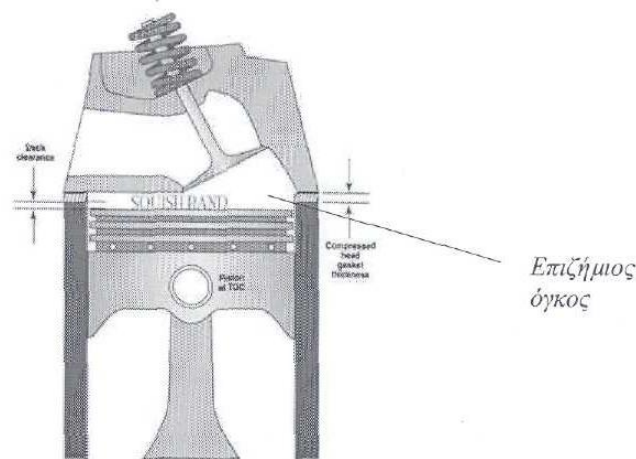
Εικόνα 30: Μεταβολή της συγκέντρωσης των οξειδίων του αζώτου (NOx) συναρτήσει της προπορείας εγχύσεως για διάφορους βαθμούς συστροφής [17]



Εικόνα 31: Διάγραμμα πίεσης και θερμοκρασίας συναρτήσει της προπορείας [16].

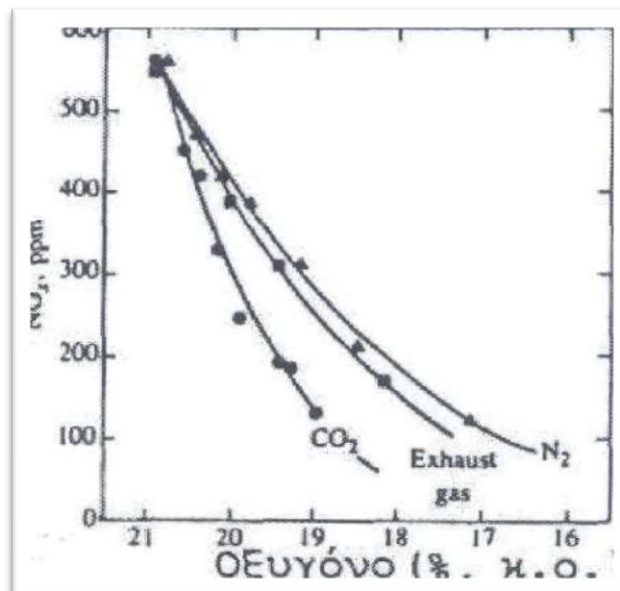
### Επίδραση του ποσοστού του παραμένουτος καυσαερίου.

Όπως είναι γνωστό, κατά την φάση της εξώθησης των καυσαερίων δεν εξωθείται προς την εξαγωγή όλη η ποσότητα του παραγόμενου καυσαερίου. Ένα μικρό ποσοστό εγκλωβίζεται μέσα στο θάλαμο καύσης, αντιστοιχώντας στον επιζήμιο όγκο του κυλίνδρου, που δεν σαρώνεται από το έμβολο (Εικόνα 32).



Εικόνα 32: Επιζήμιος όγκος θαλάμου καύσης με το έμβολο στο άνω νεκρό σημείο.

Το καυσαέριο αποτελούμενο από όλα τα γνωστά συστατικά ( $H_2O$ ,  $CO_2$  κτλ) παρουσιάζει αυξημένη ειδική θερμοχωρητικότητα πράγμα που συνεπάγεται μείωση της πίεσης και της θερμοκρασίας εντός της ζώνης αντιδράσεως στην διάρκεια του κύκλου. Η μείωση αυτή της θερμοκρασίας σε συνδυασμό με το μικρότερο πλέον ποσοστό διαθέσιμου  $O_2$  έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση του παραγόμενου  $NO$ , αναδεικνύοντας έτσι την ισχυρότατη επίδραση του παραμένου καυσαερίου. Η μείωση αυτή του παραγόμενου  $NO$  με την αύξηση της ποσότητας του παραμένου καυσαερίου αποτελεί ουσιαστικά την ιδέα της τεχνολογίας της ανακυκλοφορίας καυσαερίου.



Εικόνα 33: Διάγραμμα μεταβολής συγκέντρωσης των οξειδίων του αζώτου  $NO_x$  συναρτήσει της μείωσης του οξυγόνου  $O_2$  λόγω αύξησης του παραμένου καυσαερίου [17]

### *Η επίδραση της κίνησης του αέρα*

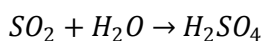
Στο διάγραμμα της Εικόνα 30 φαίνεται ότι αύξηση της συστροφής αυξάνει τις εκπομπές NO. Αυτό οφείλεται στο γεγονός, ότι υψηλότερη συστροφή σημαίνει καλύτερη ανάμιξη του καυσίμου με τον αέρα, άρα και επάρκεια O<sub>2</sub>. Η επάρκεια αυτή, όπως έχουμε δει, αποτελεί κύριο παράγοντα που συμβάλλει στο σχηματισμό του NO.

### *Επίδραση των στροφών λειτουργίας*

Οι βραδύστροφες μηχανές παράγουν περισσότερο NOx από τις μεσόστροφες καθώς η διαδικασία της καύσης διαρκεί περισσότερο (στις βραδύστροφες), παρέχοντας έτσι περισσότερο χρόνο σχηματισμού στα NOx, καθώς επίσης έχουν μεγαλύτερο λόγο ισοδυναμίας αέρα (δηλαδή μεγαλύτερη ποσότητα διαθέσιμου οξυγόνου).

## 2.5 Οξείδια του Θείου (SO<sub>x</sub>)

Ο σχηματισμός οξειδίων του θείου οφείλεται αποκλειστικά στο θείο που περιέχεται στο καύσιμο. Το θείο καιγόμενο σχηματίζει διοξείδιο του θείου (SO<sub>2</sub>) σε ποσοστό 95% - 98%, ενώ το υπόλοιπο σχηματίζει τριοξείδιο (SO<sub>3</sub>). Το εκπεμπόμενο SO<sub>2</sub> δρα καταλυτικά ή φωτοχημικά στην ατμόσφαιρα και μέσα σε εικοσιτέσσερις ώρες ένα μεγάλο ποσοστό του μετατρέπεται σε SO<sub>3</sub>. Το τριοξείδιο του θείου αντιδρά στη συνέχεια με την υγρασία της ατμόσφαιρας, για να σχηματίσει θειικό οξύ (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)



Το σχηματιζόμενο θειικό οξύ είναι ιδιαίτερα τοξικό για τα έμβια όντα και καταστροφικό για αρκετά δομικά υλικά (λιθοδομές, μάρμαρα, κεραμικά υλικά, κ.α).

Η οξείδωση του θείου που περιέχεται στο καύσιμο είναι αναπόφευκτη, με οποιοδήποτε τρόπο και αν πραγματοποιηθεί η καύση του. Έτσι, ο μόνος τρόπος για να περιορισθούν οι εκπομπές οξειδίων του θείου, είναι να αφαιρεθεί το θείο από το καύσιμο κατά τη διύλιση του. Αυτό επιτυγχάνεται με κατάλληλη χημική εξεργασία του καυσίμου (π.χ. πλύση με ενώσεις που δεσμεύουν το θείο).

## 2.6 Καπνός-Αιθάλη (Smoke, Soot)

Είναι κοινώς αποδεκτό ότι οι εκπομπές αιθάλης σχετίζονται με σοβαρά αναπνευστικά προβλήματα, και θεωρούνται ύποπτες για καρκινογενέσεις. Η κατανομή μεγέθους των σωματιδίων είναι ιδιαίτερα σημαντική, διότι σωματίδια μικρότερα της τάξης των 2.5 μm είναι αναπνεύσιμα, και καταλήγουν απευθείας στους πνεύμονες. Πρέπει να τονισθεί ότι σωματίδια τέτοιου μεγέθους αποτελούν το 90% της συνολικής μάζας των σωματιδίων στην εξαγωγή μίας πετρελαιομηχανής.

Ο καπνός που περιέχεται στα καυσαέρια των αεριοστρόβιλων δημιουργείται από τη διαμέριση των σωματιδίων αιθάλης που σχηματίζονται στις πλούσιες σε καύσιμο περιοχές της φλόγας. Ποιοτική ανάλυση αιθάλης που βρέθηκε σε καυσαέρια έδειξε ότι αποτελείται κυρίως από άνθρακα (ποσοστό περίπου 96%), και ένα μίγμα υδρογόνου, οξυγόνου και άλλων ουσιών.

Ο καπνός δεν αποτελεί συνιστώσα ισορροπίας χημικής αντίδρασης της καύσης (equilibrium product of combustion), εκτός από περιπτώσεις μιγμάτων πολύ πλουσιότερα σε καύσιμο από αυτά που συναντάμε σε θαλάμους καύσης αεριοστρόβιλων. Είναι λοιπόν αδύνατο να προβλέψουμε το ρυθμό σχηματισμού και την τελική συγκέντρωση της αιθάλης στηριζόμενοι σε δεδομένα κινητικής ή θερμοδυναμικής.

Οι παράγοντες που ευνοούν το σχηματισμό της αιθάλης είναι η υψηλή θερμοκρασία, η μεγάλη συγκέντρωση καυσίμου και η έλλειψη οξυγόνου. Η περιοχή σχηματισμού αιθάλης σε θαλάμους καύσης με διασκορπιστή πίεσης είναι το κέντρο της πρωτεύουσας ζώνης, όπου γίνεται η έγχυση του καυσίμου. Η αιθάλη αντιδρά στη συνέχεια με το οξυγόνο του πλεονάζοντος αέρα που υπάρχει στη δευτερεύουσα ζώνη. Έτσι, η περιεκτικότητα της ελαττώνεται στην τελική τιμή εξόδου.

Στους ντίζελ κινητήρες τα σωματίδια σχηματίζονται τόσο κατά την καύση στη φάση της προανάμιξης (ταχεία καύση), όσο και στη φάση της διάχυσης (ρυθμιζόμενη καύση). Η μεγάλη συγκέντρωση αιθάλης γίνεται αντιληπτή ως μαύρος καπνός στην εξαγωγή. Σημαντικό ρόλο στον σχηματισμό της αιθάλης παίζει ο τύπος του καυσίμου. Η επίδραση του τύπου του καυσίμου στη δημιουργία αιθάλης διαφέρει τόσο στη φάση της προανάμιξης, όσο και στη φάση της διάχυσης. Όσον αφορά στη φάση της προανάμιξης, οι υδρογονάνθρακες που είναι πιο επιρρεπείς στον σχηματισμό σωματιδίων είναι, με φθίνουσα σειρά, οι :

#### **Αρωματικοί > Αλκοόλες > Παραφίνες > Ολεφίνες > Ακετυλένια**

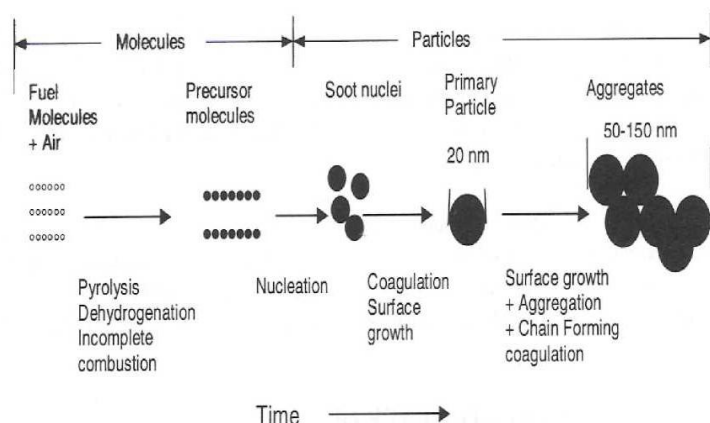
Για φλόγες διάχυσης, οι υδρογονάνθρακες που τείνουν να σχηματίσουν αιθάλη είναι, με φθίνουσα σειρά, οι εξής:

#### **Αρωματικοί > Ακετυλένια > Ολεφίνες > Παραφίνες > Αλκοόλες**

Η χρονική αλληλουχία των διαφορετικών φάσεων σχηματισμού της αιθάλης αποτυπώνεται στην Εικόνα 34. Η ατελής καύση (Incomplete Combustion) και η πυρόλυση (Pyrolysis) του καυσίμου παράγουν συμπυκνωμένα μόρια άνθρακα, που αποτελούν τους αρχικούς πυρήνες σχηματισμού αιθάλης (Precursor Molecules). Αυτοί οι αρχικοί πυρήνες αιθάλης υπόκεινται σε επιφανειακή επέκταση (Surface Growth), λόγω προσθήκης  $C_2H_2$  (Nucleation), με συνέπεια να αποκτούν τρισδιάστατη μορφή. Οι αλυσιδωτές χημικές ενώσεις (Chain Forming Coagulation), που συντελούν στην επιφανειακή επέκταση, στη συσώρευση



(Aggregation) ή/και στη δημιουργία νέων πυρήνων, λαμβάνουν χώρα μέχρι εξάντλησης αυτών, ή μέχρι να μειωθεί η θερμοκρασία των καυσαερίων λόγω της εκτόνωσης. Ταυτόχρονα με τις παραπάνω ενώσεις, διεργασίες αφυδρογόνωσης (Dehydrogenation) και οξείδωσης (Oxidation) λαμβάνουν χώρα. Στις πετρελαιομηχανές, η τοπική θερμοκρασία της φλόγας φθάνει μέχρι και 2800 K, με αποτέλεσμα η σχηματισμένη αιθάλη να οξειδώνεται σε ποσοστό 90% και η συγκέντρωση των σωματιδίων να ελαττώνεται με ραγδαίο ρυθμό με την πάροδο του χρόνου.



Εικόνα 34: Απεικόνιση της χρονικής αλληλουχίας των διαφορετικών φάσεων σχηματισμού αιθάλης [27]

Στη φάση της εκτόνωσης και της εξαγωγής των καυσαερίων, μεγάλα μόρια υδρογονανθράκων, που δεν κήκκαν, και συμπυκνώσεις κυλινδρελαίου απορροφούνται από τα σωματίδια. Επίσης, νερό, θειικές και ανόργανες ενώσεις, προερχόμενες από τους καταλύτες του καυσίμου και του κυλινδρελαίου, καθώς και σωματίδια από τη μεταλλική φθορά της μηχανής, ενσωματώνονται στα σωματίδια της αιθάλης. Η εναπόθεση των παραπάνω συμπυκνώσεων στα σωματίδια εξαρτάται από την τοπική πίεση και θερμοκρασία των καυσαερίων. Στον Πίνακα 3 καταγράφεται η χρονική ιστορία και η διάρκεια των διαδικασιών, που συντελούν στον σχηματισμό της αιθάλης.

Διαδικασία	Χρόνος (εκτίμηση)
Σχηματισμός αιθάλης	Μερικά μs
Ένωση ανθρακούχων χωρίς περαιτέρω ένωση	0.5 ms μετά την τοπική πυρηνοποίηση
Απόκτηση τρισδιάστατης μορφής	Μετά τον τερματισμό των ενώσεων
Αλυσιδωτές ενώσεις	Μερικά ms μετά τον τερματισμό των ενώσεων
Κορεσμός πυρήνων	0.2 ms μετά την πυρηνοποίηση
Συγκρούσεις σωματιδίων χωρίς περαιτέρω ένωση	Μερικά ms μετά την πυρηνοποίηση
Οξείδωση αιθάλης	4ms
Πέρασ καύσης	3-4 ms
Εναπόθεση υδρογονανθράκων στα σωματίδια	Κατά τη διάρκεια της εκτόνωσης και της εξαγωγής των καυσαερίων

Πίνακας 3: Χρονική ιστορία και διάρκεια διαδικασιών σχηματισμού αιθάλης [27].

### Επίδραση των παραμέτρων Λειτουργίας στις Εκπομπές Σωματιδίων

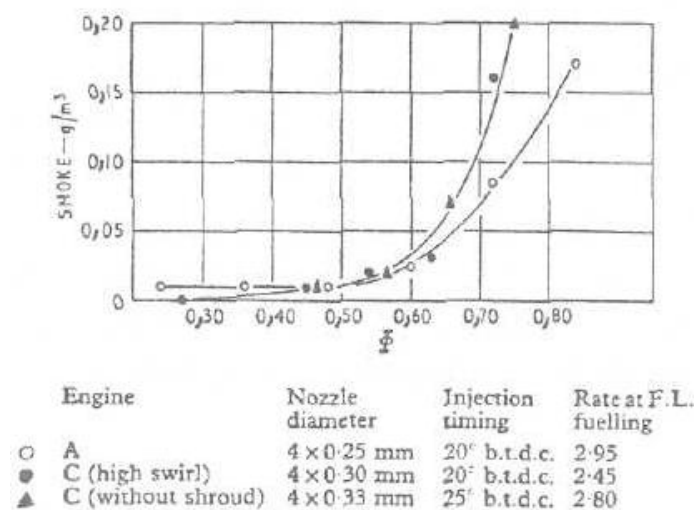
Όπως είδαμε και στα προηγούμενα, ο σχηματισμός αιθάλης είναι ο άμεσος αντίκτυπος της ύπαρξης ατελούς καύσης μέσα στο θάλαμο καύσης. Συνεπώς κάθε παράγοντας που εμποδίζει ή δυσκολεύει την πλήρη, στοιχειομετρική καύση του καυσίμου, αποτελεί ευεργετικό παράγοντα σχηματισμού της αιθάλης.

Μια από τις πιο σημαντικές λειτουργικές παραμέτρους αποτελεί το φορτίο του κινητήρα. Αύξηση του φορτίου του κινητήρα, δηλαδή αύξηση της ποσότητας του εγχυόμενου καυσίμου στον κύλινδρο, κάνει το μείγμα πιο πλούσιο με επακόλουθη αύξηση στις εκπομπές της αιθάλης. Το γράφημα της Εικόνα 35 δείχνει την έντονη αυτή εξάρτηση της εκπομπής αιθάλης συναρτήσει του φορτίου ( $\Phi$ ) για κινητήρα Ντίζελ αμέσου εγχύσεως, καθώς και την μεταβολή του CO.

Για κινητήρες Ντίζελ εμμέσου εγχύσεως η μεταβολή είναι η ίδια ποιοτικώς, αλλά με πολύ μικρότερες τιμές λόγω της έντονης αναταραχής (αναμείξεως) στον θάλαμο καύσης, που επιτυγχάνεται λόγω αυτής της διαδικασίας της καύσης στον διμερή θάλαμο καύσης.

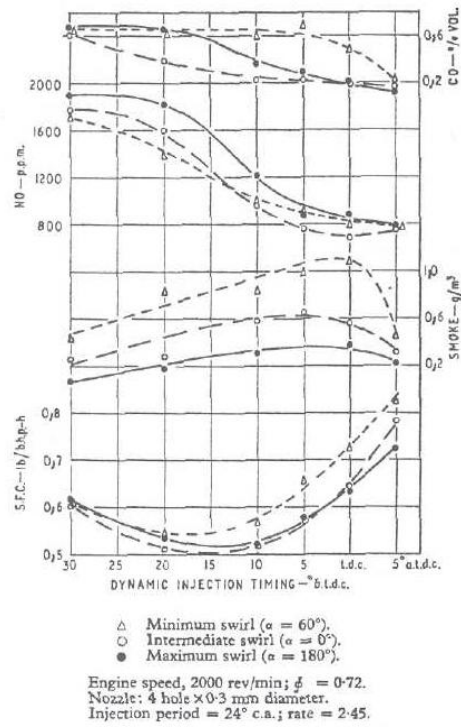
Η προπορεία αποτελεί επίσης μια καθοριστική παράμετρο στην εκπομπή αιθάλης. Στο γράφημα της Εικόνα 36 βλέπουμε τη εξάρτηση αυτή, όπου παρατηρούμε ότι αύξηση της προπορείας εγχύσεως (προ του άνω νεκρού σημείου) συμβάλλει θετικά στην μείωση του σχηματισμού της αιθάλης.

Πράγματι όσο αυξάνουμε την προπορεία εγχύσεως, τόσο μεγαλύτερος είναι ο διατιθέμενος χρόνος για την όλη προετοιμασία του μίγματος (ατμοποίηση & ανάμιξη καυσίμου με αέρα), αυξάνοντας με τον τρόπο αυτό το ποσοστό της προαναμεμειγμένης καύσης. Η ευνοϊκή αυτή συνθήκη συμβάλλει στη μείωση της εκπομπής αιθάλης. Στην κατεύθυνση αυτή βέβαια, όπως έχουμε πει, συνεισφέρει και ο λόγος συστροφής (swirl ratio), δεδομένου ότι αυτός επηρεάζει κατά οδόσημο τρόπο το επίπεδο της αναταραχής του αέρα στο θάλαμο καύσης. Συγκρίνοντας τα γραφήματα της Εικόνα 82 αποκαλύπτεται η αντίθετη εξάρτηση που έχουν η εκπομπή των οξειδίων του αζώτου (NOx) με αυτή της αιθάλης στους ντίζελ κινητήρες. Κάθε παράγοντας που επιδρά θετικά στον έναν ρύπο, συμβάλλει αρνητικά στον άλλον. Η διαπίστωση αυτή αποτελεί το κλασικό απογοητευτικό πρόβλημα για τους σχεδιαστές των κινητήρων ντίζελ, οι οποίοι καλούνται να περιορίσουν και τους δύο ρύπους ταυτόχρονα.



Εικόνα 35: Διάγραμμα μεταβολής εκπεμπόμενων σωματιδίων ( $\Phi$ ), για κινητήρες Diesel DI [17].



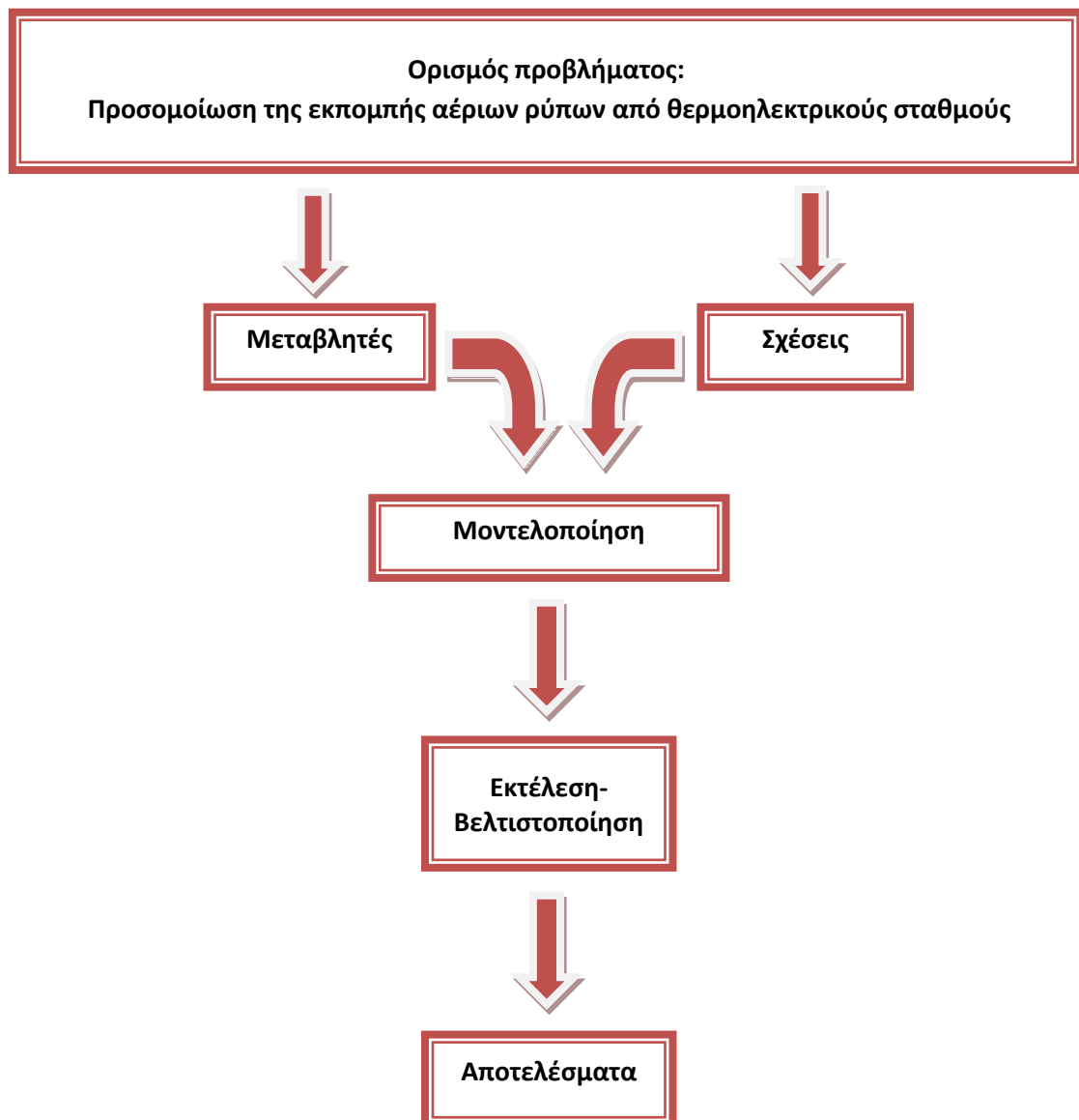


Εικόνα 36: Μεταβολή εκπεμπόμενων σωματιδίων (*smoke*), *NO* και *CO* και ειδικής καταναλώσεως καυσίμου (*SFC*) συναρτήσει της προπορείας εγχύσεως, για διάφορες συ-στροφές αέρα (*swirl*), κινητήρα Diesel DI [17].

## Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup>

### Η μεθοδολογία της προσομοίωσης της εκπομπής αέριων και σωματιδιακών ρύπων θερμοηλεκτρικών μονάδων παραγωγής

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας αναπτύχθηκε ένα μαθηματικό μοντέλο για τον υπολογισμό εκπομπών αέριων ρύπων από θερμοηλεκτρικές μονάδες παραγωγής. Η διαδικασία που ακολουθείται για την μοντελοποίηση περιλαμβάνει τα παρακάτω στάδια (Εικόνα 37).



Εικόνα 37: Διαδικασία ανάπτυξης μαθηματικού μοντέλου.

**Ορισμός του προβλήματος:** δίνεται ο ορισμός του προβλήματος και εντοπίζονται οι μεταβλητές του.

**Ανάλυση του προβλήματος:** ορίζονται οι περιορισμοί που προκύπτουν από την ανάλυση του προβλήματος και δίνονται οι συναρτήσεις που εκφράζουν τη συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών.

**Ανάπτυξη του μαθηματικού μοντέλου :** με βάση τα στοιχεία των προηγούμενων δύο σταδίων γίνεται η ανάπτυξη μοντέλου επίλυσης του μαθηματικού προβλήματος και η **εκτέλεση-βελτιστοποίηση** του με πραγματικά δεδομένα.

Η εκτέλεση-βελτιστοποίηση του μοντέλου έγινε με την εφαρμογή του στο σύστημα παραγωγής της Κρήτης για το έτος 2006. Τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν προέρχονται από τις ετήσιες εκθέσεις παρακολούθησης περιβαλλοντικών παραμέτρων λειτουργίας των τριών σταθμών παραγωγής που συνθέτουν το σύστημα της Κρήτης και από το κέντρο Ελέγχου Συστημάτων Μεταφοράς της Διεύθυνσης Διαχείρισης Νήσων της ΔΕΗ Α.Ε.

### 3.1 Η μαθηματική διατύπωση του προβλήματος

3.1.1 Ο ορισμός του προβλήματος και οι συμβολισμοί που χρησιμοποιούνται στη μαθηματική διατύπωση του.

Όπως αναφέρεται στην παράγραφο 1.4, στόχος της παρούσας εργασίας είναι ο υπολογισμός των παραγόμενων ρύπων σαν συναρτήσεις του χρόνου και του βαθμού απασχόλησης των μονάδων παραγωγής. Η συνολική εκπομπή του κάθε ρύπου είναι συνάρτηση της σύνθεσης παραγωγής, κάθε μορφοτροπέας του συστήματος παραγωγής εκπέμπει ρύπους του.

Στον Πίνακα 38 παρουσιάζονται οι συμβολισμοί που χρησιμοποιούνται στην μαθηματική διατύπωση του προβλήματος.

Υποδείκτες	<b>t</b> : χρονικά διαστήματα. <b>i</b> : παραγωγικές μονάδες ( $i=1$ έως $n$ μονάδες βάσης, $i=n+1$ έως $i$ μονάδες αιχμής). <b>j</b> : ρύποι. <b>k</b> : τύπος καυσίμου. <b><math>\Delta</math></b> : Διαθεσιμότητα
Μεταβλητές	<b><math>U_{it}</math></b> : Κατάσταση on/off της μονάδας $i$ στο χρονικό διάστημα $t$ . ( $on=1, off=0$ ) <b><math>P_{it}</math></b> : Φορτίο λειτουργίας της $i$ μονάδας το χρονικό διάστημα $t$ . <b><math>\xi_{it}</math></b> : Βαθμός απασχόλησης της μονάδας $i$ στο χρονικό διάστημα $t$ . <b><math>n_{it}</math></b> : Βαθμός απόδοσης της μονάδας $i$ στο χρονικό διάστημα $t$ (γινόμενο απόδοσης κινητήρα επί απόδοσης γενήτριας).. <b><math>E_{ijt}</math></b> : Εκπομπή του $j$ ρύπου της $i$ μονάδας στο χρονικό διάστημα $t$ . <b><math>C_{ikt}</math></b> : Κατανάλωση του κινητήρα της $i$ μονάδας του $k$ καυσίμου στο χρονικό διάστημα $t$ . <b><math>Qe_{it}</math></b> : Παροχή καυσαερίων του κινητήρα της $i$ μονάδας στο χρονικό διάστημα $t$ <b><math>on_{it}</math></b> : Εκκίνηση λειτουργίας της μονάδας $i$ στο χρονικό διάστημα $t$ ( $on_i=0,1$ ) <b><math>off_{it}</math></b> : Τερματισμός λειτουργίας της μονάδας $i$ στο χρονικό διάστημα $t$ ( $off_i(t)=0,1$ ) <b><math>P_t</math></b> : Συνολικό φορτίο στο χρονικό διάστημα $t$ . <b><math>Pw_{t\Delta}</math></b> : Διαθέσιμο ισχύς αιολικών πάρκων στο χρονικό διάστημα $t$ . <b><math>Pw_t</math></b> : Φορτίο αιολικών πάρκων στο χρονικό διάστημα $t$ . <b><math>Pd_t</math></b> : Φορτίο θερμικών μονάδων στον χρονική διάστημα $t$ . <b><math>Pdb_t</math></b> : Φορτίο μονάδων βάσης στο χρονικό διάστημα $t$ . <b><math>Pdb_{t\Delta}</math></b> : Διαθέσιμη ισχύς μονάδων βάσης στο χρονικό διάστημα $t$ . <b><math>Pdp_t</math></b> : Φορτίο μονάδων αιχμής στο χρονικό διάστημα $t$ . <b><math>Sp_t</math></b> : Στρεφόμενη εφεδρεία του συστήματος στο χρονικό διάστημα $t$ .
Σταθερές	<b><math>H_k</math></b> : θερμογόνος ικανότητα του $k$ καυσίμου. <b><math>WP_p</math></b> : Συντελεστής στιγμιαίας διείσδυσης φορτίου αιολικών πάρκων <b><math>Fon_i</math></b> : Κατανάλωση καυσίμου στη φάση εκκίνησης του κινητήρα-καυστήρα της μονάδας $i$ . <b><math>Foff_i</math></b> : Κατανάλωση καυσίμου στη φάση σταματήματος του κινητήρα-καυστήρα της μονάδας $i$ . <b><math>Pmin_i</math></b> : Τεχνικά ελάχιστο φορτίο λειτουργίας της μονάδας $i$ . <b><math>Pnom_i</math></b> : Ονομαστικό φορτίο λειτουργίας της μονάδας $i$ . <b><math>Pmax_i</math></b> : Μέγιστο φορτίο λειτουργίας της μονάδας $i$

Πίνακας 39: Συμβολισμοί που χρησιμοποιούνται στην μαθηματική διατύπωση του προβλήματος.

### 3.1.2 Η ανάλυση του προβλήματος και οι συναρτήσεις που επιλύουν το μαθηματικό μοντέλο.

Στην παρακάτω παράγραφο αναπτύσσονται οι συναρτήσεις που περιγράφουν τις σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών και ορίζονται οι περιορισμοί του μοντέλου που αναπτύχθηκε.

#### Το φορτίο των Αιολικών πάρκων, $Pw_t$ :

Οι επιβαλλόμενοι περιορισμοί στην ένταξη αιολικής παραγωγής είναι:

1. Να μην υπερβαίνει, η συνολική αιολική ισχύς, ένα ποσοστό (στιγμιαίο ποσοστό διείσδυσης)<sup>1</sup> της συνολικής ικανότητας παραγωγής των ενταγμένων μονάδων ελεγχόμενης παραγωγής,
2. Να μην παραβιάζονται τα τεχνικά ελάχιστα των ενταγμένων συμβατικών μονάδων παραγωγής.

$$Pw_t = \begin{cases} 0, & \sum_{i=1}^i (U_{it} \times Pmin_i) \\ Pw_{t\Delta} & , Pw_{t\Delta} + \sum_{i=1}^i (U_{it} \times Pmin_i) < P_t \text{ και } Pw_{t\Delta} < \left( \sum_{i=1}^i (U_{it} \times Pmax_i) \right) \times WP_p \\ \left( \sum_{i=1}^i (U_{it} \times Pmax_i) \right) \times WP_p, & \left( \sum_{i=1}^i (U_{it} \times Pmax_i) \right) \times WP_p + \sum_{i=1}^i (U_{it} \times Pmin_i) < P_t \\ & \text{και } Pw_{t\Delta} > \left( \sum_{i=1}^i (U_{it} \times Pmax_i) \right) \times WP_p \end{cases}$$

#### Το φορτίο των θερμικών μονάδων, $Pd_t$ :

Το φορτίο που πρέπει να καλυφθεί από τις θερμοηλεκτρικές μονάδες στο χρονικό διάστημα  $t$  δίνεται από τη διαφορά του απαιτούμενου φορτίου με το φορτίο που καλύπτεται από τα αιολικά πάρκα.

$$Pd_t = P_t - Pw_t$$

#### Η διαθέσιμη ισχύς των μονάδων βάσης $Pdb_{t\Delta}$ :

Η διαθέσιμη ισχύς των μονάδων βάσης στο χρονικό διάστημα  $t$  δίνεται από το άθροισμα των μέγιστων φορτίων των μονάδων που είναι σε κατάσταση λειτουργίας (on).

$$Pdb_{t\Delta} = \sum_{i=1}^n (U_{it} \times Pmax_i)$$

<sup>1</sup> Με βάση την Υπ. Αριθμ. 85/2007 απόφαση της ΡΑΕ, το ποσοστό στιγμιαίας διείσδυσης στα μη διασυνδεδεμένα νησιά κυμαίνεται περί το 30%.

*Το φορτίο των μονάδων βάσης ( $Pdb_t$ ) και το φορτίο των μονάδων αιχμής ( $Pdp_t$ ) στο χρονικό διάστημα  $t$ :*

Αν το φορτίο βάσης στο χρονικό διάστημα  $t$  είναι τουλάχιστον ίσο με τη διαθέσιμη ισχύς των θερμικών μονάδων τότε καλύπτεται εξολοκλήρου από τις μονάδες βάσης. Στην αντίθετη περίπτωση, το φορτίο που προκύπτει από τη διαφορά του φορτίου των θερμικών μονάδων με τη διαθέσιμη ισχύς των μονάδων βάσης καλύπτεται από τις μονάδες αιχμής.

$$Pdb_t = \begin{cases} Pdb_{\Delta t} & , Pdb_{\Delta t} < Pd_t \\ Pd_t & , Pdb_{\Delta t} > Pd_t \end{cases}$$

Το φορτίο αιχμής στο χρονικό διάστημα  $t$  είναι ίσο με μηδέν όταν η διαθέσιμη ισχύς των μονάδων βάσης είναι τουλάχιστον ίση με το φορτίο των θερμικών μονάδων.

$$Pdp_t = \begin{cases} 0 & , Pdb_{\Delta t} \geq Pd_t \\ Pd_t - Pdb_{\Delta t} & , Pdb_{\Delta t} < Pd_t \end{cases}$$

*Η σειρά ένταξης των μονάδων παραγωγής :*

Η σειρά ένταξης των θερμοηλεκτρικών μονάδων στην παραγωγή υπαγορεύεται από τις παρακάτω παραμέτρους:

1. την ασφάλεια του συστήματος καθώς και την εξασφάλιση της διαρκούς ικανοποίησης της ζήτησης ηλεκτρικής ισχύος
2. την οικονομική λειτουργία του συστήματος.

Η πρώτη παράμετρος επιβάλλει τη διαρκή λειτουργία των μονάδων βάσης με χαμηλή απόκριση στις διακυμάνσεις φορτίου και με αργή εκκίνηση, δηλαδή των ατμοστρόβιλων και του συνδυασμένου κύκλου. Αυτό συνεπάγεται ότι οι μονάδες αυτές, κατά τη διάρκεια χαμηλών φορτίσεων, λειτουργούν στα τεχνικά τους ελάχιστα.

Η δεύτερη παράμετρος επιβάλλει την ένταξη των θερμοηλεκτρικών μονάδων στην παραγωγή με την παρακάτω σειρά:

#### **Μονάδες βάσης**

1. ατμοστρόβιλοι
2. ντίζελ
3. συνδυασμένος κύκλος

#### **Μονάδες αιχμής**

4. αεριοστρόβιλοι.

Στο πλαίσιο του παρόντος μοντέλου η σειρά ένταξης των μονάδων ακολουθεί τη παραπάνω σειρά με τους ατμοστρόβιλους και το συνδυασμένο κύκλο να λειτουργούν πάντα στα τεχνικά τους ελάχιστα, ανεξάρτητα από σειρά ένταξης.

*Η κατανομή φορτίου,  $P_{it}$ .*

Εκτός από τη σειρά ένταξης των μονάδων για την κατανομή του φορτίου λαμβάνονται υπόψη και οι παρακάτω περιορισμοί:

1. Το φορτίο λειτουργίας ( $P_{it}$ ) της  $i$  μονάδας δεν πρέπει να υπερβαίνει το μέγιστο φορτίο της ( $P_{max_i}$ ) και να είναι μικρότερο από το τεχνικά ελάχιστο φορτίο της ( $P_{min_i}$ ).
2. Το μέγιστο φορτίο ( $P_{max_i}$ ) της μονάδας  $i$  δεν πρέπει να ξεπερνάει το ονομαστικό φορτίο ( $P_{nom_i}$ ).

Κατανομή φορτίου μονάδων βάσης ( $P_{db_t}, P_{it}$  ( $i=1$  έως  $n$ ))

Για  $i=1$

$$P_{1t} = \begin{cases} 0 & U_{1t} = 0 \\ P_{db_t} & P_{min_1} < P_{db_t} < P_{max_1} \\ P_{max_1} & P_{max_1} < P_{db_t} \\ P_{min_1} & P_{db_t} < P_{min_1} \end{cases}$$

Για  $1 < i \leq n$

$$P_{it} = \begin{cases} 0 & \sum_{i=1}^n P_{max_i} > P_{db_t} \text{ ή } U_{it} = 0 \\ P_{max_i} & P_{max_i} < P_{db_t} - \sum_{i=1}^{n-1} P_{it} \\ P_{db_t} - \sum_{i=1}^{n-1} P_{it}, & P_{min_i} < P_{db_t} - \sum_{i=1}^{n-1} P_{it} < P_{max_i} \\ P_{min_i} & P_{db_t} - \sum_{i=1}^{n-1} P_{it} < P_{min_i} \end{cases}$$

Κατανομή φορτίου αιχμής  $P_{dp}(t), P_i(t)$  ( $i > n$ )

Για  $i=n+1$

$$P_{(n+1)t} = \begin{cases} 0 & U_{(n+1)t} = 0 \\ P_{dp_t} & P_{min_{n+1}} < P_{dp_t} < P_{max_{n+1}} \\ P_{max_{n+1}} & P_{max_{n+1}} < P_{dp_t} \\ P_{min_{n+1}} & P_{dp_t} < P_{min_{n+1}} \end{cases}$$

Για  $n+1 < i \leq n$

$$P_{it} = \begin{cases} 0 & \sum_{i=n+1}^n P_{max_i} > P_{dp_t} \text{ ή } U_{(n+1)t} = 0 \\ P_{max_i} & P_{max_i} < P_{dp_t} - \sum_{i=n+1}^{n-1} P_{it} \\ P_{dp}(t) - \sum_{i=1}^{n-1} P_{it}, & P_{min_i} < P_{dp_t} - \sum_{i=n+1}^{n-1} P_{it} < P_{max_i} \\ P_{min_i} & P_{dp_t} - \sum_{i=n+1}^{n-1} P_{it} < P_{min_i} \end{cases}$$

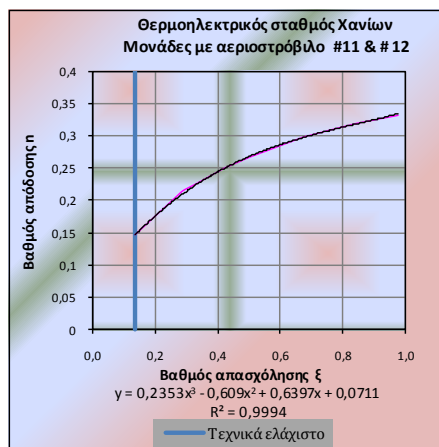
Ο βαθμός απασχόλησης στο χρονικό διάστημα  $t, \xi_{it}$ :

Ο βαθμός απασχόλησης της  $i$  μονάδας είναι το ποσοστό επί της ονομαστικής ισχύς  $P_{nom_i}$  στο οποίο δουλεύει το χρονικό διάστημα  $t$ .

$$\xi_{it} = \frac{P_{it}}{P_{nom_i}}$$

Ο βαθμός απόδοσης της μονάδας  $i$  στο χρονικό διάστημα  $t, \eta_{it}$

Για κάθε  $i$  μονάδα από την συνάρτηση του βαθμού απόδοσης (Εικόνα 40) υπολογίζεται ο βαθμός απόδοσης της στο χρονικό διάστημα  $t$ .



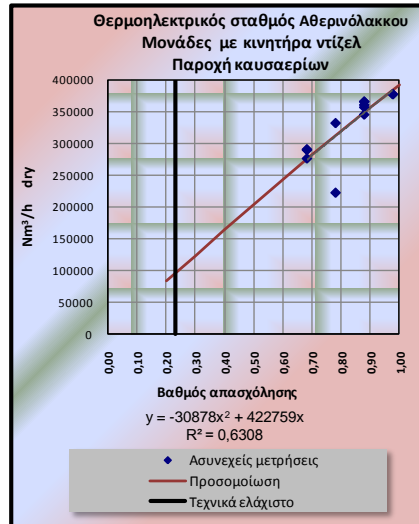
Εικόνα 40: Γραφική παράσταση συνάρτησης βαθμού απόδοσης

Η παροχή καυσαερίων της  $i$  μονάδας στο χρονικό διάστημα  $t, Q_{e_{it}}$

Για κάθε  $i$  μονάδα από την συνάρτηση της παροχή καυσαερίων υπολογίζεται η παροχή καυσαερίων  $Q_{e_{it}}$  στο χρονικό διάστημα  $t$ .

Διευκρινίζεται ότι στη συνέχεια του κειμένου όπου αναφέρεται ο όρος συνάρτηση παροχής ενοείται ότι είναι.



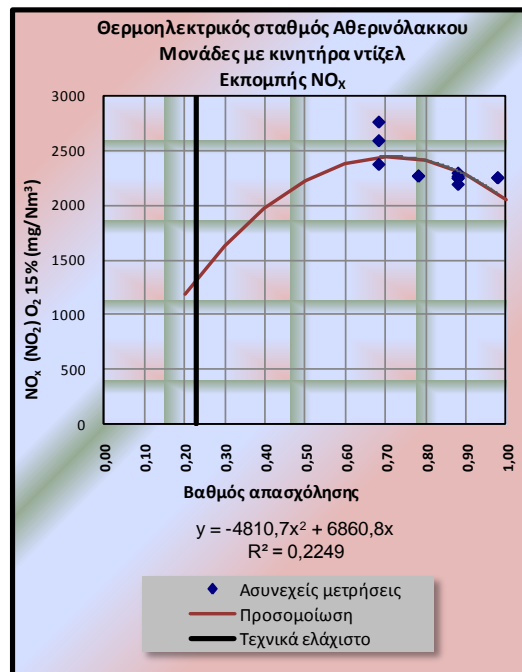


Εικόνα 41: Γραφική παράσταση συνάρτησης παροχής καυσαερίων

Η εκπομπή της  $i$  μονάδας του  $j$  ρύπου στο χρονικό διάστημα  $t, E_{ijt}$

Για κάθε  $i$  μονάδα και  $j$  ρύπο από την συνάρτηση της εκπομπή ρύπου συναρτήσε του βαθμού απασχόλησης (Εικόνα 42) υπολογίζεται η συγκέντρωση του εκπεμπόμενου ρύπου στο χρονικό διάστημα  $t$ .

Διευκρινίζεται ότι στη συνέχεια του κειμένου όπου αναφέρεται ο όρος συνάρτηση εκπομπής ρύπου ενοήται ότι είναι.



Εικόνα 42: Γραφική παράσταση της συνάρτησης εκπομπή ρύπου

Για την μετατροπή της συγκέντρωσης του  $j$  ρύπου στο χρονικό διάστημα  $t$  σε παροχή μάζας πολλαπλασιάζουμε την παροχή καυσαερίων ( $Q_{e_{it}}$ ) με την συγκέντρωση του  $j$  ρύπου.

### Η κατανάλωση του k καυσίμου της i μονάδας, $C_{ikt}$ :

Η Κατανάλωση του k καυσίμου της i μονάδας στο χρονικό διάστημα t είναι το άθροισμα το της κατανάλωσης κανονικής λειτουργίας συν την κατανάλωση της φάσης εκκίνησης ή της φάσης διακοπής λειτουργίας.

$$C_{ikt} = \frac{\xi_{it} \times Pnom_i}{n_{it} \times H_k} + On_{it} \times Fon_i + Off_{it} \times Foff_i$$

### Η στρεφόμενη εφεδρεία $Sp_t$ :

Κατά την προσομοίωση, για κάθε χρονικό διάστημα t, τηρείται στρεφόμενη εφεδρεία δυναμικού, τουλάχιστον όσο είναι το μεγαλύτερο φορτίο που έχει αναλάβει ενταγμένη συμβατική μονάδα κατά το χρονικό διάστημα t.

$$Sp_t = \begin{cases} 0 & , \sum_{i=1}^i Pmax_i - \sum_{i=1}^i P_{it} > \max(P_{it}) \\ \max(P_{it}) - \left( \sum_{i=1}^i Pmax_i - \sum_{i=1}^i P_{it} \right) & , \sum_{i=1}^i Pmax_i - \sum_{i=1}^i P_{it} < \max(P_{it}) \end{cases}$$

## 3.2 Η μεθοδολογία υπολογισμού συναρτήσεων εκπομπής ρύπου ή παροχής καυσαερίων.

Ο υπολογισμός των συναρτήσεων που ορίζουν τη σχέση μεταξύ του βαθμού απασχόλησης της μονάδας με τη συγκέντρωση του εκπεμπόμενου ρύπου ή της παροχής καυσαερίων, προκύπτει από την επεξεργασία των ασυνεχών μετρήσεων, της «έκθεση» που εκπονήθηκε από την Διεύθυνση εκμετάλλευσης θερμοηλεκτρικών σταθμών της ΔΕΗ ΑΕ. Σε περίπτωση που υπάρχουν ελλιπή στοιχεία χρησιμοποιούνται στοιχεία της βιβλιογραφίας (Εικόνα 43) ή μετρήσεις του κατασκευαστικού οίκου της μονάδας.

Λόγω έλλειψης στοιχείων, δεν λαμβάνονται υπόψη, οι φάσεις εκκίνησης και σταματήματος της μονάδας. Τα όρια μέσα στα οποία θεωρείτε ότι λειτουργούν οι μονάδες παραγωγής είναι αυτά που ορίζουν το ονομαστικό φορτίο και το τεχνικά ελάχιστο φορτίο.

Για τον υπολογισμό των συναρτήσεων εκπομπής ρύπου γίνεται κατηγοριοποίηση των μονάδων παραγωγής σε:

- \* μονάδες με κινητήρα ντίζελ,
- \* μονάδες με αεριοστρόβιλο,
- \* μονάδες με ατμοστρόβιλο και

\* μονάδες συνδυασμένου κύκλου.

Σε περίπτωση που στην υπό εξέταση μονάδα χρησιμοποιείται σύστημα μείωσης εκπομπών τότε προκύπτουν δύο συναρτήσεις εκπομπής ρύπου. Μία από την επεξεργασία των μετρήσεων με τη χρήση του συστήματος μείωσης εκπομπών και μία χωρίς τη χρήση του συστήματος μείωσης εκπομπών. Καθώς επίσης σε περίπτωση που στον ίδιο σταθμό παραγωγής υπάρχουν όμοιες μονάδες (ίδιο μοντέλο και τεχνικά χαρακτηριστικά) αυτές εξετάζονται μαζί και οι μετρήσεις τους χρησιμοποιούνται σε ένα κοινό διάγραμμα.

Η συγκέντρωση των αέριων ρύπων εκφράζεται σε μάζα ανοιγμένη σε όγκο καυσαερίων  $\text{mgr/Nm}^3$  διορθωμένη σε επίπεδο  $\text{O}_2$  15% (ISO 11402-1). Η μετατροπή της συγκέντρωσης σε επίπεδο οξυγόνου διαφορετικό από αυτό που έχουν γίνει οι μετρήσεις δίνεται από τη σχέση:

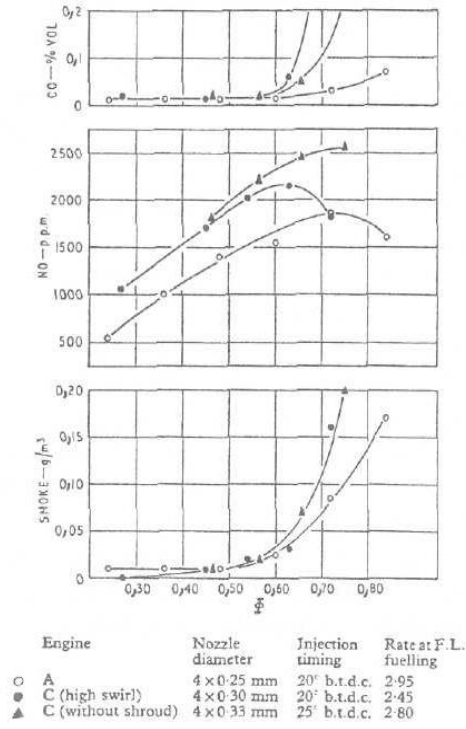
$$x_i(\text{level2\_O}_2\%) = x_i(\text{level1\_O}_2\%) \times \frac{(20,95 - \text{level2\_O}_2\%)}{(20,95 - \text{level1\_O}_2\%)}$$

όπου  $x_i$  είναι η συγκέντρωση του αερίου ρύπου σε μέρη όγκου ανά εκατομμύριο καυσαερίου (ppmv), και 20,95% η περιεκτικότητα σε οξυγόνο του ξηρού ατμοσφαιρικού αέρα (ISO2533-75).

Αέριο	Κατά όγκο Περιεκτικότητα (%)	Μοριακό Βάρος (kg/Kmol)
Άζωτο ( $\text{N}_2$ )	78.084	28.0314
Οξυγόνο ( $\text{O}_2$ )	20.9476	32.9988
Αργό (Ar)	0.934	39.948
Διοξείδιο του Άνθρακα ( $\text{CO}_2$ )	0.0314	44.00995
Νέον (Ne)	$1.1818 \times 10^{-3}$	20.183
Μεθάνιο ( $\text{CH}_4$ )	$0.2 \times 10^{-3}$	16.04303

Πίνακας 4: Σύσταση κατά όγκο του ξηρού αέρα (ISO2533-75 [8])

Τέλος για την αξιολόγηση των συναρτήσεων εκπομπής ρύπου γίνεται σύγκριση των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από την επίλυση τους με τις μετρήσεις των μέσων ημερήσιων τιμών, όπου αυτές είναι διαθέσιμες, των ετήσιων εκθέσεων “Παρακολούθησης περιβαλλοντικών παραμέτρων λειτουργίας”, για το έτος 2006, που εκπονήθηκε από την Διεύθυνση εκμετάλλευσης ΘΗΣ της ΔΕΗ ΑΕ.



Εικόνα 43:Σύσταση καυσαερίων συναρτήσει του συντελεστή απασχόλησης εμβολοφόρων ντίζελ. [17]

### 3.3 Το πρόγραμμα επίλυσης του μαθηματικού μοντέλου «ΡΥΠΟΣ»

Για την επίλυση του μαθηματικού μοντέλου αναπτύχθηκε το πρόγραμμα «Εκπομπή Αέριων Ρύπων Θερμοηλεκτρικών Σταθμών Παραγωγής» το οποίο θα αναφέρεται παρακάτω ως «ΡΥΠΟΣ». Για την σύνταξη του, χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό της Microsoft office «Excel» και η γλώσσα προγραμματισμού Microsoft Visual Basic.

Το «ΡΥΠΟΣ» αποτελείται από τα παρακάτω υποπρογράμματα:

- \* Πρόγραμμα λειτουργίας
- \* Σύνθεση παραγωγής
- \* Σύνθεση παραγωγής\_exp\_2006
- \* Εκκινήσεις – Σταματήματα
- \* Βαθμός απόδοσης
- \* Κατανάλωση καυσίμου
- \* Εκπομπή NO<sub>x</sub> βαθμός απασχόλησης
- \* Εκπομπή SO<sub>x</sub> βαθμός απασχόλησης
- \* Εκπομπή CO<sub>2</sub> βαθμός απασχόλησης

Διευκρινίζεται ότι η μία διάσταση των πινάκων όταν έχουν ημερήσια βάση είναι 365 ενώ όταν έχουν ωριαία βάση είναι 8760 (=365 ημέρες επί 24 ώρες). Η άλλη διάσταση όταν ορίζεται ως *i* αφορά το πλήθος των μονάδων που συνθέτουν το σύστημα παραγωγής ενώ όταν ορίζεται ως *n* αφορά το πλήθος των μονάδων βάσης.

#### Υποπρόγραμμα «Πρόγραμμα λειτουργίας».

Στο υποπρόγραμμα «Πρόγραμμα λειτουργίας» (Εικόνα 44) ορίζεται η σειρά ένταξης των μονάδων με τους περιορισμούς που περιγράφονται στην παράγραφο 2.1 και υπολογίζεται η μεταβλητή κατάστασης on/off ( $U_{it}$ ). Η μεταβλητή  $U_{it}$  παίρνει την τιμή 1 όταν η μονάδα *i* είναι διαθέσιμη να αναλάβει φορτίο και την τιμή 0 όταν δεν είναι διαθέσιμη να αναλάβει φορτίο. Για κάθε μονάδα *i* ορίζοντας τις περιόδους που η μονάδα δεν είναι διαθέσιμη να αναλάβει φορτίο συμπληρώνεται ένας πίνακας διαστάσεων 1X365 (μία τιμή για κάθε μέρα του έτους). Με τη σύνθεση των *i* πινάκων δημιουργείται πίνακας διαστάσεων iX8760 ο οποίος αποτελεί τη μήτρα της διαθεσιμότητας λειτουργίας των *i* μονάδων που συνθέτουν το σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Εξemplar	1	2	3	4	5	6
1	11100 0.00	0	1	1	1	1
2	11100 0.00	10300 0.00	14000 0.00	11100 0.00	1	1
3	0	1	1	1	1	1
4	0	1	1	1	1	1
5	0	1	1	1	1	1
6	0	1	1	1	1	1
7	0	1	1	1	1	1
8	0	1	1	1	1	1
9	0	1	1	1	1	1
10	0	1	1	1	1	1
11	0	1	1	1	1	1
12	0	1	1	1	1	1
13	0	1	1	1	1	1
14	0	1	1	1	1	1
15	0	1	1	1	1	1
16	0	1	1	1	1	1
17	0	1	1	1	1	1
18	0	1	1	1	1	1
19	0	1	1	1	1	1
20	0	1	1	1	1	1
21	0	1	1	1	1	1
22	0	1	1	1	1	1
23	0	1	1	1	1	1
24	0	1	1	1	1	1
25	0	1	1	1	1	1
26	0	1	1	1	1	1
27	0	1	1	1	1	1

Εικόνα 44: Υποπρόγραμμα «Πρόγραμμα λειτουργίας» υπολογισμού μήτρας «Διαθεσιμότητας λειτουργίας» του προγράμματος «ΡΥΠΟΣ».

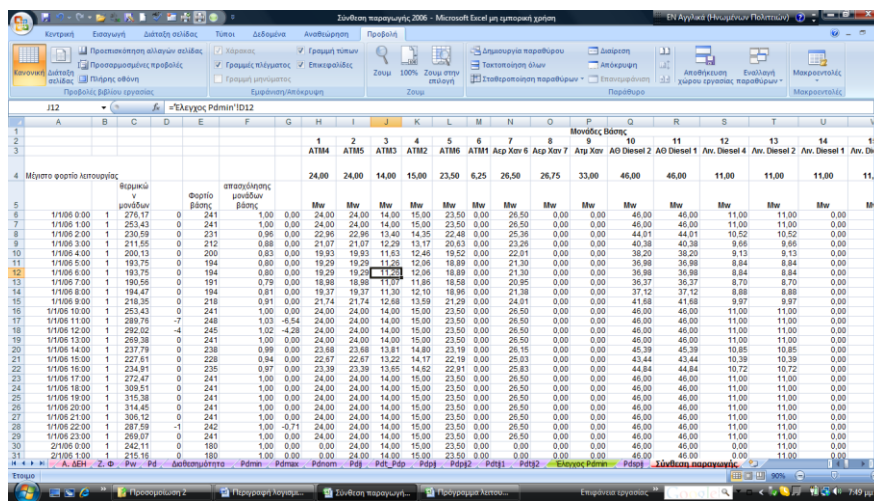
Υποπρόγραμμα «Σύνθεση παραγωγής»

Στο υποπρόγραμμα «Σύνθεση παραγωγής» (Εικόνα 45) εισάγονται οι μεταβλητές, του συνολικού φορτίο ( $P_t$ ) και της διαθέσιμης ισχύος αιολικών πάρκων ( $P_{w_{t\Delta}}$ ) με χρονικό βήμα μίας ώρας και συμπληρώνοντας δύο πίνακες διαστάσεων 1X8760.

Με βάση τη μήτρα διαθεσιμότητας λειτουργίας και των σταθερών :

- \*  $P_{min_i}$  (τεχνικά ελάχιστο φορτίο λειτουργίας της μονάδας i)
- \*  $P_{nom_i}$  (ονομαστικό φορτίο λειτουργίας της μονάδας i)
- \*  $P_{max_i}$  (μέγιστο φορτίο λειτουργίας της μονάδας i)

με χρονικό βήμα μίας ώρας αναπτύσσονται τρεις πίνακες διαστάσεων 1X8760 οι οποίοι αποτελούν τη μήτρα του ελάχιστου, του ονομαστικού και του μέγιστου φορτίου.



Εικόνα 45: Υποπρόγραμμα «Σύνθεση παραγωγής» υπολογισμού μήτρας «Κατανομής φορτίου» του προγράμματος «ΡΥΠΟΣ».

Με βάση τη σταθερά του συντελεστή διείδυσης αιολικής ισχύος ( $WP_p$ ), τις μήτρες του ελάχιστου και του μέγιστου φορτίου και τις συναρτήσεις υπολογισμού του φορτίου των Αιολικών πάρκων που περιγράφεται στη παράγραφο 2.1, υπολογίζεται το φορτίο που καλύπτεται από την αιολική ισχύς ( $P_{w_i}$ ) με χρονικό βήμα μίας ώρας. Αναπτύσσεται έτσι ο πίνακας του φορτίου που καλύπτεται από την αιολική ισχύς. Η διαφορά του πίνακα του συνολικού φορτίου ( $P_t$ ) μείον τον πίνακα του φορτίου που καλύπτεται από την αιολική ισχύς ( $P_{w_i}$ ) μας δίνει τον πίνακα (διαστάσεων 1X8760) της μεταβλητής φορτίου που πρέπει να καλύπτεται από την διαθέσιμη ισχύς των θερμικών μονάδων ( $P_{d_i}$ ).

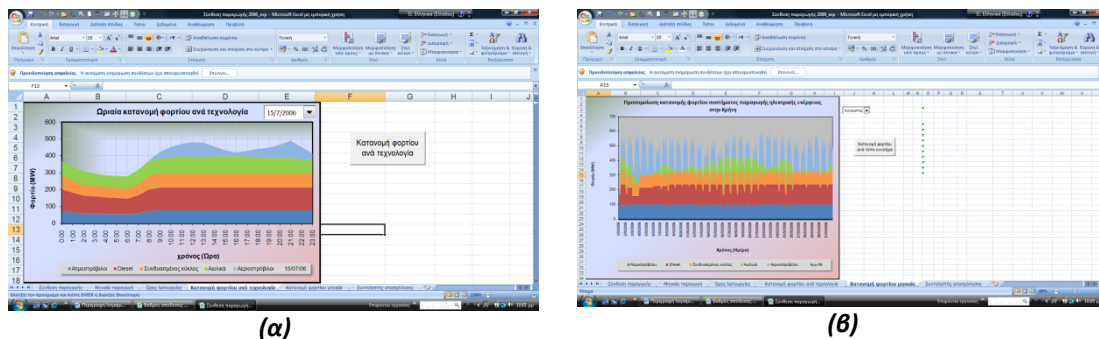
Το γινόμενο της μήτρας διαθεσιμότητας λειτουργίας με τη μήτρα του μέγιστου φορτίου μας δίνει τη μήτρα της διαθέσιμης ισχύς των θερμικών μονάδων. Το μέρος της μήτρας της διαθέσιμης ισχύς των θερμικών μονάδων που αντιστοιχεί στις  $n$  μονάδες βάσης μας δίνει τη μήτρα της διαθέσιμης ισχύς των μονάδων βάσης, διαστάσεων  $n \times 8760$ .

Με βάση τη σειρά ένταξης (παράγραφος 2.1) των μονάδων και των συναρτήσεων υπολογισμού της κατανομής φορτίου του μαθηματικού μοντέλου (παράγραφος 2.1) αναπτύσσεται η μήτρα της σύνθεσης παραγωγής διαστάσεων  $ix8760$ .

Τέλος βάση της κατανομής του φορτίου και των συναρτήσεων υπολογισμού της στρεφόμενης εφεδρείας υπολογίζεται το φορτίο της στρεφόμενης εφεδρείας ( $S_{p_i}$ ).

#### Υποπρόγραμμα «Σύνθεση παραγωγής\_exp\_2006».

Το υποπρόγραμμα «Σύνθεση παραγωγής\_exp\_2006» αποτελεί το γραφικό περιβάλλον του υποπρογράμματος «Σύνθεση παραγωγής». Ενημερώνεται με τη σύνθεση παραγωγής και δημιουργεί τις γραφικές παραστάσεις της ημερήσιας (Εικόνα 46 (α)) και της μηνιαίας κατανομής φορτίου(Εικόνα 46 (β)).



Εικόνα 46: Γραφικές παραστάσεις ημερήσιας και μηνιαίας κατανομής φορτίου

#### Υποπρόγραμμα «Εκκινήσεις – Σταματήματα».

Στο υποπρόγραμμα «Εκκινήσεις – Σταματήματα» γίνεται υπολογισμός των μεταβλητών «εκκίνηση λειτουργίας της μονάδας» ( $on_{it}$ ) και «τερματισμός λειτουργίας της μονάδας» ( $off_{it}$ ).

Με βάση τη μήτρα κατανομής φορτίου αναπτύσσεται η μήτρα κατάστασης λειτουργίας διαστάσεων  $ix8760$ . Στην μήτρα κατάστασης λειτουργίας με 1 ορίζεται η κατάσταση λειτουργίας της μονάδας και με 0 η κατάσταση σταματημένης μονάδας. Από τη μήτρα κατάστασης λειτουργίας υπολογίζονται η μήτρα των μεταβλητών ( $on_{it}$ ) διαστάσεων  $ix8760$  και η μήτρα των μεταβλητών ( $off_{it}$ ) διαστάσεων  $ix8760$ .

#### Υποπρόγραμμα « Βαθμός απόδοσης».

Το υποπρόγραμμα «Βαθμός απόδοσης» ενημερώνεται από το υποπρόγραμμα «Σύνθεση παραγωγής» με το φορτίο λειτουργίας της  $i$  μονάδας στο χρονικό διάστημα  $t$  και υπολογίζεται ο βαθμός απασχόλησης ( $\xi_{it}$ ) (παράγραφος 2.1) των  $i$  μονάδων με χρονικό βήμα μίας ώρας. Δημιουργείται έτσι η μήτρα βαθμού απασχόλησης διαστάσεων  $ix8760$ .

Από την μήτρα του βαθμού απασχόλησης και με τις συναρτήσεις βαθμού απόδοσης-συντελεστή απασχόλησης (Εικόνα 47) υπολογίζεται ο βαθμός απόδοσης ( $\eta_{it}$ ) για κάθε μονάδας  $i$  του συστήματος με χρονικό βήμα μίας ώρας.



Μονάδα	Κατανάλωση (kg/h)	Κατανάλωση (kg/cycle)
Ακατωμαθόλης 1 Ηλεκτρικού	2,000	1,000
Ακατωμαθόλης 2 & 3 Ηλεκτρικού	3,200	1,600
Ακατωμαθόλης 4 Ηλεκτρικού	4,000	800
Ακατωμαθόλης 2 & 4 Ηλεκτρικού	4,000	1,000
Ακατωμαθόλης 1 & 2 Ηλεκτρικού	4,000	1,000
Σταθμευμένης 1-4 Ηλεκτρικού	220	0
Σταθμευμένης 1-4 Λαυθών	200	0
Κατασκευασμένη 6 & 7 Χωριστών	0	438
Κατασκευασμένη 1 & 2 Ηλεκτρικού	0	100
Κατασκευασμένη 3 Ηλεκτρικού	0	100
Κατασκευασμένη 4 Ηλεκτρικού	0	100
Κατασκευασμένη 2 Ηλεκτρικού	0	200
Κατασκευασμένη 3 Χωριστών	0	200
Κατασκευασμένη 4 Χωριστών	0	80
Κατασκευασμένη 5 Χωριστών	0	800
Κατασκευασμένη 11 & 12 Χωριστών	0	210
Κατασκευασμένη 13 Χωριστών	0	250

Εικόνα 47: Τελεστές συναρτήσεων βαθμού απόδοσης – βαθμού απασχόλησης.

**Υποπρόγραμμα «Κατανάλωση καυσίμου»**

Το υποπρόγραμμα «Κατανάλωση καυσίμου» ενημερώνεται για τις μεταβλητές: εκκίνηση λειτουργίας της μονάδας  $i$  ( $on_{it}$ ), τερματισμός λειτουργίας της μονάδας  $i$  ( $off_{it}$ ), το βαθμό απασχόλησης ( $\xi_{it}$ ) και το ονομαστικό φορτίο ( $P_{nomi}$ ), από τα υποπρογράμματα «Εκκινήσεις - Σταματήματα» για τις δύο πρώτες, το «Βαθμός απόδοσης» για την τρίτη και το «Σύνθεση παραγωγής» για την τέταρτη. Ορίζονται οι σταθερές της θερμογόνου δύναμης ( $H_k$ ), η κατανάλωση καυσίμου στη φάση εκκίνησης ( $F_{on_i}$ ) και η κατανάλωση καυσίμου στη φάση σταματήματος ( $F_{off_i}$ ).

Με βάση τα παραπάνω στοιχεία και τη συνάρτηση του μαθηματικού μοντέλου (παράγραφος 2.1) υπολογίζεται η κατανάλωση του  $k$  καυσίμου της  $i$  μονάδας με χρονικό βήμα μίας ώρας. Δημιουργούνται έτσι  $k$  μήτρες διαστάσεων  $i \times 8760$  οι οποίες αποτελούν τις μήτρες κατανάλωσης καυσίμου.

**Υποπρόγραμμα «Εκπομπή NOx\_βαθμός απασχόλησης»**

Το υποπρόγραμμα «Εκπομπή NOx\_βαθμός απασχόλησης» ενημερώνεται από το υποπρόγραμμα «Σύνθεση παραγωγής» με το φορτίο λειτουργίας της  $i$  μονάδας στο χρονικό διάστημα  $t$  και υπολογίζεται ο βαθμός απασχόλησης ( $\xi_{it}$ ) (παράγραφος 2.1) των  $i$  μονάδων με χρονικό βήμα μίας ώρας. Δημιουργείται έτσι η μήτρα βαθμού απασχόλησης διαστάσεων  $i \times 8760$ .

Από την μήτρα του βαθμού απασχόλησης και με τις συναρτήσεις συγκέντρωση NOx - βαθμός απασχόλησης (Εικόνα 48) υπολογίζεται η εκπομπή Οξειδίων του αζώτου (NOx) για κάθε μονάδας  $i$  του συστήματος με χρονικό βήμα μίας ώρας. Δημιουργείται έτσι η μήτρα εκπομπής NOx διαστάσεων  $i \times 8760$ .





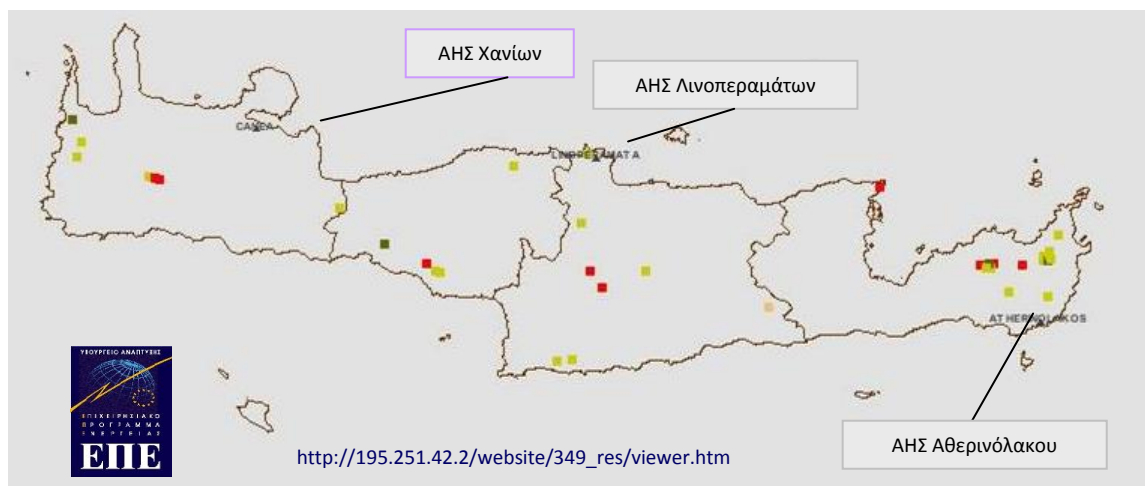


## Κεφάλαιο 4<sup>0</sup>

### Εφαρμογή και έλεγχος της μεθοδολογίας προσομοίωσης εκπομπής των αέριων ρύπων στο σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη

#### 4.1 Το σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της Κρήτης.<sup>2</sup>

Το σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη το έτος 2006 αποτελείται από τρεις θερμοηλεκτρικούς σταθμούς, οι οποίοι είναι εγκατεστημένοι στα Λινοπεράματα Ηρακλείου, στην Ξυλοκαμάρα Χανίων και στον Αθρινόλακκο Λασιθίου (Εικόνα 50) συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 730,38 MW και από αιολικά πάρκα συνολικής ισχύος 79,30 MW.



Εικόνα 50: Το σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της Κρήτης [8].

Τα στοιχεία που ακολουθούν σχετικά με τα λειτουργικά χαρακτηριστικά των θερμικών μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη πάρθηκαν από τις ετήσιες εκθέσεις παρακολούθησης περιβαλλοντικών παραμέτρων λειτουργίας τους για το 2006, που συντάχθηκαν από την Διεύθυνση Εκμετάλλευσης θερμικών σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της ΔΕΗ Α.Ε. Διευκρινίζεται ότι η αναφορά στο κείμενο από εδώ και στο εξής με τις λέξεις «έκθεση» ή «μετρήσεις» εννοείται ότι αφορούν τα στοιχεία των παραπάνω εκθέσεων.

<sup>2</sup> Έτος αναφοράς 2006.

#### 4.1.1 Ο θερμοηλεκτρικός σταθμός στα Λινοπεράματα Ηρακλείου.

Στον θερμοηλεκτρικό σταθμό στα Λινοπεραμάτων (Εικόνα 51) είναι εγκατεστημένες συνολικά έξι (6) μονάδες με ατμοστρόβιλο, πέντε (5) μονάδες με αεριοστρόβιλο (ανοικτού κύκλου) και τέσσερις (4) μονάδες με κινητήρες εμβολοφόρους ντίζελ<sup>3</sup>. Το καύσιμο που χρησιμοποιείται είναι μαζούτ για τις μονάδες με ατμοστρόβιλο και κινητήρες ντίζελ και πετρέλαιο ντίζελ για το σύνολο των μονάδων με αεριοστρόβιλο. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς του σταθμού ανέρχεται σε 278,84MW.



Εικόνα 51: Θερμοηλεκτρικός σταθμός παραγωγής του συστήματος της Κρήτης στα Λινοπεραμάτων Ηρακλείου

Στον Πίνακα 5 παρουσιάζονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά των μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου.

A/A	ΜΟΝΑΔΑ	ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ	ΚΑΥΣΙΜΟ	ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ (MW)	ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΙΣΧΥΣ (MW)	ΙΣΟΔΥΝΑΜΟ ΕΤΟΣ ΕΝΤΑΞΗΣ
1	Ατμοστρόβιλος #1 <sup>4</sup>	FRANCO TOSI ANSALDO	Μαζούτ	6,25	1,8	(1965)1970
2	Ατμοστρόβιλος #2	W. BIRO SIEMENS	Μαζούτ	15,0	7,0	1971
3	Ατμοστρόβιλος #3	W. BIRO SIEMENS	Μαζούτ	15,0	7,0	1971
4	Ατμοστρόβιλος #4	RAFACO JUGOTURBINA	Μαζούτ	25,0	12,0	1977
5	Ατμοστρόβιλος #5	BREDA ANSALDO	Μαζούτ	25,0	12,0	1981
6	Ατμοστρόβιλος #6	BREDA ANSALDO	Μαζούτ	25,0	12,0	1981
7	Αεριοστρόβιλος #1	JOHN BROWN	Ντίζελ	16,25	3,0	(1973)1987
8	Αεριοστρόβιλος #2	JOHN BROWN	Ντίζελ	16,25	3,0	(1974) 1988
9	Αεριοστρόβιλος #3	GENERAL ELECTRIC	Ντίζελ	47,3	3,0	2002
10	Αεριοστρόβιλος #4	GT35 ABB STAL	Ντίζελ	14,72	3,0	2001
11	Αεριοστρόβιλος #5	GENERAL ELECTRIC	Ντίζελ	27,95	3,0	2003
12	Ντίζελ #1	CEGIELSKI	Μαζούτ	12,28	3,0	1989
13	Ντίζελ #2	CEGIELSKI	Μαζούτ	12,28	3,0	1989
14	Ντίζελ #3	CEGIELSKI	Μαζούτ	12,28	3,0	1989
15	Ντίζελ #4	CEGIELSKI	Μαζούτ	12,28	3,0	1989

Πίνακας 5: Μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο θερμοηλεκτρικό σταθμό του συστήματος της Κρήτης στα Λινοπεράματα Ηρακλείου [14].

<sup>3</sup>Στην περιβαλλοντική έκθεση της ΔΕΗ αναφέρονται ως ΜΕΚ (Μηχανές Εσωτερικής Καύσης).

<sup>4</sup>Η Μονάδα ατμοστρόβιλου #1 έχει τεθεί σε εφεδρεία βάσει Απόφασης του Υπουργείου Ανάπτυξης.

#### 4.1.2 Ο θερμοηλεκτρικός σταθμός στην Ξυλοκαμάρα Χανίων

Στον θερμοηλεκτρικό σταθμό στα Χανιά είναι εγκατεστημένες συνολικά έξι (6) μονάδες με αεριοστρόβιλο (ανοικτού κύκλου) καθώς και μία (1) μονάδα συνδυασμένου κύκλου, αποτελούμενη από (2) όμοιους αεριοστρόβιλους και έναν ατμοστρόβιλο. Το αποκλειστικό καύσιμο που χρησιμοποιείται είναι πετρέλαιο ντίζελ και η συνολική εγκατεστημένη ισχύς του σταθμού ανέρχεται σε 349,3 MW.

Στον Πίνακα 6 παρουσιάζονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά των μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας του Θερμοηλεκτρικού σταθμού στη Ξυλοκαμάρα Χανίων. [13]

A/A	ΜΟΝΑΔΑ	ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ	ΚΑΥΣΙΜΟ	ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ (MW)	ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΙΣΧΥΣ (MW)	ΙΣΟΔΥΝΑΜΟ ΕΤΟΣ ΕΝΤΑΞΗΣ
1	Αεριοστρόβιλος #1	BBC	ντίζελ	16,2	3,0	1985 (1969)
2	Αεριοστρόβιλος #4	THOMASSEN	ντίζελ	24,0	3,0	1985 (1980)
3	Αεριοστρόβιλος #5	FIAT	ντίζελ	30,0	5,0	1986 (1980)
4	Αεριοστρόβιλος #11	ANSALDO	ντίζελ	59,4	8,0	1998
5	Αεριοστρόβιλος #12	ANSALDO	ντίζελ	59,4	8,0	1998
6	Αεριοστρόβιλος #13	GENERAL ELECTRIC	ντίζελ	28	3,0	2003
7	Συνδυασμένου κύκλου	ABB	ντίζελ	132,3	10	1995
	Αεριοστρόβιλος # 6		ντίζελ	44,9	10	
	Αεριοστρόβιλος # 7		ντίζελ	44,9	20	
	Ατμοστρόβιλος		-	42,5		

Πίνακας 6: Μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο θερμοηλεκτρικό στη Ξυλοκαμάρα Χανίων [13]

#### 4.1.3 Ο θερμοηλεκτρικός σταθμός στον Αθρινόλακκο Λασιθίου .

Στον θερμοηλεκτρικό σταθμό στον Αθρινόλακκο Λασιθίου είναι εγκατεστημένες (2) μονάδες με κινητήρες εμβολοφόρους ντίζελ. Το καύσιμο που χρησιμοποιείται είναι Μαζούτ και η συνολική εγκατεστημένη ισχύς του σταθμού ανέρχεται σε 102 MW.

Στον Πίνακα 7 παρουσιάζονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά των μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας του θερμοηλεκτρικού σταθμού του συστήματος της Κρήτης στον Αθρινόλακκο Λασιθίου.



Εικόνα 52: Θερμοηλεκτρικός σταθμός στον Αθρινόλακκο Ηρακλείου.

A/A	ΜΟΝΑΔΑ	ΚΑΥΣΙΜΟ	ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ (MW)	ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΙΣΧΥΣ (MW)	ΕΤΟΣ ΕΝΤΑΞΗΣ
1	Ντίζελ #1	Μαζούτ	51,12	12,0	2004
2	Ντίζελ #2	Μαζούτ	51,12	12,0	2004

Πίνακας 7: Μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας θερμοηλεκτρικού Αθρινόλακκο Λασιθίου [12]

#### 4.1.4 Τα Αιολικά πάρκα του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη

Στο σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της Κρήτης, βάση το αρχείο της Ρυθμιστικής αρχής ενέργειας στις 1/10/2008, λειτουργούσαν 11 αιολικά πάρκα συνολικής εγκατεστημένης ισχύς 79,7 MW, υπό κατασκευή βρισκόταν 10 αιολικά πάρκα συνολικής εγκατεστημένης ισχύς 53,9 MW και με άδεια παραγωγής 15 αιολικά πάρκα συνολικής εγκατεστημένης ισχύς 77,17 MW.

##### Τα αιολικά πάρκα του Νομού Ηρακλείου

Στο νομό Ηρακλείου βάση το αρχείο της Ρυθμιστικής αρχής ενέργειας στις 1/10/2008, Πίνακας 8 λειτουργούσαν 2 αιολικά πάρκα συνολικής εγκατεστημένης ισχύς 10,9 MW, υπό κατασκευή βρισκόταν 2 αιολικά πάρκα συνολικής εγκατεστημένης ισχύς 18,05 MW και με άδεια παραγωγής 15 αιολικά πάρκα συνολικής εγκατεστημένης ισχύς 19,95 MW.

Εταιρία	Ισχύς (MW)	Δήμος/Κοιν.	Θέση
<b>Σε λειτουργία</b>			
ΙΩΕΚΟ ΜΕΓΑΛΗ ΒΡΥΣΗ ΑΕΒΕΕ	4,95	ΚΟΙΝ. ΜΕΓΑΛΗ ΒΡΥΣΗ	ΜΕΓΑΛΗ ΒΡΥΣΗ
ΔΟΜΙΚΗ ΚΡΗΤΗΣ ΑΕ	5,95	ΚΡΟΥΣΩΝΑ	ΒΟΣΚΕΡΟ
<b>Υπό κατασκευή</b>			
ΤΕΡΝΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΩΝΥΜΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΜΠΟΡΙΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ Α.Ε.	14,45	ΑΓΙΑΣ ΒΑΡΒΑΡΑΣ	ΠΕΡΔΙΚΟΚΟΡΥΦΗ
ΡΟΚΑΣ ΑΙΟΛΙΚΗ ΚΡΗΤΗ ΑΒΕΕ	3,60	ΓΑΖΙΟΥ	ΚΑΛΟΓΗΡΟΣ
<b>Με άδεια Παραγωγής</b>			
ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ ΜΟΙΡΩΝ ΑΕ	5,25	ΜΟΙΡΩΝ	ΑΝΤΙΣΚΑΡΙ
ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΕΝΕΡΓΙΚΟΝΤΟΡ Α.Ε ΚΑΙ ΣΙΑ ΕΠΑΝΩΣΗΦΗΣ ΕΕ	6,30	ΚΑΖΑΝΤΖΑΚΗ	ΕΠΑΝΩΣΗΦΗ
ΔΙΕΘΝΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗ ΚΡΗΤΗΣ ΑΕ	7,20	ΓΟΡΤΥΝΑΣ	ΑΓΙΟΣ ΚΥΡΙΛΛΟΣ
ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΗΣ & ΤΟΥΡΙΣΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΒΙΑΝΝΟΥ (Δ.Ε.Π.Τ.Α.Β)	1,20	ΒΙΑΝΝΟΥ	ΤΟΥΡΛΟΥ

Πίνακας 8: Τα Αιολικά πάρκα του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της Κρήτης στο νομό Ηρακλείου (αρχείο αδειών παραγωγής ΡΑΕ 1/10/2008)

##### Τα αιολικά πάρκα του Νομού Ρεθύμνου.

Στο νομό Ρεθύμνου βάση το αρχείο της Ρυθμιστικής αρχής ενέργειας στις 1/10/2008 Πίνακας 8, υπό κατασκευή βρισκόταν 5 αιολικά πάρκα συνολικής εγκατεστημένης ισχύς 28,10 MW.

	Εταιρία	Ισχύς (MW)	Δήμος/Κοιν.	Θέση
<b>Με άδεια παραγωγής</b>				
1	ΔΕΗ Α.Ε	9,90	ΛΑΜΠΗΣ	ΝΟΤΙΚΟ-ΚΟΠΡΙΝΟ
2	ΑΙΟΛΙΚΟ ΚΟΥΛΟΥΚΩΝΑΣ ΑΕ	5,00	ΚΟΥΛΟΥΚΩΝΑ	ΚΟΥΛΟΥΚΩΝΑΣ
3	ΔΕΗ Α.Ε	7,20	ΛΑΜΠΗΣ	ΑΚΟΥΜΙΑ
4	ΕΝΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΩΝΥΜΗ ΣΥΝΕΤΑΙΡΙΣΤΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ	2,40	ΛΑΜΠΗΣ	ΑΣΙΔΕΡΩΤΟ
5	ΛΑΤΟΜΙΚΗ ΑΕ	3,60	ΦΟΙΝΙΚΑ	ΚΟΥΡΟΥΠΑ

Πίνακας 9 : Τα Αιολικά πάρκα του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της Κρήτης στο νομό Ρεθύμνου(αρχείο αδειών παραγωγής ΡΑΕ 1/10/2008)

### Τα Αιολικά πάρκα του Νομού Λασιθίου

Στο νομό Ηρακλείου βάση το αρχείο της Ρυθμιστικής αρχής ενέργειας στις 1/10/2008, Πίνακας 8 λειτουργούσαν 9 αιολικά πάρκα συνολικής εγκατεστημένης ισχύς 68,8 MW, υπό κατασκευή βρισκόταν 4 αιολικά πάρκα συνολικής εγκατεστημένης ισχύς 14,00 MW και με άδεια παραγωγής 2 αιολικά πάρκα συνολικής εγκατεστημένης ισχύς 7,62 MW.

	Εταιρία	Ισχύς (MW)	Δήμος/Κοιν	Θέση
<b>Σε λειτουργία</b>				
1	ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ ΚΡΥΩΝ ΑΕ	11,20	ΣΗΤΕΙΑΣ	ΒΟΥΒΑΛΟΙ/ΜΕΓ. ΜΟΥΡΙ/ΠΛΑΤΥΒΟΛΑ ΚΡΥΩΝ
2	ΑΝΕΜΟΕΣΣΑ ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ ΑΕ	6,20	ΣΗΤΕΙΑΣ	ΒΙΓΛΙ
3	ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ ΑΧΛΑΔΙΩΝ ΑΕ	11,20	ΣΗΤΕΙΑΣ	ΑΓΡΙΛΙΔΑ/ΒΕΛΗΡΑΣ
4	ΑΕΟΛΟΣ	9,90	ΛΕΥΚΗΣ	ΧΑΝΔΡΑΣ
5	ΡΟΚΑΣ ΑΙΟΛΙΚΗ ΑΒΕΕ	10,20	ΙΤΑΝΟΥ	ΠΛΑΤΟΚΕΡΑΤΙΑ ΜΗΤΑΤΟΥ
6	ΠΛΑΣΤΙΚΑ ΚΡΗΤΗΣ ΑΕ	11,90	ΑΓ. ΝΙΚΟΛΑΟΥ	ΑΚΡΩΤΗΡΙ ΑΓ. ΙΩΑΝΝΗ
7	ΕΝΤΕΚΑ ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ ΑΕ	2,70	ΙΤΑΝΟΥ	ΠΙΣΚΟΠΙΑΝΕΣ/ΠΙΣΚΟΛΑΚΟΣ
8	ENERCON ΕΛΛΑΣ ΑΕ	2,50	ΣΗΤΕΙΑΣ	ΠΛΑΤΥΒΟΛΟ
9	WRE HELLAS SA	3,00	ΣΗΤΕΙΑΣ	ΠΛΑΤΥΒΟΛΑ ΚΡΥΩΝ
<b>Υπό κατασκευή</b>				
10	ΙWECO ΧΩΝΟΣ ΚΡΗΤΗΣ ΑΕ	4,50	ΙΤΑΝΟΥ	ΧΩΝΟΣ
11	ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΣΗΤΕΙΑΣ ΑΕ	1,70	ΛΕΥΚΗΣ	ΚΑΜΙΝΑΚΙΑ ΧΟΡΔΑΚΙ
12	ΔΕΗ ΑΕ	3,00		ΞΗΡΟΛΙΜΝΗ
13	ΡΟΚΑΣ ΑΙΟΛΙΚΗ Α.Β.Ε.Ε.	4,80	ΙΤΑΝΟΥ	ΠΛΑΚΟΚΕΡΑΤΙΑ
<b>Με άδεια παραγωγής</b>				
14	ΡΟΚΑΣ ΑΙΟΛΙΚΗ ΚΡΗΤΗΣ ΑΒΕΕ	3,00	ΙΤΑΝΟΥ	ΜΗΤΑΤΟ
15	ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΒΕΕ	4,62	ΙΕΡΑΠΕΤΡΑΣ	ΣΜΑΙΛΟΓΓΟΣΙ

Πίνακας 10: Τα Αιολικά πάρκα του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της Κρήτης στο νομό Λασιθίου (αρχείο αδειών παραγωγής ΡΑΕ 1/10/2008)

### Τα αιολικά Πάρκα του Νομού Χανίων.

Στο νομό Χανίων βάση το αρχείο της Ρυθμιστικής αρχής ενέργειας στις 1/10/2008, Πίνακας 8, υπό κατασκευή βρισκόταν 4 αιολικά πάρκα συνολικής εγκατεστημένης ισχύς 21,85 MW και με άδεια παραγωγής 4 αιολικά πάρκα συνολικής εγκατεστημένης ισχύς 15,50 MW.

	Εταιρία	Ισχύς (MW)	Δήμος/Κοιν.	Θέση
<b>Με άδεια παραγωγής</b>				
1	ΜΕΤΚΑ ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΛΑΤΑΝΟΥ ΑΝΩΝΥΜΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ	4,25	ΚΙΣΣΑΜΟΥ	ΒΑΡΔΙΑ ΠΙΠΕΡΙΑΝΩΝ
2	ΑΝΕΜΟΣ ΑΛΚΥΟΝΗΣ Α.Ε.Ε.	6,30	ΚΙΣΣΑΜΟΥ	ΠΡΟΦΗΤΗΣ ΗΛΙΑΣ - ΠΑΠΟΥΡΑ
3	ΑΙΟΛΙΚΗ ΜΟΥΣΟΥΡΩΝ ΑΕ	2,55	ΜΟΥΣΟΥΡΩΝ	ΣΤΡΟΓΓΥΛΗ ΚΟΡΥΦΗ
4	ΤΑΛΩΣ ΡΕΘΥΜΝΗΣ ΑΝΩΝΥΜΗ ΤΟΥΡΙΣΤΙΚΗ ΕΜΠΟΡΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ	2,40	ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ ΑΣΗ ΓΩΝΙΑΣ	ΟΜΑΝΙΤΕ
<b>Υπό κατασκευή</b>				
10	ENVITEC ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΕ	5,40	ΜΟΥΣΟΥΡΩΝ & ΑΝΑΤΟΛΙΚΟΥ ΣΕΛΙΝΟΥ	ΒΑΡΔΙΑ
11	ENVITEC ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΕ	5,40	ΜΟΥΣΟΥΡΩΝ	ΒΑΤΑΛΙ

12	ΥΔΡΟΑΙΟΛΙΚΗ ΚΡΗΤΗΣ ΑΕ	9,35	ΚΙΣΣΑΜΟΥ	ΡΟΒΑΣ
13	ΜΕΤΚΑ ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΛΑΤΑΝΟΥ ΑΕ	1,70	ΚΙΣΣΑΜΟΥ	ΒΑΡΔΙΑ ΠΙΠΕΡΙΑΝΩΝ

*Πίνακας 11: Τα Αιολικά πάρκα του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της Κρήτης στο νομό Χανίων (αρχείο αδειών παραγωγής ΡΑΕ 1/10/2008)*



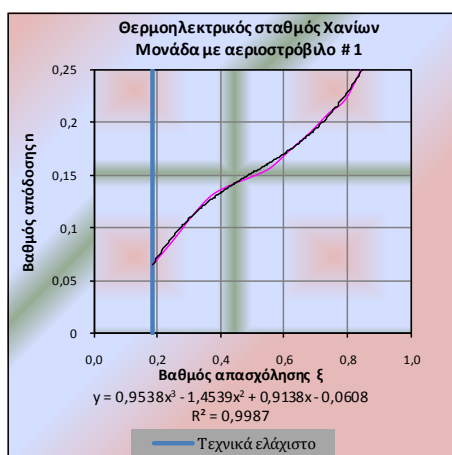
## 4.2 Συναρτήσεις βαθμού απόδοσης των Θερμοηλεκτρικών μονάδων παραγωγής του συστήματος στην Κρήτη.

Παρακάτω παρατίθενται οι γραφικές παραστάσεις των συναρτήσεων του βαθμού απόδοσης των μονάδων παραγωγής του θερμοηλεκτρικού συστήματος στην Κρήτη [16] όπως αυτές χρησιμοποιήθηκαν στην ενεργειακή προσομοίωση.

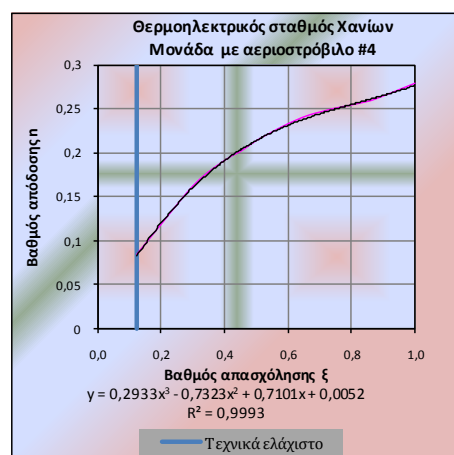
Διευκρινίζεται ότι στην συνέχεια του κειμένου όπου αναφέρεται ο όρος συνάρτηση βαθμού απόδοσης εννοείται ότι είναι.

### 4.2.1 Των μονάδων του θερμοηλεκτρικού σταθμού στην Ξυλοκαμάρα Χανίων

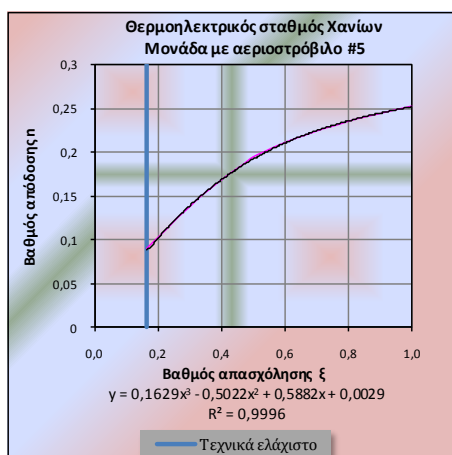
Στα διαγράμματα των Εικόνα 53 και Εικόνα 54 παρουσιάζονται οι γραφικές παραστάσεις των συναρτήσεων του βαθμού απόδοσης των μονάδων παραγωγής του θερμοηλεκτρικού σταθμού στην Ξυλοκαμάρα Χανίων.



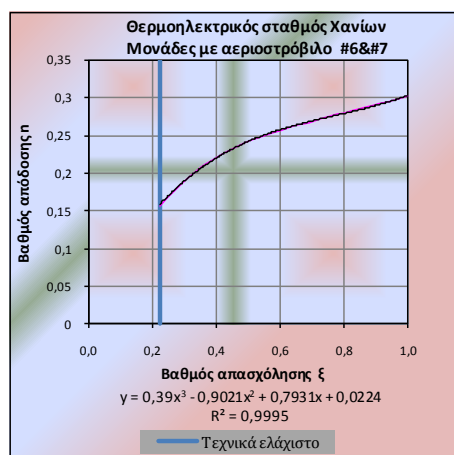
(α)



(β)



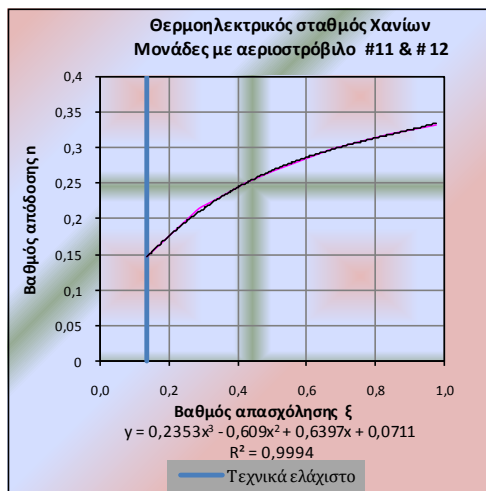
(γ)



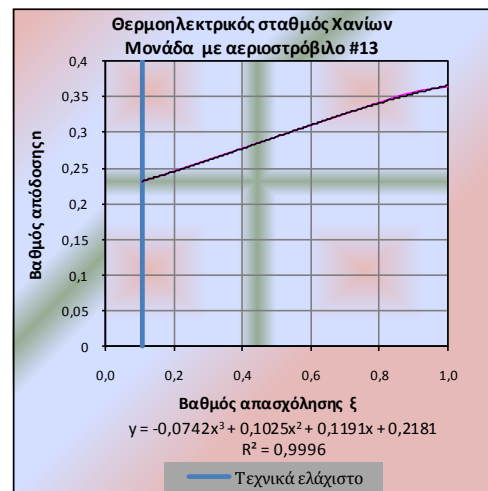
(δ)

Εικόνα 53: Γραφικές παραστάσεις των συναρτήσεων του βαθμού απόδοσης συναρτήσεως του βαθμού

απασχόλησης (α) μονάδας με αεριοστρόβιλο #1, (β) μονάδας με αεριοστρόβιλο #4, (γ) μονάδας με αεριοστρόβιλο #5 και (δ) μονάδων με αεριοστρόβιλο #6 και #7.



(α)

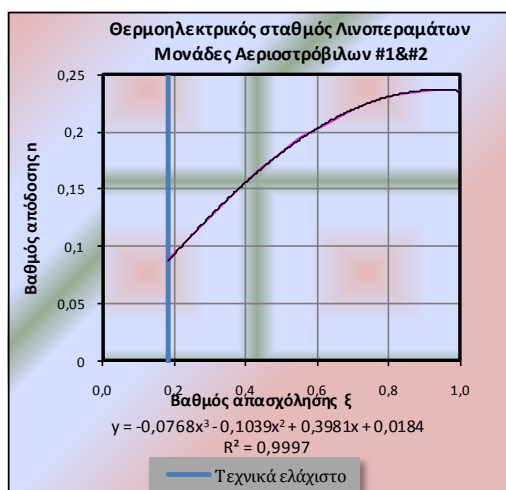


(β)

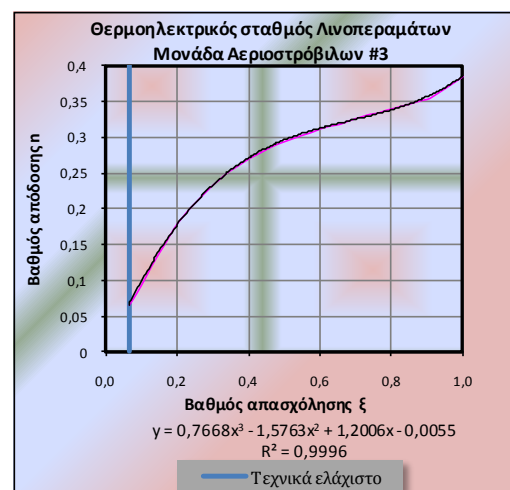
Εικόνα 54: Γραφικές παραστάσεις των συναρτήσεων του βαθμού απόδοσης (α) μονάδας με αεριοστρόβιλο # 13 και (β) αεριοστρόβιλων # 11 και # 12.

#### 4.2.2 Των μονάδων του θερμοηλεκτρικός σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου.

Στα διαγράμματα των Εικόνα 55 έως Εικόνα 58 παρουσιάζονται οι γραφικές παραστάσεις του βαθμού απόδοσης των μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας του σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου.

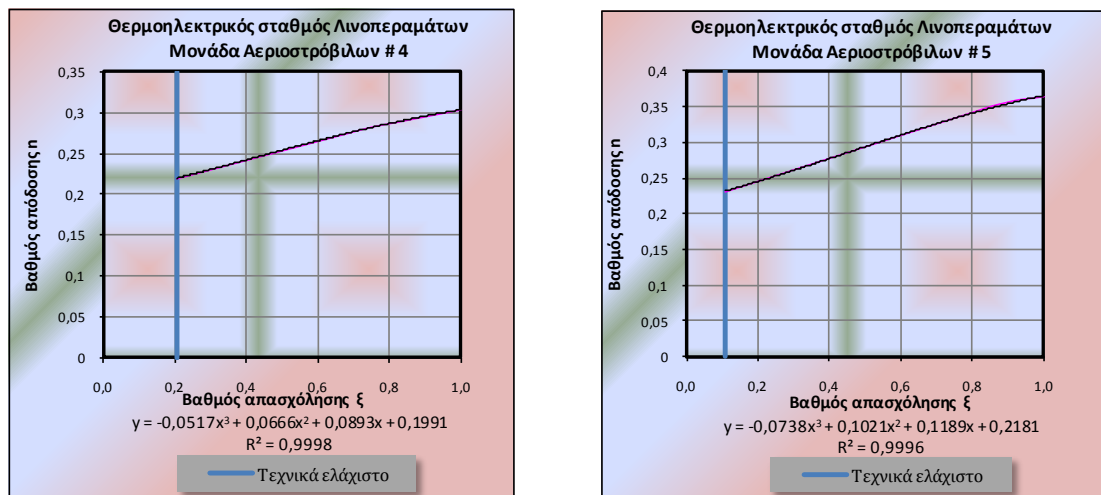


(α)



(β)

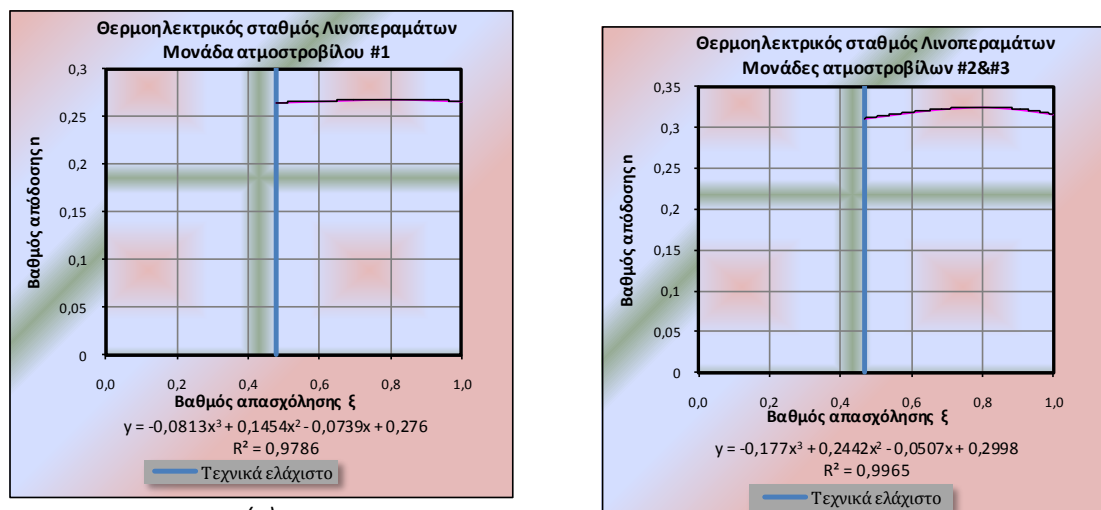
Εικόνα 55: Γραφικές παραστάσεις των συναρτήσεων του βαθμού απόδοσης (α) μονάδων με αεριοστρόβιλο #1 & #2 και (β) μονάδας με αεριοστρόβιλο #3



(α)

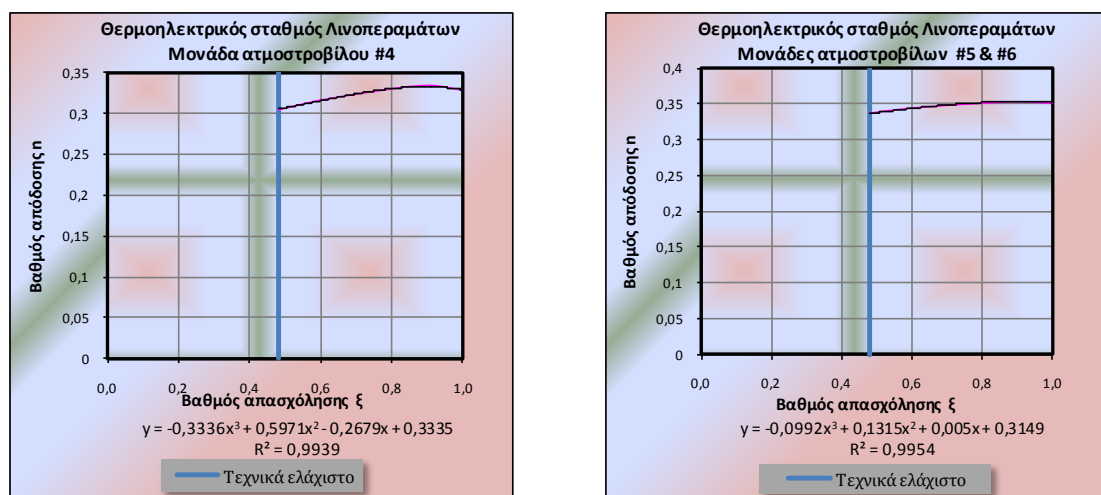
(β)

Εικόνα 56: Γραφικές παραστάσεις των συναρτήσεων του βαθμού απόδοσης (α) μονάδας με αεριοστρόβιλο #4 και (β) μονάδας με αεριοστρόβιλο #5



(α)

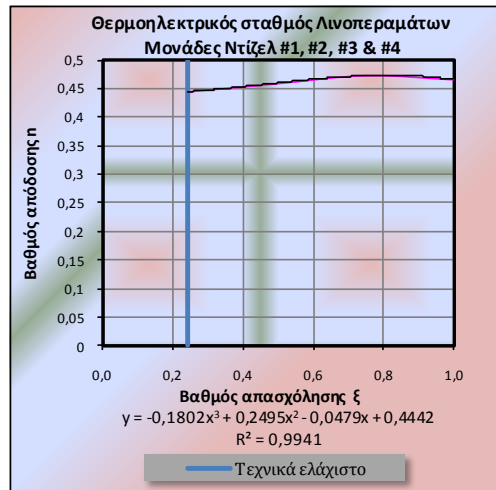
(β)



(γ)

(δ)

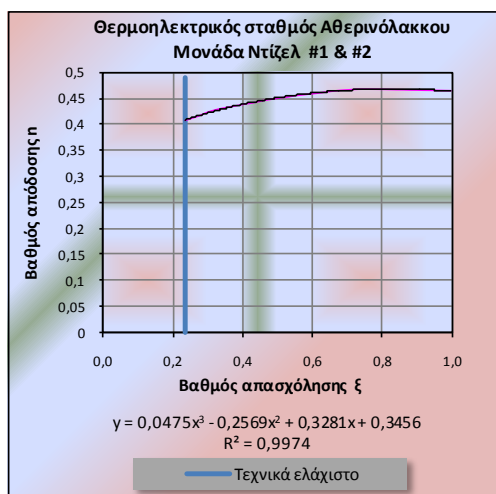
Εικόνα 57: Γραφικές παραστάσεις των συναρτήσεων του βαθμού απόδοσης (α) ατμοστρόβιλου # 1, (β) ατμοστρόβιλων #2 & #3, (γ) ατμοστρόβιλου 4 και (δ) ατμοστρόβιλων #5 & #6.



Εικόνα 58: Γραφική παράσταση της συνάρτησης του βαθμού απόδοσης ντίζελ Λινοπεραμάτων Ηρακλείου

#### 4.2.3 Των μονάδων του θερμοηλεκτρικού σταθμού στον Αθερινόλακκο Λασιθίου

Στα διαγράμματα της Εικόνα 59 παρουσιάζεται η γραφική παράσταση του βαθμού απόδοσης των ντίζελ μηχανών του θερμοηλεκτρικού σταθμού στον Αθερινόλακκο Λασιθίου.



Εικόνα 59: Γραφική παράσταση της συνάρτησης του βαθμού απόδοσης ντίζελ Αθερινόλακκου Λασιθίου.

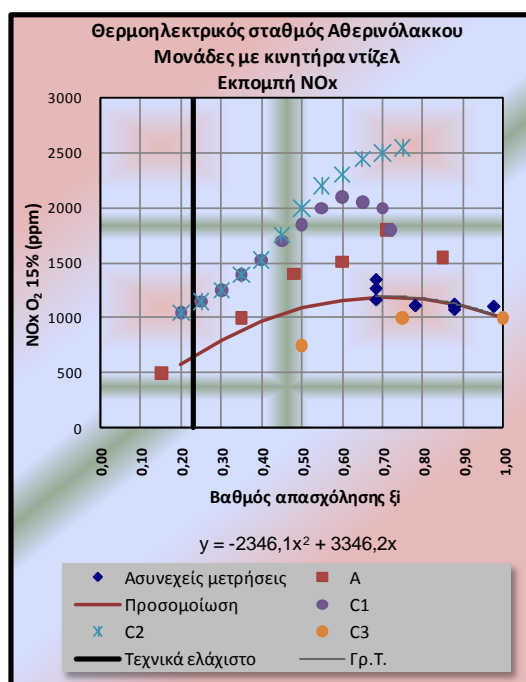
### 4.3 Συναρτήσεις της εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NO<sub>x</sub>) των θερμοηλεκτρικών σταθμών του συστήματος παραγωγής στην Κρήτη.

#### 4.3.1 Των μονάδων με κινητήρες ντίζελ

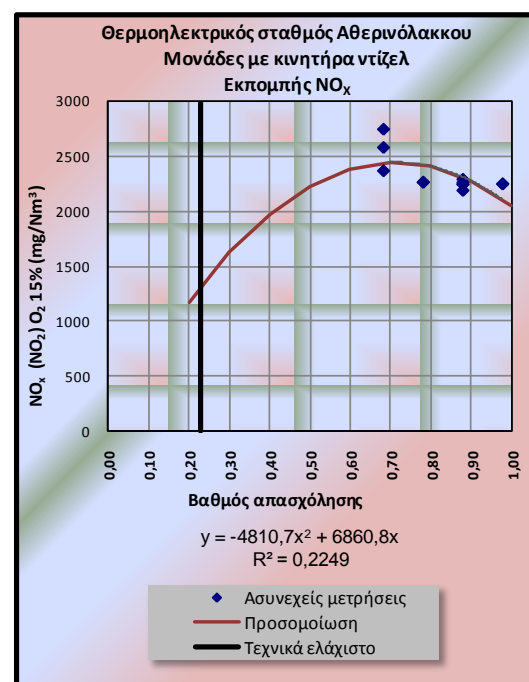
Του θερμοηλεκτρικού σταθμού στον Αθρινόλακκο Λασιθίου.

Για τους ντίζελ κινητήρες του θερμοηλεκτρικού σταθμού στον Αθρινόλακκο χρησιμοποιήθηκαν οι ασυνεχείς μετρήσεις της «έκθεση», των δύο όμοιων μονάδων σε ένα κοινό διάγραμμα. Για τα οξείδια του αζώτου(NO<sub>x</sub>) παρατηρούμε στο διάγραμμα (α) της Εικόνα 60 ότι υπάρχει συσχέτιση των ασυνεχών μετρήσεων (σε ppm) με την καμπύλη C3, η οποία προκύπτει από τις μετρήσεις του κατασκευαστικού οίκου των μονάδων [52].

Από την επεξεργασία των ασυνεχών μετρήσεων (mg/Nm<sup>3</sup>),προκύπτει το διάγραμμα (β) της Εικόνα 60 το οποίο αποτελεί τη γραφική παράσταση της συνάτησης εκπομπή οξειδίων του αζώτου (NO<sub>x</sub>) για τις μονάδες με κινητήρα ντίζελ του θερμοηλεκτρικού σταθμού στον Αθρινόλακκο Λασιθίου.



(α)



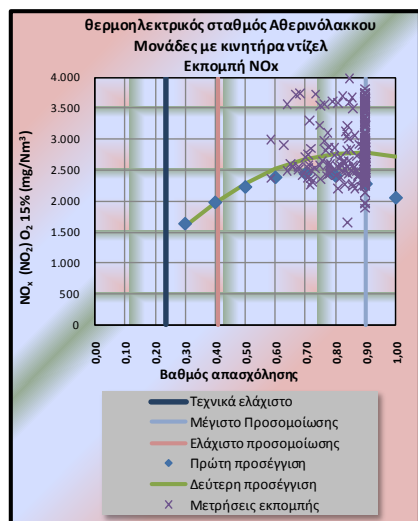
(β)

Εικόνα 60 : Συνάρτηση της εκπομπής Οξειδίων του αζώτου (NO<sub>x</sub>) συναρτήσει του βαθμού απασχόλησης των κινητήρων Ντίζελ του θερμοηλεκτρικού σταθμού στον Αθρινόλακκο Λασιθίου – Πρώτη προσέγγιση

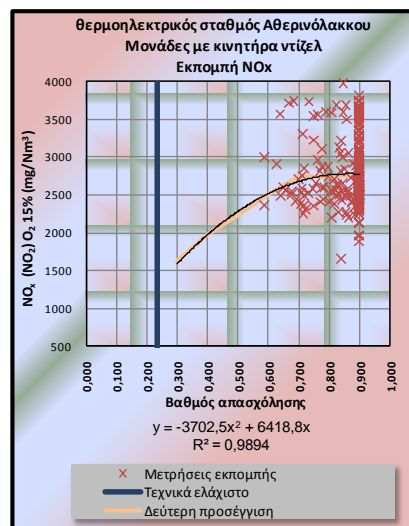
Συγκρίνοντας γραφικά τις μέσες ημερήσιες τιμές εκπομπής των οξειδίων του αζώτου (NO<sub>x</sub>) που δίνονται στην «έκθεση», με την καμπύλη της «Πρώτης προσομοίωσης»

παρατηρούμε ότι υπάρχει υποεκτίμηση της εκπομπής των οξειδίων του αζώτου (NOx) για συντελεστή απασχόλησης από 0,60 και πάνω.

Διορθώνοντας τις τιμές για συντελεστή απασχόλησης μεγαλύτερο του 0,70 προκύπτει η συνάρτηση της «Δεύτερης προσομοίωσης» της οποία η γραφική παράσταση παρουσιάζεται στο διάγραμμα (β) της Εικόνα 61.



(α)



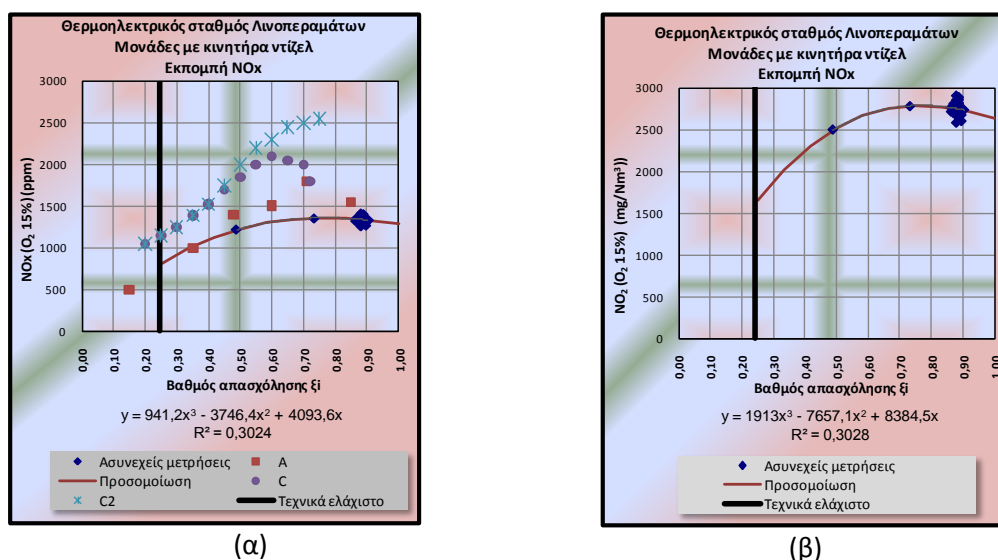
(β)

Εικόνα 61: Συνάρτηση της εκπομπής Οξειδίων του αζώτου (NOx) συναρτήσε του βαθμός απασχόλησης των κινητήρων Ντίζελ του θερμοηλεκτρικού σταθμού στον Αθρινόλακκο Λασιθίου -Δεύτερη προσέγγιση.

#### Του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου

Για του ντίζελ κινητήρες του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα χρησιμοποιήθηκαν οι ασυνεχείς μετρήσεις της «έκθεση» και των τεσσάρων όμοιων μονάδων σε ένα κοινό διάγραμμα. Για τα οξείδια του αζώτου (NOx) παρατηρούμε στο διάγραμμα (α) της Εικόνα 62 ότι υπάρχει συσχέτιση των ασυνεχών μετρήσεων (σε ppm) με την καμπύλη A, η οποία προέκυψε από στοιχεία της βιβλιογραφίας [17].

Από την επεξεργασία των ασυνεχών μετρήσεων (σε mg/Nm<sup>3</sup>), προκύπτει το διάγραμμα (β) της Εικόνα 63 οποίο αποτελεί τη γραφική παράσταση της συνάρτησης εκπομπή οξειδίων του αζώτου (NOx) συνρτήσε του βαθμού απασχόλησης για τις μονάδες με κινητήρα ντίζελ του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου.



Εικόνα 62: Συνάρτηση της εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NOx) των κινητήρων Ντίζελ του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου.

### 4.3.2 Των μονάδων με ατμοστρόβιλο

Του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου

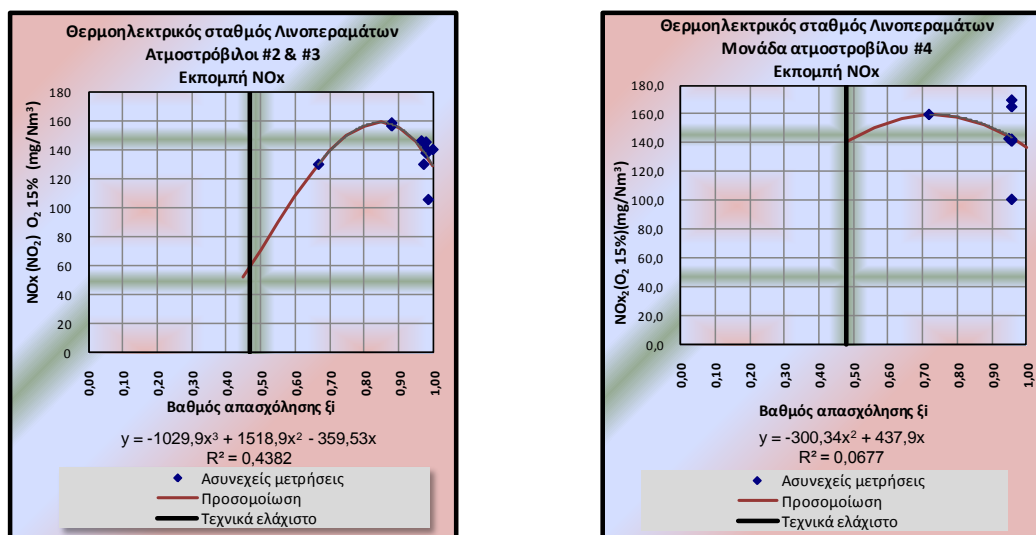
#### **Μονάδα με ατμοστρόβιλο # 1**

Η #1 μονάδα με ατμοστρόβιλο του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα για το 2006 ήταν εκτός λειτουργίας επομένως δεν υπάρχουν στοιχεία για τον υπολογισμό της συνάρτησης εκπομπή των οξειδίων του αζώτου (NOx).

#### **Μονάδες με ατμοστρόβιλο # 2 και 3**

Για τις #2 και #3 όμοιες μονάδες με ατμοστρόβιλο του θερμοηλεκτρικού σταθμού παραγωγής στα Λινοπεράματα, χρησιμοποιήθηκαν οι ασυνεχείς μετρήσεις της «έκθεση» των δύο μονάδων σε ένα κοινό διάγραμμα. Το εύρος των ασυνεχών μετρήσεων είναι για βαθμό απασχόλησης από 0,65 έως 1,00, όρια μέσα στα οποία λειτουργούν οι μονέδες εκτός των περιπτώσεων που βρίσκονται στις φάσεις σβέσης ή εκκίνησης. Ο τεχνικά ελάχιστος βαθμός απασχόλησης είναι 0,47. Επόμενος η αξιοπιστία της προσομοίωσης περιορίζεται, από 0,47 έως 0,65 του βαθμού απασχόλησης.

Από την επεξεργασία των ασυνεχών μετρήσεων (σε mg/Nm<sup>3</sup>), προκύπτει το διάγραμμα της Εικόνα 63 το οποίο αποτελεί τη γραφική παράσταση της συνάρτησης εκπομπή οξειδίων του αζώτου (NOx) συναρτήσεις του βαθμού απασχόλησης για τις μονάδες με ατμοστρόβιλο #2 και #3 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα.



Εικόνα 63: Συνάρτηση της εκπομπής Οξειδίων του αζώτου (NOx) των μονάδων με ατμοστρόβιλο του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου (α) #2 και #3 (β) #4

#### Μονάδα με ατμοστρόβιλο # 4

Για τη #4 μονάδα με ατμοστρόβιλο του θερμοηλεκτρικού σταθμού παραγωγής στα Λινοπεράματα, χρησιμοποιήθηκαν οι ασυνεχείς μετρήσεις της «έκθεσης». Το εύρος των ασυνεχών μετρήσεων είναι για βαθμό απασχόλησης από 0,75 έως 0,97, όρια μέσα στα οποία λειτουργούν οι μονέδες εκτός των περιπτώσεων που βρίσκονται στις φάσεις σβέσης ή εκκίνησης. Ο τεχνικά ελάχιστος βαθμός απασχόλησης είναι 0,48. Επόμενος η αξιοπιστία της προσομοίωσης περιορίζεται, από 0,48 έως 0,75 του βαθμού απασχόλησης.

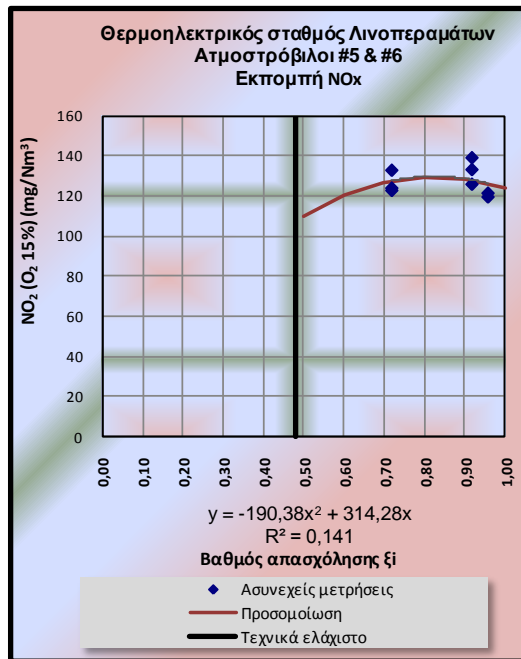
Από την επεξεργασία των ασυνεχών μετρήσεων (σε mg/Nm<sup>3</sup>), προκύπτει το διάγραμμα της **Σφάλμα! Το αρχείο προέλευσης της αναφοράς δεν βρέθηκε.** το οποίο αποτελεί τη γραφική παράσταση της συνάτησης εκπομπή οξειδίων του αζώτου (NOx) για τη μονάδα με ατμοστρόβιλο #4 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα.

#### Μονάδες με ατμοστρόβιλο # 5 και #6

Για τις #5 και #6 όμοιες μονάδες με ατμοστρόβιλο του θερμοηλεκτρικού σταθμού παραγωγής στα Λινοπεράματα, χρησιμοποιήθηκαν οι ασυνεχείς μετρήσεις της «έκθεση» των δύο όμοιων μονάδων σε ένα κοινό διάγραμμα. Το εύρος των ασυνεχών μετρήσεων είναι για βαθμό απασχόλησης από 0,70 έως 1,00, όρια μέσα στα οποία λειτουργούν οι μονέδες εκτός των περιπτώσεων που βρίσκονται στις φάσεις σβέσης ή εκκίνησης. Ο τεχνικά ελάχιστος βαθμός απασχόλησης είναι 0,48. Επόμενος η αξιοπιστία της προσομοίωσης περιορίζεται, από 0,48 έως 0,70 του βαθμού απασχόλησης.

Από την επεξεργασία των ασυνεχών μετρήσεων (σε mg/Nm<sup>3</sup>), προκύπτει το διάγραμμα της Εικόνα 64 το οποίο αποτελεί τη γραφική παράσταση της συνάτησης εκπομπή οξειδίων του αζώτου (NOx) για τις μονάδες με ατμοστρόβιλο #5 και #6 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου.

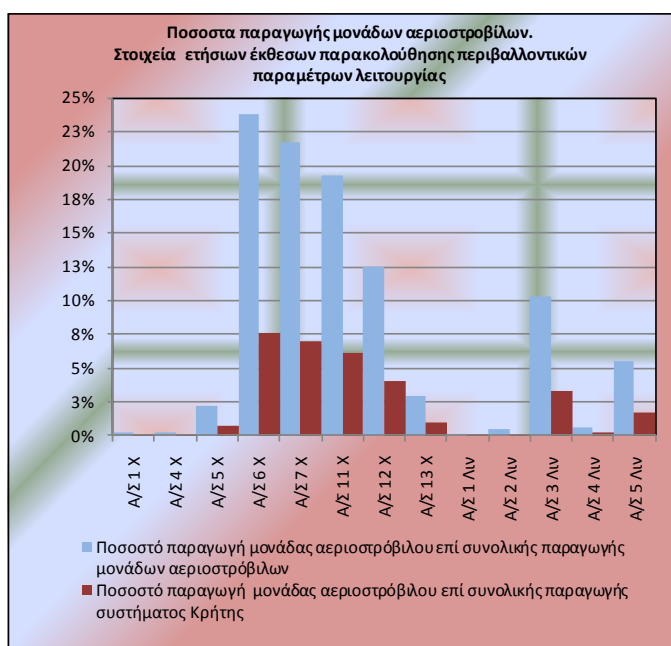




Εικόνα 64: Συνάρτηση της εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NOx) των μονάδων με ατμοστρόβιλο #5 και #6 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου.

### 4.3.3 Των μονάδων με αεριοστρόβιλο

Ο υπολογισμός των συναρτήσεων της εκπομπής των οξειδίων του αζώτου (NO<sub>x</sub>) των μονάδων με αεριοστρόβιλο γίνεται για τις μονάδες που συμμετέχουν στην συνολική παραγωγή σε ποσοστό μεγαλύτερο του 1% (Εικόνα 65). Δηλαδή για τους #3 και #5 του σταθμού παραγωγής των Λινοπεραμάτων Ηρακλείου και τους #6, #7, # 11, #12 και #13 του σταθμού παραγωγής στην Ξυλοκαμάρα Χανιά.



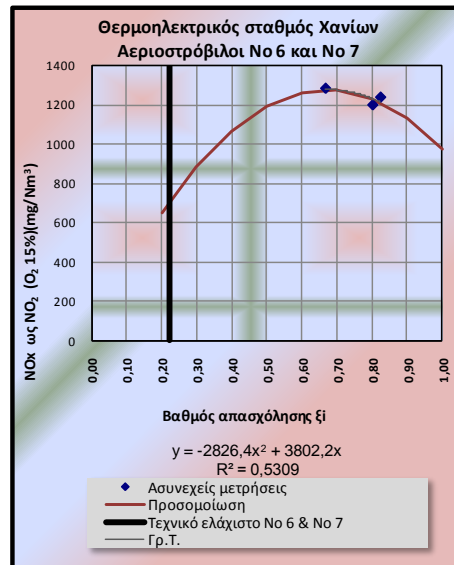
Εικόνα 65: Ποσοστό παραγωγής μονάδων με αεριοστρόβιλο με βάση τα στοιχεία των ετήσιων εκθέσεων παρακολούθησης περιβαλλοντικών παραμέτρων λειτουργίας.

Παρακάτω δίνονται τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τη επεξεργασία των ασυνεχών μετρήσεων της «έκθεση» ια τον υπολογισμό των συναρτήσεων της εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NO<sub>x</sub>) .

#### Του θερμοηλεκτρικού στη Ξυλοκαμάρα Χανίων

##### Μονάδες με αεριοστρόβιλο # 6 και #7

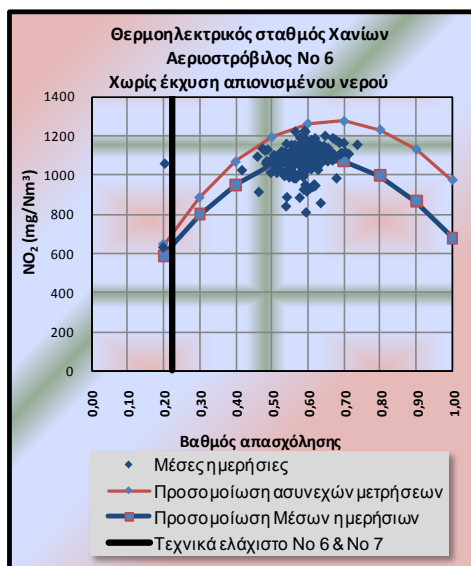
Οι μονάδες με αεριοστρόβιλο #6 και #7 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στην Ξυλοκαμάρα Χανίων αποτελούν υπομονάδες της μονάδας συνδυασμένου κύκλου (παράγραφος 4.1.2.. ). Για τον υπολογισμό της συνάρτησης εκπομπή οξειδίων του αζώτου (NO<sub>x</sub>) συναρτήσει του βαθμού απασχόλησης, χρησιμοποιήθηκαν οι ασυνεχείς μετρήσεις της «έκθεση» των δύο μονάδων σε ένα κοινό διάγραμμα. Από την επεξεργασία των μετρήσεων ( σε mg/Nm<sup>3</sup>), προκύπτει το διάγραμμα της Εικόνα 66.



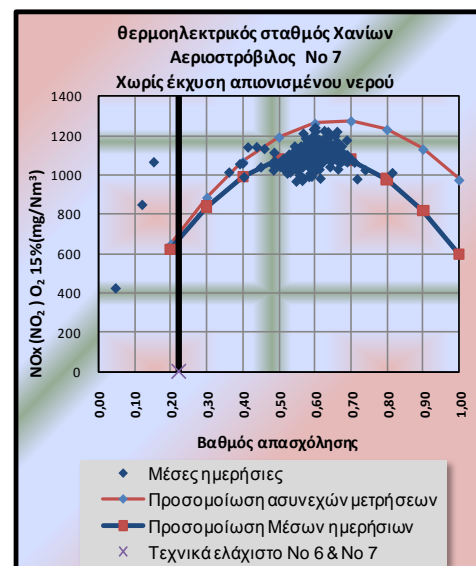
Εικόνα 66: Συνάρτηση της εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NOx) των μονάδων με αεριοστρόβιλο #6 και #7 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στη Ξυλοκαμάρα Χανίων (ασυνεχείς μετρήσεις).

Συγκρίνοντας τη συνάρτηση εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NOx) που προκύπτει από τις ασυνεχείς μετρήσεις, με τις μέσες ημερήσιες μετρήσεις της «έκθεσης» παρατηρείται υπερεκτίμηση της εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NOx) τόσο στη μονάδα #6 όσο και στη μονάδα #7 (Εικόνα 67). Επόμενος για τον υπολογισμό της συνάρτησης εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NOx), χρησιμοποιήθηκαν οι μέσες ημερήσιες μετρήσεις των οποίων η γραφική παράσταση παρουσιάζεται στο διάγραμμα της Εικόνα 68.

Το εύρος των μετρήσεων είναι για βαθμό απασχόλησης από 0,50 έως 0,70 και ο τεχνικά ελάχιστος βαθμός απασχόλησης είναι 0,21. Επόμενος η αξιοπιστία της προσομοίωσης περιορίζεται, από 0,21 έως 0,50 και 0,70 έως 1,00 του βαθμού απασχόλησης.

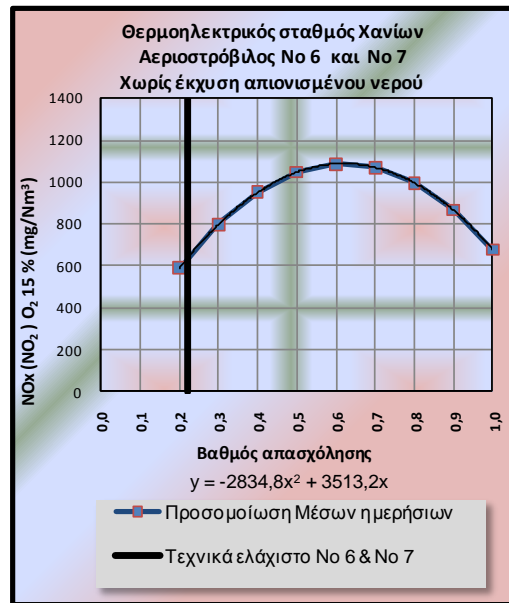


(α)



(β)

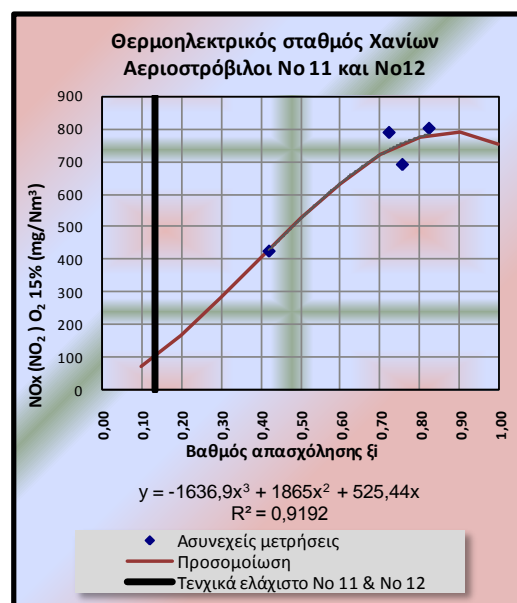
Εικόνα 67: Σύγκριση μέσων ημερήσιων μετρήσεων της εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NOx) των μονάδων με αεριοστρόβιλο #6 και #7 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στην Ξυλοκαμάρα Χανίων.



Εικόνα 68: Συνάρτηση της εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NOx) μονάδων με αεριοστρόβιλο #6 και #7 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στην Ξυλοκαμάρας Χανίων (μέσες ημερήσιες μετρήσεις).

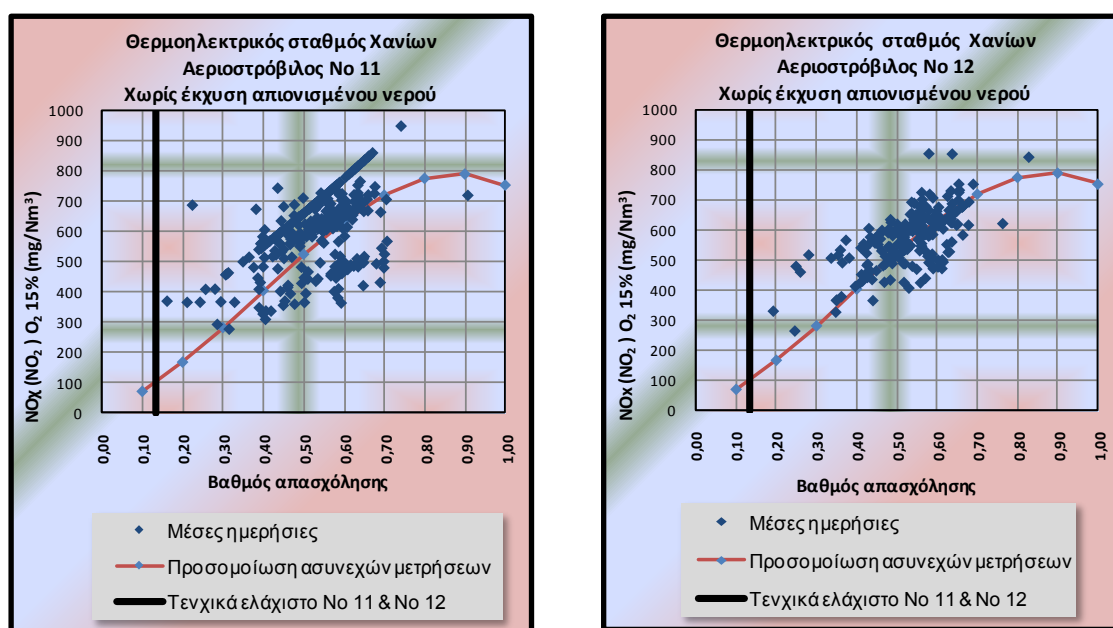
#### Μονάδες με αεριοστρόβιλο #11 και #12

Για τον υπολογισμό της συνάρτησης εκπομπή οξειδίων του αζώτου (NOx), χρησιμοποιήθηκαν οι ασυνεχείς μετρήσεις της «έκθεση» των δύο μονάδων σε ένα κοινό διάγραμμα. Με την επεξεργασία των ασυνεχών μετρήσεων (σε mg/Nm<sup>3</sup>), προκύπτει το διάγραμμα της Εικόνα 69



Εικόνα 69: Συνάρτηση της εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NOx) των μονάδων με αεριοστρόβιλο # 11 και # 12 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στην Ξυλοκαμάρας Χανίων (ασυνεχείς μετρήσεις)

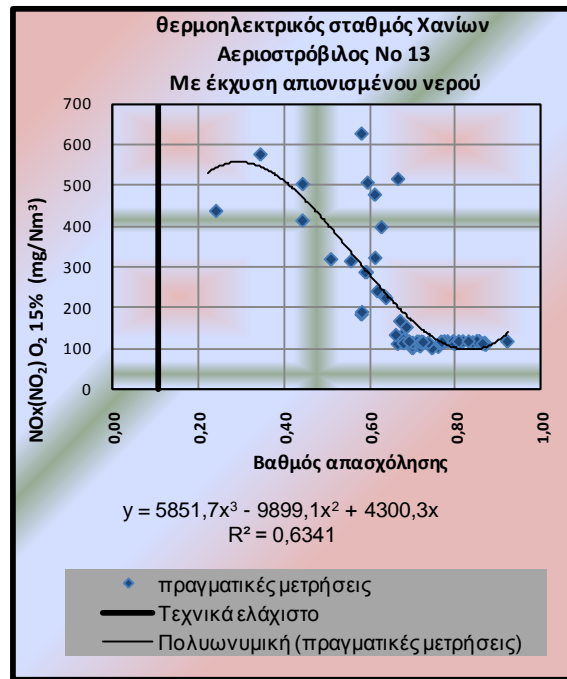
Συγκρίνοντας τη συνάρτηση εκπομπής οξειδίων του αζώτου ( $\text{NO}_x$ ) που προκύπτει από τις ασυνεχείς μετρήσεις, με τις μέσες ημερήσιες μετρήσεις της «έκθεση» παρατηρείται ότι τόσο στην περίπτωση της #11 όσο και της #12 μονάδας με αεριοστρόβιλο η καμπύλη που προκύπτει από τις ασυνεχείς μετρήσεις χωρίζεται σε δύο μέρη τις μέσες ημερήσιες μετρήσεις (Εικόνα 70). Επόμενος για τον υπολογισμό της συνάρτησης εκπομπή οξειδίων του αζώτου ( $\text{NO}_x$ ), χρησιμοποιήθηκαν οι ασυνεχείς ημερήσιες μετρήσεις της οποίας η γραφική παράσταση παρουσιάζεται στο διάγραμμα της Εικόνα 69.



Εικόνα 70 : Σύγκριση των μέσων ημερήσιων μετρήσεων της εκπομπής οξειδίων του αζώτου ( $\text{NO}_x$ ) των μονάδων με αεριοστρόβιλο #11 και #12 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στην Ξυλοκαμάρα Χανίων.

### Μονάδα με αεριοστρόβιλο #13

Η μονάδα με αεριοστρόβιλο #13 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στην Ξυλοκαμάρα Χανίων, όπως προκύπτει από τις μέσες ημερήσιες μετρήσεις της «έκθεση» (διάγραμμα ικόνα 71), όταν λειτουργεί με βαθμό απασχόλησης μεγαλύτερο από 0,62 λειτουργεί το σύστημα ψεκασμού και μειώνει την εκπομπή οξειδίων του αζώτου ( $\text{NO}_x$ ). Επομένως η συνάρτηση της εκπομπής των οξειδίων του αζώτου που προκύπτει από την επεξεργασία των μέσων ημερήσιων μετρήσεων έχει τη μορφή του διαγράμματος της Εικόνα 71



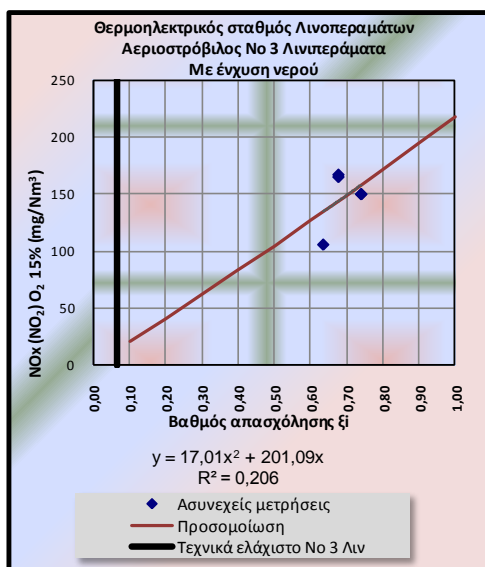
Εικόνα 71 : Συνάρτηση της εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NOx) συναρτήσει του βαθμού απασχόλησης της μονάδας με αεριοστρόβιλο # 13 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στην Ξυλοκαμάρα Χανίων.

*Το θερμοηλεκτρικό σταθμού παραγωγής στα Λινοπεράματα Ηρακλείου.*

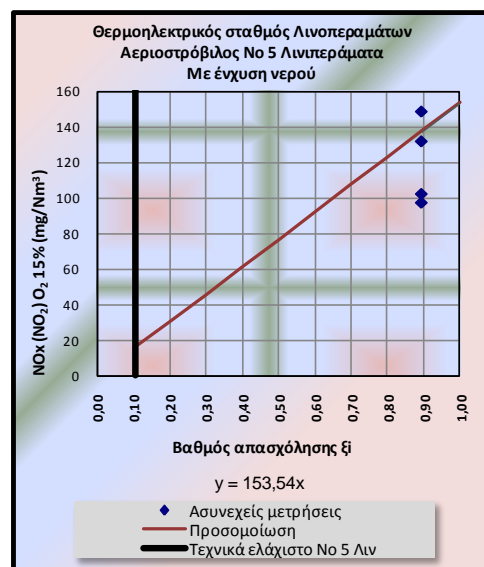
Στο θερμοηλεκτρικό σταθμό στα Λινοπεράματα Ηρακλείου για τις μονάδες με αεριοστρόβιλο #3 και #5 όπως προκύπτει από τα στοιχεία της «έκθεση» λειτουργούσε το σύστημα ψεκασμού νερού για την μείωση των εκπομπών οξειδίων αζώτου.

Για το λόγο αυτό για τον υπολογισμό της συνάρτησης εκπομπή οξειδίων του αζώτου (NOx), χρησιμοποιήθηκαν οι ασυνεχείς μετρήσεις της «έκθεση» για τις οποίες λειτουργούσε ταυτόχρονα και το σύστημα ψεκασμού νερού.

Με την επεξεργασία των ασυνεχών μετρήσεων (σε mg/Nm<sup>3</sup>), προκύπτουν τα διάγραμμα (α) και (β) της Εικόνα 72 για τους μονάδες με αεριοστρόβιλος #3 και #5 αντίστοιχα.



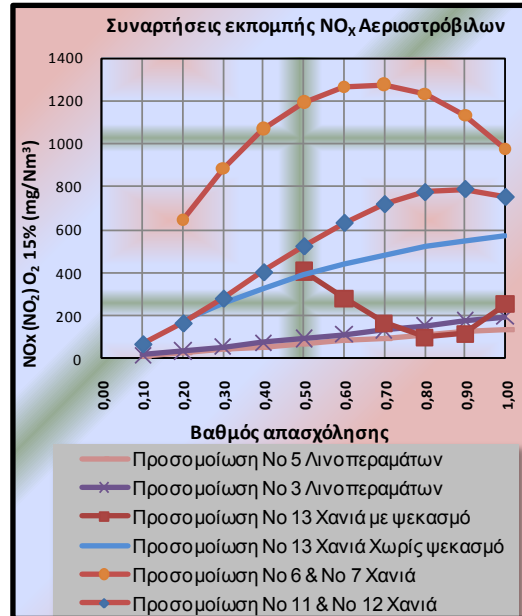
(α)



(β)

Εικόνα 72: Συνάρτηση της εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NOx) των μονάδων με αεριοστρόβιλο #3 (α) και #5 (β) του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου.

Στο διάγραμμα της Εικόνα 73 παρουσιάζονται οι γραφικές παραστάσεις όλων των υπό εξέταση μονάδων με αεριοστρόβιλο του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη όπου φαίνεται η διαφορά στην εκπομπή οξειδίων του αζώτου ( $\text{NO}_x$ ) των μονάδων με ψεκασμό και χωρίς ψεκασμό.



Εικόνα 73: Συναρτήσεις της εκπομπής οξειδίων του αζώτου ( $\text{NO}_x$ ) των μονάδων με αεριοστρόβιλο του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στη Κρήτη.

#### 4.4 Συναρτήσεις της εκπομπής οξειδίων του θείου (SO<sub>x</sub>) των Θερμοηλεκτρικών μονάδων παραγωγής στο σύστημα της Κρήτης.

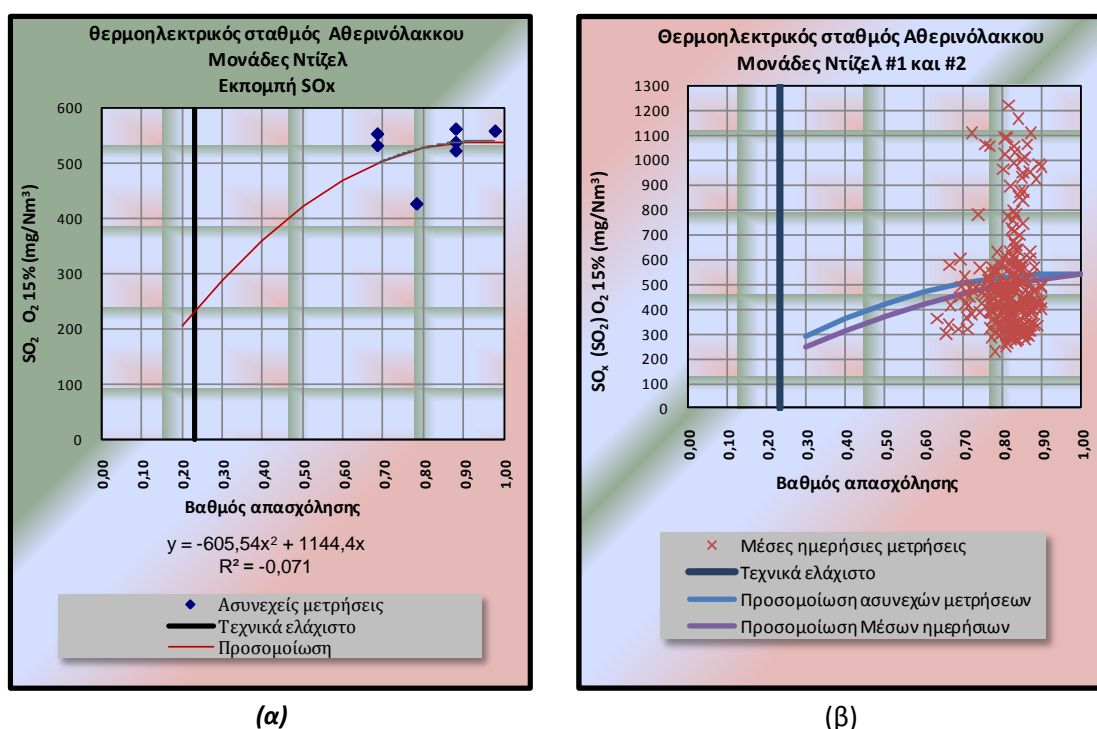
##### 4.4.1 Των μονάδες με κινητήρες Ντίζελ

###### Του θερμοηλεκτρικού σταθμού στον Αθρινόλακκο Λασιθίου

Για τις μονάδες με ντίζελ κινητήρες του θερμοηλεκτρικού σταθμού στον Αθρινόλακκο Λασιθίου χρησιμοποιήθηκαν οι ασυνεχείς μετρήσεις της «έκθεση» των δύο όμοιων μονάδων σε ένα κοινό διάγραμμα (Εικόνα 74(α)).

Από την επεξεργασία των ασυνεχών μετρήσεων ( mg/Nm<sup>3</sup>), προκύπτει το διάγραμμα (α) της Εικόνα 93 για. Το εύρος των ασυνεχών μετρήσεων είναι για βαθμό απασχόλησης από 0,70 έως 1,00, όρια μέσα στα οποία λειτουργούν οι μονέδες εκτός των περιπτώσεων που βρίσκονται στις φάσεις σβέσης ή εκκίνησης. Ο τεχνικά ελάχιστος βαθμός απασχόλησης είναι 0,23. Επόμενος περιορίζεται η αξιοπιστία της προσομοίωσης, από 0,23 έως 0,70 του βαθμού απασχόλησης.

Τέλος συγκρίνοντας τη συνάρτηση της εκπομπής οξειδίων του θείου (SO<sub>x</sub>) που προκύπτει από τις ασυνεχείς μετρήσεις, με αυτή που προκύπτει από τις μέσες ημερήσιες μετρήσεις της «έκθεση» παρατηρούμε ότι υπάρχει μεγάλη συσχέτιση μεταξύ τους (διάγραμμα (β) της Εικόνα 74)).



Εικόνα 74: Συνάρτηση της εκπομπής οξειδίων του θείου (SO<sub>x</sub>) των μονάδων με ντίζελ κινητήρα του

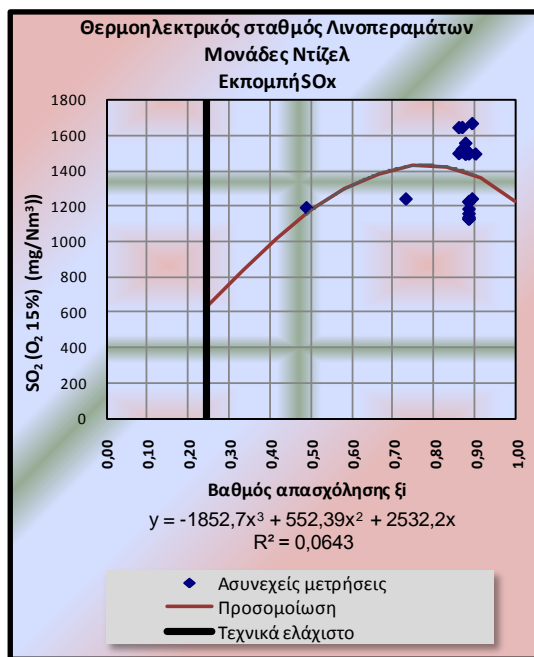


θερμοηλεκτρικού σταθμού στον Αθρινόλακκο Λασιθίου (α) Ασυνεχείς μετρήσεις (β) Μέσες ημερήσιες μετρήσεις

*Του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου.*

Για τις μονάδες με κινητήρα ντίζελ του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα χρησιμοποιήθηκαν οι ασυνεχείς μετρήσεις της «έκθεση» των τεσσάρων όμοιων μονάδων σε ένα κοινό διάγραμμα (Εικόνα 75).

Από την επεξεργασία των ασυνεχών μετρήσεων (σε mg/Nm<sup>3</sup>), προκύπτει το διάγραμμα της Εικόνα 75. Το εύρος των ασυνεχών μετρήσεων είναι για βαθμό απασχόλησης από 0,50 έως 1,00, όρια μέσα στα οποία λειτουργούν οι μονέδες εκτός των περιπτώσεων που βρίσκονται στις φάσεις σβέσης ή εκκίνησης. Ο τεχνικά ελάχιστος βαθμός απασχόλησης είναι 0,24. Επόμενος η αξιοπιστία της προσομοίωσης περιορίζεται, από 0,24 έως 0,50 του βαθμού απασχόλησης.



Εικόνα 75: Συνάρτηση της εκπομπής οξειδίων του θείου (SO<sub>x</sub>) των μονάδων με κινητήρα ντίζελ του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου.

#### 4.4.2 Των μονάδες με Ατμοστρόβιλους

*Του θερμοηλεκτρικός σταθμός στα Λινοπεράματα Ηρακλείου.*

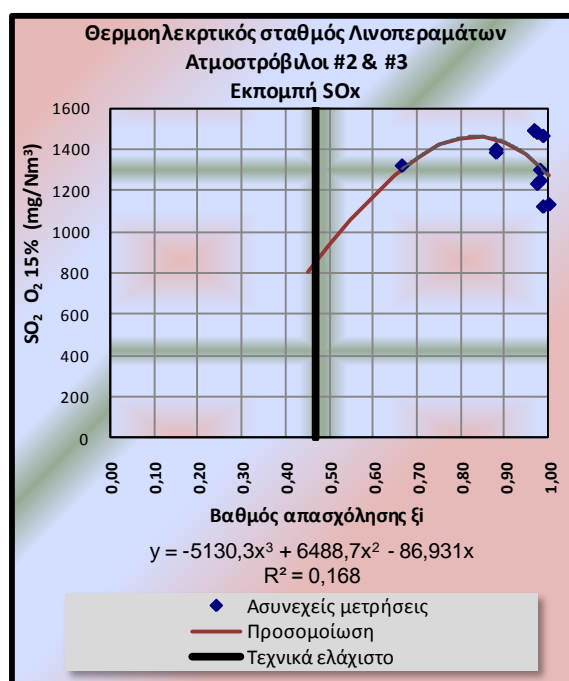
##### **Μονάδα με ατμοστρόβιλο # 1**

Η #1 μονάδα με ατμοστρόβιλο του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα για το 2006 ήταν εκτός λειτουργίας επομένως δεν υπάρχουν στοιχεία για τον υπολογισμό της συνάρτησης εκπομπή οξειδίων του θείου συναρτήσει του βαθμού απασχόλησης.

**Μονάδες με ατμοστροβίλο # 2 και 3**

Για τις #2 και #3 όμοιες μονάδες με ατμοστροβίλο του θερμοηλεκτρικού σταθμού παραγωγής στα Λινοπεράματα, χρησιμοποιήθηκαν οι ασυνεχείς μετρήσεις της «έκθεσης», των δύο μονάδων σε ένα κοινό διάγραμμα. Το εύρος των ασυνεχών μετρήσεων είναι για βαθμό απασχόλησης από 0,65 έως 1,00, όρια μέσα στα οποία λειτουργούν οι μονέδες εκτός των περιπτώσεων που βρίσκονται στις φάσεις σβέσης ή εκκίνησης. Ο τεχνικά ελάχιστος βαθμός απασχόλησης είναι 0,47. Επόμενος η αξιοπιστία της προσομοίωσης περιορίζεται, από 0,47 έως 0,65 του βαθμού απασχόλησης.

Από την επεξεργασία των ασυνεχών μετρήσεων (σε  $\text{mg}/\text{Nm}^3$ ), προκύπτει το διάγραμμα της Εικόνα 76 το οποίο αποτελεί τη γραφική παράσταση της συνάρτησης εκπομπής οξειδίων του θείου ( $\text{SO}_x$ ) για τις μονάδες με ατμοστροβίλο #2 και #3 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου.



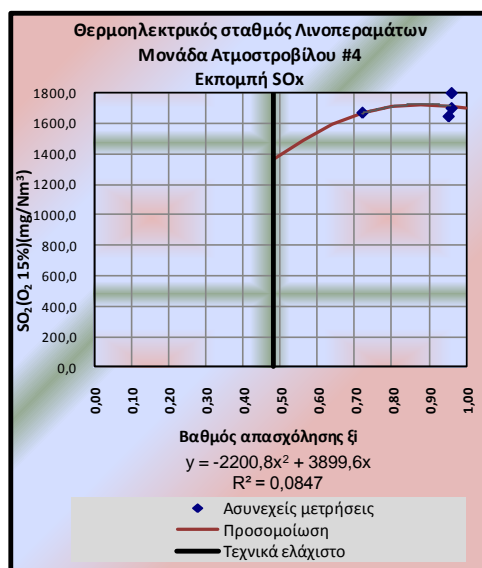
Εικόνα 76: Συνάρτηση της εκπομπής οξειδίων του θείου ( $\text{SO}_x$ ) των μονάδων #2 και #3 ατμοστροβίλων του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου.

**Μονάδα με ατμοστροβίλο # 4**

Για τη #4 μονάδα με ατμοστροβίλο του θερμοηλεκτρικού σταθμού παραγωγής στα Λινοπεράματα, χρησιμοποιήθηκαν οι ασυνεχείς μετρήσεις της «έκθεσης» το εύρος των οποίων είναι για βαθμό απασχόλησης από 0,70 έως 0,97, όρια μέσα στα οποία λειτουργούν οι μονέδες εκτός των περιπτώσεων που βρίσκονται στις φάσεις σβέσης ή εκκίνησης και ο τεχνικά ελάχιστος βαθμός απασχόλησης είναι 0,48. Επομένως, η αξιοπιστία της προσομοίωσης περιορίζεται στο εύρος 0,48 έως 0,70 του βαθμού απασχόλησης.

Από την επεξεργασία των ασυνεχών μετρήσεων (σε  $\text{mg}/\text{Nm}^3$ ), προκύπτει το διάγραμμα της Εικόνα 77 το οποίο αποτελεί τη γραφική παράσταση της συνάρτησης εκπομπής οξειδίων του

θείου (SO<sub>x</sub>) για τη μονάδα με ατμοστρόβιλο #4 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα.

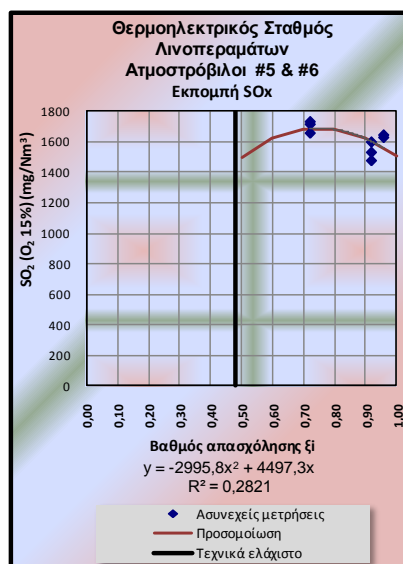


Εικόνα 77: Συνάρτηση της εκπομπής οξειδίων του θείου (SO<sub>x</sub>) της μονάδας με ατμοστρόβιλο # του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου.

#### **Μονάδες με ατμοστρόβιλο #5 και #6**

Για τις #5 και #6 όμοιες μονάδες με ατμοστρόβιλο του θερμοηλεκτρικού σταθμού παραγωγής στα Λινοπεράματα, χρησιμοποιήθηκαν οι ασυνεχείς μετρήσεις της «έκθεσης» των δύο μονάδων σε ένα κοινό διάγραμμα. Το εύρος των ασυνεχών μετρήσεων είναι για βαθμό απασχόλησης από 0,70 έως 1,00, όρια μέσα στα οποία λειτουργούν οι μονέδες εκτός των περιπτώσεων που βρίσκονται στις φάσεις σβέσης ή εκκίνησης. και ο τεχνικά ελάχιστος βαθμός απασχόλησης είναι 0,48. Επόμενος η αξιοπιστία της προσομοίωσης περιορίζεται, από 0,48 έως 0,70 του βαθμού απασχόλησης.

Από την επεξεργασία των ασυνεχών μετρήσεων (σε mg/Nm<sup>3</sup>), προκύπτει το διάγραμμα της Εικόνα 78 το οποίο αποτελεί τη γραφική παράσταση της συνάτησης εκπομπής οξειδίων του θείου (SO<sub>x</sub>) για τις μονάδες με ατμοστρόβιλο #5 και #6 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα.



Εικόνα 78: Συνάρτηση της εκπομπής οξειδίων του θείου (SOx) των μονάδων #5 και #6 ατμοστρόβιλων του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου.

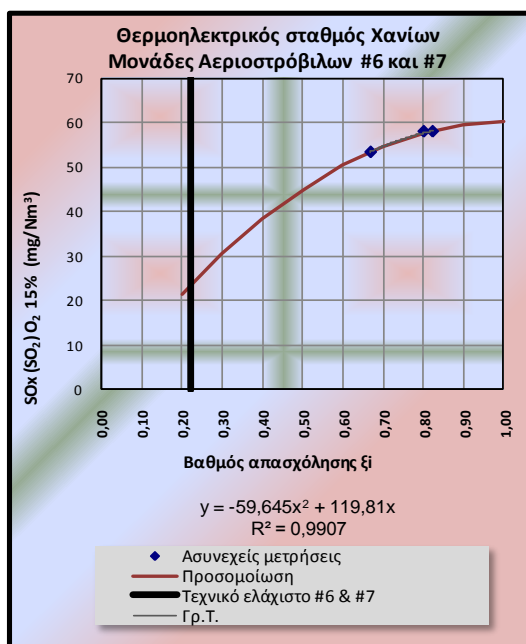
#### 4.4.3 Των μονάδες με Αεριοστρόβιλο

Όπως αναφέρεται στην παράγραφο 4.3.3. οι μονάδες με αεριοστρόβιλο που έχουν ποσοστό συμμετοχής στην συνολική παραγωγή μεγαλύτερο του 1% είναι οι : #3 και #5 του σταθμού παραγωγής των Λινοπεραμάτων και οι #6, #7, #11, #12 και #3 του σταθμού παραγωγής στα Χανιά.

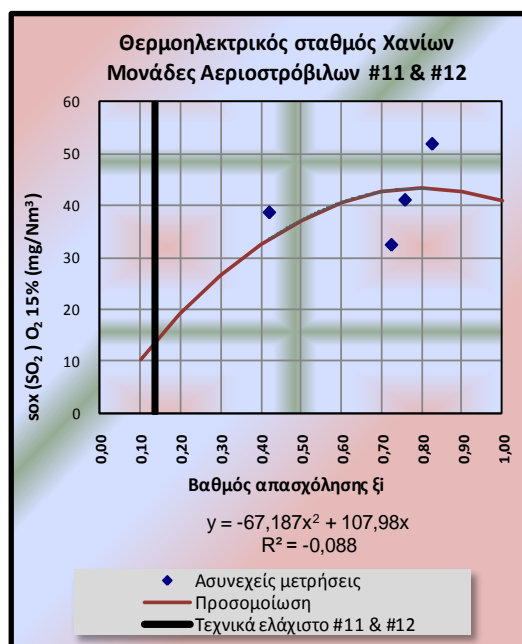
#### *Του θερμοηλεκτρικού σταθμού στη Ξυλοκαμάρα Χανιά*

##### **Μονάδες με αεριοστρόβιλο #6 και #7**

Οι μονάδες με αεριοστρόβιλο #6 και #7 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στη Ξυλοκαμάρα Χανίων αποτελούν υπομονάδες της μονάδας συνδυασμένου κύκλου (παράγραφος 4.1.2). Για τον υπολογισμό της συνάρτησης εκπομπής οξειδίων του θείου (SOx), χρησιμοποιήθηκαν οι ασυνεχείς μετρήσεις της «έκθεση» των δύο μονάδων σε ένα κοινό διάγραμμα. Με την επεξεργασία των ασυνεχών μετρήσεων (σε mg/Nm<sup>3</sup>), προκύπτει το διάγραμμα της Εικόνα 79.



(α)



(β)

Εικόνα 79: Συνάρτηση της εκπομπής οξειδίων του θείου (SOx) των μονάδων με αεριοστρόβιλο του θερμοηλεκτρικού σταθμού στην Ξυλοκαμάρα Χανίων (ασυνεχείς μετρήσεις) (α) #6 και # (β) #11 και #12

Το εύρος των μετρήσεων είναι για βαθμό απασχόλησης από 0,65 έως 0,80, ο τεχνικά ελάχιστος βαθμός απασχόλησης είναι 0,21 επόμενος, περιορίζεται η αξιοπιστία της προσομοίωσης στο εύρος 0,21 έως 0,65 και 0,80 έως 1,00 του βαθμού απασχόλησης.

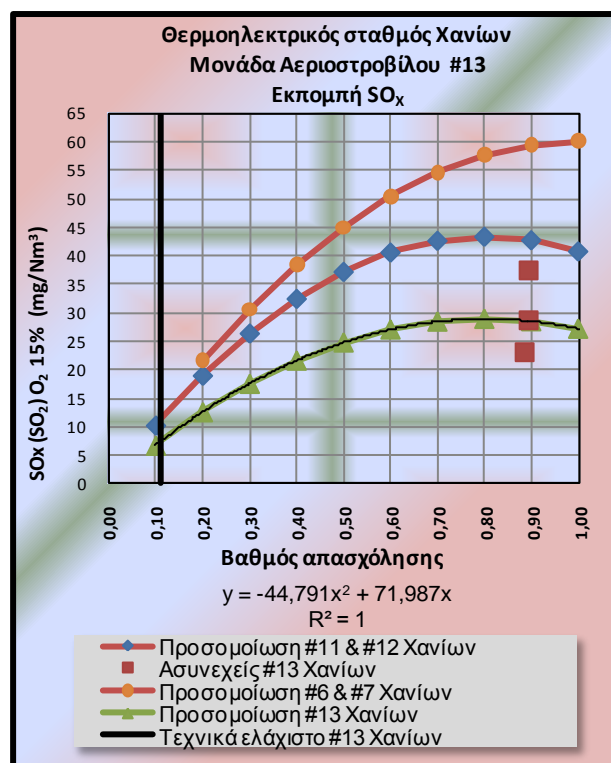
#### Μονάδες με αεριοστρόβιλο # 11 και 12

Για τον υπολογισμό της συνάρτησης εκπομπής οξειδίων του θείου (SO<sub>x</sub>), χρησιμοποιήθηκαν οι ασυνεχείς μετρήσεις της «έκθεση» των δύο μονάδων σε ένα κοινό διάγραμμα. Με την επεξεργασία των ασυνεχών μετρήσεων (σε mg/Nm<sup>3</sup>), προκύπτει το διάγραμμα της **Σφάλμα! Το αρχείο προέλευσης της αναφοράς δεν βρέθηκε..**

Το εύρος των μετρήσεων είναι για βαθμό απασχόλησης από 0,40 έως 0,80 και ο τεχνικά ελάχιστος βαθμός απασχόλησης είναι 0,13. Επόμενος, η αξιοπιστία της προσομοίωσης περιορίζεται από 0,13 έως 0,40 και από 0,80 έως 1,00 του βαθμού απασχόλησης.

#### Μονάδα με αεριοστρόβιλο #13

Για την μονάδα με αεριοστρόβιλο #13 του σταθμού Χανίων, οι ασυνεχείς μετρήσεις της «έκθεσης», όπως φαίνεται στο διάγραμμα της Εικόνα 80 έχουν πραγματοποιηθεί στο ίδιο φορτίο (βαθμός απασχόλησης 0,89). Για τον υπολογισμό της συνάρτησης εκπομπής οξειδίων του θείου (SO<sub>x</sub>) χρησιμοποιήθηκε η ίδιας μορφής συνάρτησης με αυτές που προκύπτουν από τον υπολογισμό για τις μονάδες με αεριοστρόβιλο #6, #7, #11 και #12 (διάγραμμα Εικόνα 80).

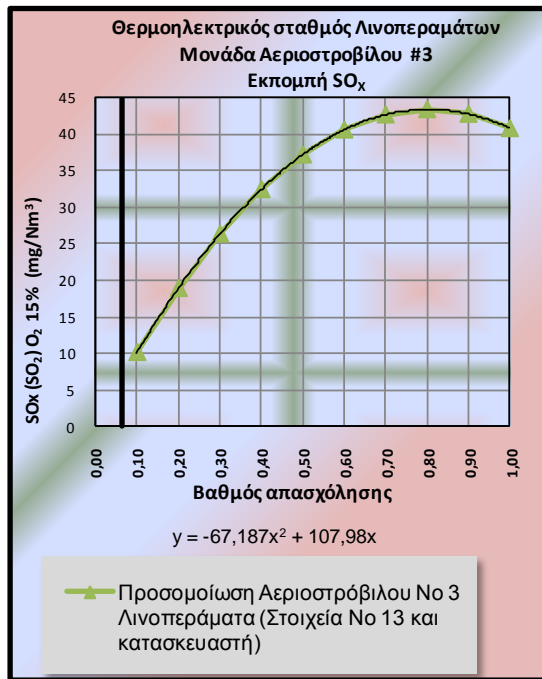


Εικόνα 80: Συνάρτηση της εκπομπής οξειδίων του θείου (SO<sub>x</sub>) συναρτήσει του βαθμού απασχόλησης της μονάδας με αεριοστρόβιλο #13 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στην Ξυλοκαμάρα Χανίων (ασυνεχείς μετρήσεις)

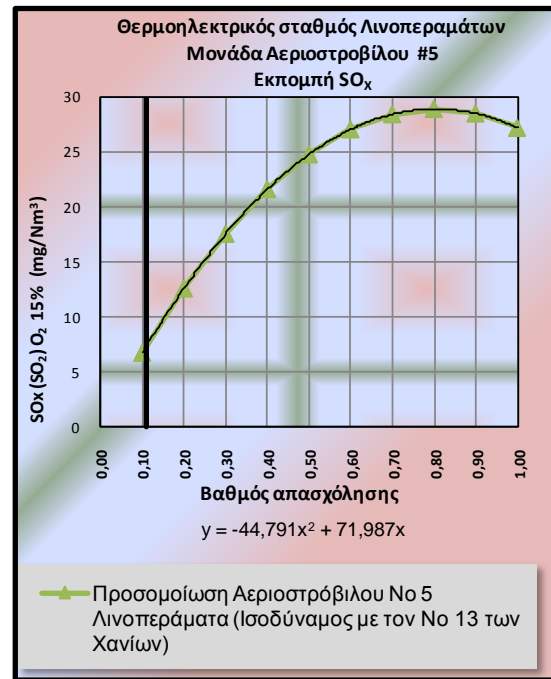
#### Του θερμοηλεκτρικός σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου

Για τις μονάδες με αεριοστρόβιλο #3 και #5 του θερμοηλεκτρικού σταθμού παραγωγής των Λινοπεραμάτων δεν υπάρχουν μετρήσεις της εκπομπής οξειδίων του θείου (SO<sub>x</sub>). Η μονάδα #5 είναι όμοια με την μονάδα #13 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στην Ξυλοκαμάρα Χανίων. Επόμενος για τον υπολογισμό της συνάρτησης εκπομπής οξειδίων του θείου (SO<sub>x</sub>) για τον #5 αεριοστρόβιλο χρησιμοποιήθηκε η ίδια συνάρτηση με αυτή της μονάδας #13 του σταθμού των Χανίων (διάγραμμα (β) Εικόνα 100).

Η μονάδα #3 ανήκει στον ίδιο κατασκευαστικό οίκο με τη μονάδα #13 του θερμοηλεκτρικού σταθμού των Χανίων (παράγραφος 4.1.2). Από στοιχεία του κατασκευαστή προκύπτει ότι ο λόγος που συνδέει την εκπομπή οξειδίων του θείου των δύο μονάδων είναι 1,5. Άρα για τον υπολογισμό της συνάρτησης εκπομπής οξειδίων του θείου (SO<sub>x</sub>) της μονάδας με αεριοστρόβιλο #3 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα χρησιμοποιήθηκαν τα αποτελέσματα του υπολογισμού της μονάδας με αεριοστρόβιλο #13 του θερμοηλεκτρικού σταθμού Χανίων πολλαπλασιασμένες επί 1,50. (διάγραμμα (α) Εικόνα 100).



(α)



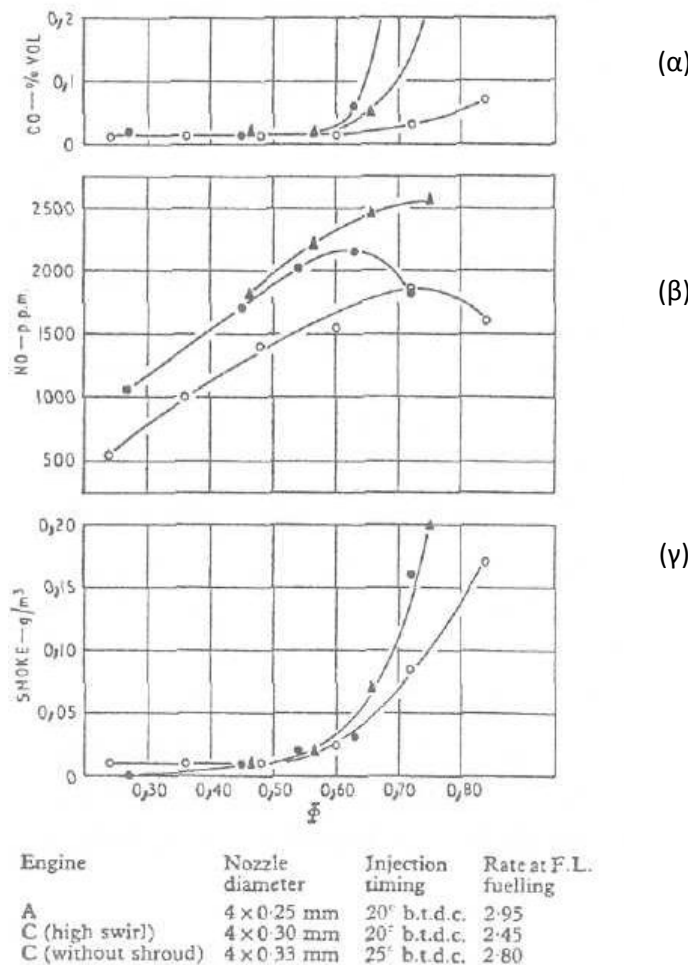
(β)

Εικόνα 81: Συναρτήσεις της εκπομπής οξειδίων του θείου (SO<sub>x</sub>) των μονάδων με αεριοστρόβιλο #3 και #5 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου.

## 4.5 Συναρτήσεις της εκπομπής μονοξειδίου του άνθρακα (CO) των θερμοηλεκτρικών σταθμών του συστήματος παραγωγής στην Κρήτη.

### 4.5.1 Των μονάδων με κινητήρες ντίζελ

Το μονοξείδιο του άνθρακα αποτελεί ενδιάμεσο προϊόν της καύσης του άνθρακα που εμπεριέχεται στο καύσιμο προς διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>). Ο σχηματισμός του CO λαμβάνει χώρα όταν το διαθέσιμο οξυγόνο δεν επαρκεί για την στοιχειομετρική καύση του μείγματος καυσίμου – αέρα, και έτσι ο λόγος ισοδυναμίας λ<sub>α</sub> αποτελεί τη βασικότερη παράμετρο επηρεασμού της εκπομπής μονοξειδίου του άνθρακα (CO). Κατά συνέπεια το πρόβλημα καθίσταται ιδιαίτερα έντονο στην περίπτωση που το μείγμα είναι πλούσιο, καθώς τότε το ποσοστό του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) στα προϊόντα τα καύσεως αυξάνει δραματικά. Λόγω του γεγονότος αυτού το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) εμφανίζεται σε πολύ μικρά ποσοστά στους κινητήρες ντίζελ, οι οποίοι λειτουργούν με μεγάλη περίσσεια αέρα ακόμη και στο πλήρες φορτίο τους.



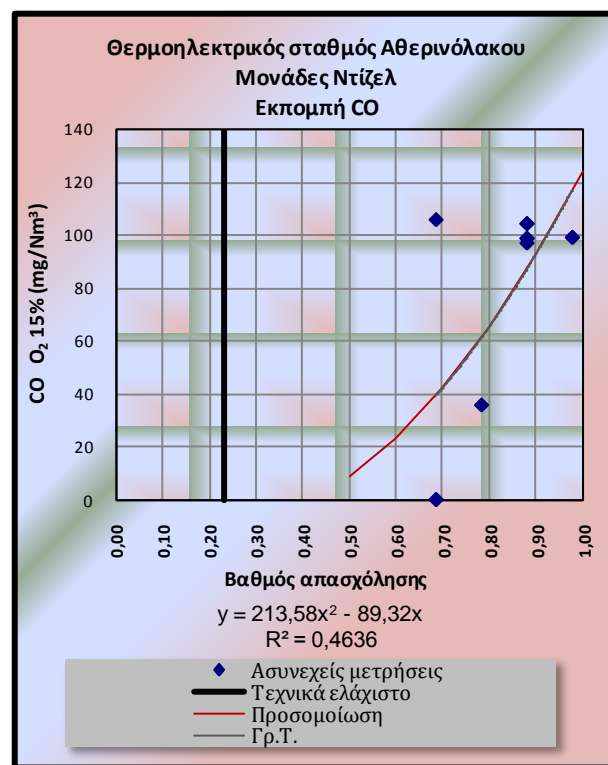


Εικόνα 82: Μεταβολή εκπομπής μονοξειδίου του άνθρακα CO (α), μονοξειδίου του αζώτου NO (β) και σωματιδίων (smoke) (γ), (Φ) κινητήρα ντίζελ [10].

Με δεδομένο ότι η εκπομπή του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) αυξάνει με την αύξηση του συντελεστή απασχόλησης στους ντίζελ κινητήρες (διάγραμμα (α) της Εικόνα 82) παρακάτω δίνονται τα οι συναρτήσεις εκπομπής του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) των μονάδων με ντίζελ κινητήρα όπως προκύπτουν από τη επεξεργασία των ασυνεχών μετρήσεων της «έκθεση».

#### Του θερμοηλεκτρικού σταθμού στον Αθερινόλακκο Λασιθίου.

Για τις μονάδες με κινητήρα ντίζελ του θερμοηλεκτρικού σταθμού στον Αθερινόλακκο χρησιμοποιήθηκαν οι ασυνεχείς μετρήσεις της «έκθεση» των δύο όμοιων μονάδων σε ένα κοινό διάγραμμα. Από την επεξεργασία των ασυνεχών μετρήσεων (σε mg/Nm<sup>3</sup>), προκύπτει το διάγραμμα της Εικόνα 83 το οποίο αποτελεί τη γραφική παράσταση της συνάτησης εκπομπής μονοξειδίου του άνθρακα (CO).

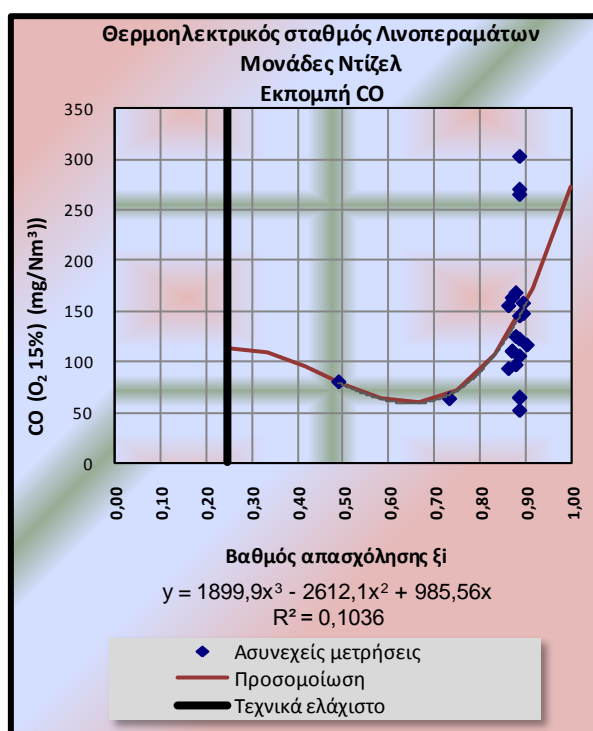


Εικόνα 83 : Συνάρτηση της εκπομπής μονοξειδίου του άνθρακα (CO) συναρτήσει του βαθμού απασχόλησης των μονάδων με κινητήρα ντίζελ του θερμοηλεκτρικού σταθμού στον Αθερινόλακκο Λασιθίου.

#### Του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου

Για τις μονάδες με κινητήρα ντίζελ του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα χρησιμοποιήθηκαν οι ασυνεχείς μετρήσεις της «έκθεση» και των τεσσάρων όμοιων μονάδων σε ένα κοινό διάγραμμα. Από την επεξεργασία των ασυνεχών μετρήσεων (σε mg/Nm<sup>3</sup>),

προκύπτει το διάγραμμα της Εικόνα 84 οποίο αποτελεί τη γραφική παράσταση της συνάρτησης εκπομπής μονοξειδίου του άνθρακα (CO) συνρτήσει του βαθμού απασχόλησης.



Εικόνα 84: Συνάρτηση της εκπομπής μονοξειδίου του άνθρακα (CO) των μονάδων με κινητήρα ντίζελ του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου.

#### 4.5.2 Των μονάδων με ατμοστρόβιλο

##### Του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου

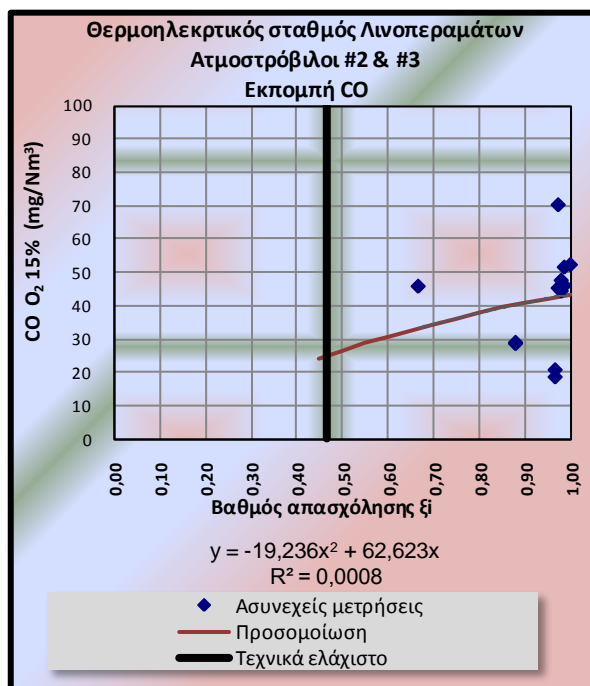
###### Μονάδα με ατμοστρόβιλο # 1

Η μονάδα με ατμοστρόβιλο #1 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα για το 2006 ήταν εκτός λειτουργίας επομένως δεν υπάρχουν στοιχεία για τον υπολογισμό της συνάρτησης εκπομπή μονοξειδίου του άνθρακα (CO).

###### Μονάδες με ατμοστρόβιλο # 2 και 3

Για τις #2 και #3 όμοιες μονάδες με ατμοστρόβιλο του θερμοηλεκτρικού σταθμού παραγωγής στα Λινοπεράματα, χρησιμοποιήθηκαν οι ασυνεχείς μετρήσεις της «έκθεση» των δύο μονάδων σε ένα κοινό διάγραμμα. Το εύρος των ασυνεχών μετρήσεων είναι για βαθμό απασχόλησης από 0,65 έως 1,00, όρια μέσα στα οποία λειτουργούν οι μονέδες εκτός των περιπτώσεων που βρίσκονται στις φάσεις σβέσης ή εκκίνησης. Ο τεχνικά ελάχιστος βαθμός απασχόλησης είναι 0,47. Επόμενος η αξιοπιστία της προσομοίωσης περιορίζεται, από 0,47 έως 0,65 του βαθμού απασχόλησης.

Από την επεξεργασία των ασυνεχών μετρήσεων (σε  $\text{mg}/\text{Nm}^3$ ), προκύπτει το διάγραμμα της Εικόνα 85 το οποίο αποτελεί τη γραφική παράσταση της συνάτησης εκπομπής μονοξειδίου του άνθρακα (CO) συναρτήσεις του βαθμού απασχόλησης για τις μονάδες με ατμοστρόβιλο #2 και #3 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα.

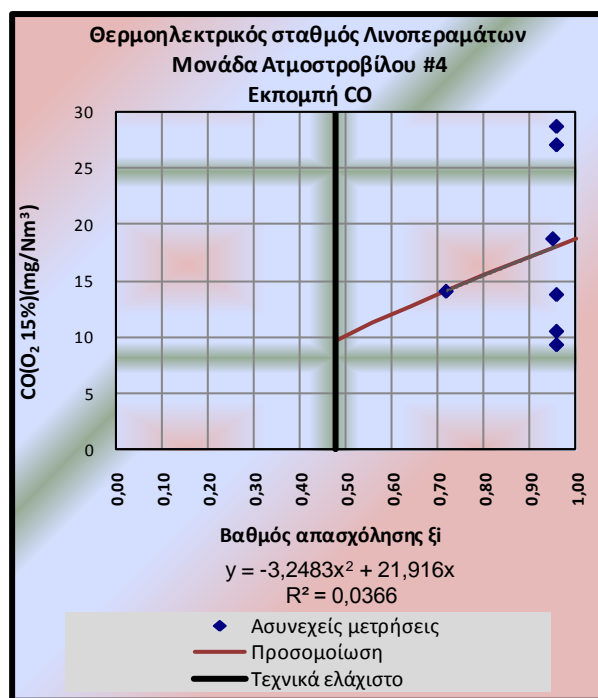


Εικόνα 85: Συνάρτηση της εκπομπής μονοξειδίου του άνθρακα (CO) των μονάδων με ατμοστρόβιλο #2 και #3 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου.

#### Μονάδα με ατμοστρόβιλο #4

Για τη #4 μονάδα με ατμοστρόβιλο του θερμοηλεκτρικού σταθμού παραγωγής στα Λινοπεράματα, το εύρος των ασυνεχών μετρήσεων της «έκθεσης» είναι για βαθμό απασχόλησης από 0,75 έως 0,97, όρια μέσα στα οποία λειτουργούν οι μονέδες εκτός των περιπτώσεων που βρίσκονται στις φάσεις σβέσης ή εκκίνησης. και ο τεχνικά ελάχιστος βαθμός απασχόλησης της είναι 0,48. Επόμενος η αξιοπιστία της προσομοίωσης περιορίζεται, από 0,48 έως 0,75 του βαθμού απασχόλησης.

Από την επεξεργασία των ασυνεχών μετρήσεων (σε  $\text{mg}/\text{Nm}^3$ ), προκύπτει το διάγραμμα της Εικόνα 86 το οποίο αποτελεί τη γραφική παράσταση της συνάτησης εκπομπής Μονοξειδίου του άνθρακα για τη μονάδα με ατμοστρόβιλο #4 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα.

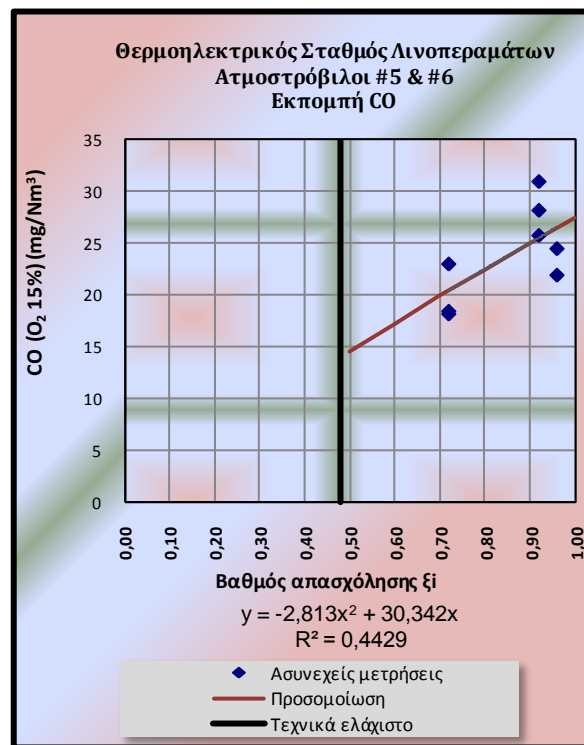


Εικόνα 86: Συνάρτηση της εκπομπής μονοξειδίου του άνθρακα(CO) της μονάδας με ατμοστρόβιλο #4 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου.

#### Μονάδες με ατμοστρόβιλο # 5 και #6

Για τις #5 και #6 όμοιες μονάδες με ατμοστρόβιλο του θερμοηλεκτρικού σταθμού παραγωγής στα Λινοπεράματα, χρησιμοποιήθηκαν οι ασυνεχείς μετρήσεις της «έκθεση» των δύο μονάδων σε ένα κοινό διάγραμμα. Το εύρος των ασυνεχών μετρήσεων είναι για βαθμό απασχόλησης από 0,70 έως 1,00, όρια μέσα στα οποία λειτουργούν οι μονέδες εκτός των περιπτώσεων που βρίσκονται στις φάσεις σβέσης ή εκκίνησης. και τεχνικά ελάχιστος βαθμός απασχόλησης τους είναι 0,48. Επόμενος η αξιοπιστία της προσομοίωσης περιορίζεται, από 0,48 έως 0,70 του βαθμού απασχόλησης.

Από την επεξεργασία των ασυνεχών μετρήσεων ( σε mg/Nm<sup>3</sup>), προκύπτει το διάγραμμα της Εικόνα 87 το οποίο αποτελεί τη γραφική παράσταση της συνάρτησης εκπομπής Μονοξειδίου του άνθρακα για τις μονάδες με ατμοστρόβιλο #5 και #6 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα.



Εικόνα 87: Συνάρτηση της εκπομπής μονοξειδίου του άνθρακα (CO) των μονάδων με ατμοστρόβιλο #5 και #6 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου.

### 4.5.3 Των μονάδων με αεριοστρόβιλο

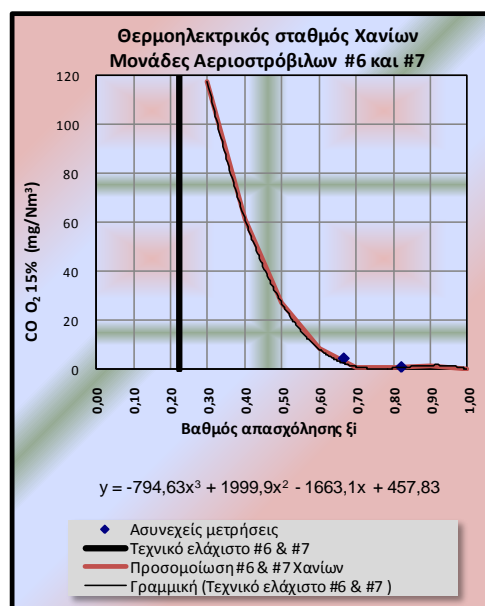
Σε θαλάμους καύσης αεριοστροβίλων που λειτουργούν με πλούσια σε καύσιμο μίγματα σχηματίζονται μεγάλες ποσότητες μονοξειδίου του άνθρακα κυρίως λόγω έλλειψης οξυγόνου. Σημαντικές όμως ποσότητες μονοξειδίου του άνθρακα παράγονται και σε στοιχείο μετρική ή ελαφρά φτωχή σε καύσιμο καύση, σαν αποτέλεσμα της διάσπασης του CO<sub>2</sub> στην επικρατούσα θερμοκρασία καύσης. Θεωρητικά η σταδιακή ψύξη των καυσαερίων με προσθήκη αέρα μετά την αρχική ζώνη αντίδρασης θα έπρεπε να μειώνει δραστικά το CO που σχηματίζεται με τη διάσπαση του CO<sub>2</sub>. Στην πράξη όμως, οι εκπομπές CO είναι πολύ υψηλότερες από αυτές που προβλέπονται από τους υπολογισμούς με βάση τη χημική ισορροπία, ενώ μεγιστοποιούνται σε συνθήκες λειτουργίας μερικού φορτίου, όπου οι ρυθμοί καύσης και οι μέγιστες θερμοκρασίες είναι σχετικά χαμηλές.

Όπως και στην περίπτωση του υπολογισμού των συναρτήσεων της εκπομπής διοξειδίου του αζώτου (παράγραφος 4.3.3), ο υπολογισμός των συναρτήσεων εκπομπής μονοξειδίου του άνθρακα (CO) των μονάδων με αεριοστρόβιλο γίνεται για τις μονάδες #3 και #5 του σταθμού παραγωγής στα Λινοπεράματα Ηρακλείου και τους #6, #7, # 11, #12 και #13 του σταθμού παραγωγής στην Ξυλοκαμάρα Χανιά.

#### Του θερμοηλεκτρικού στη Ξυλοκαμάρα Χανίων

#### **Μονάδες με αεριοστρόβιλο # 6 και #7**

Οι μονάδες με αεριοστρόβιλο #6 και #7 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στην Ξυλοκαμάρα Χανίων αποτελούν υπομονάδες της μονάδας συνδυασμένου κύκλου (παράγραφος 4.1.2). Για τον υπολογισμό της συνάρτησης εκπομπής μονοξειδίου του άνθρακα (CO), χρησιμοποιήθηκαν οι ασυνεχείς μετρήσεις της «έκθεσης» των δύο μονάδων σε ένα κοινό διάγραμμα. Με την επεξεργασία των ασυνεχών μετρήσεων (σε mg/Nm<sup>3</sup>), προκύπτει το διάγραμμα της Εικόνα 88.

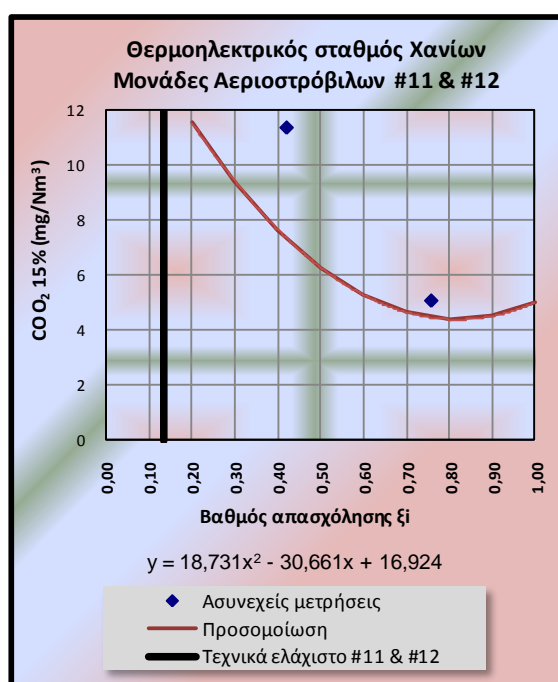


Εικόνα 88: Συνάρτηση της εκπομπής μονοξειδίου του άνθρακα (CO) των μονάδων #6 και #7 αεριοστροβίλων του θερμοηλεκτρικού σταθμού στην Ξυλοκαμάρα Χανίων (ασυνεχείς μετρήσεις).

Το εύρος των μετρήσεων είναι για βαθμό απασχόλησης από 0,65 έως 0,80, και ο τεχνικά ελάχιστος βαθμός απασχόλησης τους είναι 0,21. Επόμενος η αξιοπιστία της προσομοίωσης περιορίζεται στο εύρος 0,21 έως 0,65 και 0,80 έως 1,00 του βαθμού απασχόλησης.

### Μονάδες με αεριοστρόβιλο #11 και #12

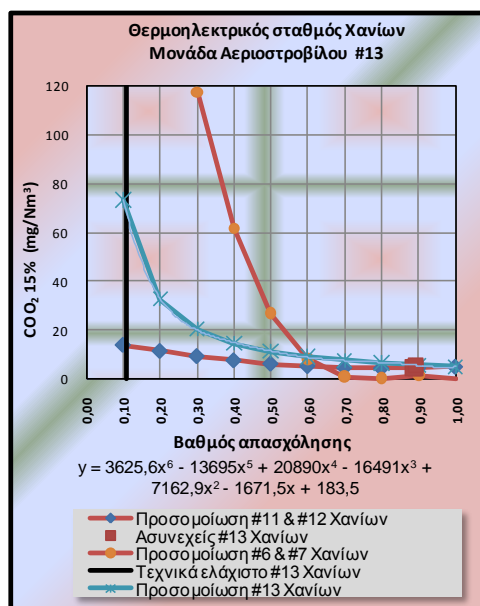
Για τον υπολογισμό της συνάρτησης εκπομπής μονοξειδίου του άνθρακα (CO) των μονάδων με αεριοστρόβιλο #11 και #12 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στην Ξυλοκαμάρα Χανιά, χρησιμοποιήθηκαν οι ασυνεχείς μετρήσεις της «έκθεση» των δύο μονάδων σε ένα κοινό διάγραμμα. Με την επεξεργασία των ασυνεχών μετρήσεων (σε  $\text{mg}/\text{Nm}^3$ ), προκύπτει το διάγραμμα της Εικόνα 89



Εικόνα 89: Συνάρτηση της εκπομπής μονοξειδίου του άνθρακα των μονάδων με αεριοστρόβιλο #11 και #12 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στην Ξυλοκαμάρα Χανίων (ασυνεχείς μετρήσεις)

### Μονάδα με αεριοστρόβιλο #13

Για την μονάδα μονάδας με αεριοστρόβιλο #13 του σταθμού στην Ξυλοκαμάρα Χανίων, οι ασυνεχείς μετρήσεις της «έκθεση» όπως φαίνεται στο διάγραμμα της Εικόνα 90 έχουν πραγματοποιηθεί στο ίδιο φορτίο (βαθμός απασχόλησης 0,89). Για τον υπολογισμό της συνάρτησης εκπομπής μονοξειδίου του άνθρακα (CO) χρησιμοποιήθηκε η ίδια μορφή συνάρτησης με αυτές που προκύπτουν από τον υπολογισμό για τις μονάδες με αεριοστρόβιλο #6, #7, #11 και #12 (Εικόνα 90).

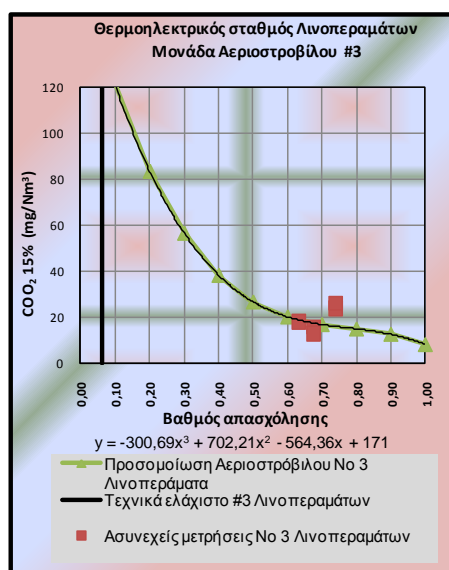


Εικόνα 90 : Συναρτήσεις της εκπομπής μονοξειδίου του άνθρακα (CO) συναρτήσει του βαθμού απασχόλησης της μονάδας με αεριοστρόβιλο # 13 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στην Ξυλοκαμάρα Χανίων.

*Του θερμοηλεκτρικού σταθμού παραγωγής στα Λινοπεράματα Ηρακλείου.*

Για τη μονάδα με αεριοστρόβιλο #3 του θερμοηλεκτρικού σταθμού παραγωγής στα Λινοπεράματα, χρησιμοποιήθηκαν οι ασυνεχείς μετρήσεις της «έκθεση». Το εύρος των ασυνεχών μετρήσεων είναι για βαθμό απασχόλησης από 0,65 έως 0,75 και ο τεχνικά ελάχιστος βαθμός απασχόλησης της είναι 0,06. Επόμενος η αξιοπιστία της προσομοίωσης περιορίζεται, από 0,06 έως 0,65 και 0,75 έως 1,00 του βαθμού απασχόλησης.

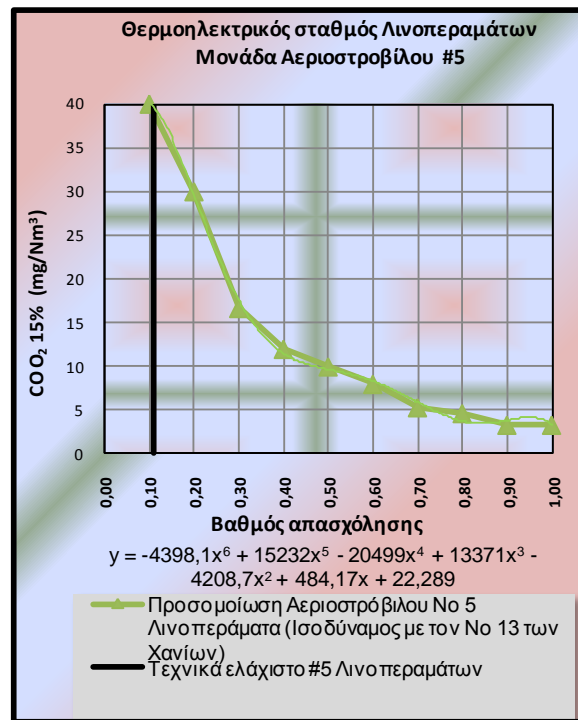
Από την επεξεργασία των ασυνεχών μετρήσεων ( σε mg/Nm<sup>3</sup>), προκύπτει το διάγραμμα της Εικόνα 91 το οποίο αποτελεί τη γραφική παράσταση της συνάτησης εκπομπής μονοξειδίου του άνθρακα για τη μονάδα ατμοστρόβιλων #3 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα.



Εικόνα 91: Συνάρτηση της εκπομπής μονοξειδίου του άνθρακα (CO) της μονάδας με αεριοστρόβιλο #3 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου.



Για τις μονάδα με αεριοστρόβιλο #5 του θερμοηλεκτρικού σταθμού παραγωγής των Λινοπεραμάτων δεν υπάρχουν μετρήσεις εκπομπής μονοξειδίου του άνθρακα (CO). Η μονάδα #5 είναι όμοια με την μονάδα #13 του θερμοηλεκτρικού σταθμού των Χανίων. Επόμενος για τον υπολογισμό της συνάρτησης εκπομπής μονοξειδίου του άνθρακα (CO) για τον #5 αεριοστρόβιλο χρησιμοποιήθηκε η ίδια συνάρτηση με αυτή της μονάδας #13 του σταθμού των Χανίων (Εικόνα 92).



Εικόνα 92: Συνάρτηση της εκπομπής μονοξειδίου του άνθρακα (CO) της μονάδας με αεριοστρόβιλο #5 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου.

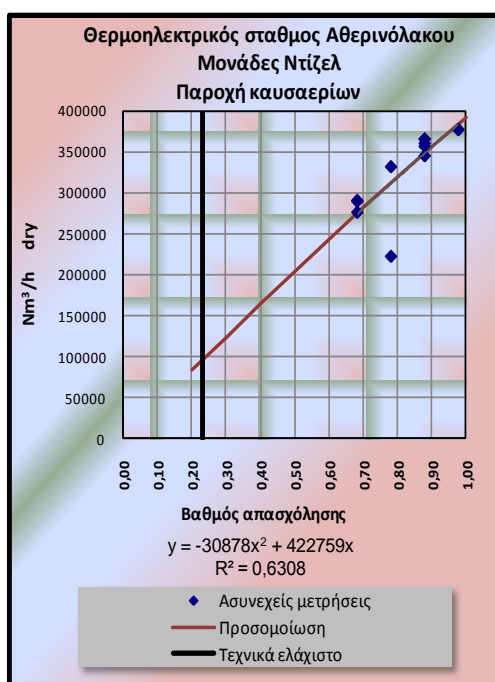
## 4.6 Συναρτήσεις παροχής καυσαερίων των Θερμοηλεκτρικών μονάδων παραγωγής στο σύστημα της Κρήτης.

### Μονάδες με κινητήρες Ντίζελ

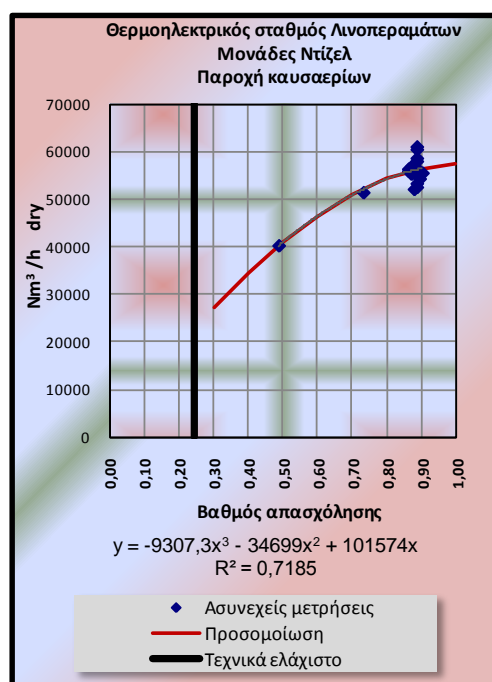
#### Του θερμοηλεκτρικού σταθμού στον Αθρινόλακκο Λασιθίου

Για τις μονάδες με κινητήρα ντίζελ του θερμοηλεκτρικού σταθμού στον Αθρινόλακκο Λασιθίου χρησιμοποιήθηκαν οι ασυνεχείς μετρήσεις της «έκθεση» των δύο όμοιων μονάδων σε ένα κοινό διάγραμμα (Εικόνα 93 (α)).

Από την επεξεργασία των μετρήσεων (σε Nm<sup>3</sup>/h dry) προκύπτει το διάγραμμα (α) της Εικόνα 93. Το εύρος των ασυνεχών μετρήσεων είναι για βαθμό απασχόλησης από 0,70 έως 1,00, όρια μέσα στα οποία λειτουργούν οι μονέδες εκτός των περιπτώσεων που βρίσκονται στις φάσεις σβέσης ή εκκίνησης. Ο τεχνικά ελάχιστος βαθμός απασχόλησης είναι 0,23. Επόμενος η αξιοπιστία της προσομοίωσης περιορίζεται, από 0,23 έως 0,70 του βαθμού απασχόλησης.



(α)



(β)

Εικόνα 93: Συναρτηση της παροχής καυσαερίων των μονάδων με κινητήρα ντίζελ (α) Του θερμοηλεκτρικού σταθμού στον Αθρινόλακκο Λασιθίου και (β) Του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου.

#### Του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου.

Για τις μονάδες με κινητήρα ντίζελ του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα χρησιμοποιήθηκαν οι ασυνεχείς μετρήσεις της «έκθεση» των τεσσάρων όμοιων μονάδων σε ένα κοινό διάγραμμα (Εικόνα 93 (β)).

Από την επεξεργασία των ασυνεχών μετρήσεων ( σε  $\text{Nm}^3/\text{h dry}$ ), προκύπτει το διάγραμμα (β) της Εικόνα 93. Το εύρος των ασυνεχών μετρήσεων είναι για βαθμό απασχόλησης από 0,50 έως 1,00, όρια μέσα στα οποία λειτουργούν οι μονέδες εκτός των περιπτώσεων που βρίσκονται στις φάσεις σβέσης ή εκκίνησης. Ο τεχνικά ελάχιστος βαθμός απασχόλησης είναι 0,24. Επόμενος η αξιοπιστία της προσομοίωσης περιορίζεται, από 0,24 έως 0,50 του βαθμού απασχόλησης.

### Μονάδες με Ατμοστρόβιλους

---

*Του θερμοηλεκτρικός σταθμός στα Λινοπεράματα Ηρακλείου.*

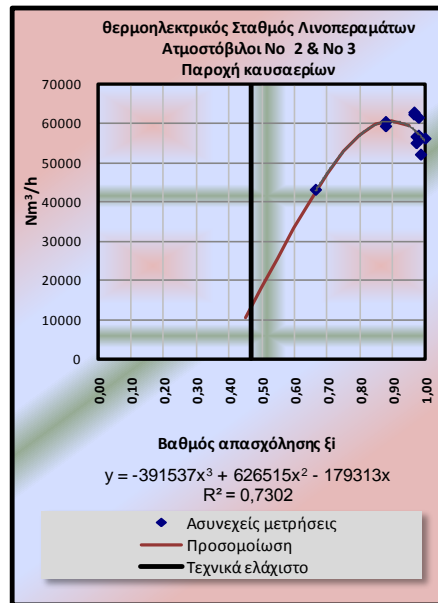
#### **Μονάδα με ατμοστρόβιλο # 1**

Η μονάδα με ατμοστρόβιλο #1 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα για το 2006 ήταν εκτός λειτουργίας επομένως δεν υπάρχουν στοιχεία για τον υπολογισμό της συνάρτησης Παροχή καυσαερίων.

#### **Μονάδες με ατμοστρόβιλο # 2 και 3**

Για τις #2 και #3 όμοιες μονάδες με ατμοστρόβιλο του θερμοηλεκτρικού σταθμού παραγωγής στα Λινοπεράματα, χρησιμοποιήθηκαν οι ασυνεχείς μετρήσεις της «έκθεση» των δύο μονάδων σε ένα κοινό διάγραμμα. Το εύρος των ασυνεχών μετρήσεων είναι για βαθμό απασχόλησης από 0,65 έως 1,00, όρια μέσα στα οποία λειτουργούν οι μονέδες εκτός των περιπτώσεων που βρίσκονται στις φάσεις σβέσης ή εκκίνησης. Ο τεχνικά ελάχιστος βαθμός απασχόλησης είναι 0,47. Επόμενος η αξιοπιστία της προσομοίωσης περιορίζεται, από 0,47 έως 0,65 του βαθμού απασχόλησης.

Από την επεξεργασία των ασυνεχών μετρήσεων ( σε  $\text{Nm}^3/\text{h}$ ), προκύπτει το διάγραμμα της Εικόνα 94 το οποίο αποτελεί τη γραφική παράσταση της συνάτηρησης παροχή καυσαερίων για τις μονάδες με ατμοστρόβιλο #2 και #3 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου.

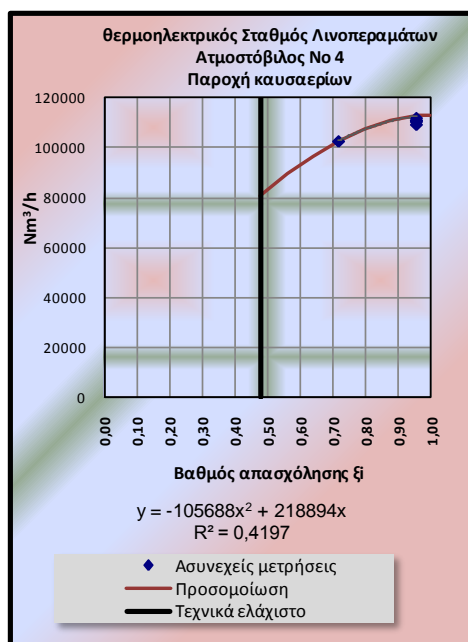


Εικόνα 94: Συνάρτηση της παροχής καυσαερίων των μονάδων με ατμοστρόβιλο #2 και #3 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου.

#### Μονάδα με ατμοστρόβιλο #4

Για τη #4 μονάδα με ατμοστρόβιλο του θερμοηλεκτρικού σταθμού παραγωγής στα Λινοπεράματα, χρησιμοποιήθηκαν το εύρος των ασυνεχών μετρήσεων της «έκθεσης» είναι για βαθμό απασχόλησης από 0,70 έως 0,97, όρια μέσα στα οποία λειτουργούν οι μονέδες εκτός των περιπτώσεων που βρίσκονται στις φάσεις σβέσης ή εκκίνησης. Ο τεχνικά ελάχιστος βαθμός απασχόλησης είναι 0,48. Επομένως η αξιοπιστία της προσομοίωσης περιορίζεται από 0,48 έως 0,70 του βαθμού απασχόλησης.

Από την επεξεργασία των ασυνεχών μετρήσεων (σε Nm<sup>3</sup>/h,) προκύπτει το διάγραμμα της Εικόνα 95 το οποίο αποτελεί τη γραφική παράσταση της συνάρτησης παροχής καυσαερίων για τη μονάδα με ατμοστρόβιλο #4 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα.

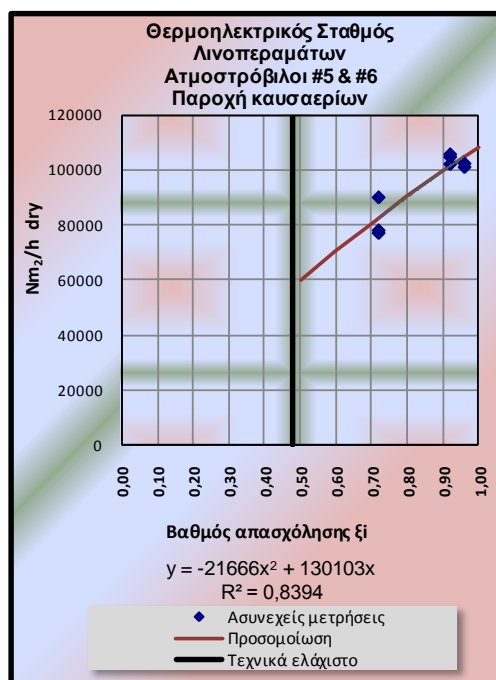


Εικόνα 95: Συνάρτηση της παροχής καυσαερίων της μονάδας με ατμοστρόβιλο #4 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου.

#### **Μονάδες με ατμοστρόβιλο #5 και #6**

Για τις #5 και #6 όμοιες μονάδες με ατμοστρόβιλο του θερμοηλεκτρικού σταθμού παραγωγής στα Λινοπεράματα, χρησιμοποιήθηκαν οι ασυνεχείς μετρήσεις της «έκθεσης», των δύο μονάδων σε ένα κοινό διάγραμμα. Το εύρος των ασυνεχών μετρήσεων είναι για βαθμό απασχόλησης από 0,70 έως 1,00, όρια μέσα στα οποία λειτουργούν οι μονέδες εκτός των περιπτώσεων που βρίσκονται στις φάσεις σβέσης ή εκκίνησης. Ο τεχνικά ελάχιστος βαθμός απασχόλησης είναι 0,48. Επόμενος η αξιοπιστία της προσομοίωσης περιορίζεται, από 0,48 έως 0,70 του βαθμού απασχόλησης.

Από την επεξεργασία των ασυνεχών μετρήσεων (σε Nm<sup>3</sup>/h) προκύπτει το διάγραμμα της Εικόνα 96 το οποίο αποτελεί τη γραφική παράσταση της συνάτηρησης παροχής καυσαερίων για τις μονάδες με ατμοστρόβιλο #5 και #6 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα.



Εικόνα 96: Συνάρτηση της παροχής καυσαερίων των μονάδων με ατμοστρόβιλο #5 και # του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου.

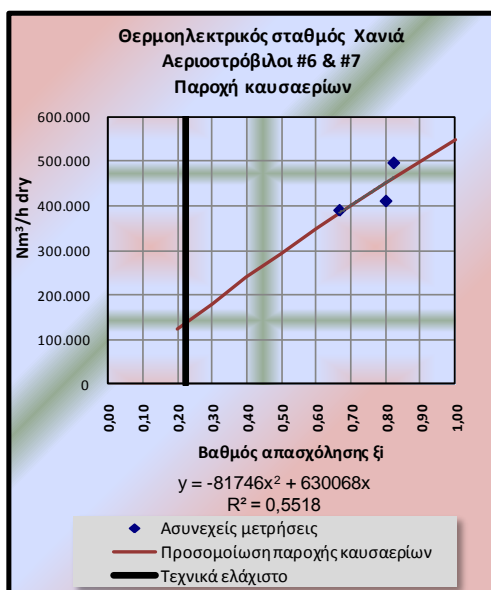
### Των μονάδες με Αεριοστρόβιλο

Ο υπολογισμός των συναρτήσεων της παροχής καυσαερίων των μονάδων με αεριοστρόβιλο όπως αναφέρεται στην παράγραφο 4.3.3 γίνεται για τις μονάδες #3 και #5 του σταθμού παραγωγής των Λινοπεραμάτων και οι #6, #7, #11, #12 και #3 του σταθμού παραγωγής στην Ξυλοκαμάρα Χανίων.

#### *Του θερμοηλεκτρικός σταθμού στη Ξυλοκαμάρα Χανιά*

##### **Μονάδες με αεριοστρόβιλο #6 και #7**

Οι μονάδες με αεριοστρόβιλο #6 και #7 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στη Ξυλοκαμάρα Χανίων αποτελούν υπομονάδες της μονάδας συνδυασμένου κύκλου (παράγραφος 4.1.2). Για τον υπολογισμό της συνάρτησης παροχή καυσαερίων, χρησιμοποιήθηκαν οι ασυνεχείς μετρήσεις της «έκθεση» των δύο μονάδων σε ένα κοινό διάγραμμα. Με την επεξεργασία των ασυνεχών μετρήσεων (σε Nm<sup>3</sup>/h) προκύπτει το διάγραμμα της Εικόνα 97.

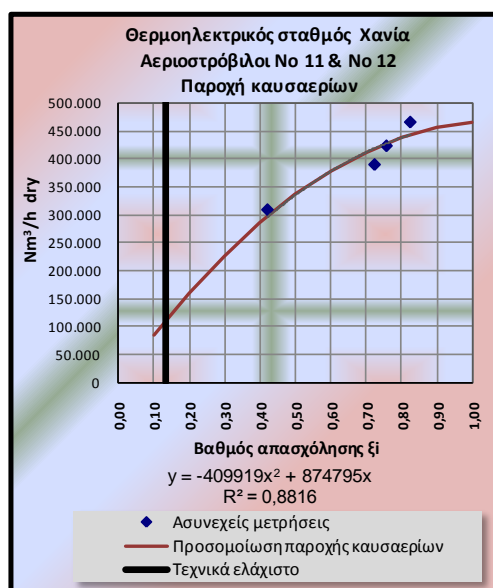


Εικόνα 97: Συνάρτηση της παροχή καυσαερίων συναρτήσεως του βαθμού απασχόλησης των μονάδων με αεριοστρόβιλο # 6 και # 7 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στην Ξυλοκαμάρα Χανίων (ασυνεχείς μετρήσεις).

Το εύρος των μετρήσεων είναι για βαθμό απασχόλησης από 0,65 έως 0,80, και τεχνικά ελάχιστος βαθμός απασχόλησης είναι 0,21. Επόμενος η αξιοπιστία της προσομοίωσης περιορίζεται από 0,21 έως 0,65 και από 0,80 έως 1,00 του βαθμού απασχόλησης.

#### Μονάδες με αεριοστρόβιλο # 11 και 12

Στις μονάδες #11 και #12 με αεριοστρόβιλο του θερμοηλεκτρικού σταθμού στην Ξυλοκαμάρα Χανίων για τον υπολογισμό της συνάρτησης παροχής καυσαερίων, χρησιμοποιήθηκαν οι ασυνεχείς μετρήσεις της «έκθεση» των δύο μονάδων σε ένα κοινό διάγραμμα. Με την επεξεργασία των ασυνεχών μετρήσεων, (σε  $\text{Nm}^3/\text{h}$ ) προκύπτει το διάγραμμα της Εικόνα 98.

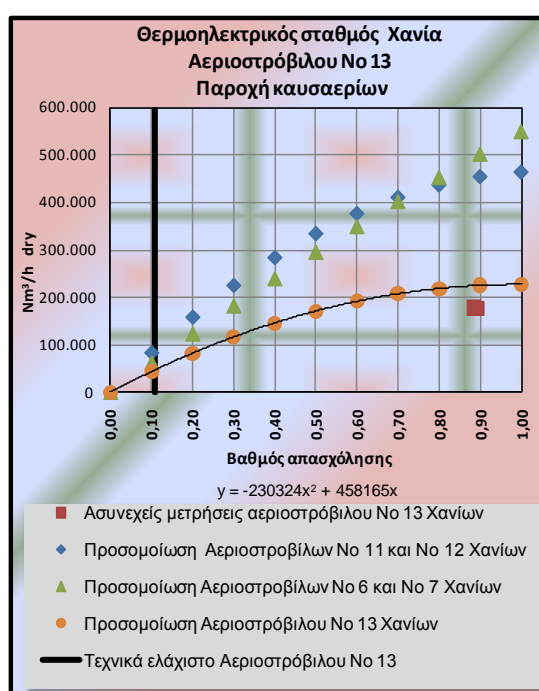


Εικόνα 98: Συνάρτηση της παροχής καυσαερίων συναρτήσεως του βαθμού απασχόλησης των μονάδων με αεριοστρόβιλο #11 και #12 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στην Ξυλοκαμάρα Χανίων (ασυνεχείς μετρήσεις)

Το εύρος των μετρήσεων είναι για βαθμό απασχόλησης από 0,40 έως 0,80 και ο τεχνικά ελάχιστος βαθμός απασχόλησης είναι 0,13. Επόμενος η αξιοπιστία της προσομοίωσης περιορίζεται, από 0,13 έως 0,40 και από 0,80 έως 1,00 του βαθμού απασχόλησης.

### **Μονάδα με αεριοστρόβιλο #13**

Για την μονάδα με αεριοστρόβιλο #13 του σταθμού Χανίων, οι ασυνεχείς μετρήσεις της έκθεσης όπως φαίνεται στο διάγραμμα της Εικόνα 99 έχουν πραγματοποιηθεί στο ίδιο φορτίο (βαθμός απασχόλησης 0,89). Για τον υπολογισμό της συνάρτησης παροχής καυσαερίων χρησιμοποιήθηκε η ίδιας μορφής συνάρτησης με αυτές που προκύπτουν από τον υπολογισμό για των μονάδων με αεριοστρόβιλο #6, #7, #11 και #12 (διάγραμμα Εικόνα 99).



Εικόνα 99: Συνάρτηση της παροχής καυσαερίων της μονάδας με αεριοστρόβιλο #13 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στην Ξυλοκαμάρα Χανίων (ασυνεχείς μετρήσεις)

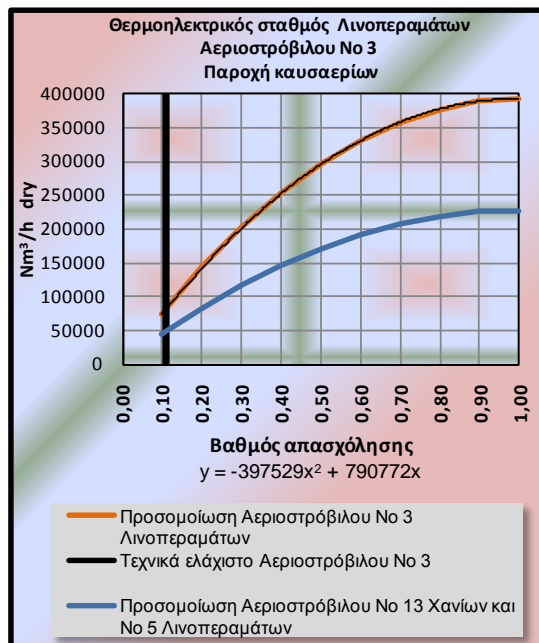
### *Του θερμοηλεκτρικός σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου*

Για τις μονάδες με αεριοστρόβιλο #3 και #5 του θερμοηλεκτρικού σταθμού παραγωγής των Λινοπεραμάτων δεν υπάρχουν μετρήσεις παροχής καυσαερίων. Η μονάδα #5 είναι όμοια με την μονάδα #13 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στην Ξυλοκαμάρα Χανίων. Επόμενος για τον υπολογισμό της συνάρτησης παροχής καυσαερίων για την μονάδα με αεριοστρόβιλο #5 χρησιμοποιήθηκε η ίδια συνάρτηση με αυτή της μονάδας #13 του σταθμού στην Ξυλοκαμάρα Χανίων (διάγραμμα (β) Εικόνα 100).

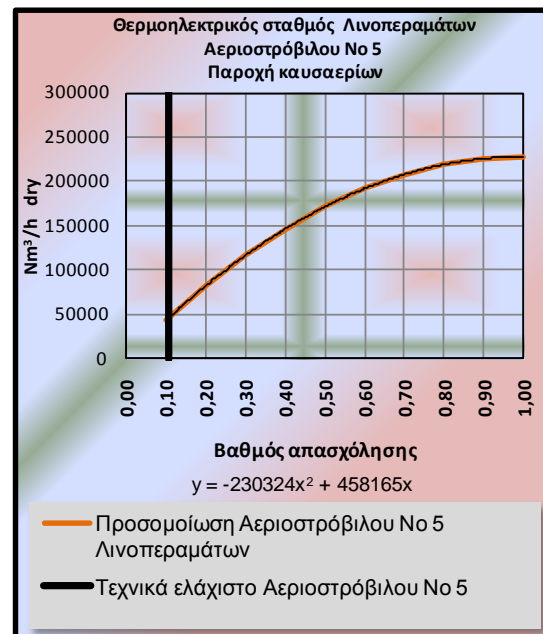
Η μονάδα #3 ανήκει στον ίδιο κατασκευαστικό οίκο με τη μονάδα #13 του θερμοηλεκτρικού σταθμού των Χανίων (παράγραφος 4.1.1). Από στοιχεία του κατασκευαστή



προκύπτει ότι ο λόγος που συνδέει τη παροχή καυσαερίων των παραπάνω αεριοστρόβιλων είναι 1,72. Άρα για τον υπολογισμό της συνάρτησης παροχής καυσαερίων της μονάδας με αεριοστρόβιλο #3 του θερμοηλεκτρικού σταθμού Λινοπεραμάτων χρησιμοποιήθηκαν τα αποτελέσματα του υπολογισμού της μονάδας με αεριοστρόβιλο # 13 του θερμοηλεκτρικού σταθμού Χανίων πολλαπλασιασμένες επί 1,72. (διάγραμμα (α) Εικόνα 100).



(α)



(β)

Εικόνα 100: Συναρτήσεις της παροχής καυσαερίων συναρτήσει του βαθμού απασχόλησης των μονάδων με αεριοστρόβιλο #3 και #5 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου.

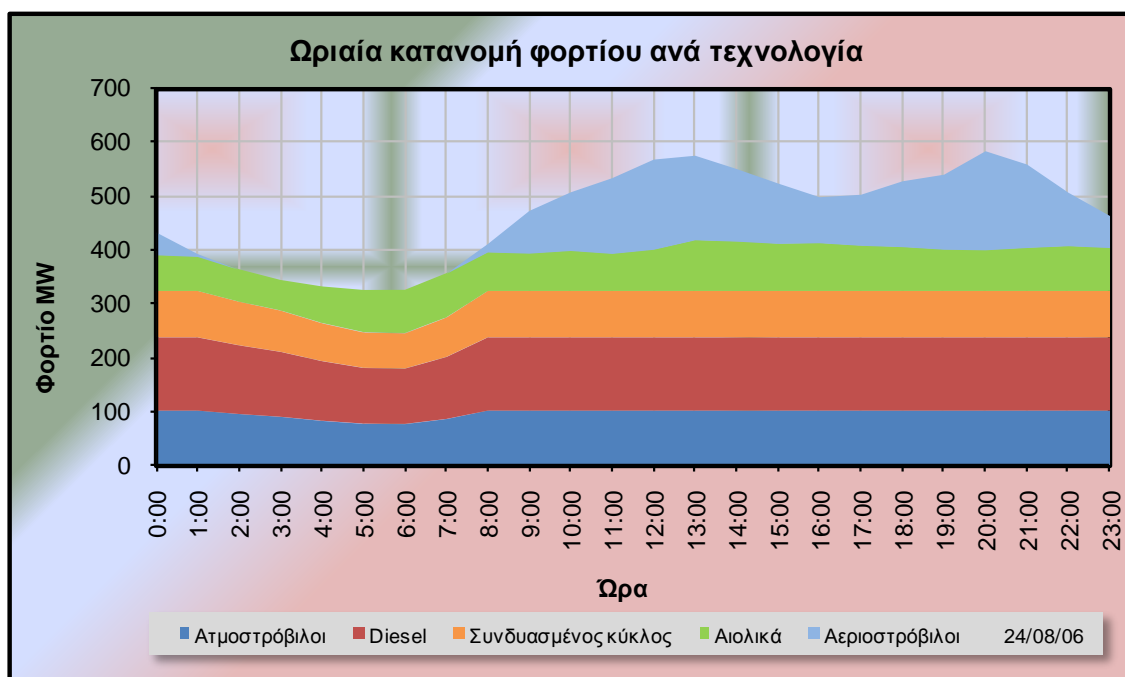
Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup>

## Αποτελέσματα προσομοίωσης του ενεργειακού συστήματος παραγωγής στην Κρήτη

5.1 Τα αποτελέσματα της σύνθεσης παραγωγής του ενεργειακού συστήματος στην Κρήτη.

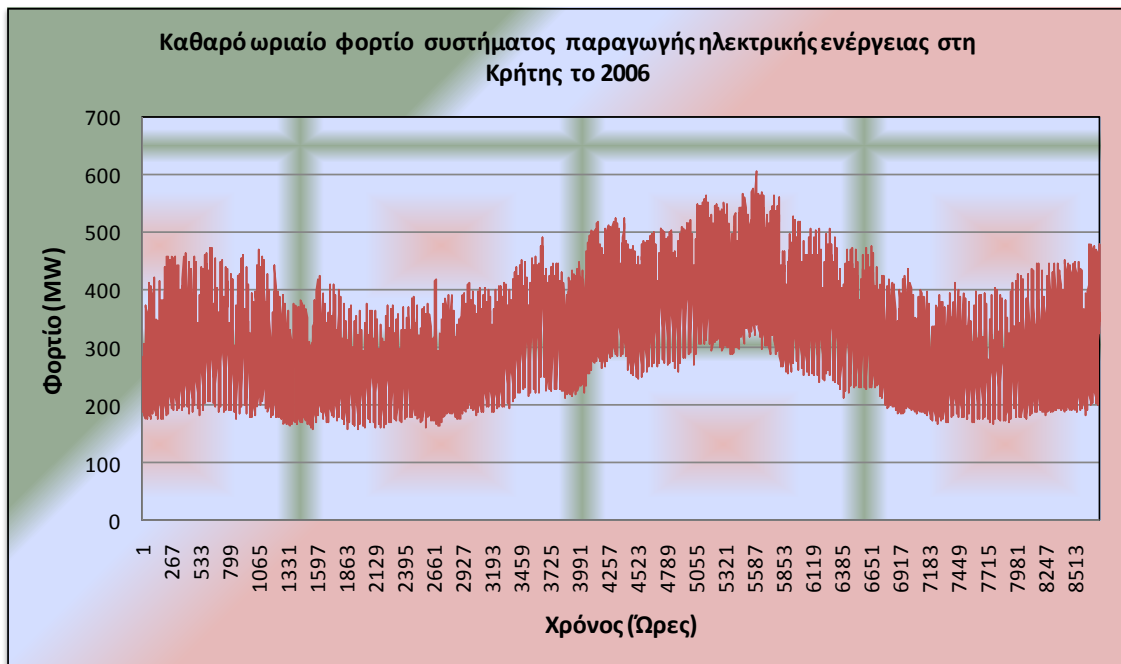
Ως Προσομοίωση ενός σύνθετου ενεργειακού συστήματος αποτελούμενο από πολλούς μορφοτροπείς ενέργειας ορίζεται η ανάπτυξη ενός αλγορίθμου για τον υπολογισμό της σύνθεσης παραγωγής του συστήματος για την κάλυψη του φορτίου που ζητείται μία χρονική περίοδο. Στην παρούσα εργασία η προσομοίωση του ενεργειακού συστήματος παραγωγής στην Κρήτη έγινε με τη χρήση του προγράμματος προσομοίωσης «Ρύπος» (παράγραφος 3.3).

Στην Εικόνα 101 δίνεται ενδεικτικά η ωριαία κατανομή φορτίου στις 24/8/06 όπως προκύπτει από το πρόγραμμα προσομοίωσης για το σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της Κρήτης.

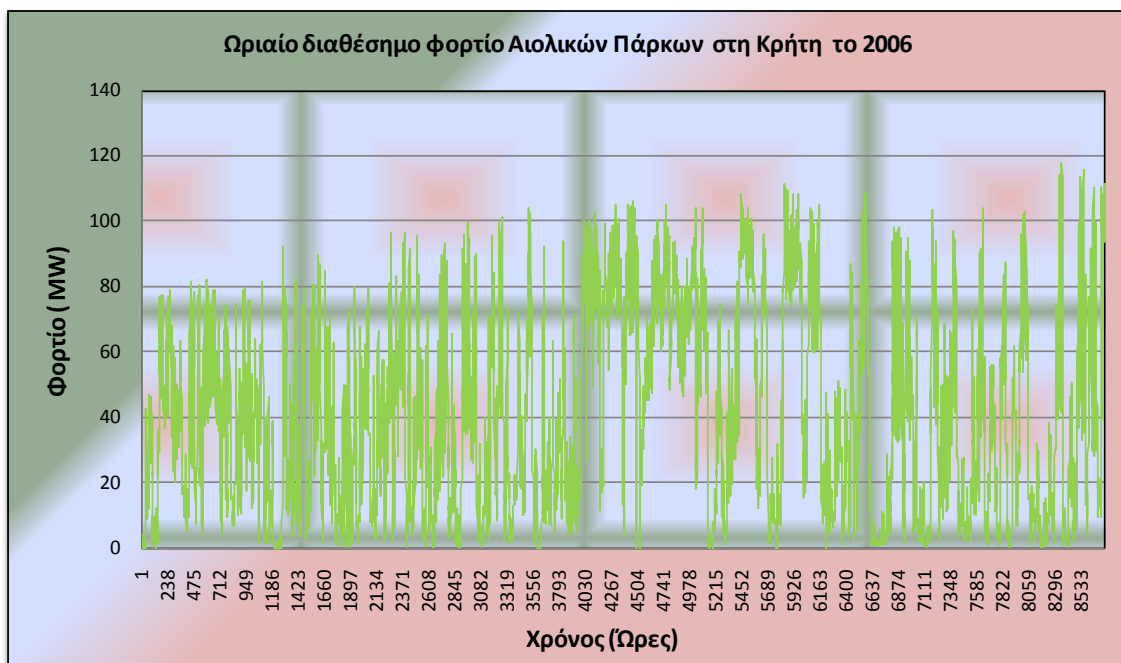


Εικόνα 101: Ωριαία κατανομή φορτίου του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη στις 24/8/06 όπως προκύπτει από το πρόγραμμα προσομοίωσης «Ρύπος».

Τα μέσα ωριαία καθαρά φορτία (Εικόνα 102) και το ωριαίο διαθέσιμο φορτίο των αιολικών πάρκων του συστήματος της Κρήτης για το έτος 2006 παραχωρήθηκαν από το κέντρο Ελέγχου Συστημάτων Μεταφοράς της Διεύθυνσης Διαχείρισης Νήσων της Δ.Ε.Η. Α.Ε.

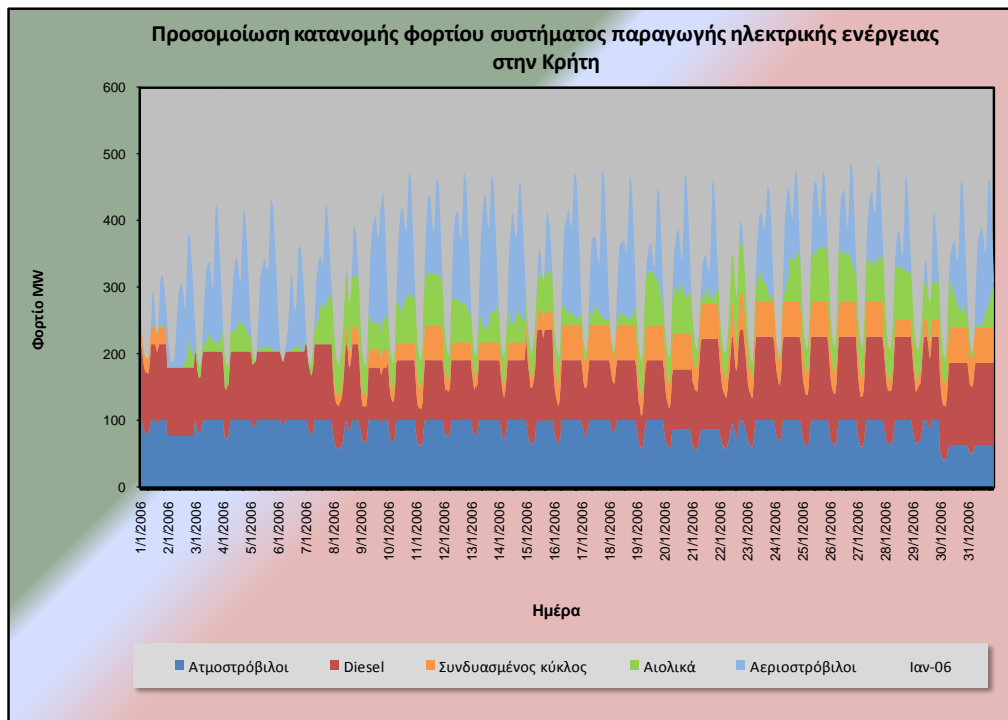


Εικόνα 102: Μέσο Καθαρό φορτίο συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη για το έτος 2006

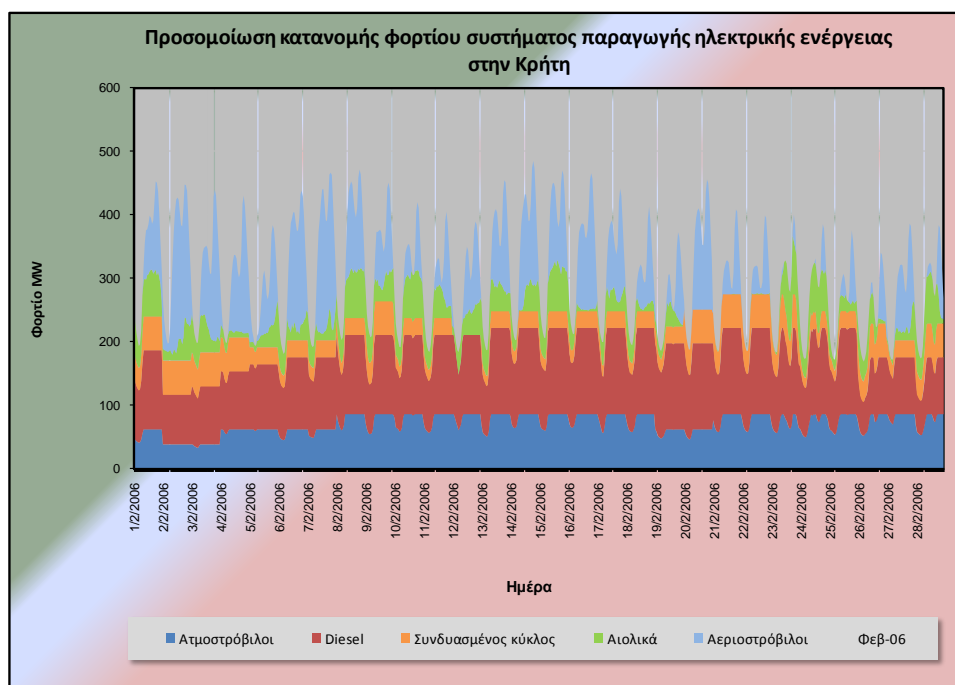


Εικόνα 103: Μέση ωριαία διαθέσιμη ισχύς Αιολικών Πάρκων του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη για το έτος 2006

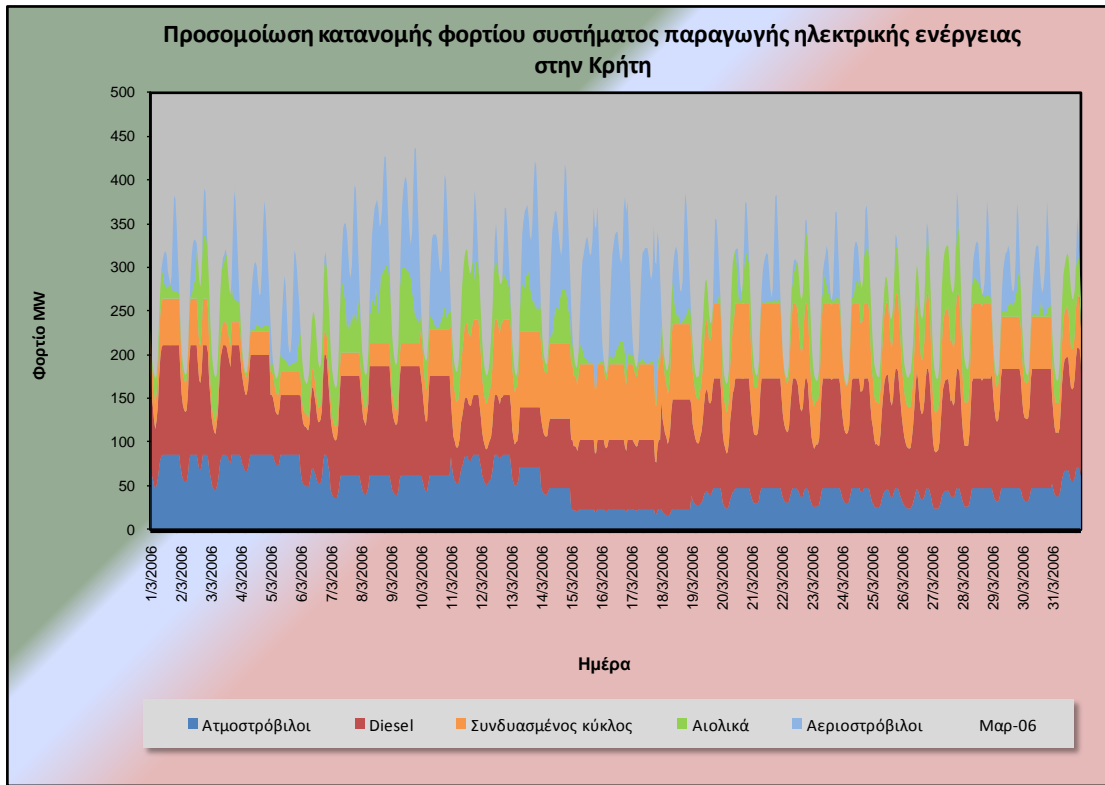
Στα διάγραμμα των Εικόνα 104 έως την Εικόνα 115 παρουσιάζεται η ημερήσια κατανομή του φορτίου του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη όπως αυτή προκύπτει από το πρόγραμμα προσομοίωσης ενεργειακών συστημάτων «Ρύπος» για το 2006.



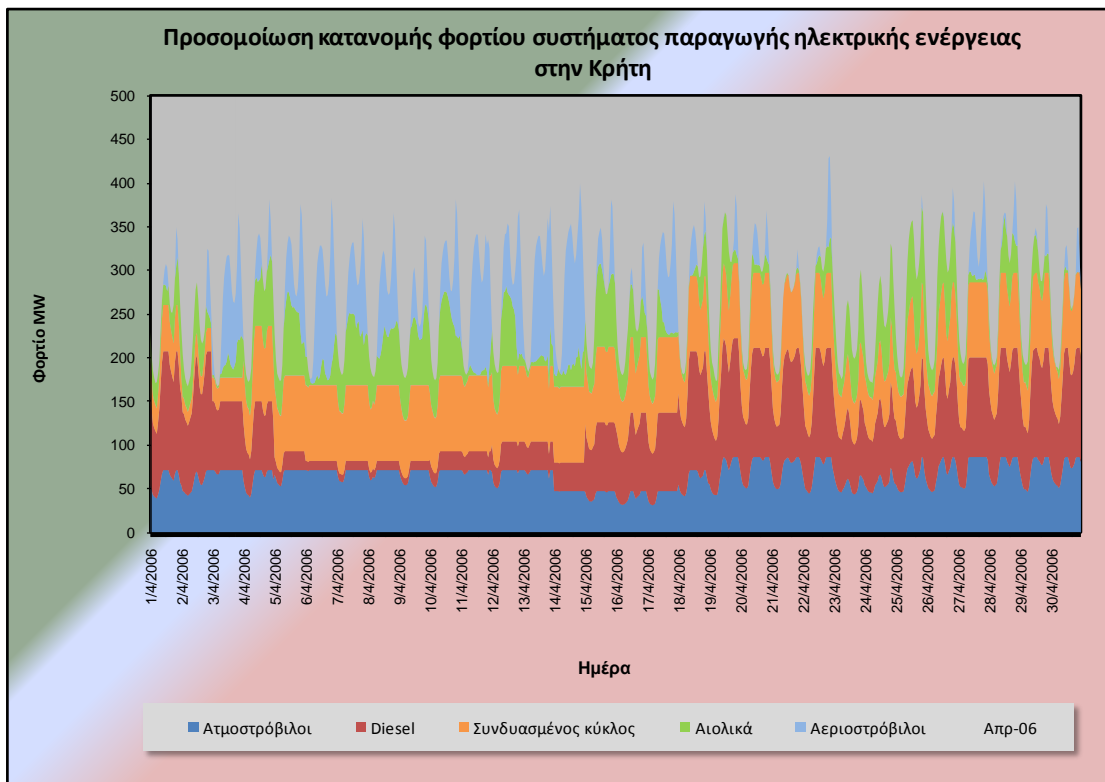
Εικόνα 104 : Προσομοίωση της κατανομής του φορτίου του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Ιανουάριο του 2006.



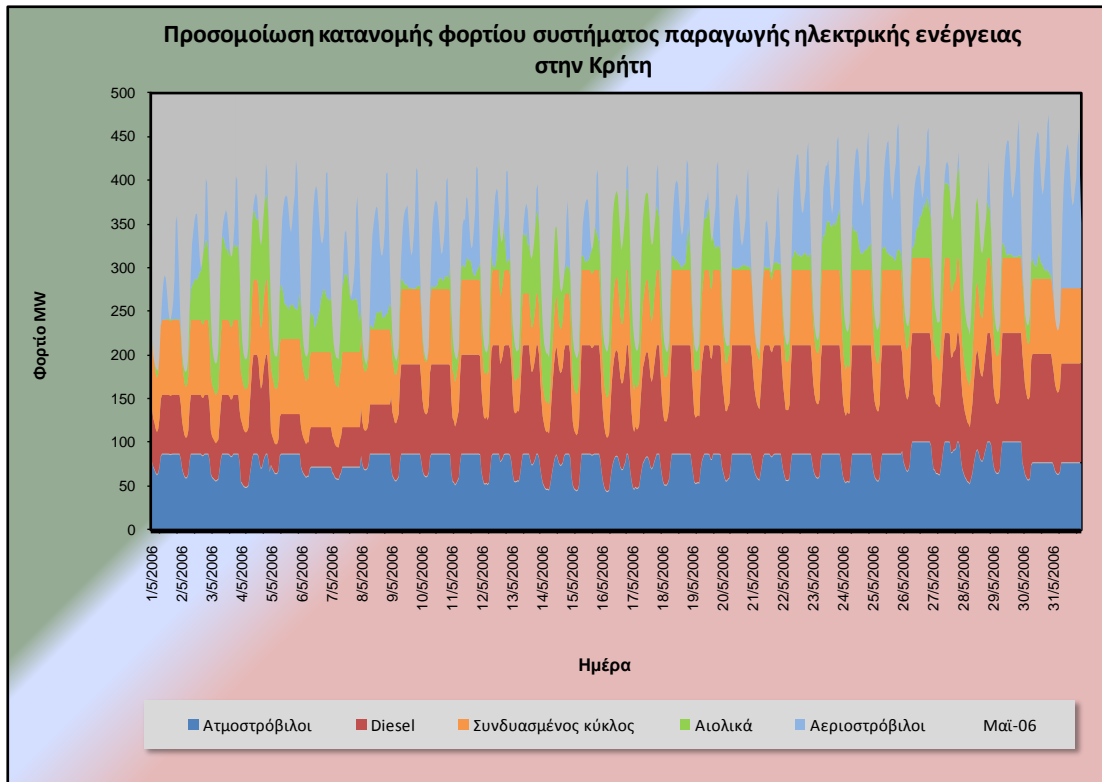
Εικόνα 105: Προσομοίωση της κατανομής του φορτίου του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Φεβρουάριο του 2006.



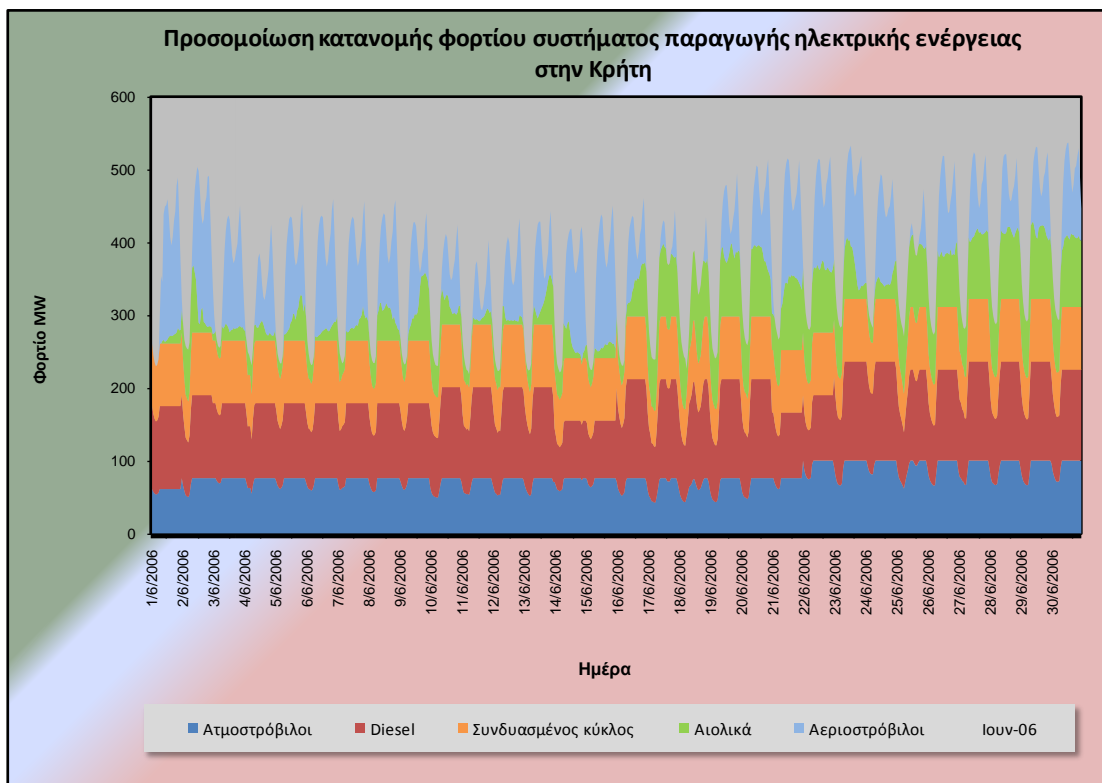
Εικόνα 106 Προσομοίωση της κατανομής του φορτίου του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Μάρτιο του 2006.



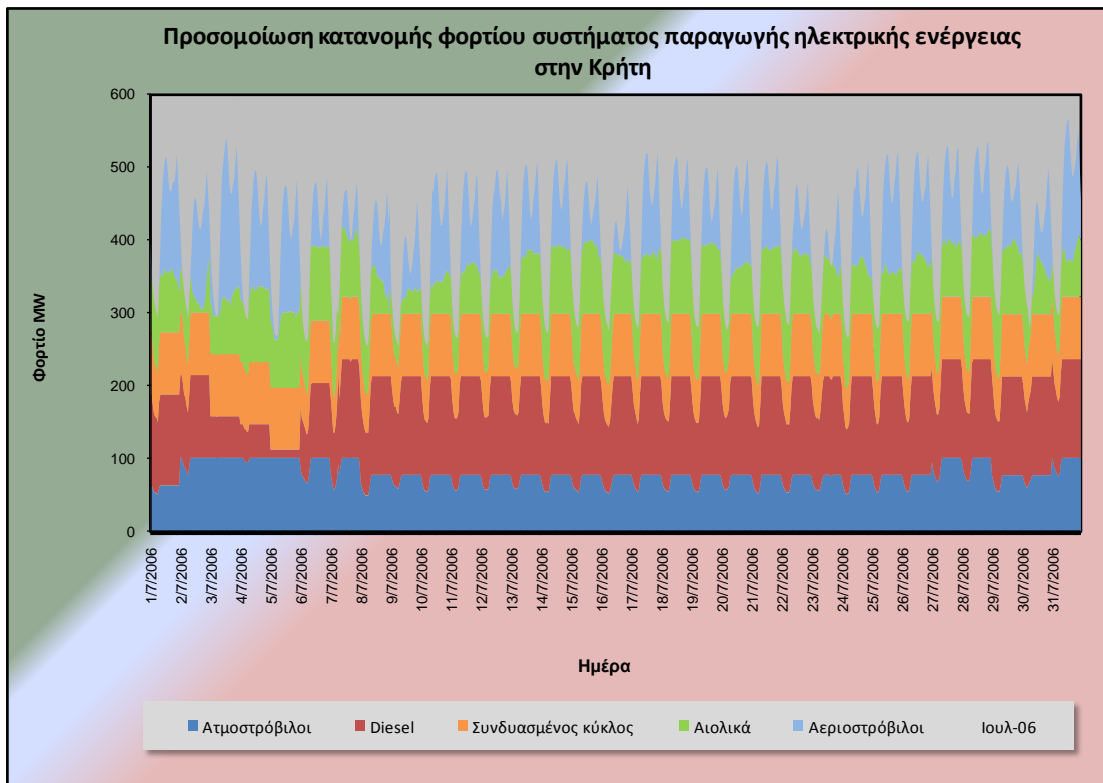
Εικόνα 107: Προσομοίωση της κατανομής του φορτίου του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Απρίλιο του 2006.



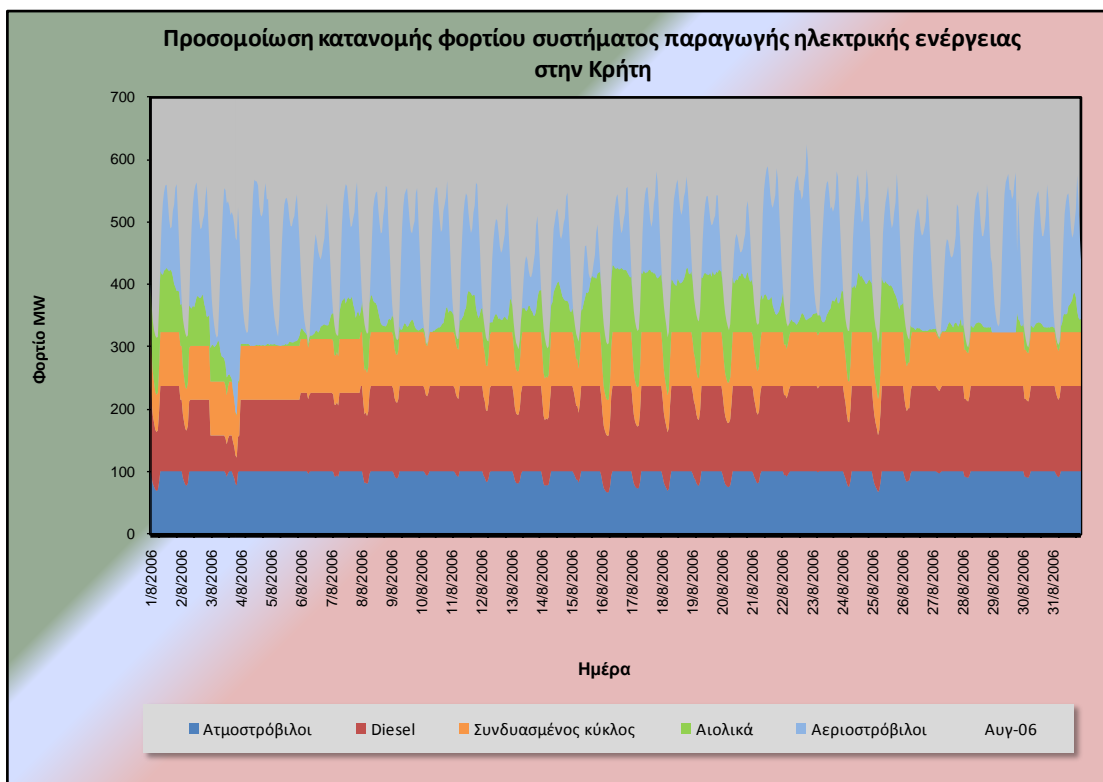
Εικόνα 108 Προσομοίωση της κατανομής του φορτίου του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Μάιο του 2006.



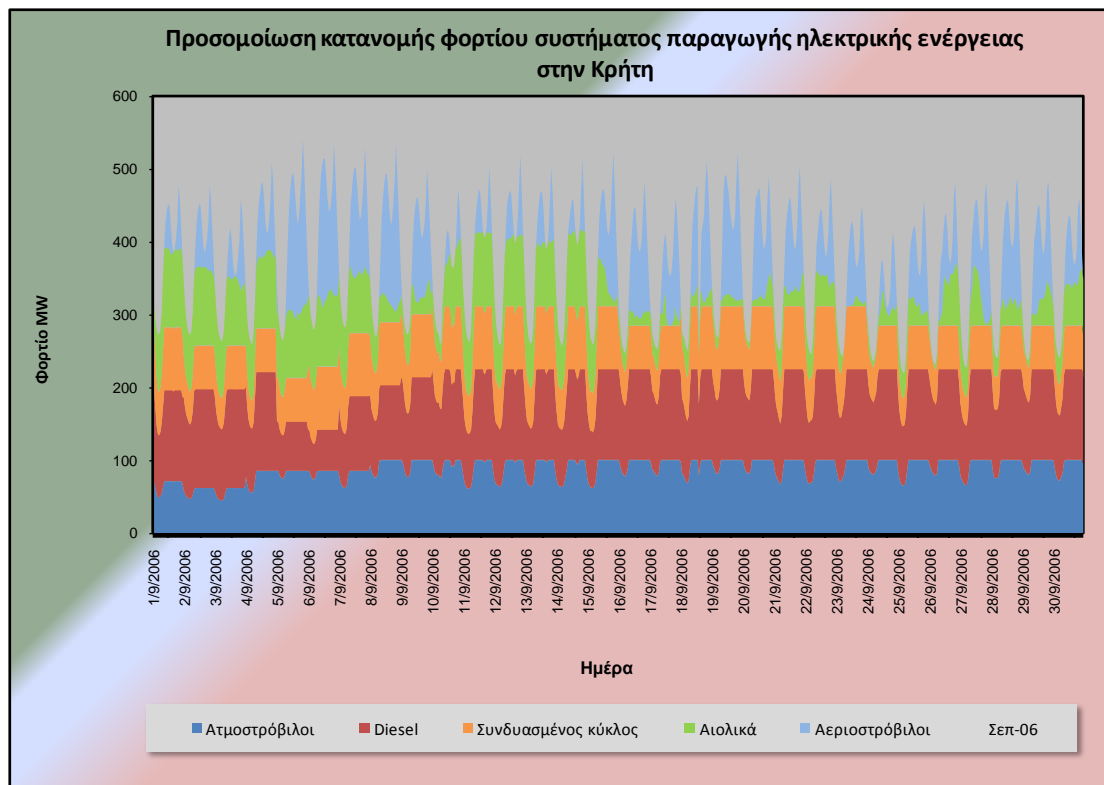
Εικόνα 109: Προσομοίωση της κατανομής του φορτίου του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Ιούνιο του 2006.



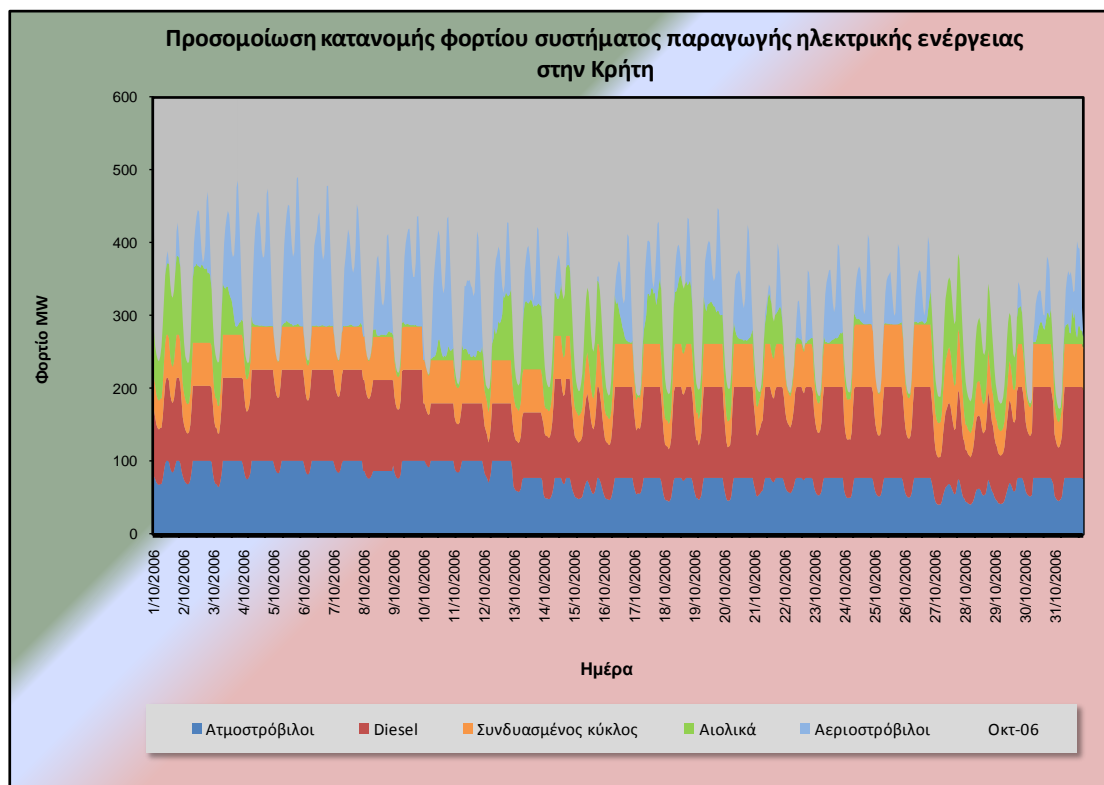
Εικόνα 110: Προσομοίωση της κατανομής του φορτίου του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Ιούλιο του 2006.



Εικόνα 111 Προσομοίωση της κατανομής του φορτίου του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Αυγούστου του 2006.

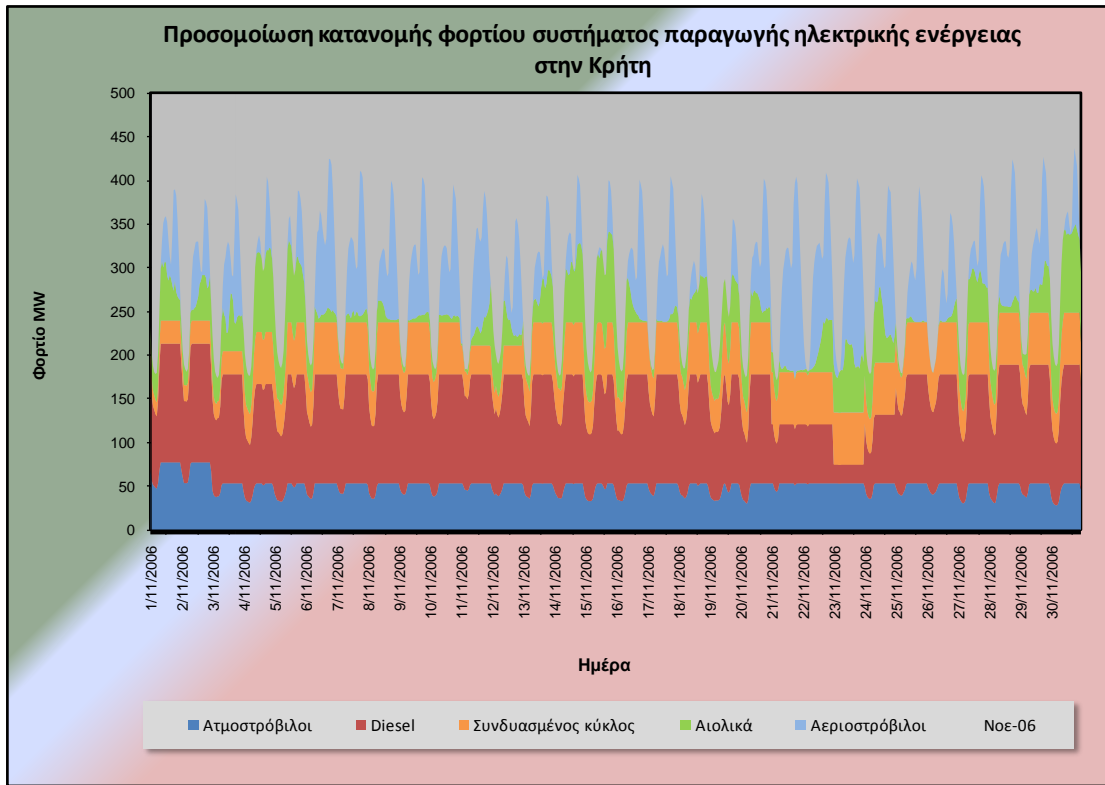


Εικόνα 112: Προσομοίωση της κατανομής του φορτίου του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Σεπτέμβριο του 2006.

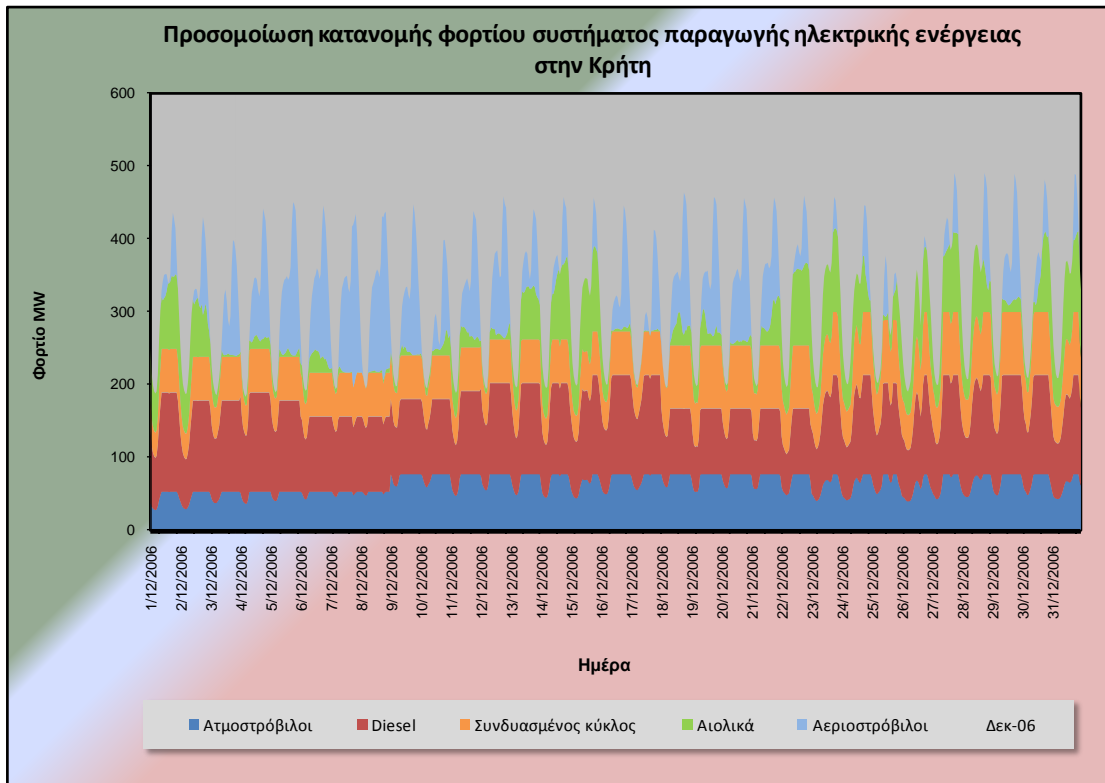


Εικόνα 113: Προσομοίωση της κατανομής του φορτίου του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Οκτώβριο του 2006.





Εικόνα 114 : Προσομοίωση της κατανομής του φορτίου του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Νοέμβριο του 2006.



Εικόνα 115: Προσομοίωση της κατανομής του φορτίου του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Δεκέμβριο του 2006.

## 5.2 Η αξιολόγηση της σύνθεσης παραγωγής του ενεργειακού συστήματος στην Κρήτη.

Η αξιολόγηση της προσομοίωσης του ενεργειακού συστήματος με τη χρήση του προγράμματος «Ρύπος» έγινε με τη σύγκριση των αποτελεσμάτων με τα στοιχεία που δίδονται στις «εκθέσεις» σχετικά με τη κατανομή του φορτίου ανά μονάδα παραγωγής. Για κάθε σταθμό του συστήματος παραγωγής και για κάθε διαφορετικό τύπο μονάδων παραγωγής, συγκρίνονται οι ώρες λειτουργίας και η παραχθείσα ενέργεια ανά μήνα.

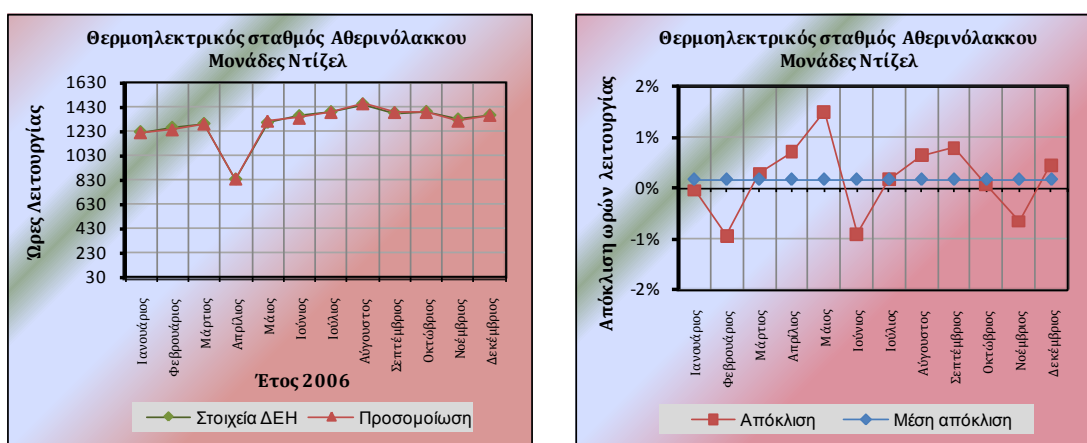
Στις εικόνες που ακολουθούν αριστερά δίνεται η μηνιαία διακύμανση των δύο παραπάνω μεγεθών ενώ δεξιά η απόκλιση τους. Η απόκλιση αυτή υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\text{Απόκλιση} = \left( \frac{\text{Υπολογισμένη τιμή} - \text{Μέτρηση}}{\text{Μέτρηση}} \right) \%$$

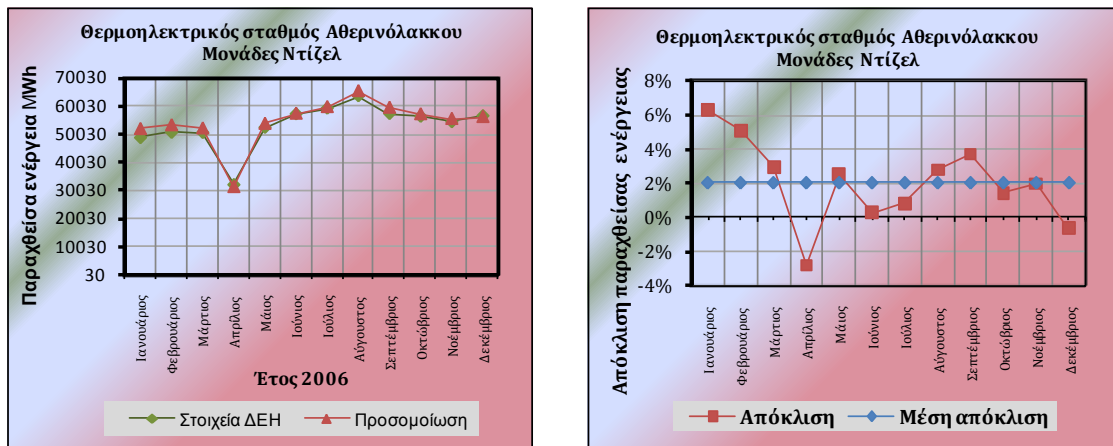
### Του θερμοηλεκτρικού σταθμού στον Αθρινόλακκο Λασιθίου

Στον θερμοηλεκτρικό σταθμό στον Αθρινόλακκο, το έτος 2006 λειτουργούσαν δύο όμοιες μονάδες με κινητήρα ντίζελ.

Στα διαγράμματα των Εικόνα 116 και Εικόνα 117 παρατηρούμε ότι υπάρχει μέγιστη συμφωνία μεταξύ των στοιχείων της προσομοίωσης και των εκθέσεων της ΔΕΗ. Η απόκλιση, όσον αφορά στις ώρες λειτουργίας, κυμαίνεται από -1,0 έως +1,5 % (Εικόνα 116) και όσον αφορά την παραχθείσα ενέργεια κυμαίνεται από -2% τον μήνα Απρίλιο έως +6,3% το μήνα Ιανουάριο (Εικόνα 117).



Εικόνα 116: Ωρες λειτουργίας των μονάδων με κινητήρα ντίζελ του θερμοηλεκτρικού σταθμού στον Αθρινόλακκο Λασιθίου.



Εικόνα 117: Παραχθείσα ενέργεια των μονάδων με κινητήρα ντίζελ του θερμοηλεκτρικού σταθμού στον Αθερινόλακκο Λασιθίου

Η απόκλιση αυτή θεωρείται αμελητέα και ορίζει την αξιοπιστία της προσομοίωσης που έγινε για τον θερμοηλεκτρικό σταθμό του Αθερινόλακκου.

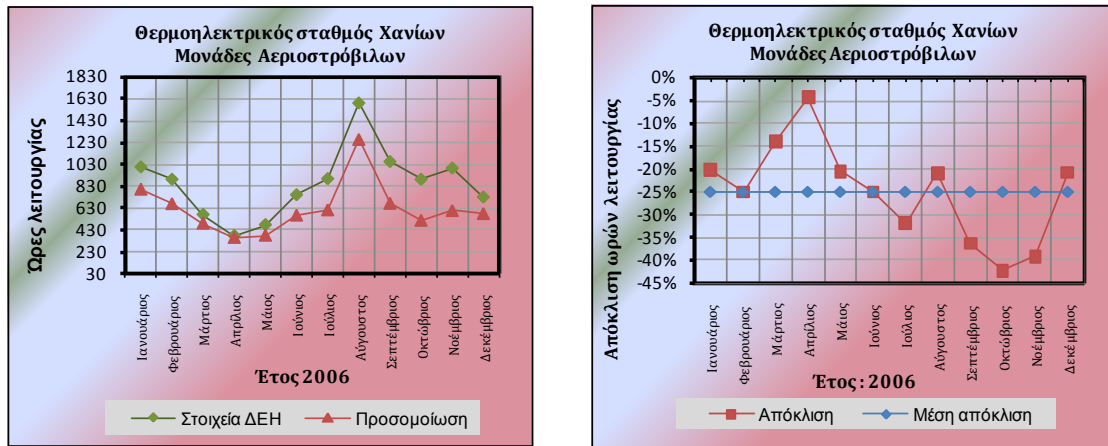
#### Του θερμοηλεκτρικού σταθμού της Ξυλοκαμάρα Χανίων

Στον θερμοηλεκτρικό σταθμό στην Ξυλοκαμάρα Χανίων, το έτος 2006 λειτουργούσαν μία μονάδα συνδυασμένου κύκλου και έξι μονάδες με αεριοστρόβιλο.

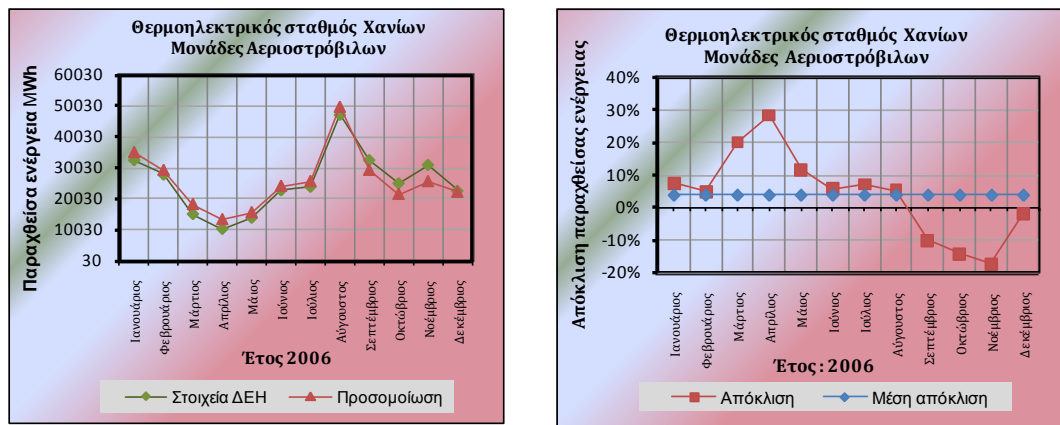
Παρατηρούμε ότι για τις μονάδες με αεριοστρόβιλο η απόκλιση όσο αφορά τις ώρες λειτουργίας είναι της τάξης του -40% τους μήνες Οκτώβριο και Νοέμβριο έως -5,0 % το μήνα Απρίλιο (Εικόνα 118) και όσον αφορά την παραχθείσα ενέργεια κυμαίνεται από -20% τον μήνα Νοέμβριο έως +30% το μήνα Απρίλιο(Εικόνα 119).

Η μεγάλη απόκλιση που παρατηρείται, τόσο στις ώρες λειτουργίας όσο και στην παραγωγή ενέργειας, στις μονάδες με αεριοστρόβιλο, οφείλεται στο ότι οι μονάδες με αεριοστρόβιλο ως μονάδες αιχμής λειτουργούν συμπληρωματικά με τις μονάδες βάσης και καλούνται να καλύψουν το γρήγορα μεταβαλλόμενο φορτίο που δεν μπορεί να καλυφθεί από αυτές. Τις αποκλίσεις λοιπόν στην παραγωγή των μονάδων βάσης ή του ζητούμενου φορτίου τις καλύπτουν οι μονάδες αιχμής Όπως φαίνεται στο διάγραμμα της Εικόνα 120α το μήνα Νοέμβριο υπάρχει υπερεκτίμηση της παραγωγής των μονάδων βάσης η οποία οδηγεί σε υποεκτίμηση της παραγωγής των μονάδων αιχμής.

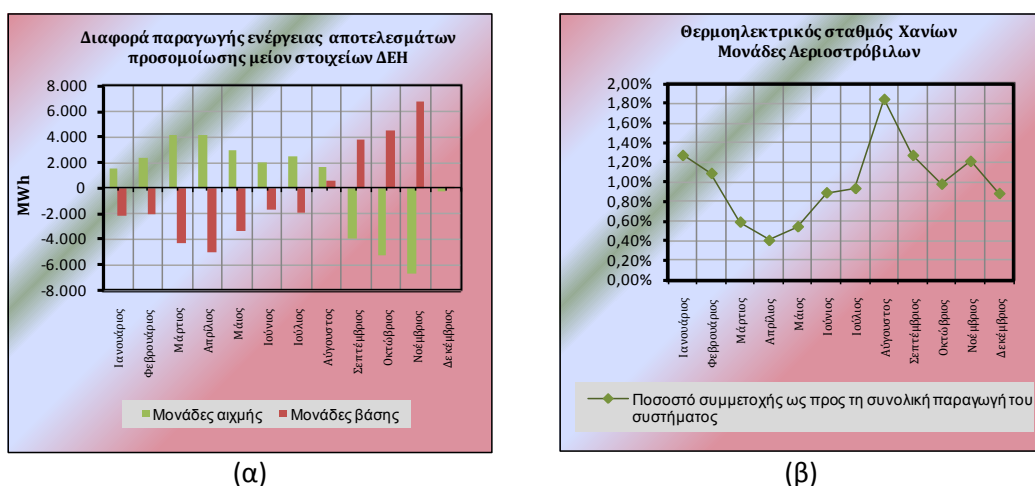
Όσον αφορά την μεγάλη διακύμανση της παραχθείσας ενέργειας που συναντάται στις μονάδες με αεριοστρόβιλο του σταθμού στην Ξυλοκαμάρα Χανίων πρέπει να τονιστεί ότι η συνολική ενέργεια που παράγουν κυμαίνεται από 0,4% έως 1,8% της συνολικής παραγωγής ενέργειας του συστήματος στην Κρήτη (Εικόνα 120 (β)). Με τη διευκρίνιση αυτή θεωρείται ότι η απόκλιση της προσομοίωσης για τον προσδιορισμό της κατανομής του φορτίου του σταθμού στην Ξυλοκαμάρα Χανίων για τις μονάδες με αεριοστρόβιλο δεν επηρεάζει σημαντικά τη συνολική προσομοίωση του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη.



Εικόνα 118: Ωρες λειτουργίας των μονάδων με αεριοστρόβιλο του θερμοηλεκτρικού σταθμού στην Ξυλοκαμάρα Χανίων.



Εικόνα 119 Παραχθείσα ενέργεια των μονάδων με αεριοστρόβιλο του θερμοηλεκτρικού σταθμού στην Ξυλοκαμάρα Χανίων.

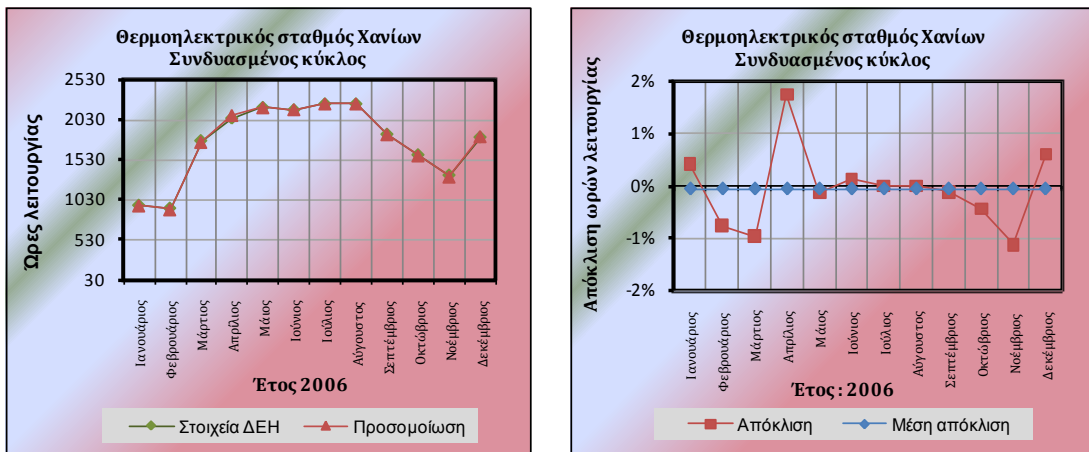


(α)

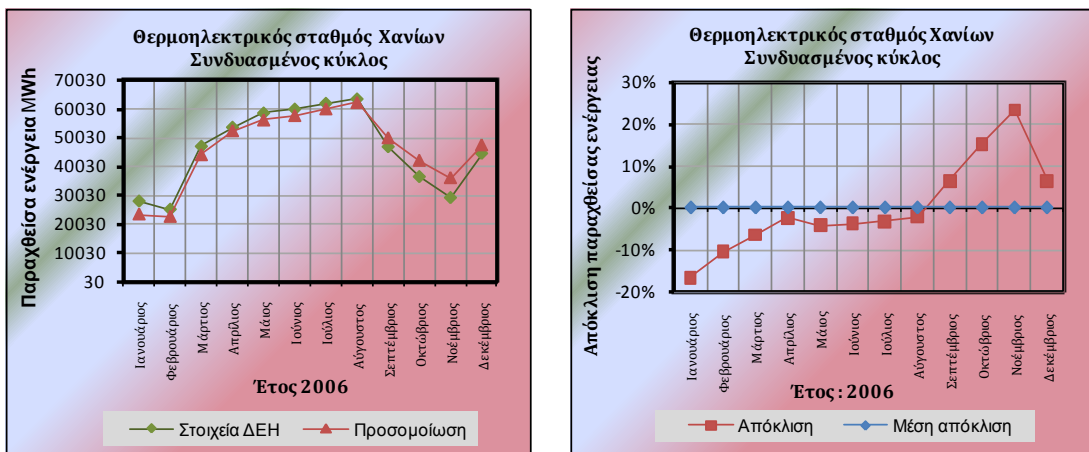
(β)

Εικόνα 120: (α) Διαφορά των υπολογισμένων τιμών της προσομοίωσης και των μετρήσεων της μηνιαίας παραγωγής ενέργειας των μονάδων βάσης και των μονάδων αιχμής. (β) Ποσοστό συμμετοχής της παραγωγής των μονάδων με αεριοστρόβιλο του θερμοηλεκτρικού σταθμού στην Ξυλοκαμάρα Χανίων ως προς τη συνολική παραγωγή του συστήματος παραγωγής στην Κρήτη για το 2006.

Για την μονάδα του συνδυασμένου κύκλου παρατηρούμε ότι υπάρχει μία πολύ καλή συμφωνία μεταξύ των στοιχείων της προσομοίωσης και των μετρήσεων της έκθεσης «Παρακολούθησης περιβαλλοντικών παραμέτρων λειτουργία». Η απόκλιση, όσον αφορά τις ώρες λειτουργίας, είναι της τάξης του -1,0 έως +2,0 % (Εικόνα 121) και όσον αφορά την παραχθείσα ενέργεια κυμαίνεται από -20% τον μήνα Ιανουάριο έως +20% το μήνα Νοέμβριο (Εικόνα 122 Εικόνα 117).



Εικόνα 121: Ώρες λειτουργίας της μονάδας συνδυασμένου κύκλου του θερμοηλεκτρικού σταθμού στην Ξυλοκαμάρα Χανίων.



Εικόνα 122: Παραχθείσα ενέργεια της μονάδας συνδυασμένου κύκλου του θερμοηλεκτρικού σταθμού στην Ξυλοκαμάρα Χανίων.

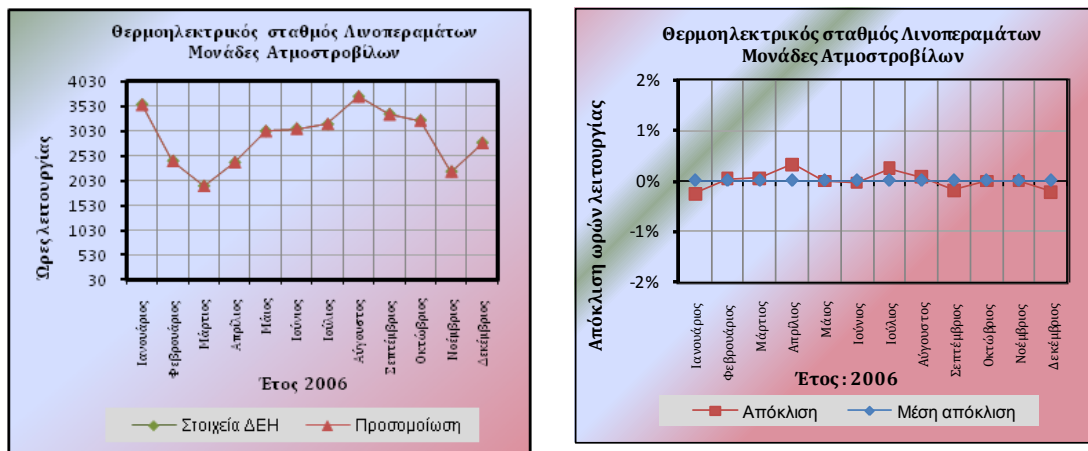
Η μεγάλη διακύμανση της παραχθείσας ενέργειας που συναντάται στον συνδυασμένο κύκλο του σταθμού στην Ξυλοκαμάρα Χανίων του μήνες Ιανουάριο και Νοέμβριο δεν επηρεάζει σημαντικά την ενεργειακή προσομοίωση αφού η συμμετοχή της μονάδας αυτής στη συνολική παραγωγή ενέργεια είναι και για τους, δύο μήνες 1% (Εικόνα 123).



Εικόνα 123 : Ποσοστό της συμμετοχής της παραγωγής της μονάδας συνδυασμένου κύκλου του θερμοηλεκτρικού σταθμού στην Ξυλοκαμάρα Χανίων ως προς τη συνολική παραγωγή του συστήματος στην Κρήτη για το 2006

*Του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου*

Στον θερμοηλεκτρικό σταθμό στα Λινοπεράματα Ηρακλείου, (παράγραφο; 4.1.1) το έτος 2006 λειτουργούσαν πέντε μονάδες με ατμοστρόβιλο, τέσσερις μονάδες με κινητήρες ντίζελ και πέντε μονάδες με αεριοστρόβιλο. Έχουμε λοιπόν τρεις διαφορετικούς τύπους μονάδων.

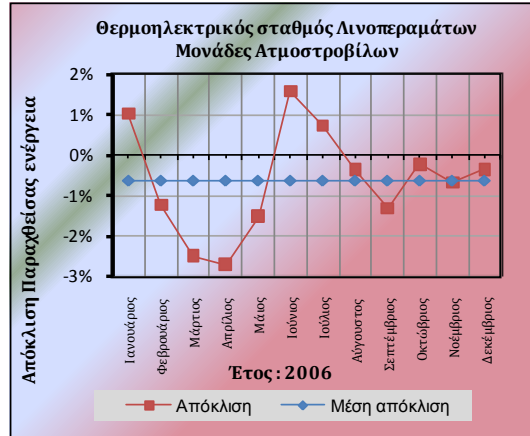


Εικόνα 124: Ωρες λειτουργίας των μονάδων με ατμοστρόβιλο του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου.

Για τις μονάδες με ατμοστρόβιλο, Εικόνα 124, η απόκλιση που προκύπτει στις ώρες λειτουργίας της προσομοίωσης με τα στοιχεία της «έκθεσης» Όπως φαίνεται στο δεξιό διάγραμμα, είναι σχεδόν μηδενική για όλους τους μήνες του 2006.

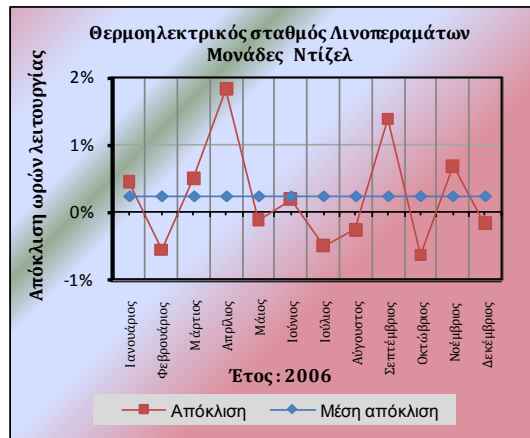
Η απόκλιση της παραχθείσας ενέργειας παρουσιάζεται στην Εικόνα 125 και κυμαίνεται από +1,8% έως -0,8%. Η απόκλιση αυτή θεωρείται αμελητέα.



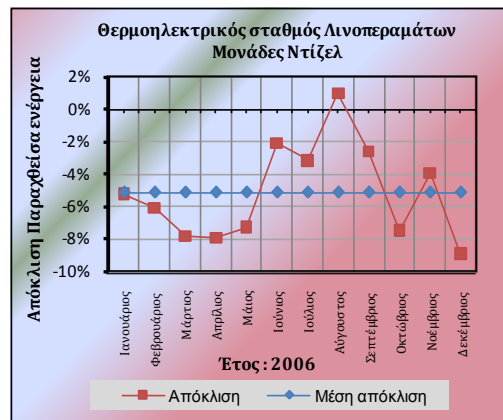
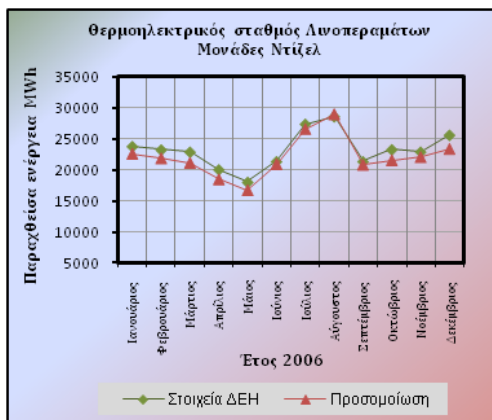


Εικόνα 125: Παραχθείσα ενέργεια των μονάδων με ατμοστρόβιλο του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου.

Το ίδιο ισχύει και για τις μονάδες με κινητήρες ντίζελ, όπως φαίνεται στο διάγραμμα της Εικόνα 126 και της Εικόνα 127, η απόκλιση που προκύπτει στις ώρες λειτουργίας της προσομοίωσης με τα στοιχεία της «έκθεσης» κυμαίνεται από -1,5% με 2,0%, ενώ η απόκλιση της παραχθείσας ενέργειας κυμαίνεται από -9% έως 1%.



Εικόνα 126: Ώρες λειτουργίας των μονάδων με κινητήρα ντίζελ του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου.

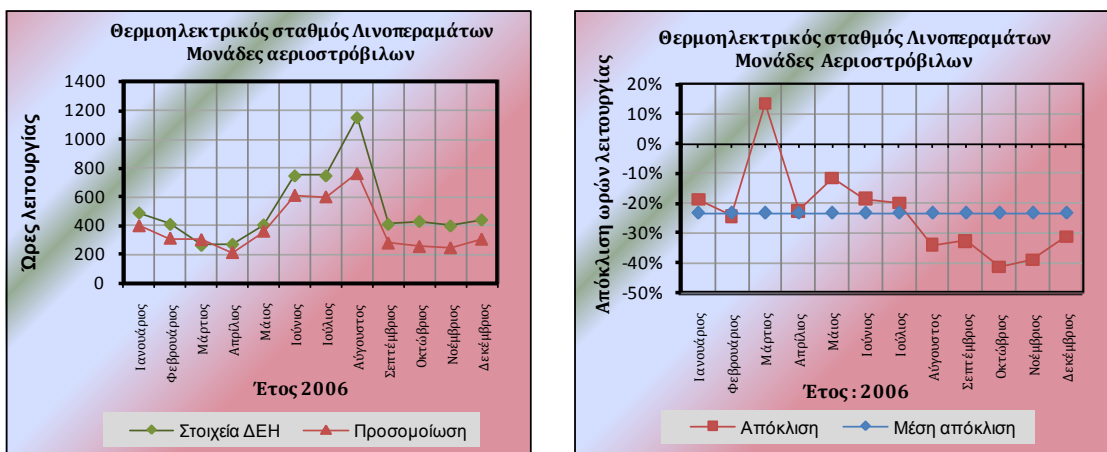


Εικόνα 127: Παραχθείσα ενέργεια των μονάδων με κινητήρα ντίζελ του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου.

Για τις μονάδες με αεριοστρόβιλο του σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου παρατηρούμε ότι η απόκλιση όσο αφορά τις ώρες λειτουργίας είναι της τάξης του -40% τους μήνες Οκτώβριο και Νοέμβριο έως -15 % το μήνα Μάρτιο (Εικόνα 128) και όσον αφορά την παραχθείσα ενέργεια κυμαίνεται από -20% τον μήνα Οκτώβριο έως +25% το μήνα Απρίλιο (Εικόνα 129).

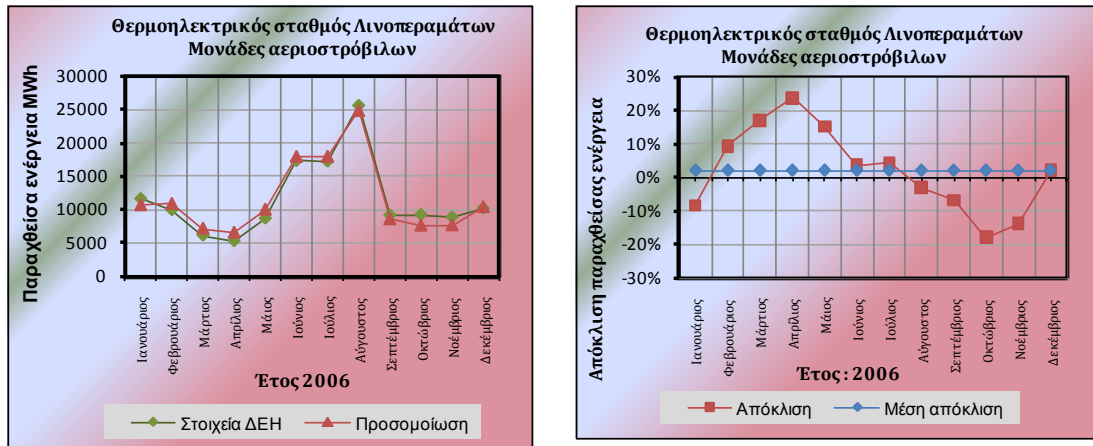
Όπως και στην περίπτωση των μονάδων με αεριοστρόβιλο του σταθμού στην Ξυλοκαμάρα Χανίων η μεγάλη απόκλιση που παρατηρείται τόσο στις ώρες λειτουργίας όσο και στην παραγωγή ενέργειας, στις μονάδες των αεριοστρόβιλων οφείλεται στο ότι οι αεριοστρόβιλοι ως μονάδες αιχμής λειτουργούν συμπληρωματικά με τις μονάδες βάσης και καλούνται να καλύψουν το φορτίο που δεν μπορεί να καλυφθεί από τις μονάδες βάσης. Όπως φαίνεται στο διάγραμμα της Εικόνα 120α το μήνα Νοέμβριο υπάρχει υπερεκτίμηση της παραγωγής των μονάδων βάσης η οποία οδηγεί σε υποεκτίμηση της παραγωγής των μονάδων αιχμής.

Όσον αφορά την μεγάλη διακύμανση της παραχθείσας ενέργειας που συναντάται στις μονάδες με αεριοστρόβιλο του σταθμού Λινοπεραμάτων, πρέπει να τονιστεί ότι, η συνολική ενέργεια που παράγουν κυμαίνεται από 0,2% έως 1,0% της συνολικής παραγωγής ενέργειας του συστήματος στην Κρήτη (Εικόνα 130). Με τη διευκρίνιση αυτή, θεωρείται ότι η απόκλιση της προσομοίωσης για τον προσδιορισμό της κατανομής του φορτίου του σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου για τις μονάδες με αεριοστρόβιλο δεν επηρεάζει σημαντικά τη συνολική προσομοίωση του ενεργειακού συστήματος στην Κρήτη.

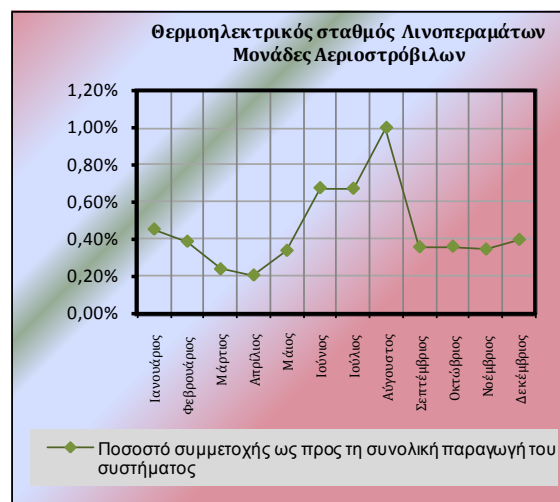


Εικόνα 128: Ώρες λειτουργίας των μονάδων με αεριοστρόβιλο του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου.





Εικόνα 129: Παραχθείσα ενέργεια των μονάδων με αεριοστρόβιλο του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου.

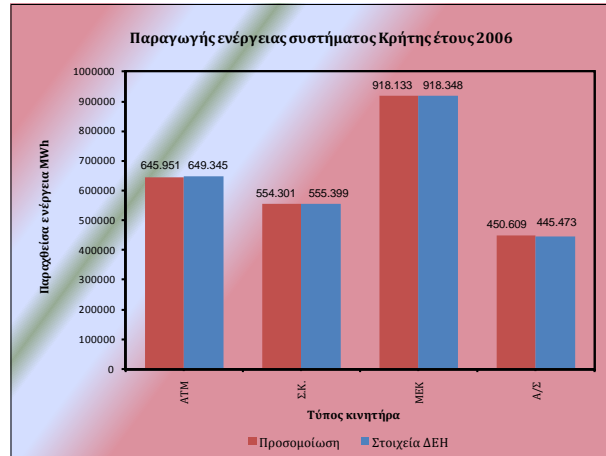


Εικόνα 130: Ποσοστό συμμετοχής της παραγωγής των μονάδων με αεριοστρόβιλο του σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου ως προς τη συνολική παραγωγή του συστήματος στην Κρήτη για το 2006

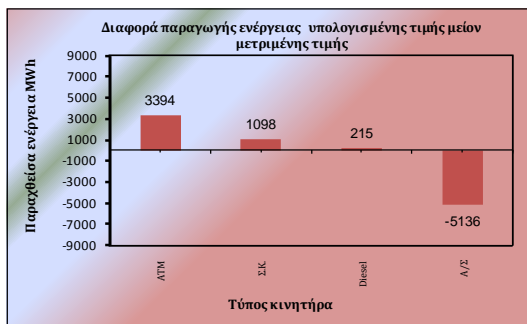
Στην Εικόνα 131 παρουσιάζονται η ετήσια παραγωγή ενέργειας ανά τύπο μονάδας, όπως προκύπτει από την προσομοίωση του συστήματος και των στοιχείων των «εκθέσεων» των τριών σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που συνθέτουν το σύστημα της Κρήτης για το έτος 2006.

Όπως έχει αναφερθεί η απόκλιση που παρατηρείται στην παραγωγή ενέργειας, στις μονάδες με αεριοστρόβιλο, οφείλεται στο ότι οι μονάδες με αεριοστρόβιλο, ως μονάδες αιχμής, καλούνται να καλύψουν το φορτίο που δεν μπορεί να καλυφθεί από τις μονάδες βάσης. Στην Εικόνα 132 (α) φαίνεται ότι το άθροισμα των διαφορών που προκύπτει στον υπολογισμό της παραχθείσας ενέργειας από τις μονάδες βάσης είναι ίσο με τη διαφορά που προκύπτει στον υπολογισμό της παραχθείσας ενέργειας από τις μονάδες αιχμής κατά απόλυτη τιμή.

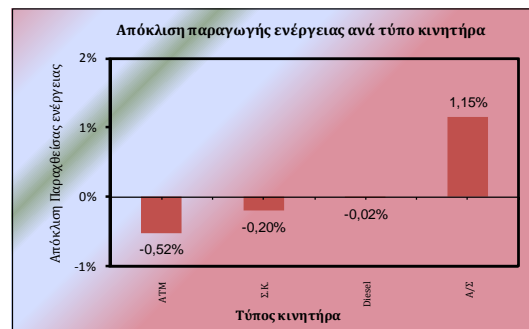
Η μεγαλύτερη απόκλιση της ετήσιας παραγωγής ενέργεια ανά τύπο κινητήρα (Εικόνα 132) παρουσιάζεται στις μονάδες με αεριοστρόβιλο, 1,15% και η μικρότερη στις μονάδες με κινητήρα ντίζελ, -0,02%. Η απόκλιση αυτή θεωρείται αμελητέα και δεν επηρεάζει σημαντικά τη συνολική προσομοίωση του συστήματος στην Κρήτη.



Εικόνα 131 : Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας του ενεργειακού συστήματος στην Κρήτη ανά τύπο μονάδας για το έτος 2006.



(α)

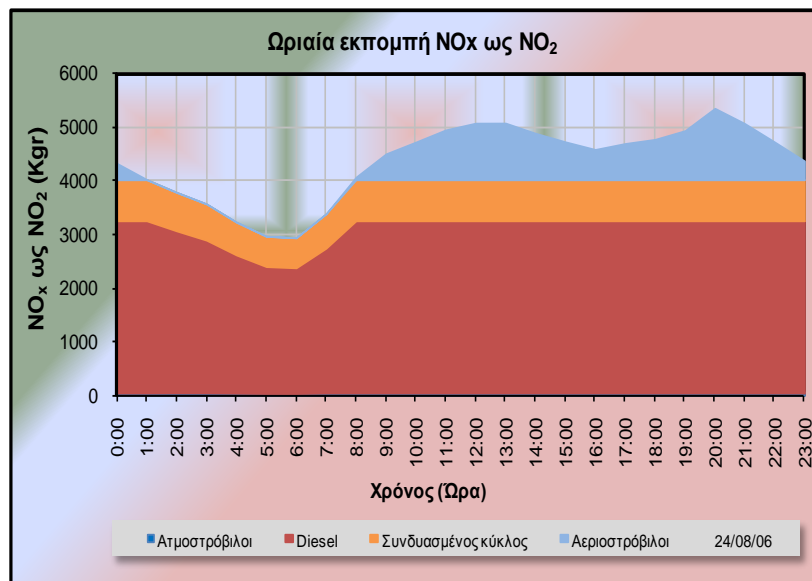


(β)

Εικόνα 132: Απόκλιση του υπολογισμού της ετήσιας παραγωγής ενέργειας ανά τύπο μονάδας του ενεργειακού συστήματος στην Κρήτη.

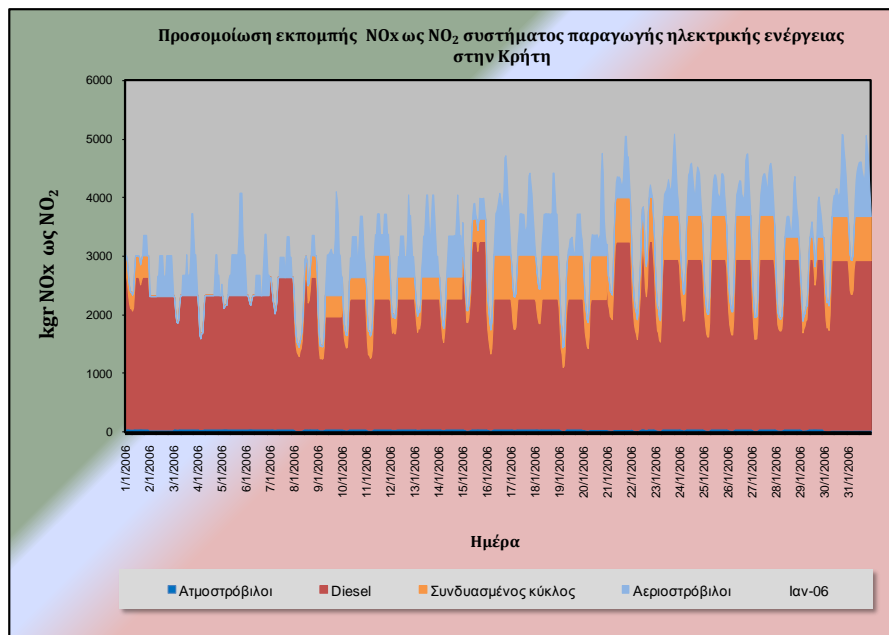
### 5.3 Αποτελέσματα προσομοίωσης της εκπομπής των οξειδίων του αζώτου (NO<sub>x</sub>) στο σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη.

Με τη χρήση του λογισμικού «Ρύπος», που αναπτύχθηκε (παράγραφος 3.3) έγινε η προσομοίωση της εκπομπής οξειδίων του αζώτου του ενεργειακού συστήματος παραγωγής στην Κρήτη. Στην Εικόνα 133 παρουσιάζεται η εκπομπή οξειδίων του αζώτου στις 24/08/06 όπως αυτή προκύπτει από το πρόγραμμα προσομοίωσης «Ρύπος».

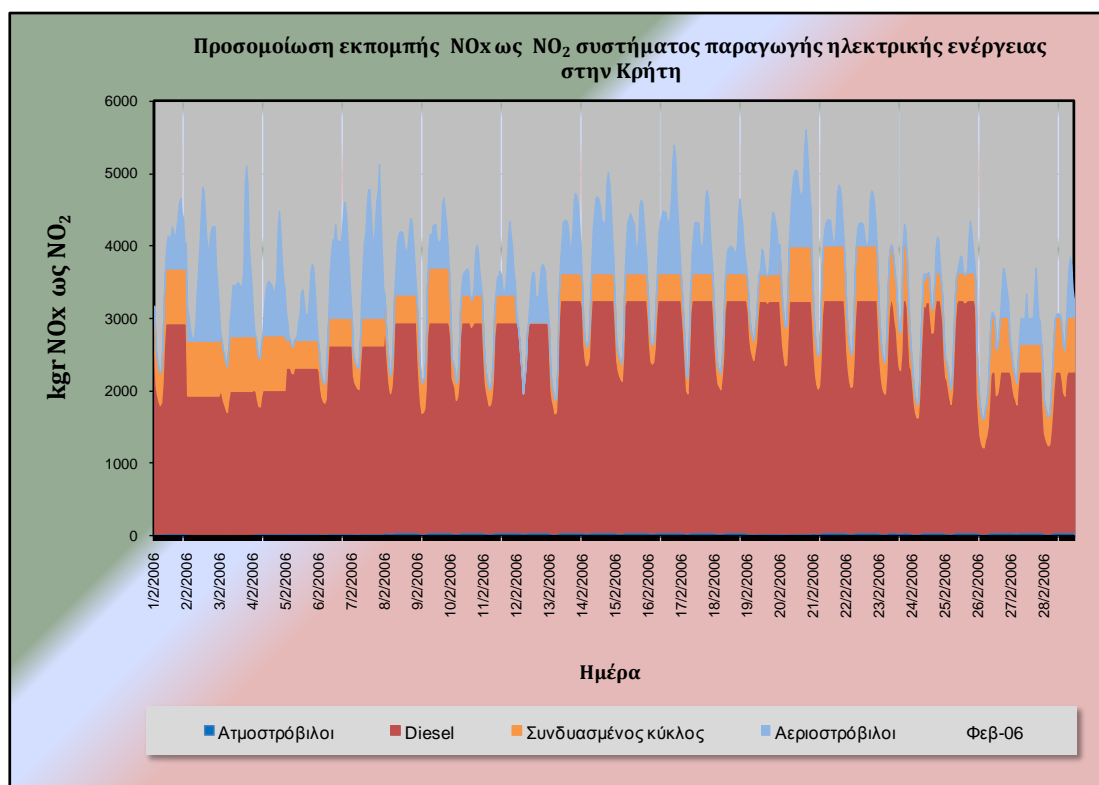


Εικόνα 133: Ωριαία εκπομπή των οξειδίων του αζώτου (NO<sub>x</sub>) ως διοξείδιο του αζώτου (NO<sub>2</sub>) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη στις 24/8/06.

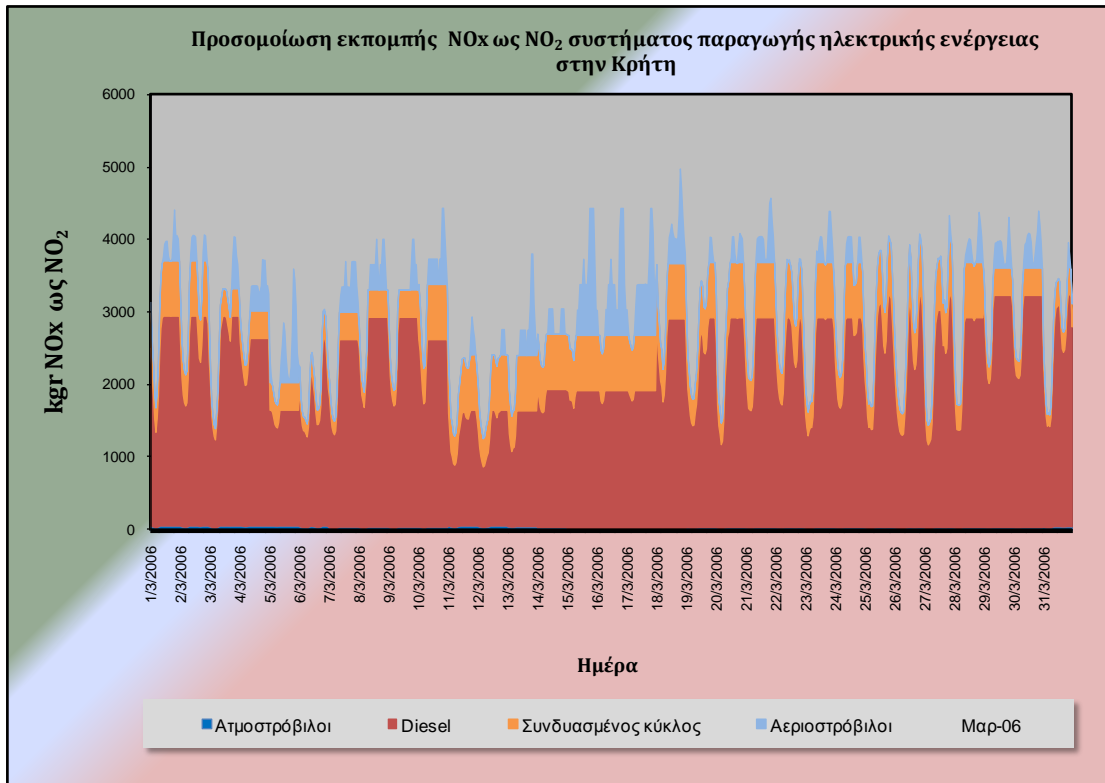
Στα διάγραμμα των Εικόνα 134 έως και Εικόνα 145 παρουσιάζεται η εκπομπή οξειδίων του αζώτου ανά μήνα, του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της Κρήτης για το έτος 2006 όπως αυτή προκύπτει από το πρόγραμμα προσομοίωσης «Ρύπος».



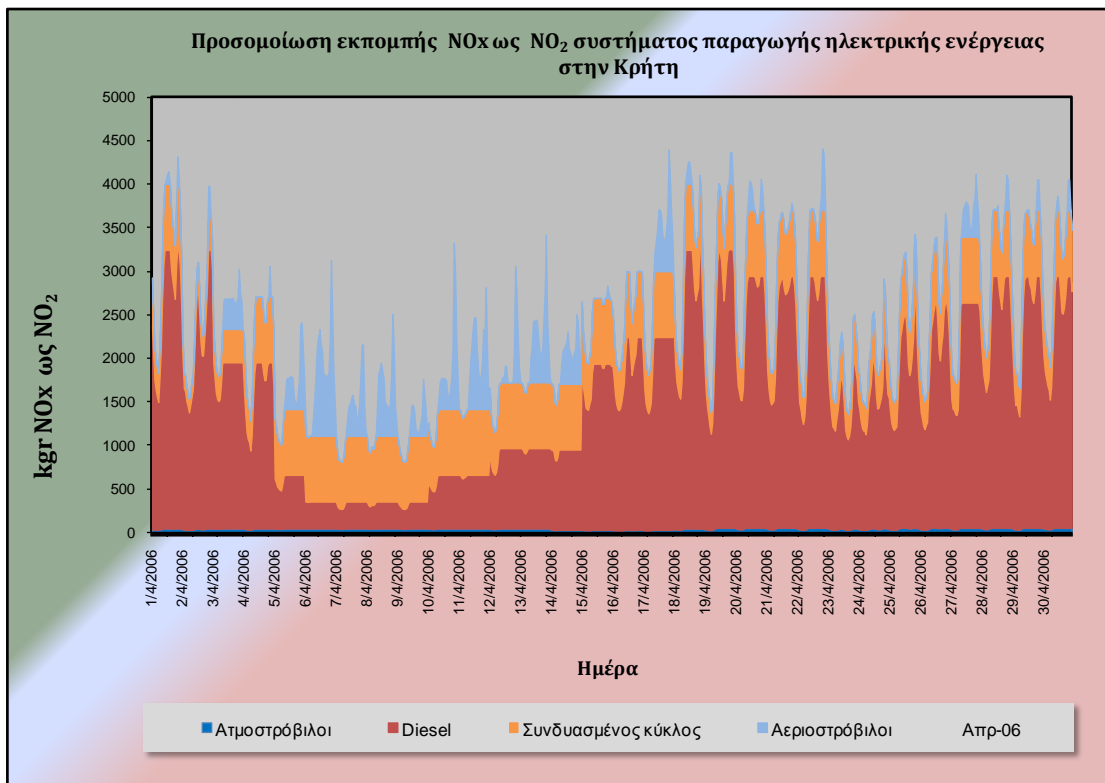
Εικόνα 134: Προσομοίωση της εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NOx) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Ιανουάριο του 2006.



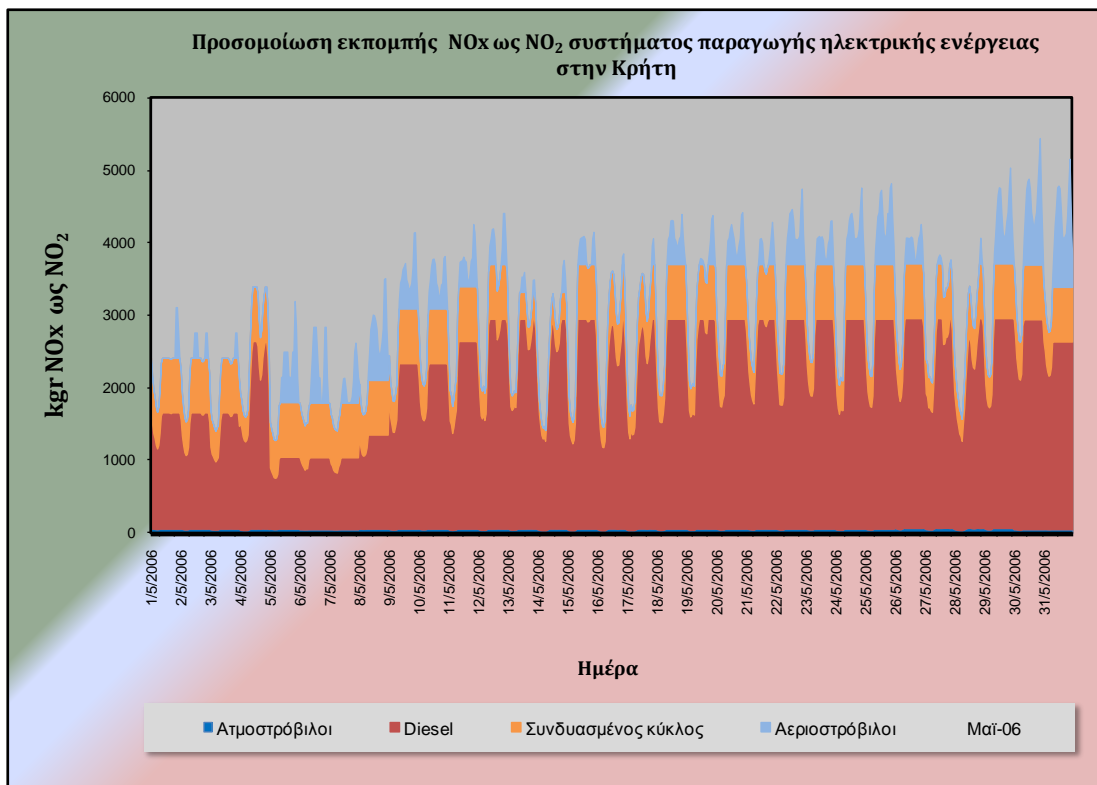
Εικόνα 135: Προσομοίωση της εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NOx) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Φεβρουάριο του 2006.



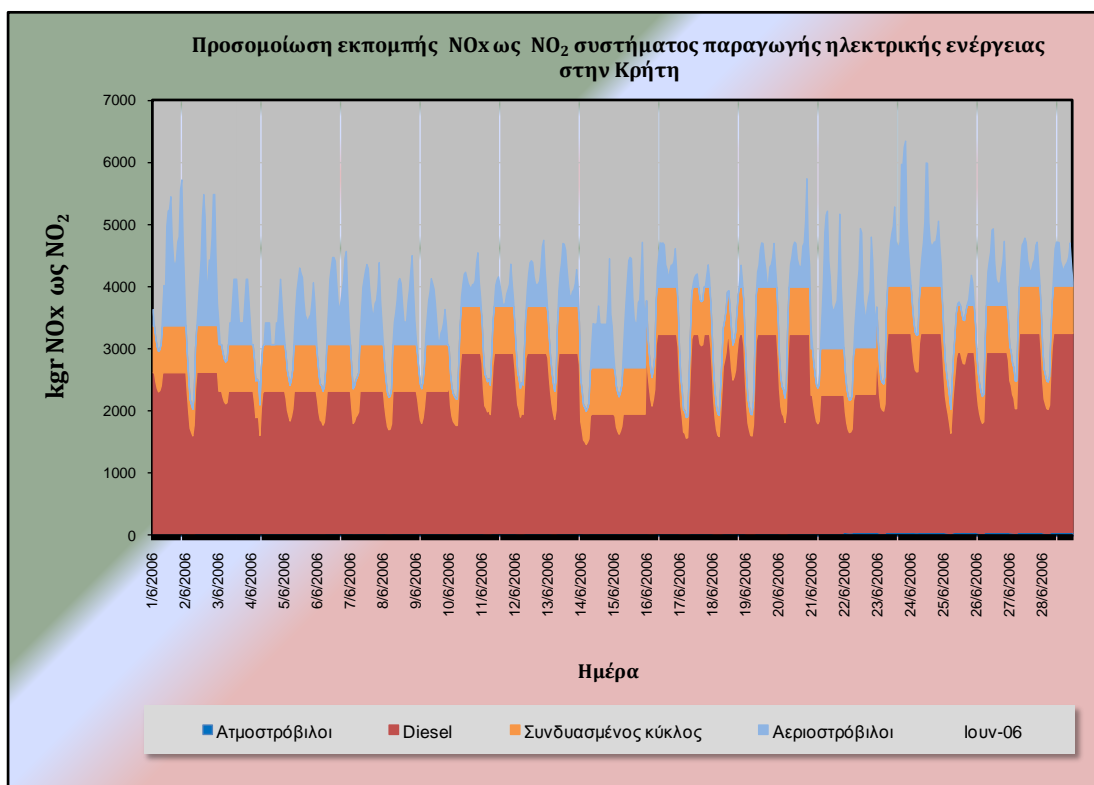
Εικόνα 136: Προσομοίωση της εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NOx) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Μάρτιο του 2006.



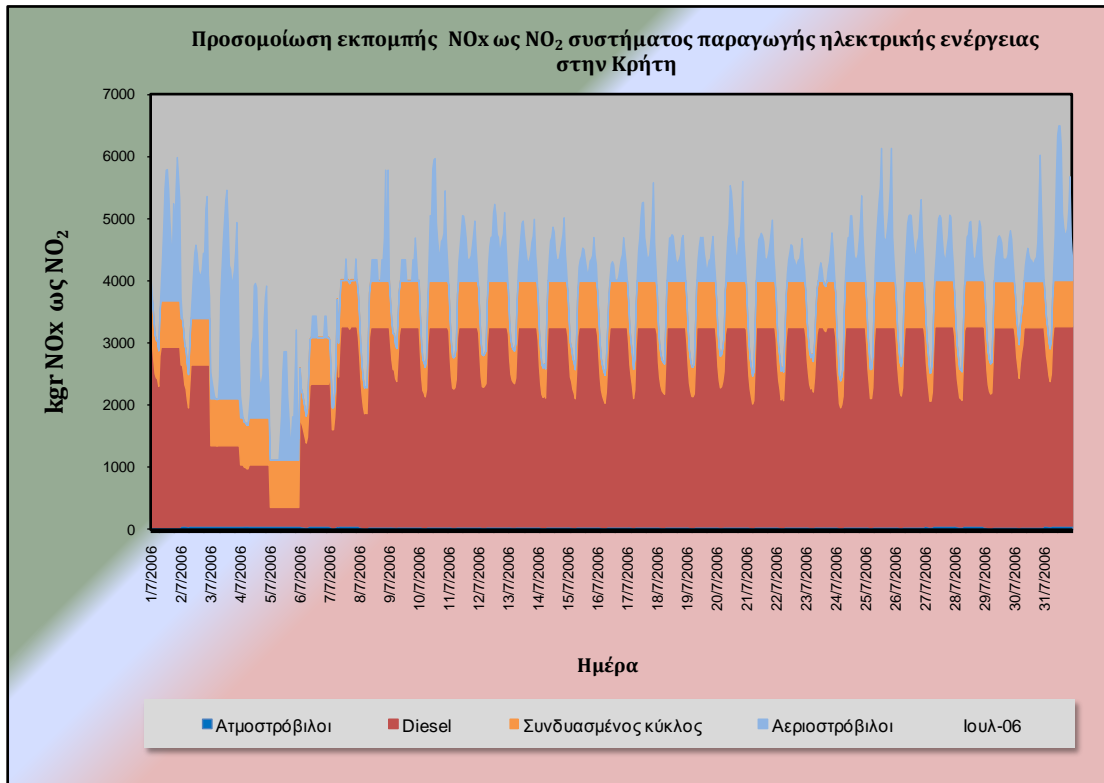
Εικόνα 137: Προσομοίωση της εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NOx) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Απρίλιο του 2006.



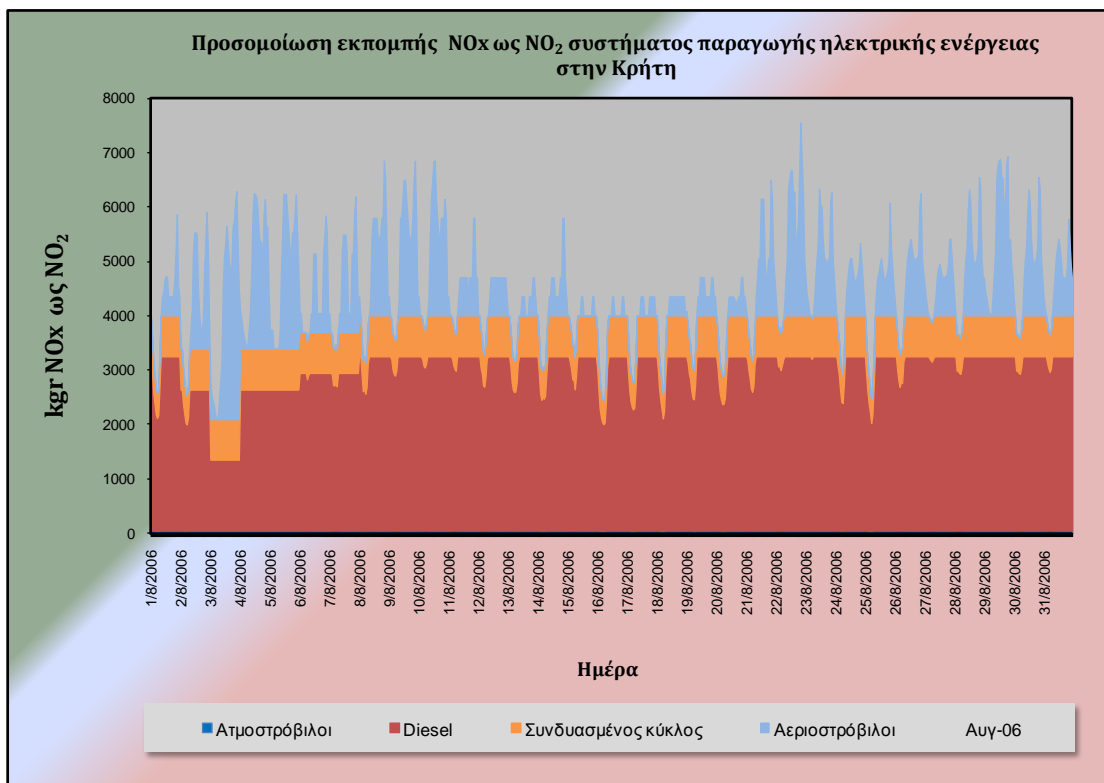
Εικόνα 138: Προσομοίωση της εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NOx) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Μαΐου του 2006.



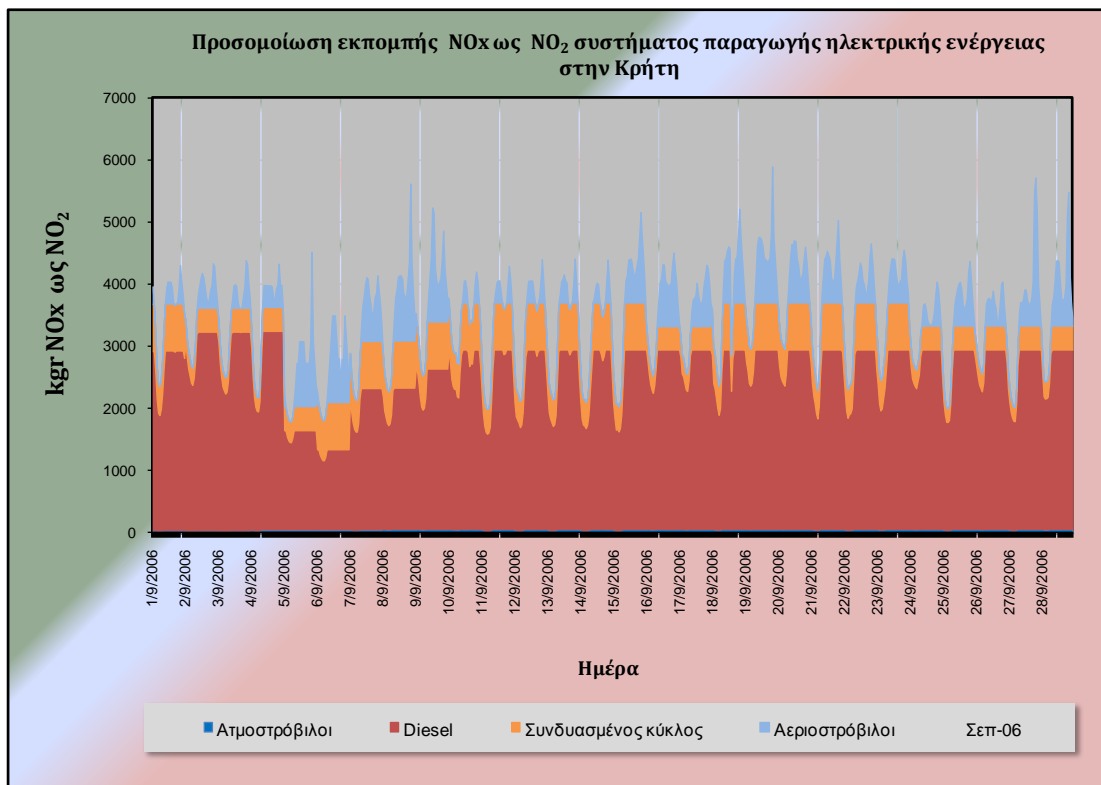
Εικόνα 139: Προσομοίωση της εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NOx) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Ιούνιο του 2006.



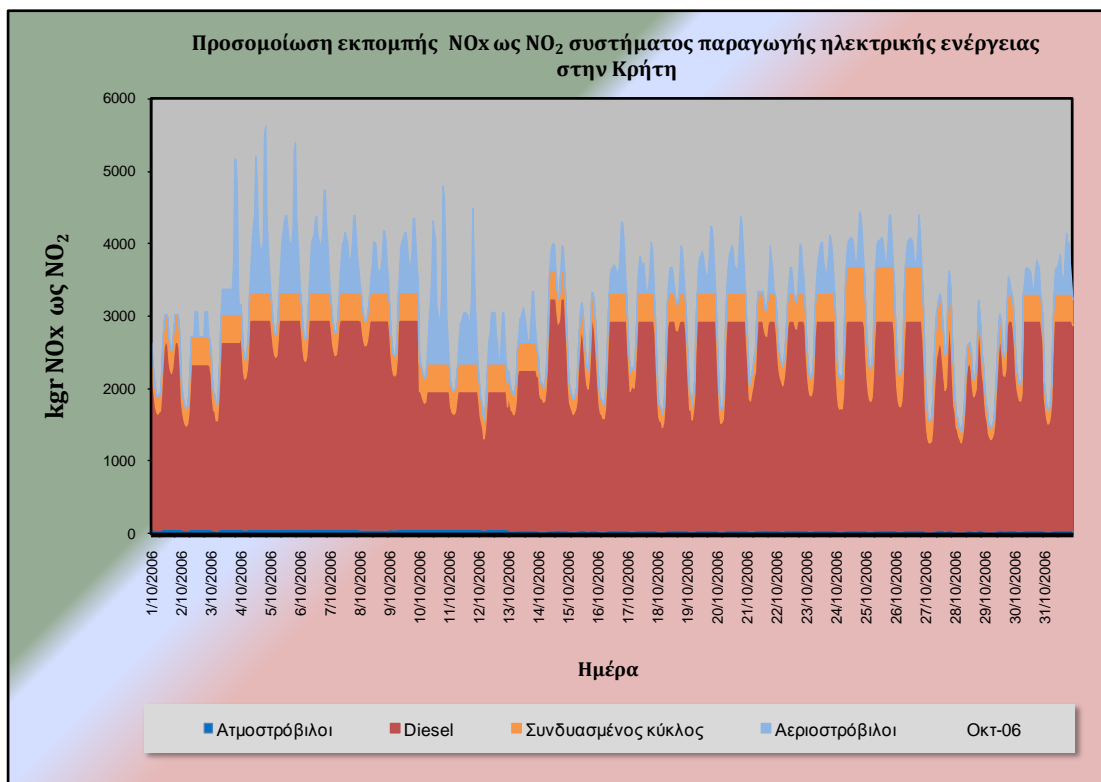
Εικόνα 140 Προσομοίωση της εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NOx) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Ιούλιο του 2006.



Εικόνα 141 Προσομοίωση της εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NOx) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Αυγούστου του 2006.

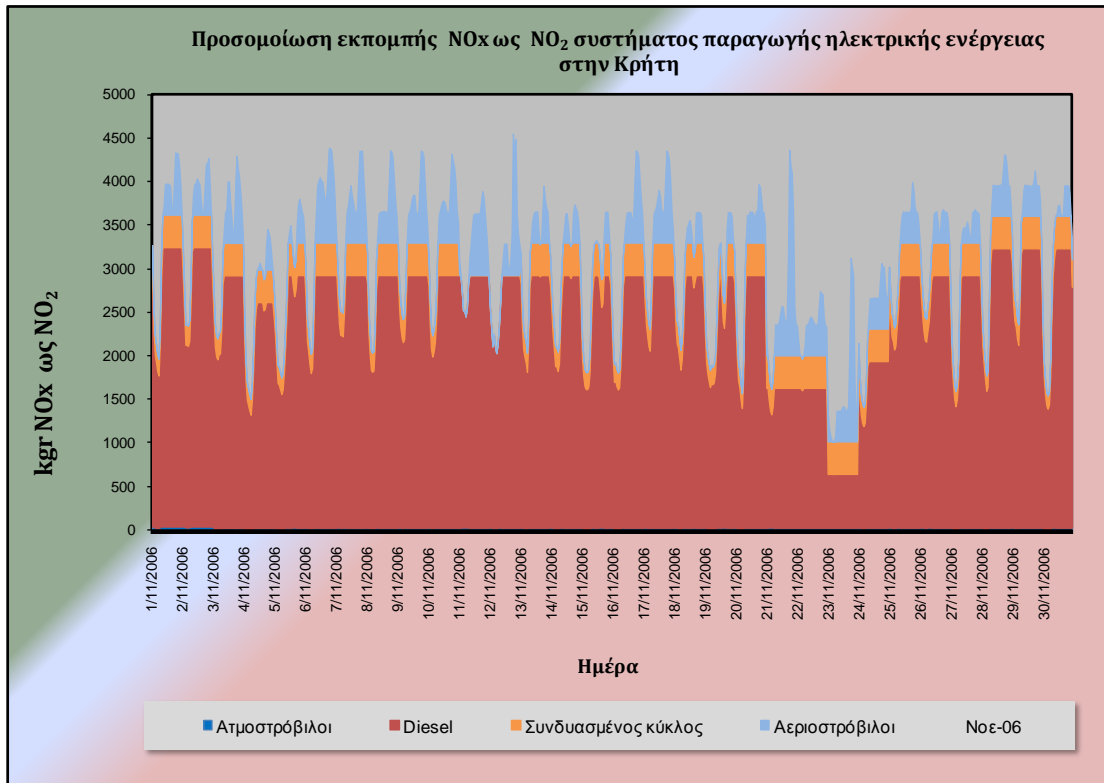


Εικόνα 142: Προσομοίωση της εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NOx) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Σεπτέμβριο του 2006.

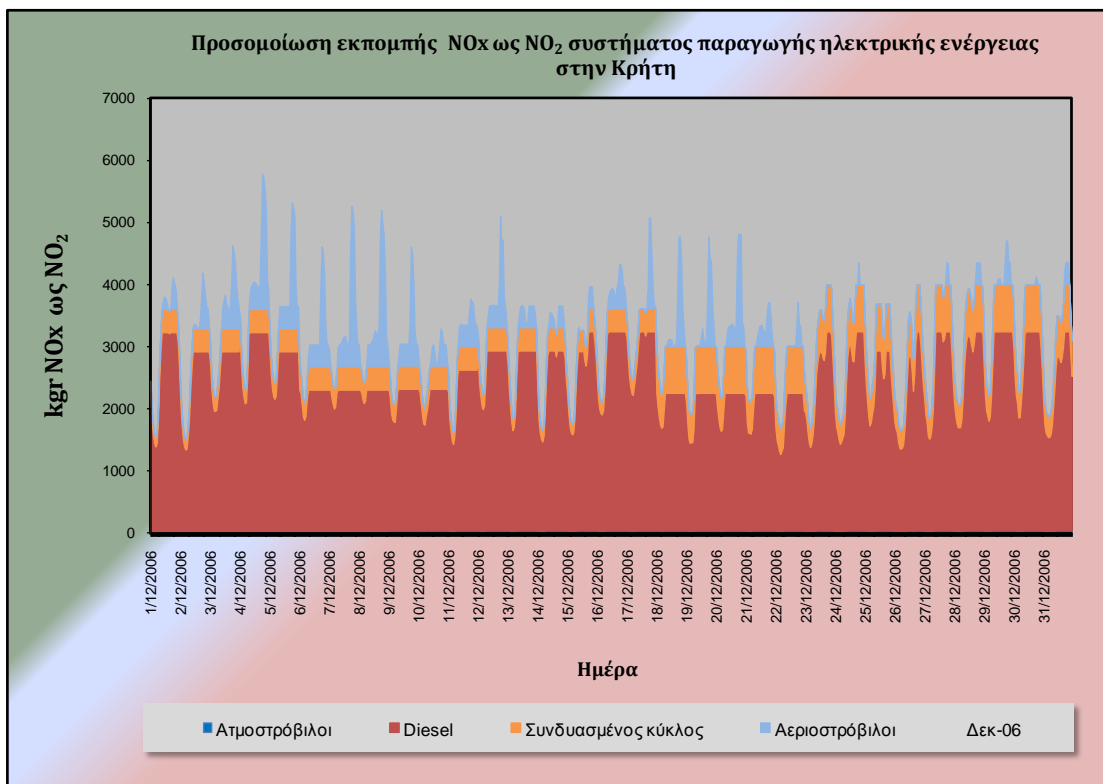


Εικόνα 143: Προσομοίωση της εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NOx) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Οκτώβριο του 2006.





Εικόνα 144: Προσομοίωση της εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NOx) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Νοέμβριο του 2006.



Εικόνα 145: Προσομοίωση της εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NOx) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Δεκέμβριο του 2006.

## 5.4 Η αξιολόγηση της προσομοίωσης της εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NO<sub>x</sub>) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη.

Η αξιολόγηση της προσομοίωσης της εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NO<sub>x</sub>), όπως και η αξιολόγηση της ενεργειακής προσομοίωσης, έγινε με τη σύγκριση των αποτελεσμάτων της με τα στοιχεία που δίδονται στις «εκθέσεις» σχετικά με την εκπομπή οξειδίων του αζώτου ανά μονάδα παραγωγής. Για κάθε διαφορετικό τύπο μονάδων παραγωγής συγκρίνεται η εκπομπή οξειδίων του αζώτου στο ελάχιστο χρονικό διάστημα που αυτή δίνεται στις εκθέσεις παρακολούθησης με αυτήν που υπολογίστηκε από το πρόγραμμα «Ρύπος».

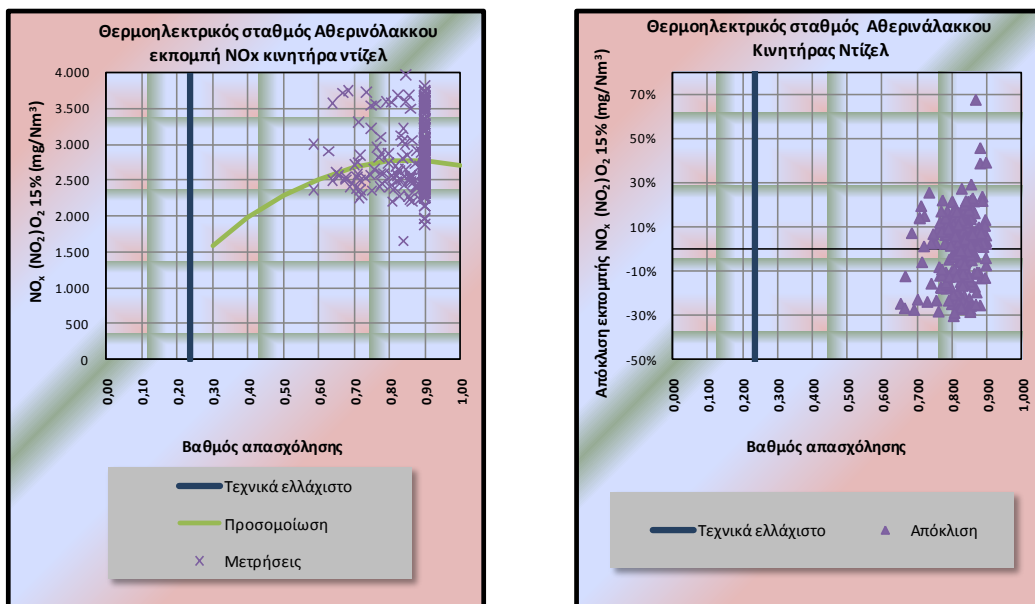
Στις εικόνες που ακολουθούν αριστερά δίνεται οι μετρήσεις της εκπομπής και τα αποτελέσματα του προγράμματος προσομοίωσης «Ρύπος» ενώ δεξιά η απόκλιση τους. Η απόκλιση αυτή υπολογίζεται από τη σχέση :

$$\text{Απόκλιση} = \left( \frac{\text{Υπολογισμένη τιμή} - \text{Μέτρηση}}{\text{Μέτρηση}} \right) \%$$

### Των μονάδων με κινητήρες Ντίζελ.

Για τις μονάδες με κινητήρα ντίζελ του σταθμού παραγωγής στον Αθερινόλακκο Λασιθίου, η απόκλιση των μέσων ημερήσιων εκπομπών κυμαίνεται από 30% ως -30% (διάγραμμα (β) της Εικόνα 146). Ενώ η απόκλιση της συνολικής ετήσιας εκπομπής τους είναι 29% (

Πίνακας 12)



Εικόνα 146: Εκπομπή οξειδίων του αζώτου (NO<sub>x</sub>) του θερμοηλεκτρικού σταθμού στον Αθερινόλακκο Λασιθίου

Ετήσια εκπομπή οξειδίων του αζώτου (NOx) των μονάδων με κινητήρα Ντίζελ του θερμοηλεκτρικού σταθμού στον Αθρινόλακκο Λασιθίου				
A/A	Μονάδα	Μετρήσεις έκθεσης	Αποτελέσματα προσομοίωσης	Απόκλιση
		kt	kt	
1	Ντίζελ # 1	5,28	6,92	31%
2	Ντίζελ # 2	5,51	6,95	26%
	<b>Σύνολο</b>	<b>10,79</b>	<b>13,87</b>	<b>29%</b>

Πίνακας 12 Συνολική ετήσια εκπομπή οξειδίων του αζώτου (NOx) από τις μονάδες με κινητήρα ντίζελ του θερμοηλεκτρικού σταθμού στον Αθρινόλακκο Λασιθίου.

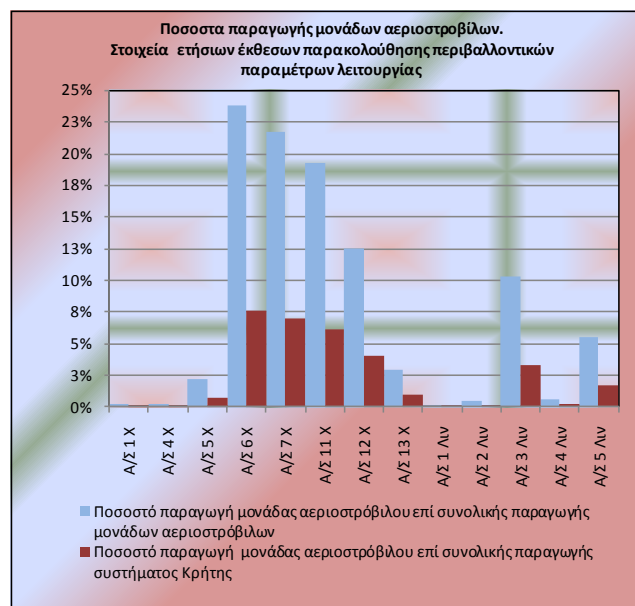
Για τις μονάδες με κινητήρα ντίζελ του σταθμού παραγωγής στα Λινοπεράματα Ηρακλείου η «έκθεση» δίνει μέση ετήσια τιμή εκπομπής. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 13 η απόκλιση ανά μονάδα κυμαίνεται στο 32% έως 39%, ενώ στο σύνολο τους έχουν απόκλιση 35%.

Εκπομπή οξειδίων του αζώτου (NOx) των μονάδων με κινητήρα Ντίζελ του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου				
A/A	Μονάδα	Μετρήσεις έκθεσης	Αποτελέσματα Προσομοίωσης	Απόκλιση
		kt	kt	
1	Ντίζελ # 1	1,29	1,75	35%
2	Ντίζελ # 2	1,4	1,85	32%
3	Ντίζελ #3	1,28	1,71	34%
4	Ντίζελ #4	1,45	2,01	39%
	<b>Σύνολο</b>	<b>5,42</b>	<b>7,32</b>	<b>35%</b>

Πίνακας 13: Συνολική ετήσια εκπομπή οξειδίων του αζώτου (NOx) από τις μονάδες με κινητήρα ντίζελ του θερμοηλεκτρικού σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου

#### Των μονάδων με αεροστροβίλων

Η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων για την εκπομπή οξειδίων του αζώτου (NOx) από τις μονάδες με αεριοστροβίλο γίνεται με κριτήριο να έχουν συμμετοχή στην συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας του συστήματος μεγαλύτερη του 2% (Εικόνα 147.) Δηλαδή για τις μονάδες #3 και #5 του σταθμού παραγωγής στα Λινοπεράματα Ηρακλείου και οι μονάδες #6, #7, #11,#12 του σταθμού παραγωγής στην Ξυλοκαμάρα Χανίων.



Εικόνα 147: Ποσοστό παραγωγής των μονάδων με αεριοστρόβιλο, βάση τα στοιχεία των ετήσιων εκθέσεων παρακολούθησης περιβαλλοντικών παραμέτρων λειτουργίας του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη.

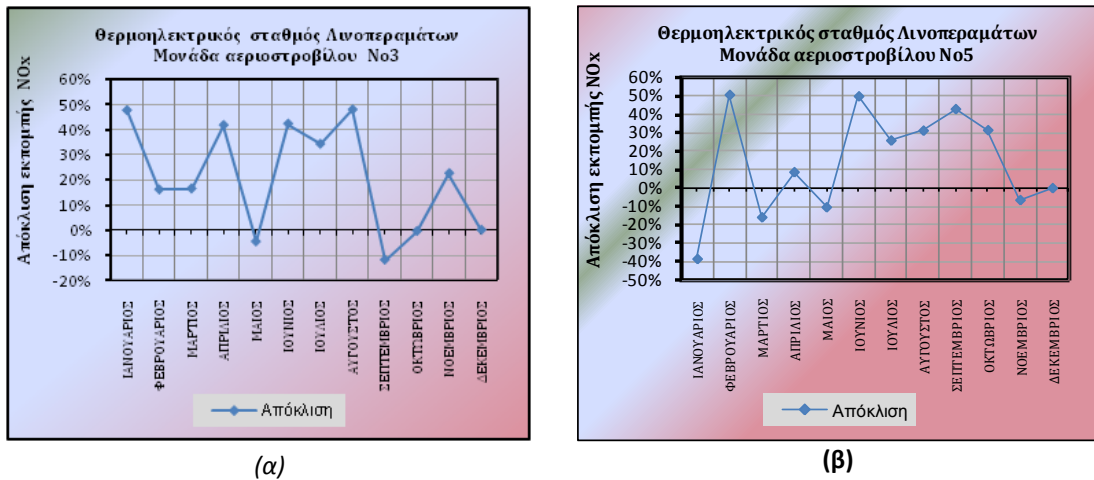
#### Μονάδες με αεριοστρόβιλο #3 και #5 του σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου.

Όπως φαίνεται στα διαγράμματα της Εικόνα 148 υπάρχει υπερεκτίμηση της μηνιαίας εκπομπής οξειδίων του αζώτου ( $NO_x$ ) που φτάνει και το 50% τόσο στην #3 όσο και στην #5 μονάδα με αεριοστρόβιλο του σταθμού παραγωγής στα Λινοπεράματα Ηρακλείου. Στην παράγραφο 4.3.3 αναφέρεται ότι ο υπολογισμός των συναρτήσεων του βαθμού απασχόλησης και της εκπομπής ρύπου, έγινε από τις ασυνεχείς μετρήσεις της ετήσιας έκθεσης παρακολούθησης λειτουργίας, για τις οποίες δεν γινόταν ψεκάσμος νερού, έτσι ώστε να μειωθεί η παραγωγή των οξειδίων του αζώτου ( $NO_x$ ). Η απόκλιση που προκύπτει με τη χρήση ή όχι του ψεκάσμου νερού είναι 58% για την μονάδα με αεριοστρόβιλο #3 και 57% για την μονάδα με αεριοστρόβιλο #5 (

Πίνακας 14).

Σύγκριση της εκπομπής οξειδίων του αζώτου ( $NO_x$ ) των μονάδων με αεριοστρόβιλο του σταθμού στα Λινοπεράματα με ψεκάσμο και χωρίς				
A/A	Μονάδα	Με ψεκάσμο	Χωρίς ψεκάσμο	Απόκλιση
		α	β	(β-α)/α
1	Αεριοστρόβιλος #3	106	167	58%
2	Αεριοστρόβιλος #5	99	156	57%

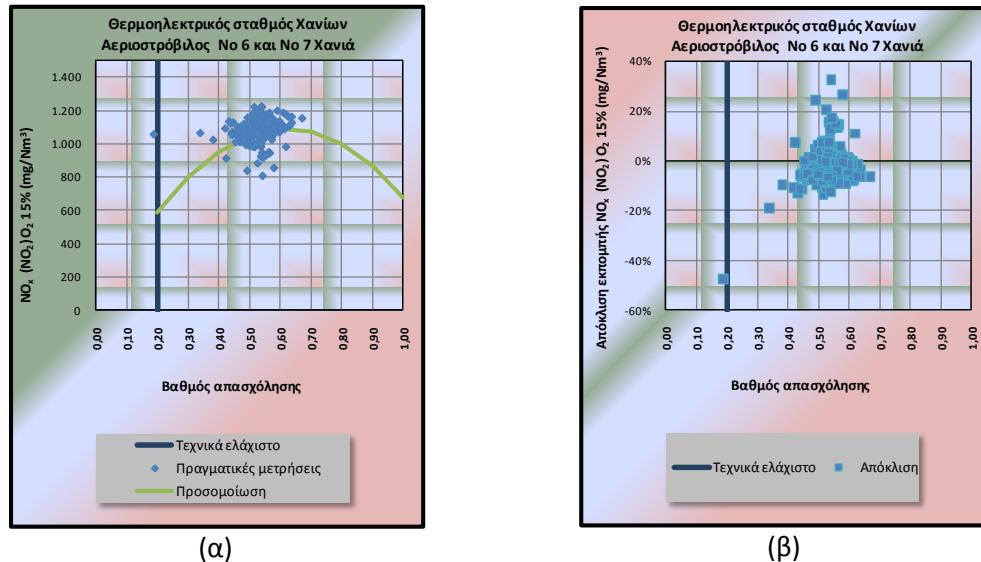
Πίνακας 14: Σύγκριση της εκπομπής οξειδίων του αζώτου ( $NO_x$ ) των μονάδων με αεριοστρόβιλο του σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου με ψεκάσμο και χωρίς ψεκάσμο νερού.



Εικόνα 148: Απόκλιση της μηνιαίας εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NOx) των μονάδων με αεριοστρόβιλο του σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου.

Μονάδες με αεριοστρόβιλο # 6 και #7 (συνδυασμένου κύκλου) του σταθμού στην Ξυλοκαμάρα Χανίων.

Για τις μονάδες με αεριοστρόβιλο #6 και #7 της μονάδας συνδυασμένου κύκλου του σταθμού παραγωγής στην Ξυλοκαμάρα Χανίων η «έκθεση» δίνει μέσες ημερήσιες τιμές εκπομπής. Όπως φαίνεται στο διάγραμμα (β) της Εικόνα 149 η απόκλιση κυμαίνεται από 20% ως -20%.



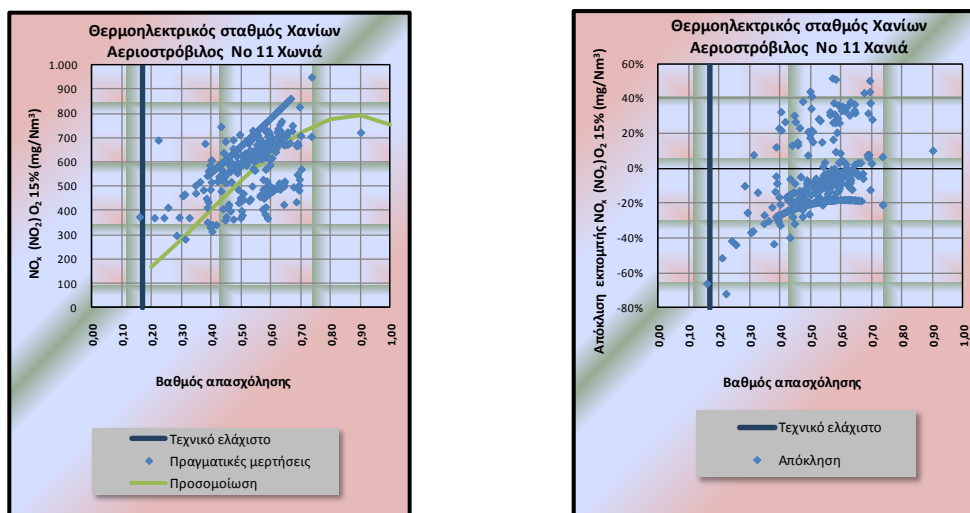
Εικόνα 149: Εκπομπή οξειδίων του αζώτου (NOx) των υποομάδων με αεριοστρόβιλο της μονάδας συνδυασμένου κύκλου του θερμοηλεκτρικού σταθμού στην Ξυλοκαμάρα Χανίων.

Μονάδες με αεριοστρόβιλο # 11 και #12 του σταθμού στην Ξυλοκαμάρα Χανίων.

Για τις μονάδες με αεριοστρόβιλο #11 και #12 του σταθμού παραγωγής στην Ξυλοκαμάρα Χανίων, η «έκθεση» δίνει μέσες ημερήσιες τιμές εκπομπής. Όπως φαίνεται στο διάγραμμα (β) της Εικόνα 150 η απόκλιση στα χαμηλά φορτία (συντελεστής απασχόλησης από 0,20 έως 0,30) μπορεί να φτάσει και το -75%. Το σφάλμα αυτό είναι αναμενόμενο λόγω

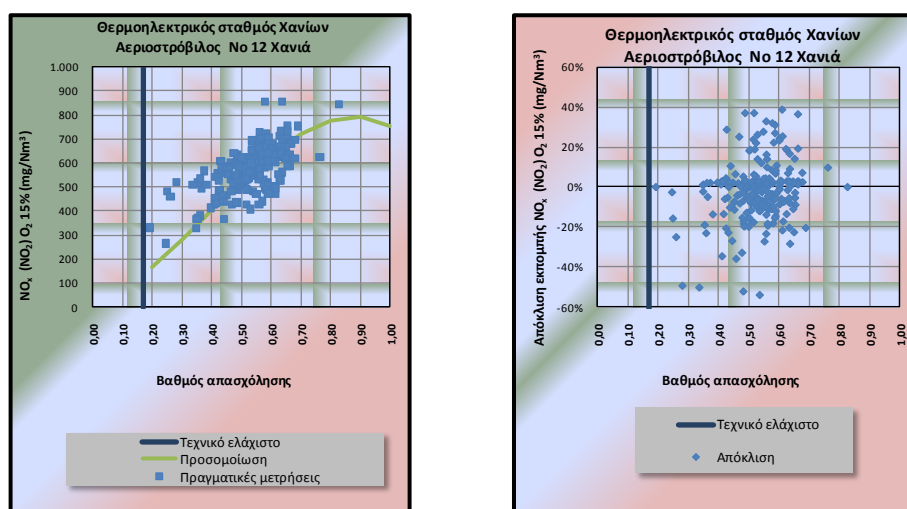
του ότι για τον υπολογισμό των συναρτήσεων της εκπομπής οξειδίων του αζώτου (παράγραφος 4.3.3) δεν υπήρχαν μετρήσεις σε αυτό το εύρος φόρτισης.

Αντίθετα για υψηλή φόρτιση (βαθμός απασχόλησης πάνω από 0,7 ) η απόκλιση δεν ξεπερνάει το 22%. Τέλος για συντελεστή απασχόλησης από 0,3 έως 0,7 η απόκλιση κυμαίνεται από 50% έως -40%.



Εικόνα 150: Εκπομπή οξειδίων του αζώτου (NOx) της μονάδας με αεριοστρόβιλο #11 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στην Ξυλοκαμάρα Χανίων.

Στην μονάδα με αεριοστρόβιλο #12 εμφανίζονται λίγο καλύτερα αποτελέσματα από ότι στη μονάδα με αεριοστρόβιλο #11. Όπως φαίνεται στο διάγραμμα (β) της Εικόνα 151 η απόκλιση στα χαμηλά φορτία (συντελεστής απασχόλησης από 0,20 έως 0,30) μπορεί να φτάσει και το -50%. Ενώ για υψηλή φόρτιση (βαθμός απασχόλησης πάνω από 0,70 ) η απόκλιση κυμαίνεται από 10% έως -20%. Τέλος για συντελεστή απασχόλησης από 0,35 έως 0,70 η απόκλιση κυμαίνεται από 40% έως -50% με μεγαλύτερη συχνότητα στο διάστημα από 10% έως -20%.



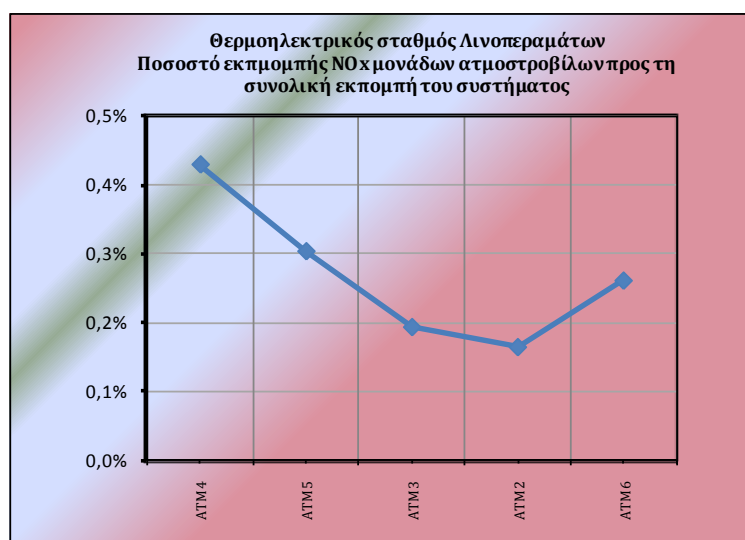
Εικόνα 151: Εκπομπή οξειδίων του αζώτου (NOx) της μονάδας με μονάδας με αεριοστρόβιλο #12 του θερμοηλεκτρικού σταθμού στην Ξυλοκαμάρα Χανίων.

Μονάδες με ατμοστρόβιλο.

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 15 υπάρχει υπερεκτίμηση της εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NOx) που φτάνει και το 64% στις μονάδες με ατμοστρόβιλο του σταθμού παραγωγής στα Λινοπεράματα Ηρακλείου. Η συμμετοχή της κάθε μονάδας με ατμοστρόβιλο στην ετήσια εκπομπή οξειδίων του αζώτου κυμαίνεται από 0,4% έως 0,15% ( Εικόνα 152), ποσοστό που δεν επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό το αποτέλεσμα της προσομοίωσης. Επόμενος δεν κρίνεται σκόπιμη ή αλλαγή της συνάρτησης του βαθμού απασχόλησης με το συντελεστή εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NOx) στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας.

Ετήσια εκπομπή οξειδίων του αζώτου (NOx) ως kt διοξείδιο του αζώτου (NO <sub>2</sub> ) των μονάδων με ατμοστρόβιλο του σταθμού στα Λινοπεράματα				
A/A	Μονάδα	Μετρήσεις έκθεσης kt	Αποτελέσματα Προσομοίωσης kt	Απόκλιση
1	Ατμοστρόβιλος # 2	0,12	0,05	-60%
2	Ατμοστρόβιλος # 3	0,16	0,06	-64%
3	Ατμοστρόβιλος # 4	0,28	0,13	-55%
4	Ατμοστρόβιλος # 5	0,21	0,09	-58%
5	Ατμοστρόβιλος # 6	0,19	0,08	-60%
	<b>Σύνολο</b>	<b>0,96</b>	<b>0,40</b>	<b>-60%</b>

Πίνακας 15: Ετήσια εκπομπή οξειδίων του αζώτου (NOx) των μονάδων με ατμοστρόβιλο του σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου



Εικόνα 152: Ποσοστό της ετήσιας εκπομπής οξειδίων του αζώτου ( NOx ως Kgr NO<sub>2</sub>) προς τη ετήσια εκπομπή του συστήματος των μονάδων με ατμοστρόβιλο στο σταθμό στα Λινοπεράματα Ηρακλείου του συστήματος παραγωγής ενέργειας στην Κρήτη.

Τέλος για το σύνολο των μονάδων ανά θερμοηλεκτρικό σταθμό η μεγαλύτερη απόκλιση στις ετήσιες εκπομπές παρουσιάζεται στους σταθμούς με μονάδες με κινητήρα ντίζελ δηλαδή στα Λινοπεράματα Ηρακλείου και στον Αθερινόλακκο Λασιθίου (υπερεκτίμηση γύρω στο 30%

Πίνακας 16 ). Ενώ στο σταθμό στην Ξυλοκαμάρα Χανίων στον οποίο υπάρχουν μόνο μονάδες με αεριοστρόβιλους υπάρχει υπερεκτίμηση μόλις στο 4,2%.

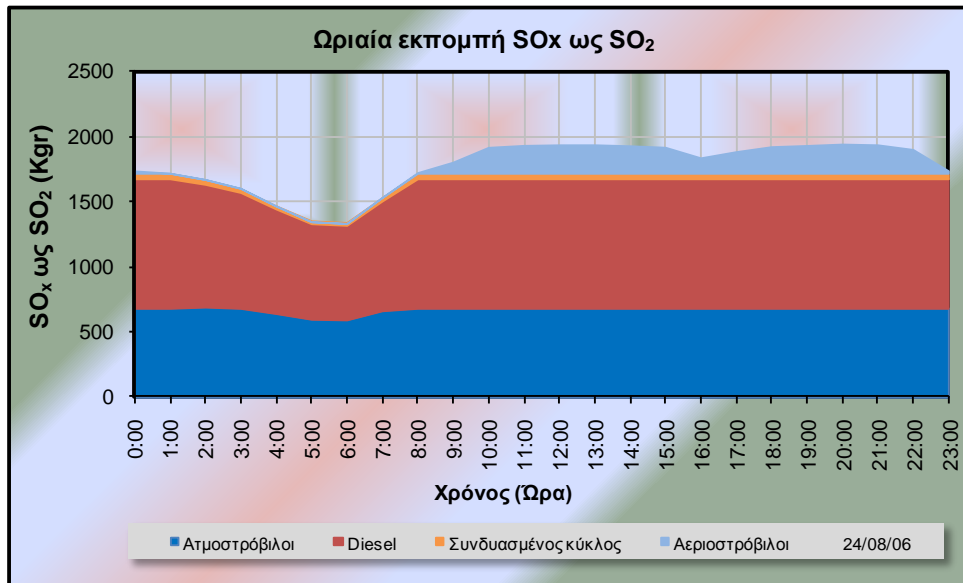
<b>Ετήσια εκπομπή οξειδίων του αζώτου (NO<sub>x</sub>) ως kt διοξειδίου του αζώτου (NO<sub>2</sub>) των θερμοηλεκτρικών σταθμών στην Κρήτη</b>				
<b>A/A</b>	<b>Μονάδα</b>	<b>Μετρήσεις έκθεσης</b>	<b>Αποτελέσματα Προσομοίωσης</b>	<b>Απόκλιση</b>
		<b>kt</b>	<b>kt</b>	
1	Λινοπεράματα Ηρακλείου	6,63	8,65	30%
2	Αθερινόλακκο Λασιθίου	10,79	13,87	29%
3	Ξυλοκαμάρα Χανίων	6,52	6,72	4,2%

Πίνακας 16 Ετήσια εκπομπή οξειδίων του αζώτου (NO<sub>x</sub>) ως kt διοξειδίου του αζώτου των θερμοηλεκτρικών σταθμών στην Κρήτη.



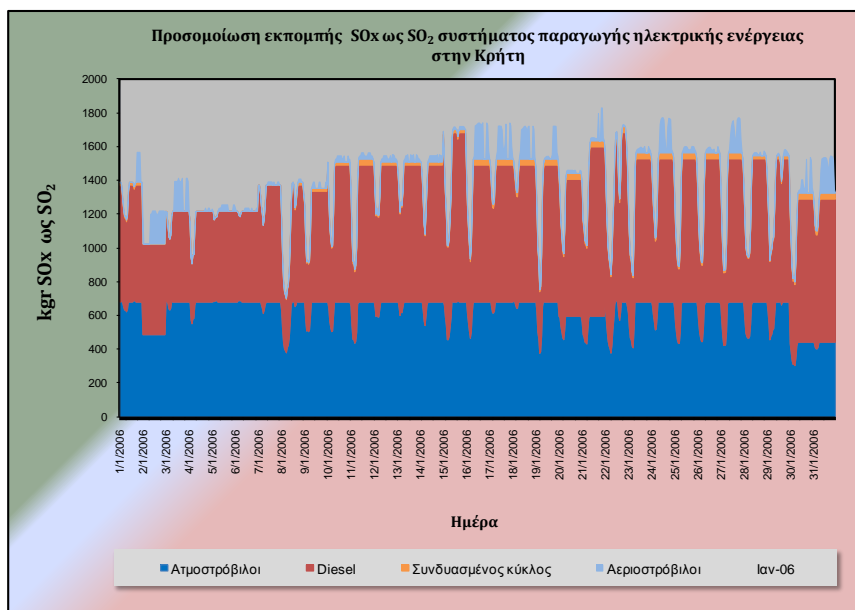
## 5.5 Τα αποτελέσματα προσομοίωσης της εκπομπής οξειδίων του θείου (SO<sub>x</sub>) στο σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη.

Στην Εικόνα 153 παρουσιάζεται η εκπομπή οξειδίων θείου του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της Κρήτης στην διάρκεια ενός εικοσιτετραώρου όπως αυτή προκύπτει από το πρόγραμμα προσομοίωσης «Ρύπος».

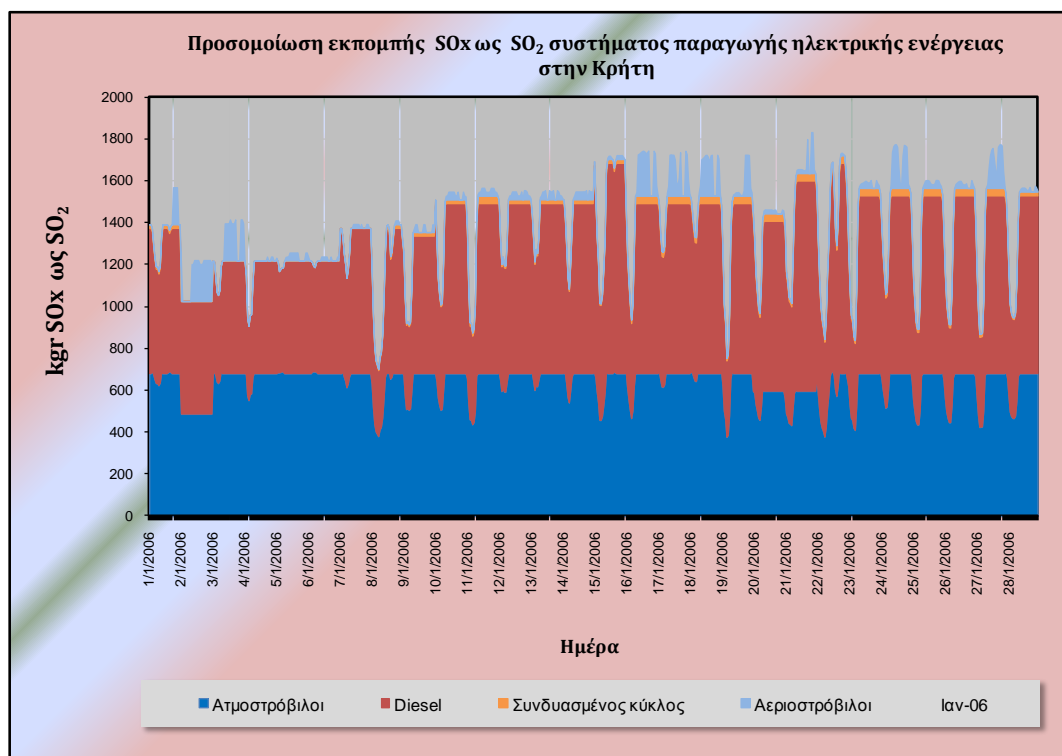


Εικόνα 153: Ωριαία εκπομπή οξειδίων του θείου (SO<sub>x</sub>) ως διοξείδιο θείου (SO<sub>2</sub>) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη στις 24/8/06

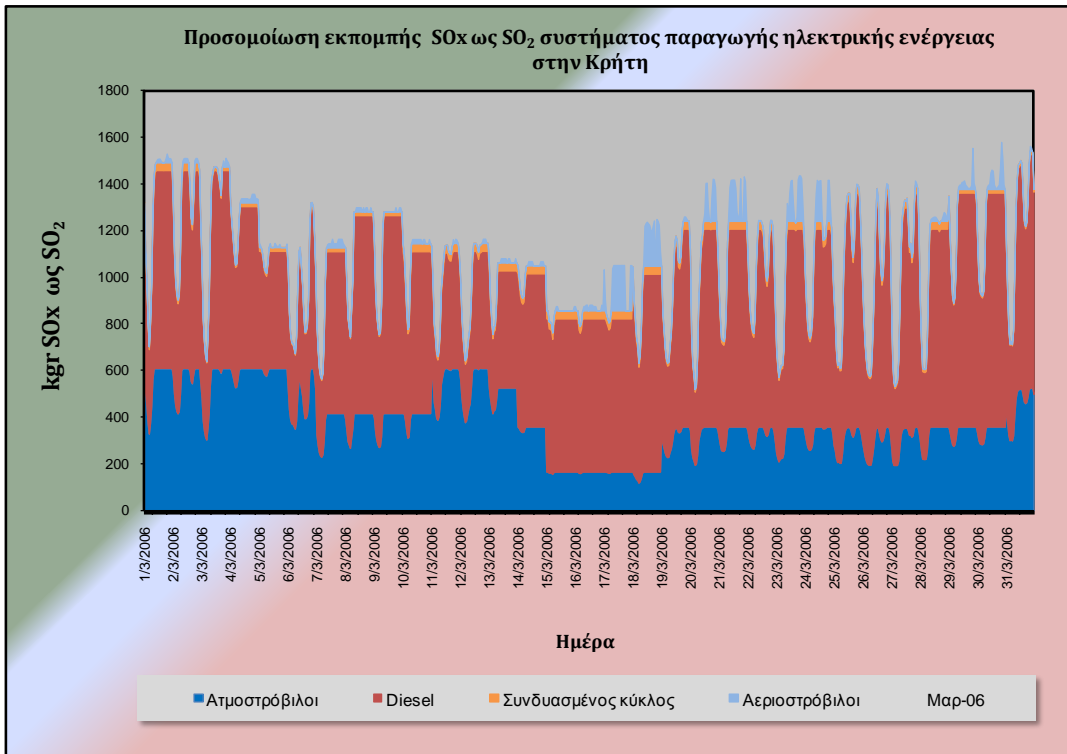
Στα διάγραμμα των Εικόνα 154 έως και Εικόνα 165 παρουσιάζεται η εκπομπή οξειδίων θείου ανά μήνα, του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της Κρήτης για το έτος 2006 όπως αυτή προκύπτει από το μοντέλο προσομοίωσης.



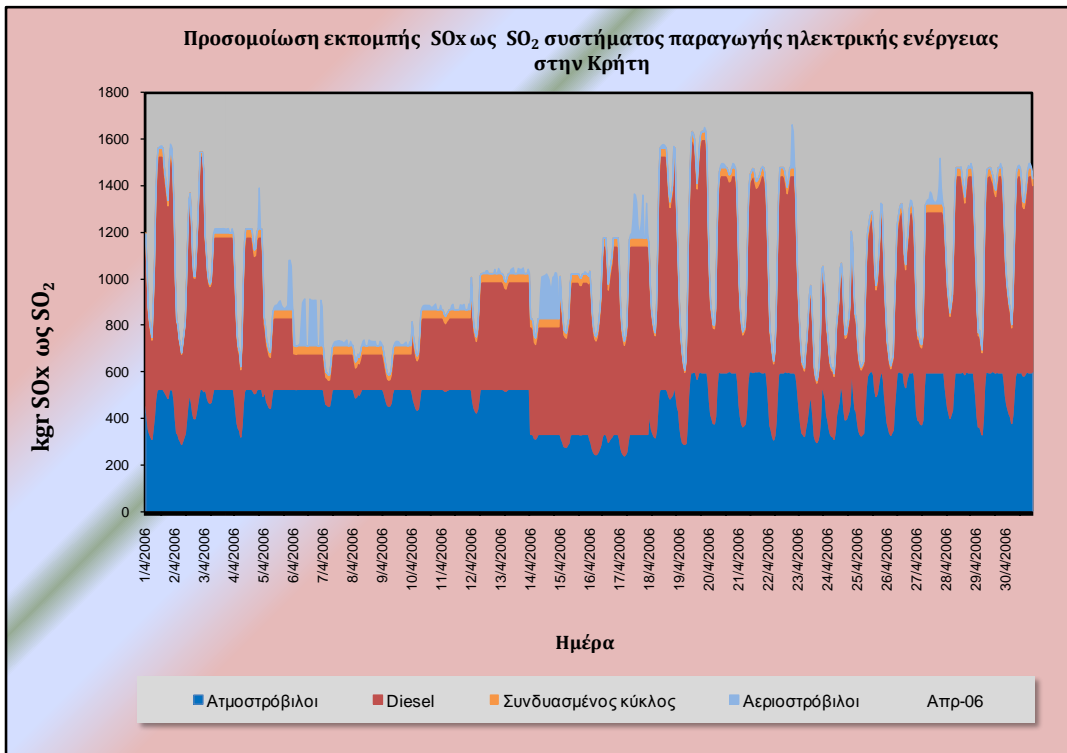
Εικόνα 154: Προσομοίωση της εκπομπής οξειδίων του θείου (SOx) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Ιανουάριο του 2006.



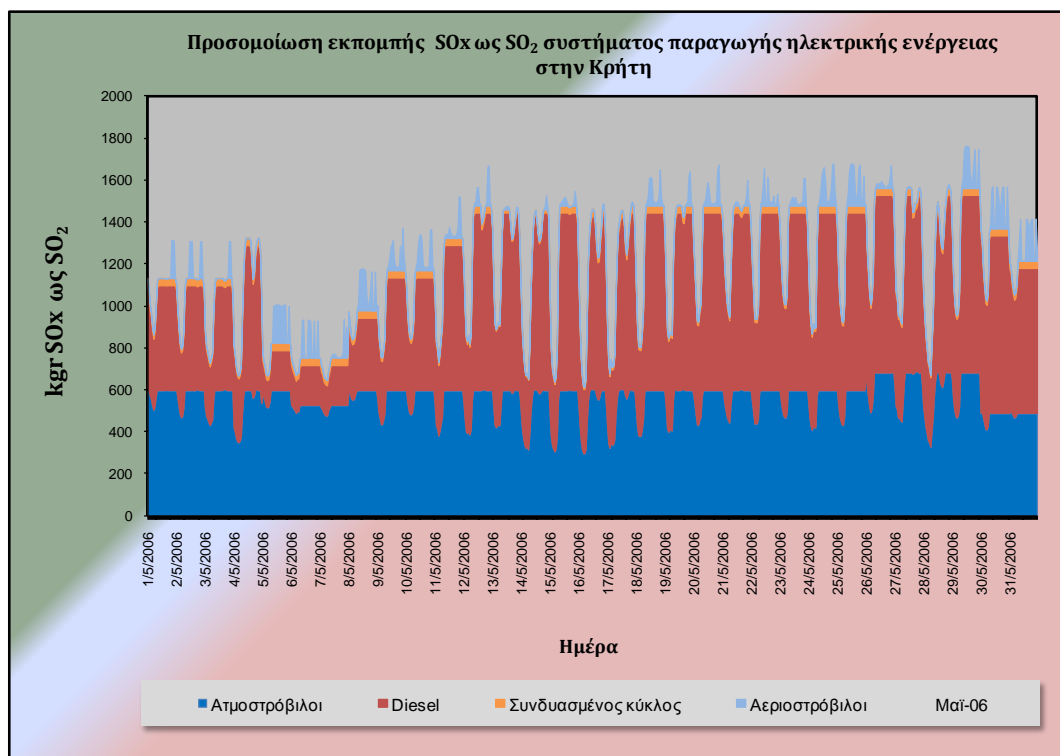
Εικόνα 155: Προσομοίωση της εκπομπής οξειδίων του θείου (SOx) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Φεβρουάριο του 2006.



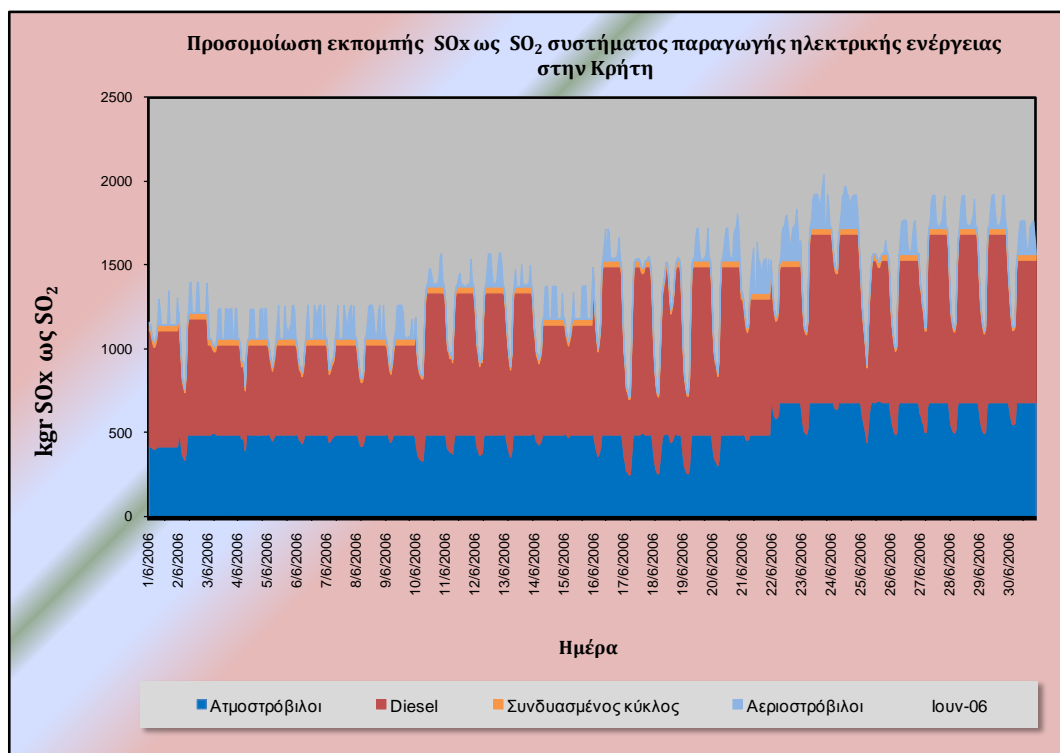
Εικόνα 156: Προσομοίωση της εκπομπής οξειδίων του θείου (SOx) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Μάρτιο του 2006.



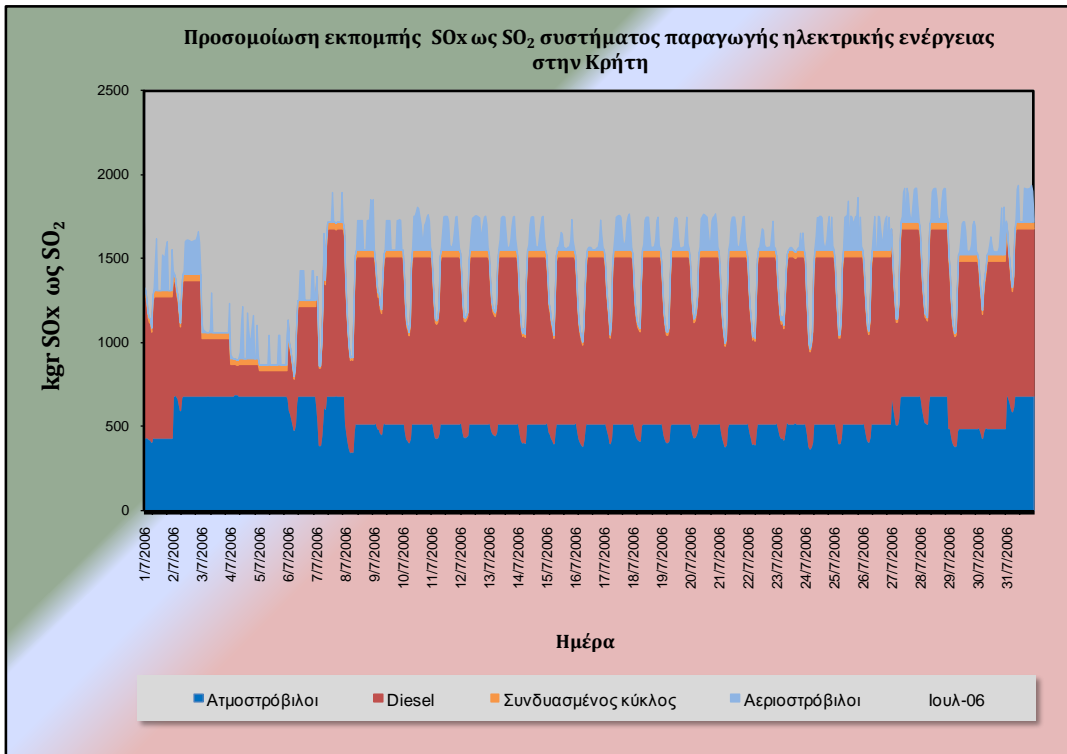
Εικόνα 157: Προσομοίωση της εκπομπής οξειδίων του θείου (SOx) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Απρίλιο του 2006.



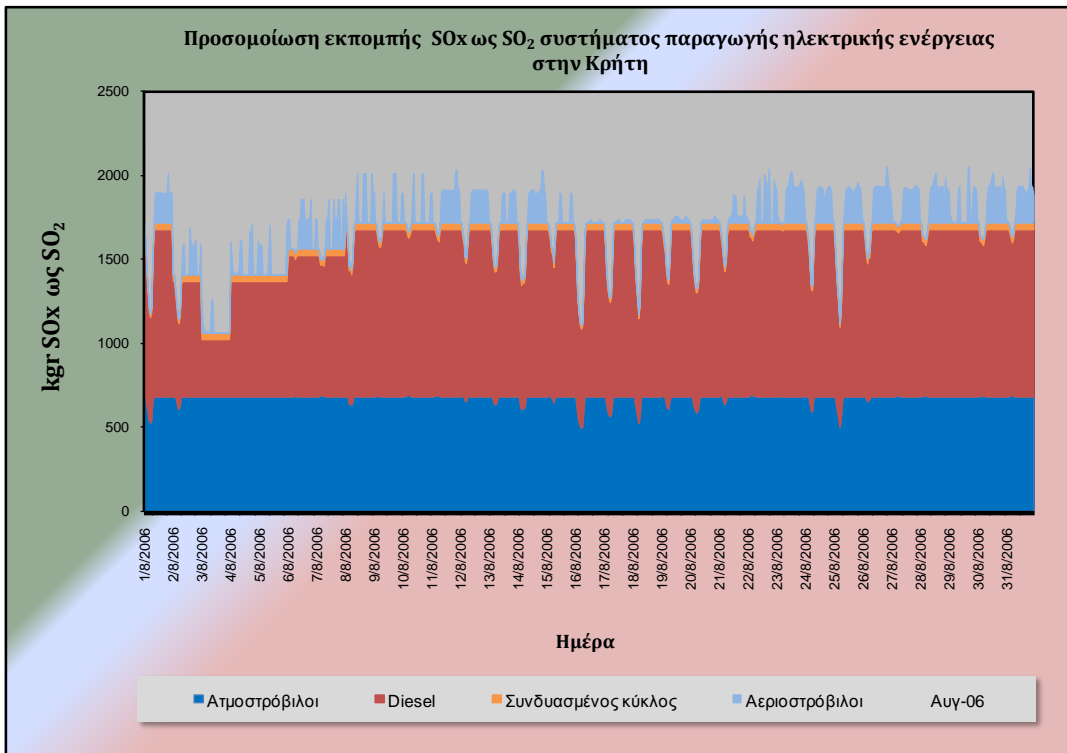
Εικόνα 158: Προσομοίωση της εκπομπής οξειδίων του θείου (SOx) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Μαΐου του 2006.



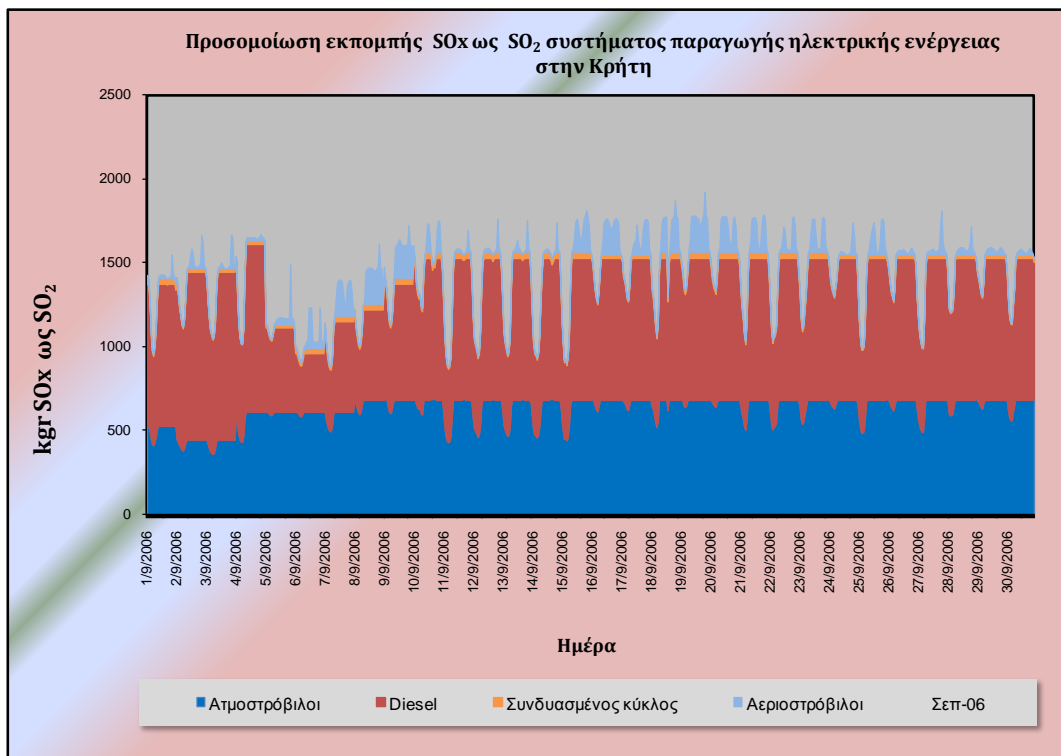
Εικόνα 159: Προσομοίωση της εκπομπής οξειδίων του θείου (SOx) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Ιούνιο του 2006.



Εικόνα 160 Προσομοίωση της εκπομπής οξειδίων του θείου (SOx) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Ιούλιο του 2006.

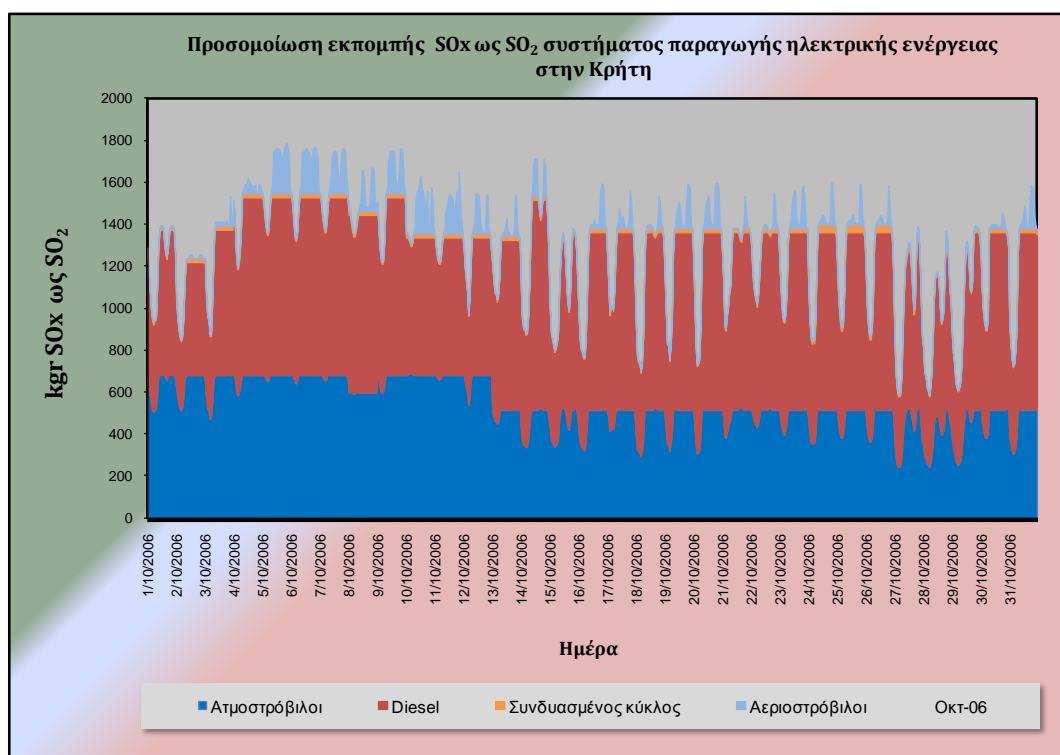


Εικόνα 161 Προσομοίωση της εκπομπής οξειδίων του θείου (SOx) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Αυγούστου του 2006.

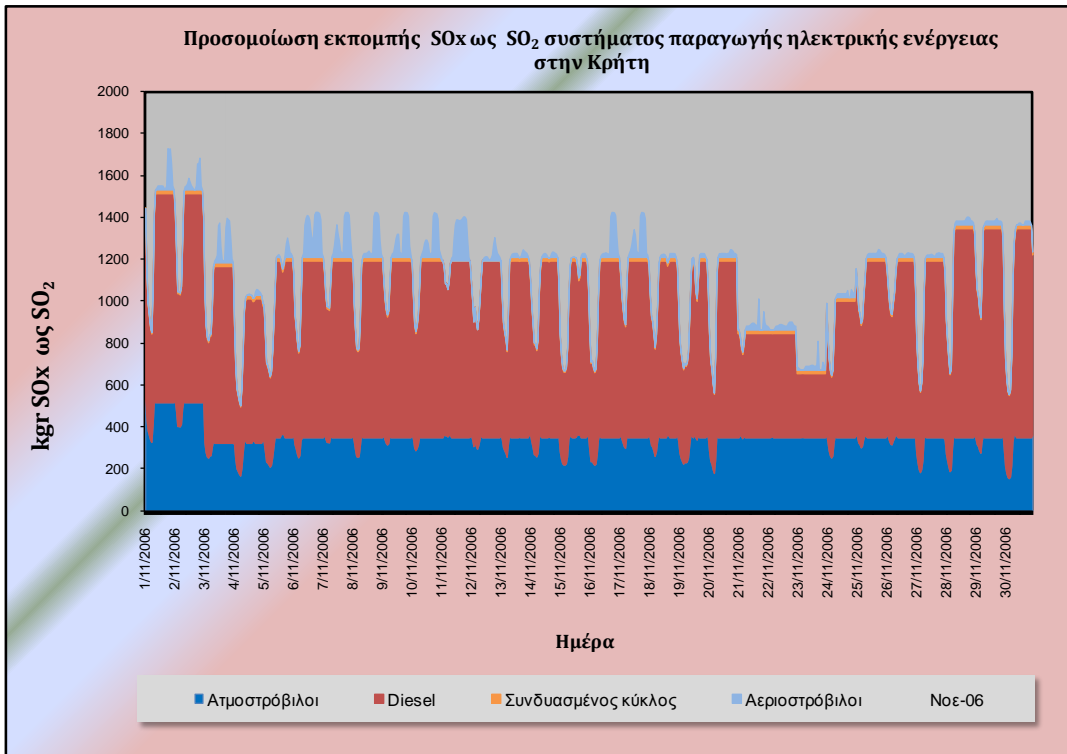


Εικόνα

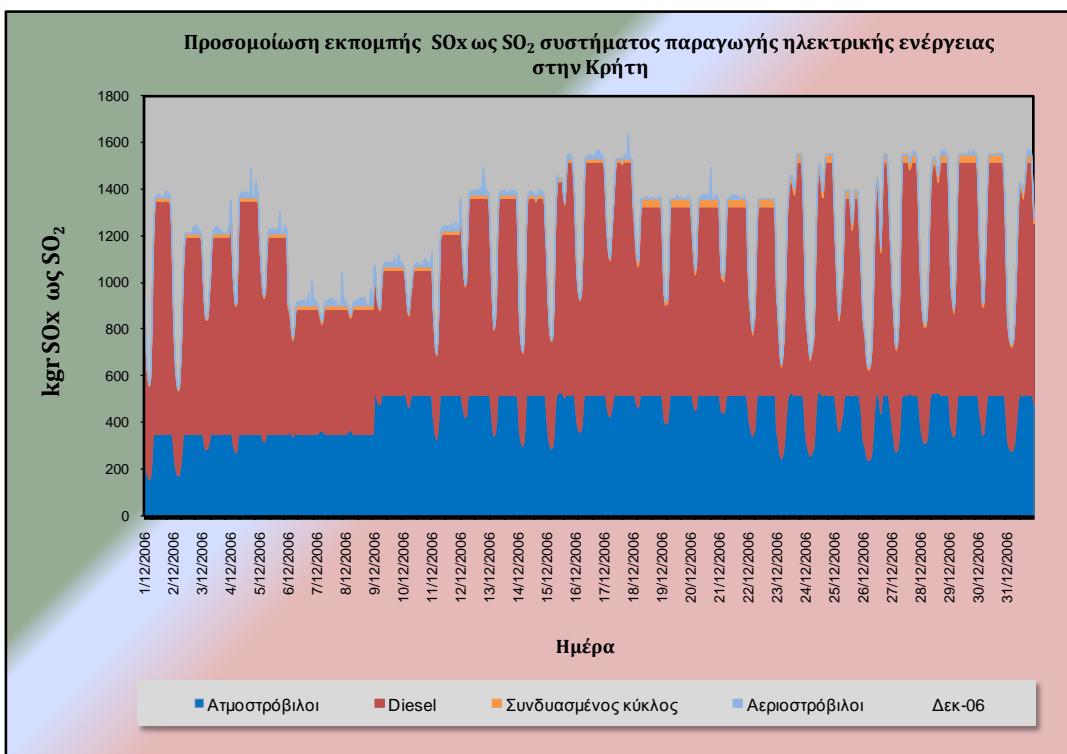
162: Προσομοίωση της εκπομπής οξειδίων του θείου (SOx) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Σεπτέμβριο του 2006.



Εικόνα 163: Προσομοίωση της εκπομπής οξειδίων του θείου (SOx) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Οκτώβριο του 2006.



Εικόνα 164: Προσομοίωση της εκπομπής οξειδίων του θείου (SOx) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Νοέμβριο του 2006.



Εικόνα 165: Προσομοίωση της εκπομπής οξειδίων του θείου (SOx) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Δεκέμβριο του 2006.

## 5.6 Η αξιολόγηση της προσομοίωσης της εκπομπής οξειδίων θείου (SOx) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη.

Η αξιολόγηση της προσομοίωσης της εκπομπής οξειδίων θείου (SOx), όπως και στην περίπτωση της εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NOx) έγινε με τη σύγκριση των αποτελεσμάτων της με τα στοιχεία που δίδονται στις «εκθέσεις» σχετικά με την εκπομπή οξειδίων του θείου ανά μονάδα παραγωγής. Για κάθε διαφορετικό τύπο μονάδας παραγωγής, συγκρίνεται η εκπομπή οξειδίων του θείου (SOx) στο ελάχιστο χρονικό διάστημα που αυτή δίνεται στις «εκθέσεις» με αυτήν που υπολογίστηκε από το μοντέλο και υπολογίζεται η απόκλιση τους από τη σχέση :

$$\text{Απόκλιση} = \left( \frac{\text{Υπολογισμένη τιμή} - \text{Μετρημένη τιμή}}{\text{Μετρημένη τιμή}} \right) \%$$

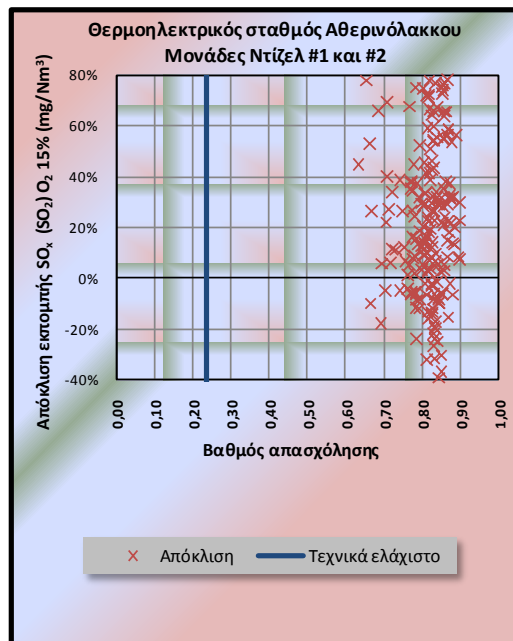
### Των μονάδων με κινητήρες Ντίζελ.

Για τις μονάδες με κινητήρα ντίζελ των μονάδων του σταθμού παραγωγής στον Αθρινόλακκο Λασιθίου η απόκλιση κυμαίνεται από 80% ως -40% για τις μέσες ημερήσιες εκπομπές οξειδίων του θείου (διάγραμμα (β) της Εικόνα 146) και από 21% έως 19% (Πίνακας 17) για τις ετήσιες εκπομπές οξειδίων του θείου βάση των εκθέσεων παρακολούθησης περιβαλλοντικών παραμέτρων λειτουργίας.

Εκπομπή οξειδίων θείου (SOx) των κινητήρων Ντίζελ των μονάδων του σταθμού Αθρινόλακκου				
A/A	Μονάδα	Μετρήσεις έκθεσης	Αποτελέσματα Προσομοίωσης	Απόκλιση
		kt	kt	
1	Ντίζελ # 1	1,1	1,3	21%
2	Ντίζελ #2	1,12	1,3	19%
	<b>Σύνολο</b>	<b>2,22</b>	<b>2,7</b>	<b>20%</b>

Πίνακας 17: Συνολική ετήσια εκπομπή οξειδίων του θείου (SOx) από τις μονάδες με κινητήρα Ντίζελ του σταθμού στον Αθρινόλακκο Λασιθίου.





Εικόνα 166: Εκπομπή οξειδίων του θείου (SO<sub>x</sub>) του θερμοηλεκτρικού σταθμού στον Αθερινόλακκο Λασιθίου.

Για τις μονάδες με κινητήρα ντίζελ του σταθμού παραγωγής στα Λινοπεραμάτα Ηρακλείου η «έκθεση» δίνει μέση ετήσια τιμή εκπομπής. Όπως φαίνεται στον Πίνακας 18 η απόκλιση κυμαίνεται από 23% έως 25 %.

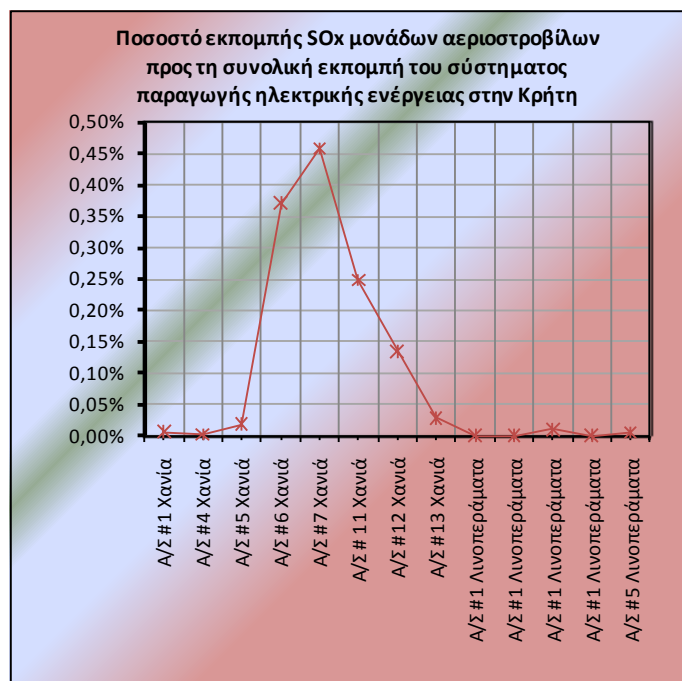
Εκπομπή οξειδίων θείου (SO <sub>x</sub> ) των κινητήρων Ντίζελ των μονάδων του σταθμού Λινοπεραμάτων				
A/A	Μονάδα	Μετρήσεις έκθεσης	Αποτελέσματα Προσομοίωσης	Απόκλιση
		kt	kt	
1	Ντίζελ # 1	0,71	0,88	24%
2	Ντίζελ # 2	0,73	0,93	27%
3	Ντίζελ #3	0,7	0,86	23%
4	Ντίζελ #4	0,81	1,01	25%
	Σύνολο	2,95	3,68	25%

Πίνακας 18: Συνολική ετήσια εκπομπή οξειδίων του θείου (SO<sub>x</sub>) από τις μονάδες με κινητήρα Ντίζελ του σταθμού στα Λινοπεραμάτα Ηρακλείου.

Των μονάδων με αεροστρόβιλο.

Το ποσοστό συμμετοχής της εκπομπής οξειδίων του θείου από τις μονάδες με αεροστρόβιλο βάση των στοιχείων των ετήσιων εκθέσεων παρακολούθησης είναι 1,3 %. Το ποσοστό αυτό δεν επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό το αποτέλεσμα της προσομοίωσης, επόμενος δεν κρίνεται σκόπιμη ή αλλαγή των συνάρτησαν του βαθμού απασχόλησης συναρτήσει του

συντελεστή εκπομπής οξειδίων του θείου (SOx) στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας. Η συμμετοχή της κάθε μονάδας με αεριοστρόβιλο στην ετήσια εκπομπή οξειδίων του θείου δίνεται στο διάγραμμα της Εικόνα 167.



Εικόνα 167: Ποσοστό της εκπομπής οξειδίων του θείου (SOx) των μονάδων με αεριοστρόβιλο προς τη συνολική εκπομπή του συστήματος παραγωγής ενέργειας στην Κρήτη.

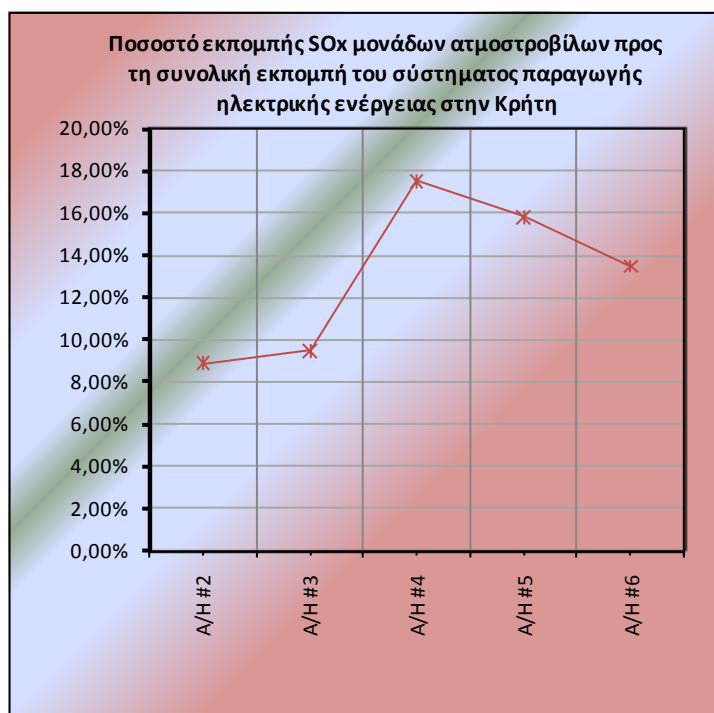
Μονάδες με ατμοστρόβιλο.

Για τις μονάδες με ατμοστρόβιλο βάση των στοιχείων της «έκθεσης» η απόκλιση στην ετήσια εκπομπή οξειδίων του θείου κυμαίνεται από -83% ως -53%. (Πίνακας 19) Ενώ το ποσοστό συμμετοχής τους στην ετήσια εκπομπή στο σύνολο του σταθμού είναι 65,2 %.

Ετήσια εκπομπή οξειδίων του θείου (SOx) των μονάδων με ατμοστρόβιλο του σταθμού στα Λινοπεράματα Ηρακλείου				
A/A	Μονάδα	Μετρήσεις έκθεσης	Αποτελέσματα Προσομοίωσης	Απόκλιση
		kt	kt	
1	Ατμοστρόβιλος # 2	1,37	0,47	-66%
2	Ατμοστρόβιλος # 3	1,46	0,53	-63%
3	Ατμοστρόβιλος # 4	2,7	1,44	-83%
4	Ατμοστρόβιλος # 5	2,44	1,14	-53%
5	Ατμοστρόβιλος # 6	2,08	0,99	-53%
	Σύνολο	10,05	3,60	-64%

Πίνακας 19: Ετήσια εκπομπή οξειδίων θείου (NOx) των ατμοστρόβιλων του σταθμού Λινοπεραμάτων Ηρακλείου

Η συμμετοχή της κάθε μονάδας με αεριοστρόβιλο στην ετήσια εκπομπή οξειδίων του θείου δίνεται στο διάγραμμα της Εικόνα 152.



Εικόνα 168: Ποσοστό ετήσιας εκπομπής οξειδίων του θείου (SOx) προς τη ετήσια εκπομπή του συστήματος των μονάδων με αεριοστρόβιλο στο σταθμό στα Λινοπεράματα Ηρακλείου του συστήματος παραγωγής ενέργειας στην Κρήτης.

Τέλος για το σύνολο των μονάδων ανά θερμοηλεκτρικό σταθμό η μεγαλύτερη απόκλιση στις ετήσιες εκπομπές παρουσιάζεται στο σταθμό στην Ξυλοκαμάρα Χανίων (υπερεκτίμηση 61%). Η απόκλιση αυτή δεν επηρεάζει σημαντικά τον υπολογισμό της ετήσιας εκπομπής οξειδίων του θείου του συστήματος παραγωγής στην Κρήτη με δεδομένο ότι η συμμετοχή του σταθμού αυτού είναι μόνο το 1,27%, γεγονός που οφείλεται στο ότι ο σταθμός αυτός αποτελείται από μονάδες με αεριοστρόβιλο οι οποίοι καίνε χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο καύσιμο.

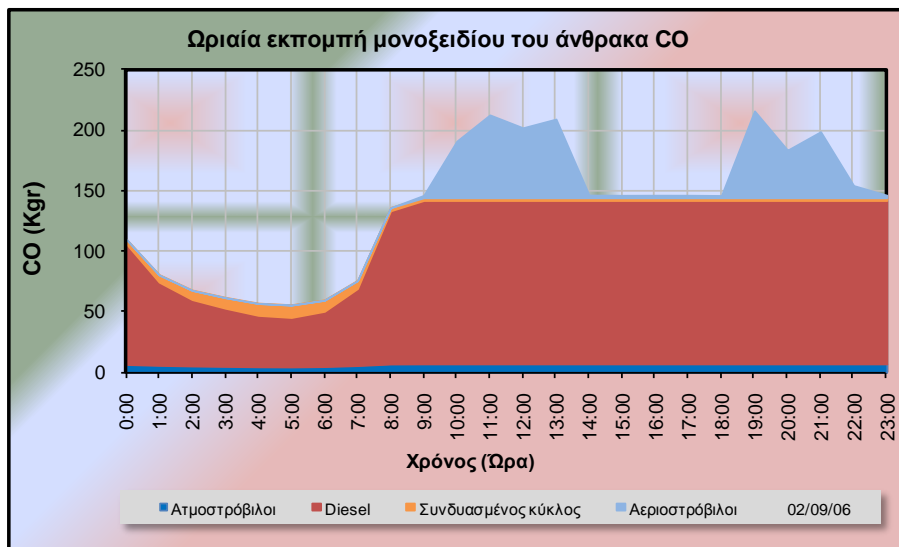
Σημαντικό όμως παράγοντα παίζει η υποεκτίμηση (-41%) στο σταθμό στα Λινοπεράματα Ηρακλείου λόγω του ότι ο σταθμός αυτός συμβάλει στο 84,33% στη συνολική εκπομπή του συστήματος παραγωγής της Κρήτης. Η παρατήρηση αυτή οδηγεί στο συμπέρασμα ότι πρέπει να γίνει καλύτερη εκτίμηση της συνάρτησης εκπομπής οξειδίων του θείου των μονάδων με αεριοστρόβιλο.

Ετήσια εκπομπή οξειδίων του θείου (SOx) ως kt διοξειδίου του θείου (SO <sub>2</sub> ) των θερμοηλεκτρικών σταθμών στην Κρήτη					
A/A	Μονάδα	Μετρήσεις έκθεσης	Αποτελέσματα Προσομοίωσης	Απόκλιση	Ποσοστό της συνολικής εκπομπής
		kt	kt		
1	Λινοπεράματα Ηρακλείου	13	7,66	-41%	84,33%
2	Αθερινόλακκο Λασιθίου	2,22	2,7	20%	14,40%
3	Ξυλοκαμάρα Χανίων	0,2	0,31	61%	1,27%
	<b>Σύνολο</b>	<b>15,42</b>	<b>10,64</b>	<b>-31%</b>	

Πίνακας 20 Ετήσια εκπομπή οξειδίων του θείου (SOx) ως kt διοξειδίου του θείου των θερμοηλεκτρικών σταθμών στην Κρήτη.

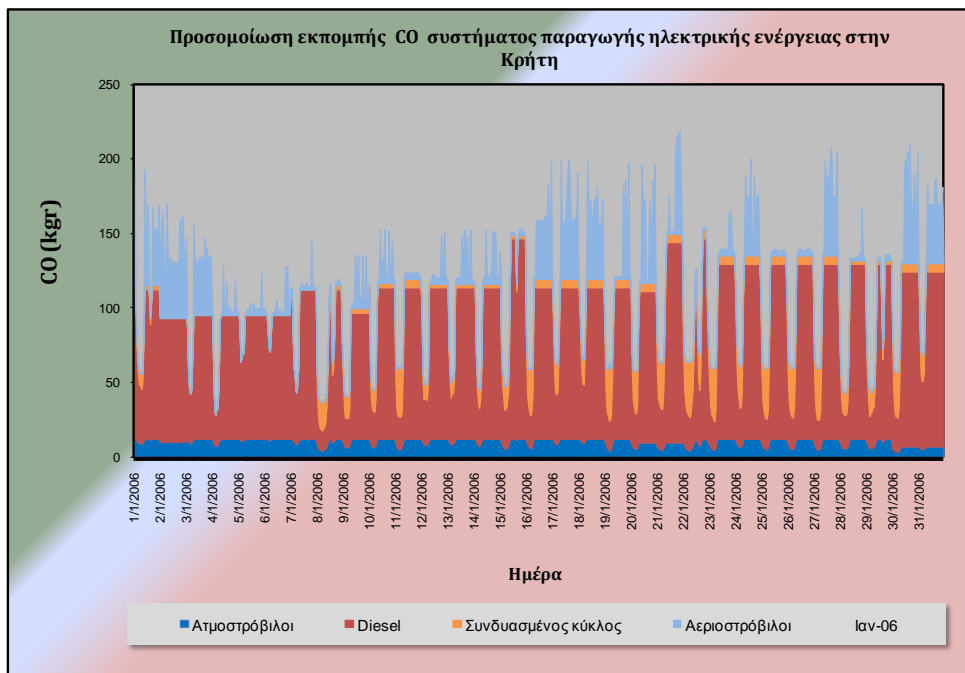
## 5.7 Τα αποτελέσματα προσομοίωσης της εκπομπής μονοξειδίου του άνθρακα (CO) στο σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη.

Στην Εικόνα 169 παρουσιάζεται η εκπομπή μονοξειδίου του άνθρακα του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της Κρήτης στην διάρκεια ενός εικοσιτετραώρου όπως αυτή προκύπτει από το πρόγραμμα προσομοίωσης «Ρύπος».

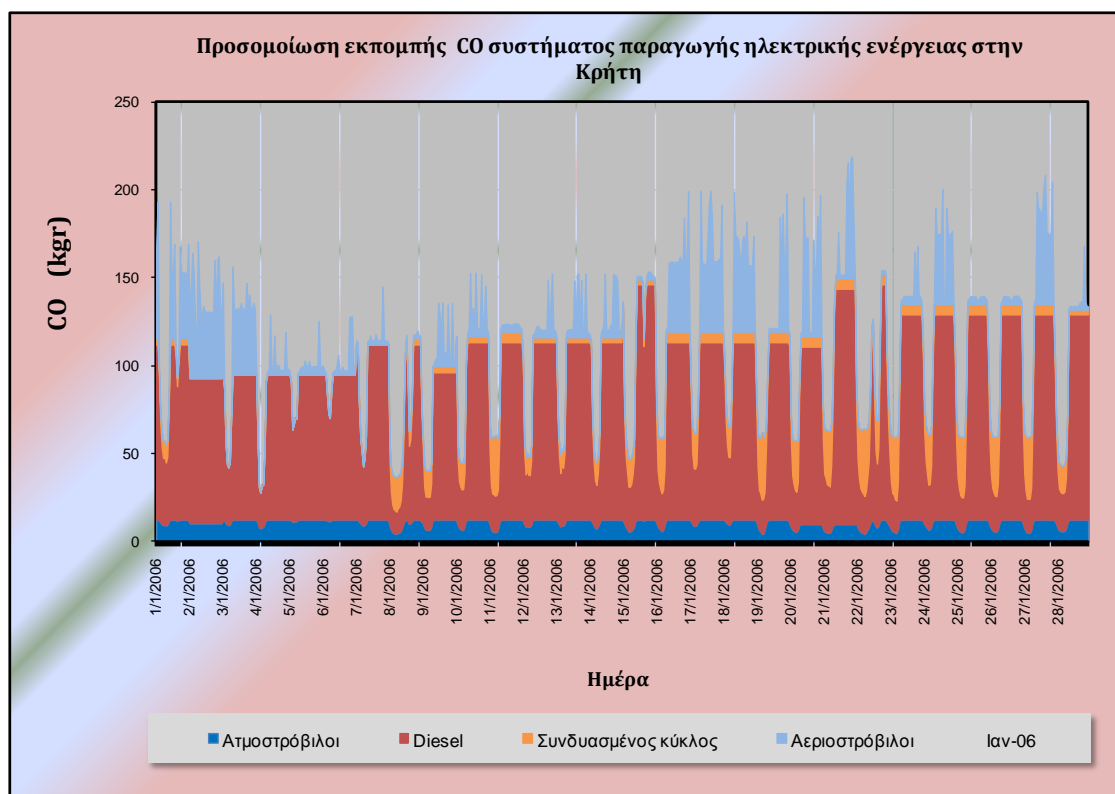


Εικόνα 169: Ωριαία εκπομπή μονοξειδίου του άνθρακα (CO) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη στις 02/9/06

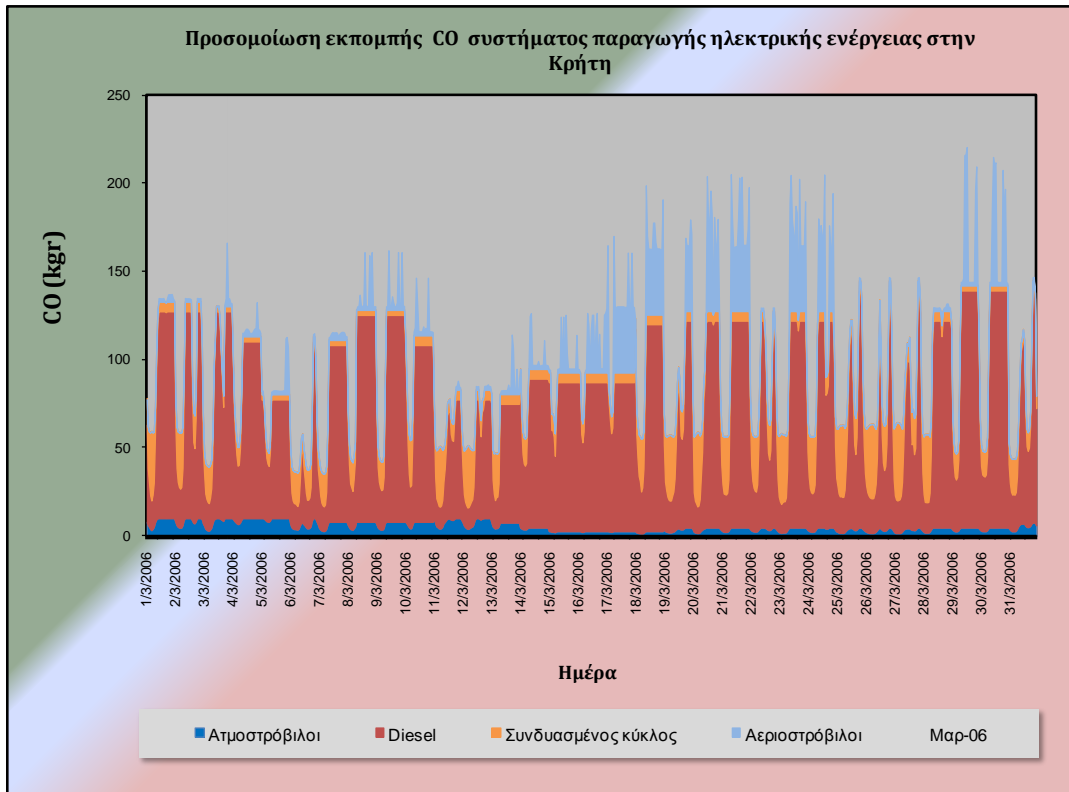
Στα διάγραμμα των Εικόνα 170 έως και Εικόνα 181 παρουσιάζεται η εκπομπή μονοξειδίου του άνθρακα, του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της Κρήτης για το έτος 2006 όπως αυτή προκύπτει από το πρόγραμμα προσομοίωσης «Ρύπος».



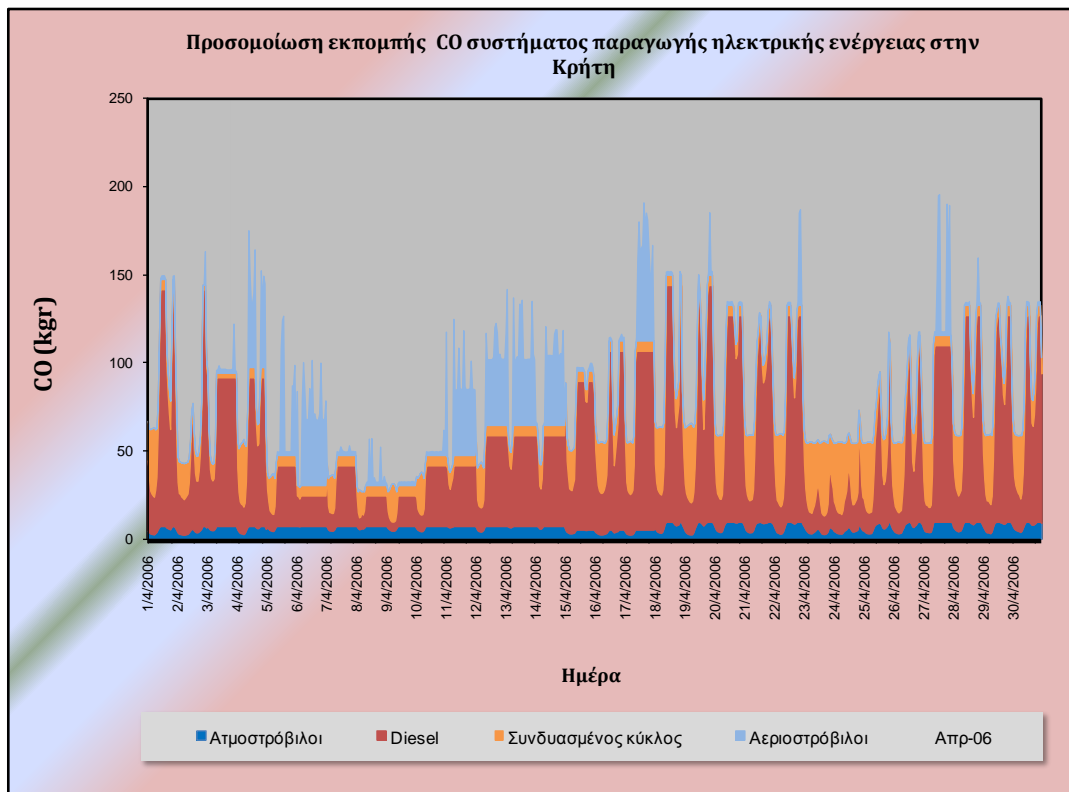
Εικόνα 170: Προσομοίωση της εκπομπής μονοξειδίου του άνθρακα (CO) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Ιανουάριο του 2006.



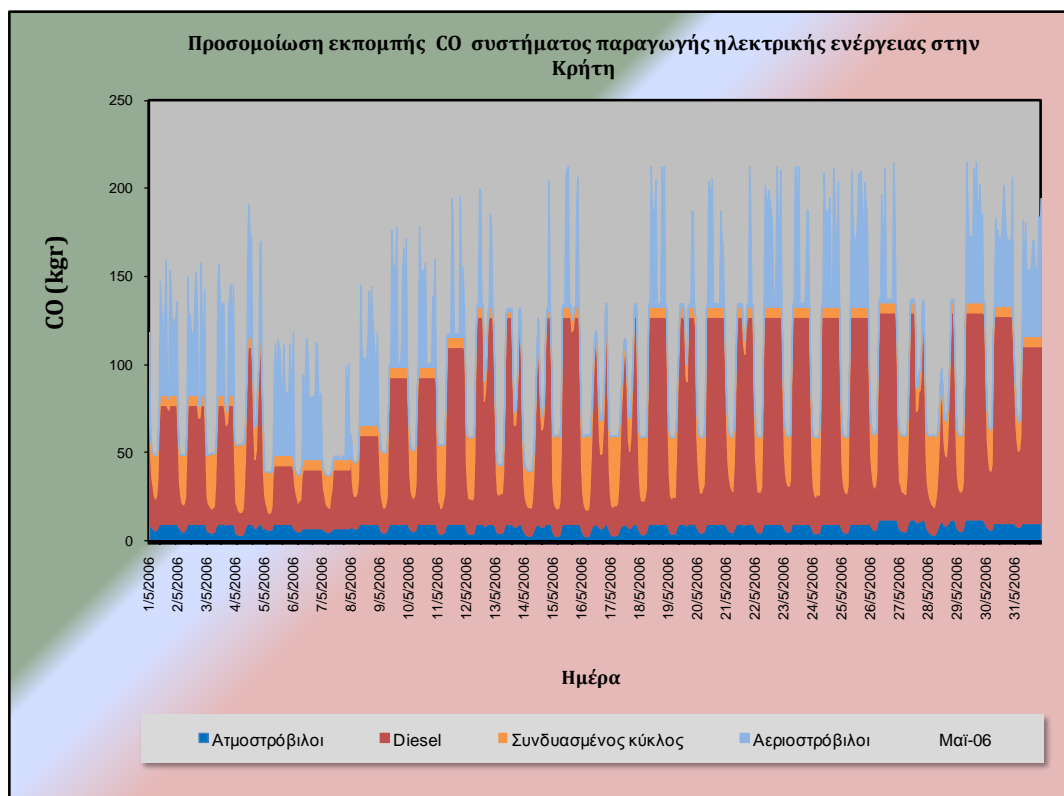
Εικόνα 171: Προσομοίωση της εκπομπής του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Φεβρουάριο του 2006.



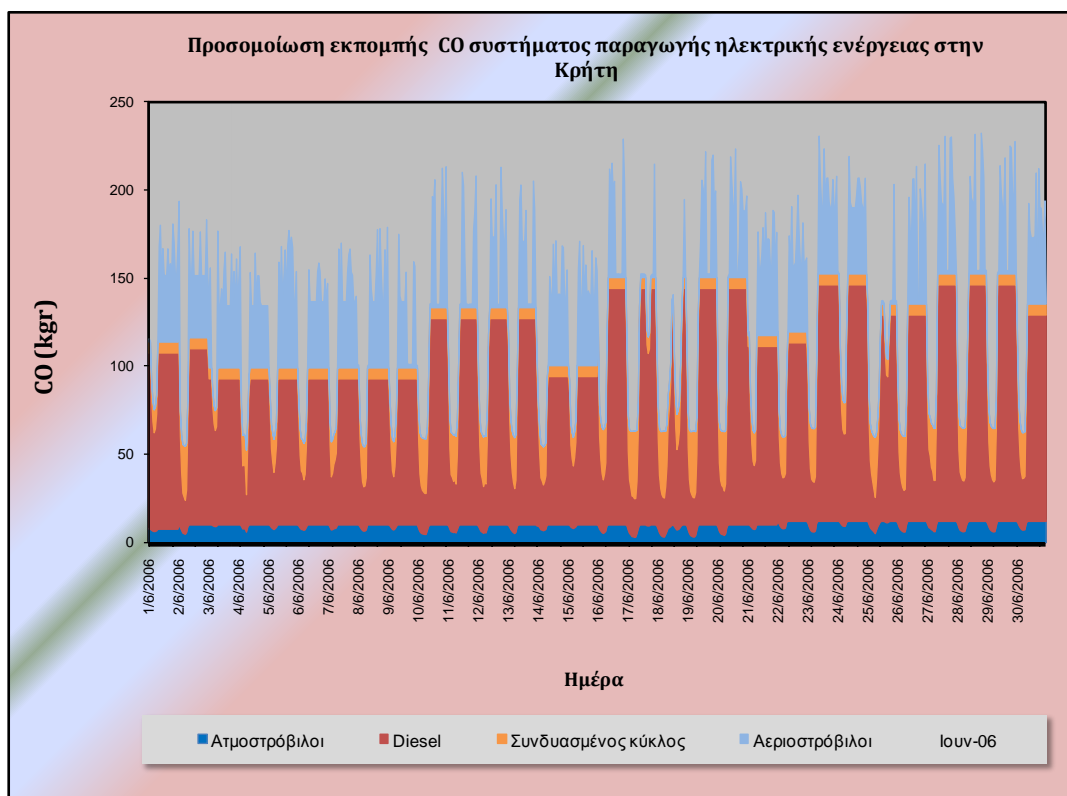
Εικόνα 172: Προσομοίωση της εκπομπής του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Μάρτιο του 2006.



Εικόνα 173: Προσομοίωση της εκπομπής του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Απρίλιο του 2006.

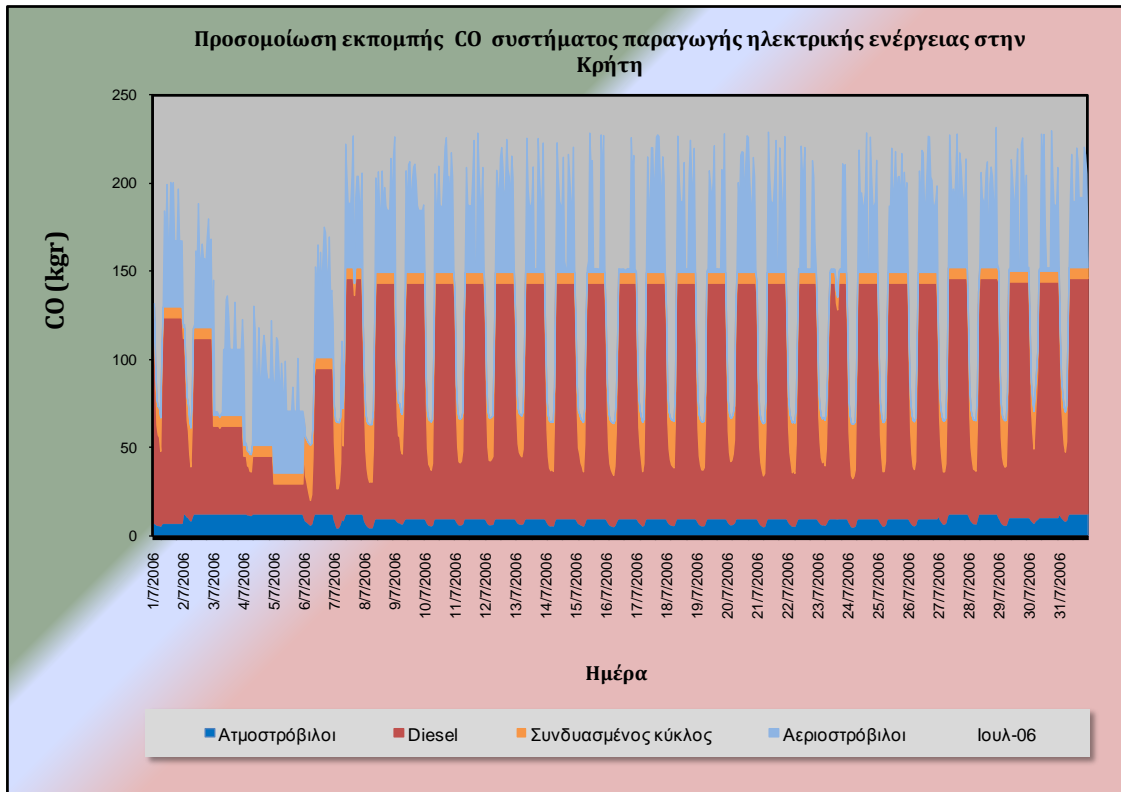


Εικόνα 174: Προσομοίωση της εκπομπής του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Μαΐου του 2006.

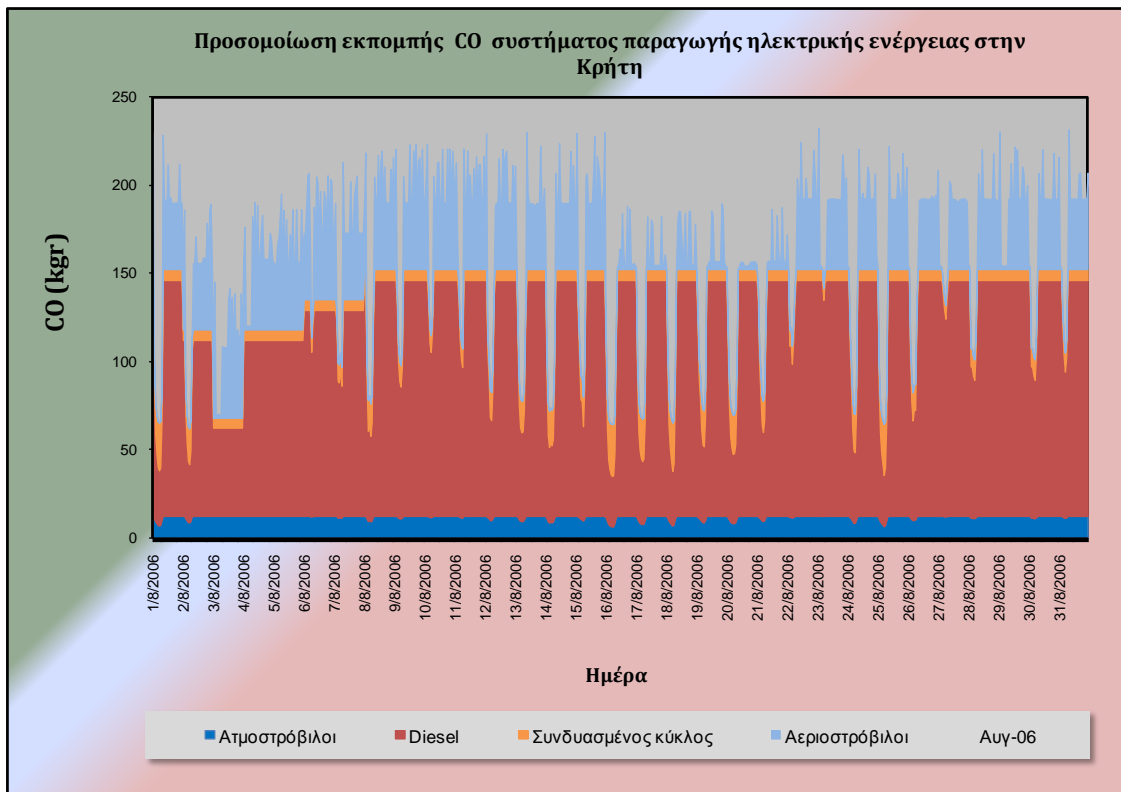


Εικόνα 175: Προσομοίωση της εκπομπής του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Ιούνιο του 2006.

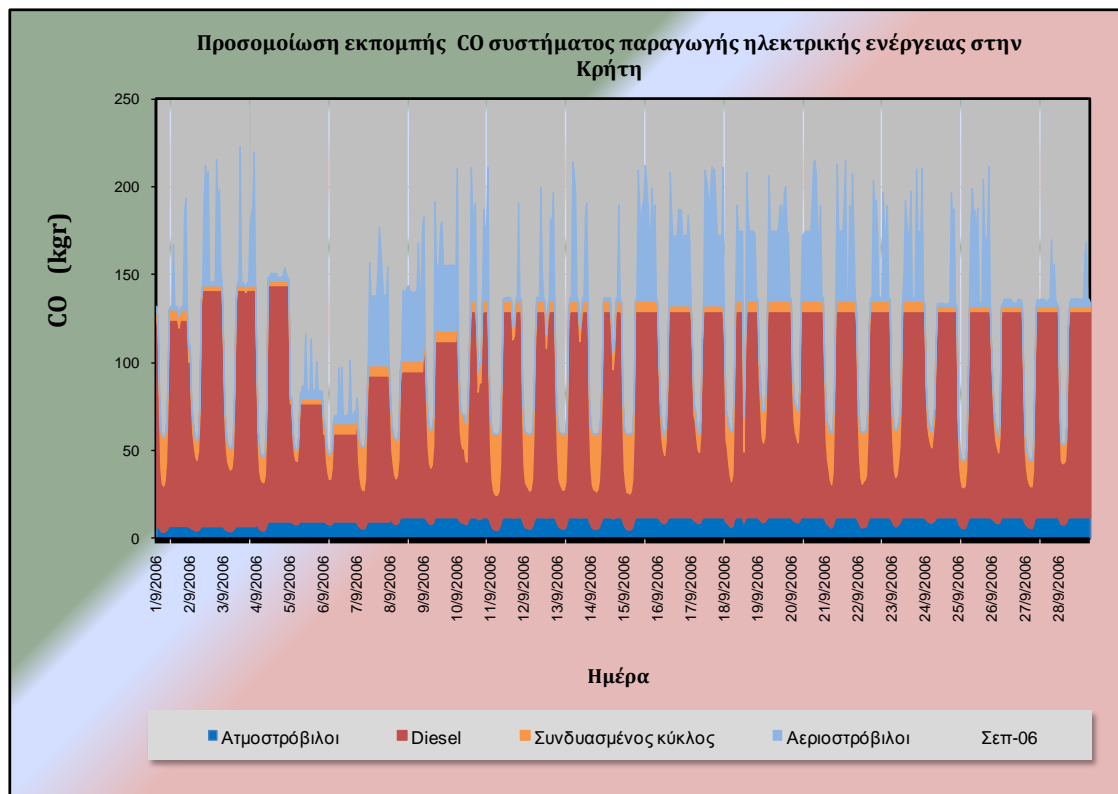




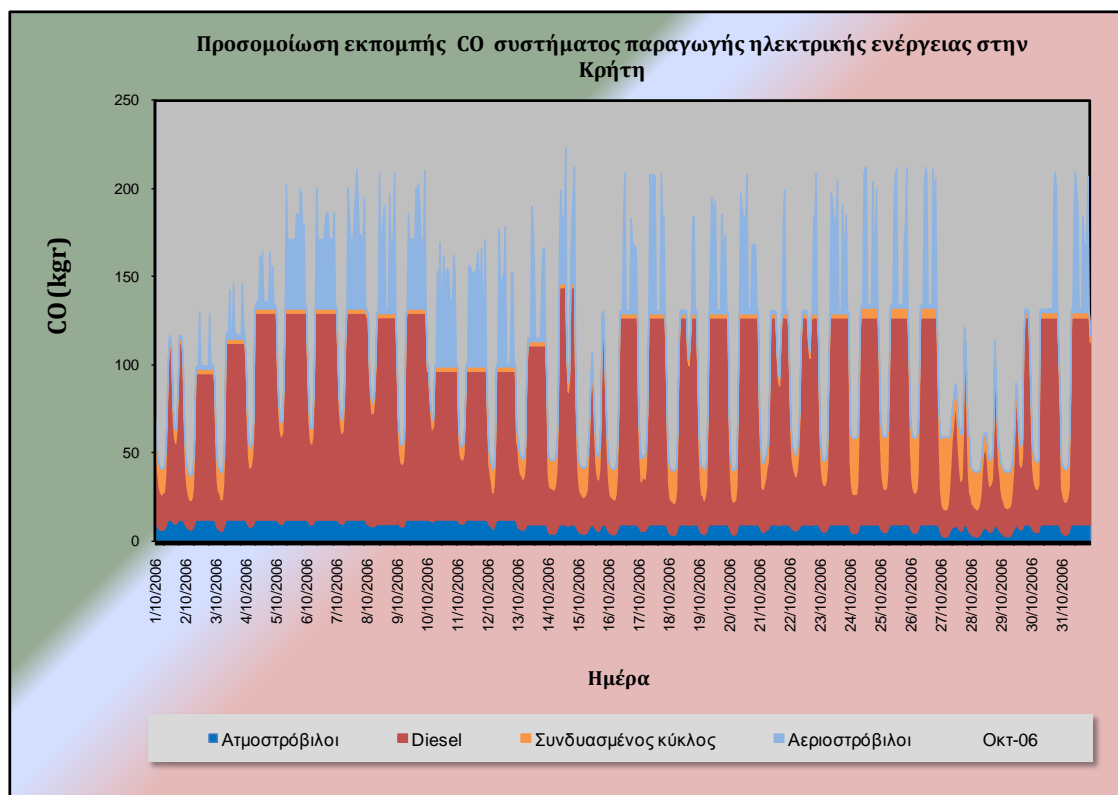
Εικόνα 176 Προσομοίωση της εκπομπής του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Ιούλιο του 2006.



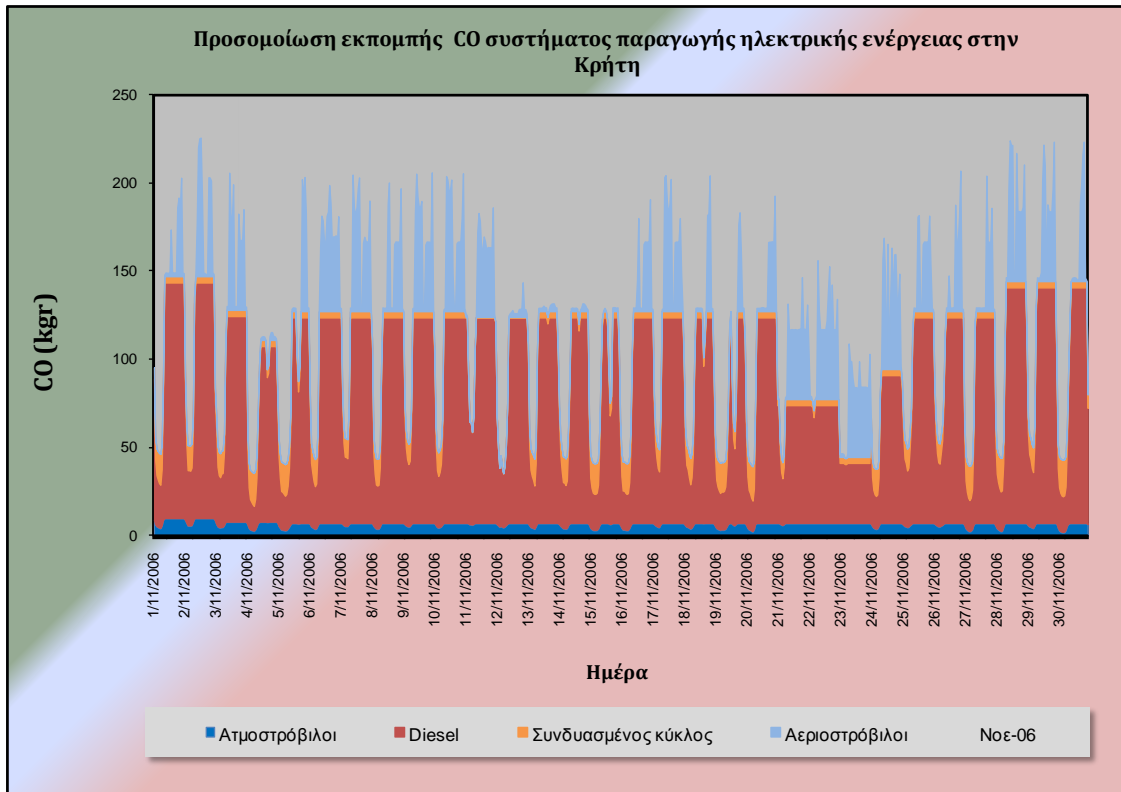
Εικόνα 177 Προσομοίωση της εκπομπής του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Αυγούστου του 2006.



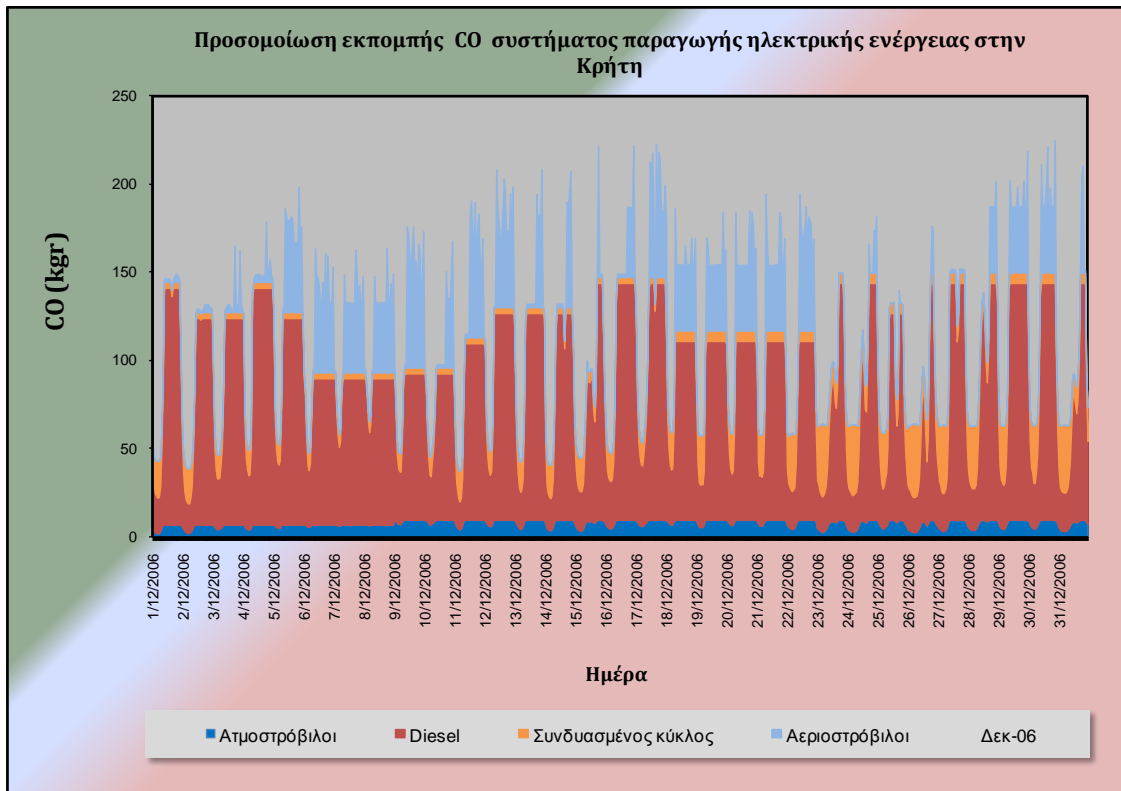
Εικόνα 178: Προσομοίωση της εκπομπής του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Σεπτέμβριο του 2006.



Εικόνα 179: Προσομοίωση της εκπομπής του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Οκτώβριο του 2006.



Εικόνα 180: Προσομοίωση της εκπομπής του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Νοέμβριο του 2006.



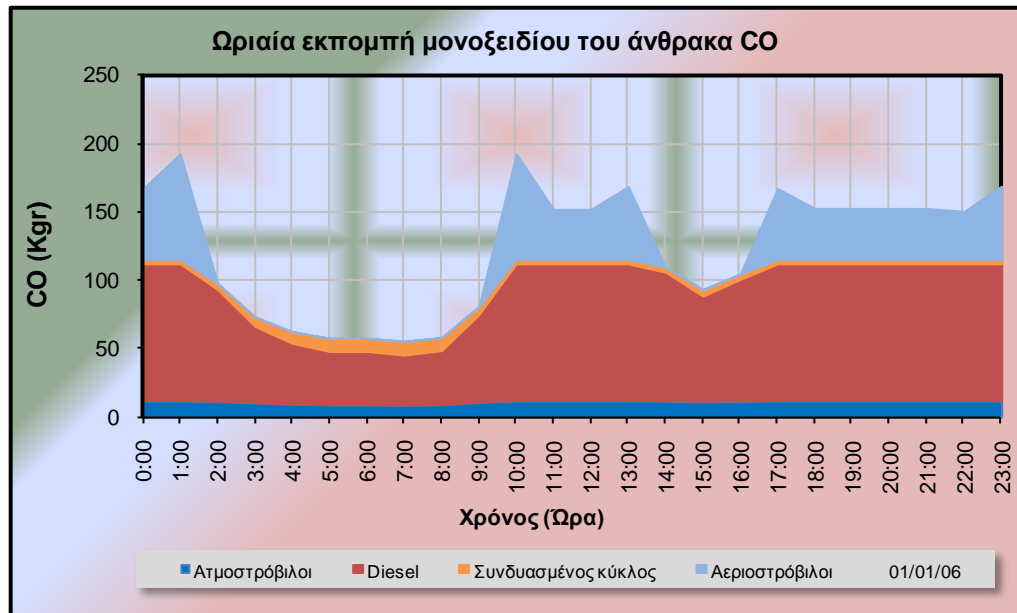
Εικόνα 181: Προσομοίωση της εκπομπής του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη τον Δεκέμβριο του 2006.



## 5.8 Η αξιολόγηση της προσομοίωσης της εκπομπής μονοξειδίου του άνθρακα (CO) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη.

Για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) δεν υπάρχουν μετρήσεις για να μπορούμε να υπολογίσουμε την ακρίβεια των υπολογισμών.

Στο διάγραμμα της Εικόνα 182 παρατηρούμε ότι και στην περίπτωση της εκπομπής μονοξειδίου του άνθρακα (CO) όπως και στις περιπτώσεις της εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NOx) και οξειδίων του θείου (SOx), σημαντική συνεισφορά έχουν οι μονάδες με κινητήρα ντίζελ. Αυτό συμβαίνει γιατί οι μονάδες με κινητήρα ντίζελ χρησιμοποιούνται ως μονάδες βάσης στο θερμοηλεκτρικό σύστημα παραγωγής στην Κρήτη και λειτουργού με βαθμό απασχόλησης κοντά στη μονάδα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αυξημένη εκπομπή μονοξειδίου του άνθρακα (CO) με δεδομένο ότι η εκπομπή μονοξειδίου του άνθρακα (CO) αυξάνει με την αύξηση του συντελεστή απασχόλησης στους ντίζελ κινητήρες (διάγραμμα (α) της Εικόνα 82).



Εικόνα 182: Ωριαία εκπομπή μονοξειδίου του άνθρακα (CO) του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη στις 01/01/06

Οι μονάδες με αεριοστρόβιλο παρουσιάζουν αιχμές στην εκπομπή του μονοξειδίου του άνθρακα (CO). Αυτό συμβαίνει λόγω του ότι οι μονάδες με αεριοστρόβιλο ως μονάδες αιχμής έχουν συχνές εκκίνησης δεδομένο που οδηγεί σε αύξηση της εκπομπής μονοξειδίου του άνθρακα (CO).

Στον Πίνακα 22 παρουσιάζονται η εκπομπή μονοξειδίου του άνθρακα (CO) των μονάδων με αεριοστρόβιλο του συστήματος παραγωγής στην Κρήτη στις 01/01/06 και στον Πίνακα 21 παρουσιάζεται ο βαθμός απασχόλησης τους. Στις 10:00 πμ έχουμε εκκίνηση της μονάδας #3 του σταθμού στα Λινοπεράματα με ταυτόχρονη εκπομπή 78 kg μονοξειδίου του άνθρακα σε σύνολο 193,38kg (αύξηση 67%) και βαθμό απασχόλησης 0,67. Στις 11:00 πμ έχουμε αύξηση του βαθμού απασχόληση της μονάδας #3 με ταυτόχρονη μείωση της εκπομπής του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) στα 35 kg (μείωση 55%).

		A/Σ 11X	A/Σ 3Λ	A/Σ 12 X	A/Σ 5 Λ	A/Σ 13 X	A/Σ 5 X	A/Σ 4 Λ	A/Σ 2 Λ	A/Σ 1 X	A/Σ 4 X	A/Σ 1 Λ
	<b>Συνολική εκπομπή</b>	<b>Εκπομπή μονοξειδίου του άνθρακα (CO) από τις μονάδες αεριοστροβίλων στις 01/01/06 σε kgr</b>										
1/1/06 0:00	167,85	0,00	52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1/1/06 1:00	193,38	<b>0,00</b>	<b>78</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
1/1/06 2:00	97,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1/1/06 3:00	73,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1/1/06 4:00	62,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1/1/06 5:00	57,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1/1/06 6:00	57,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1/1/06 7:00	55,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1/1/06 8:00	58,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1/1/06 9:00	81,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1/1/06 10:00	193,38	<b>0,00</b>	<b>78</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
1/1/06 11:00	152,46	0,00	35	1,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1/1/06 12:00	152,46	0,00	35	1,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1/1/06 13:00	169,34	0,00	54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1/1/06 14:00	109,87	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
1/1/06 15:00	93,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1/1/06 16:00	104,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1/1/06 17:00	167,86	<b>0,00</b>	<b>52</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
1/1/06 18:00	153,18	0,00	35	2,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1/1/06 19:00	153,15	0,00	35	2,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1/1/06 20:00	153,16	0,00	35	2,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1/1/06 21:00	153,13	0,00	35	2,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1/1/06 22:00	151,01	0,00	35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1/1/06 23:00	169,59	0,00	54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Πίνακας 21: Εκπομπή μονοξειδίου του άνθρακα (CO) από τις μονάδες αεριοστροβίλων στις 01/01/06 σε kgr.

	A/Σ 11X	A/Σ 3Λ	A/Σ 12 X	A/Σ 5 Λ	A/Σ 13 X	A/Σ 5 X	A/Σ 4 Λ	A/Σ 2 Λ	A/Σ 1 X	A/Σ 4 X	A/Σ 1 Λ
<b>Συντελεστής απασχόλησης μονάδων αεροστροβίλων στις 01/01/06</b>											
<b>1/1/06 0:00</b>	0,00	0,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>1/1/06 1:00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,26</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
<b>1/1/06 2:00</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>1/1/06 3:00</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>1/1/06 4:00</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>1/1/06 5:00</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>1/1/06 6:00</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>1/1/06 7:00</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>1/1/06 8:00</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>1/1/06 9:00</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>1/1/06 10:00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,26</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
<b>1/1/06 11:00</b>	0,00	1,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>1/1/06 12:00</b>	0,00	1,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>1/1/06 13:00</b>	0,00	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>1/1/06 14:00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
<b>1/1/06 15:00</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>1/1/06 16:00</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>1/1/06 17:00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,67</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
<b>1/1/06 18:00</b>	0,00	1,00	0,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>1/1/06 19:00</b>	0,00	1,00	0,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>1/1/06 20:00</b>	0,00	1,00	0,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>1/1/06 21:00</b>	0,00	1,00	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>1/1/06 22:00</b>	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>1/1/06 23:00</b>	0,00	0,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Πίνακας 22: Συντελεστής απασχόλησης των μονάδων με αεροστρόβιλο του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη στις 01/01/06

## Κεφάλαιο 6° Συμπεράσματα

Η εργασία αυτή στοχεύει στην ανάπτυξη μίας μεθοδολογίας για την προσομοίωση ενός σύνθετου ενεργειακού συστήματος για τον υπολογισμό των ρύπων που εκπέμπει στην ατμόσφαιρα.

Ειδικότερα τα σημεία που στοχεύει η εργασία είναι:

- \* Η ανάπτυξη ενός μαθηματικού μοντέλου για τον υπολογισμό της εκπομπής αέριων ρύπων, από θερμοηλεκτρικές μονάδες παραγωγής, συναρτήσει του χρόνου και του βαθμού απασχόλησης κάθε μονάδας.
- \* Η ανάπτυξη ενός υπολογιστικού κώδικα, του προγράμματος «ΡΥΠΟΣ», για την εκτέλεση των υπολογισμών του μαθηματικού μοντέλου.
- \* Η εφαρμογή και ο έλεγχος του μοντέλου στην περίπτωση του ενεργειακού συστήματος της Κρήτης.

Το βασικό δεδομένο για την ανάπτυξη του μοντέλου προσομοίωσης της εκπομπής αέριων ρύπων από σύνθετα ενεργειακά είναι:

**η συνάρτηση του ρυθμού της εκπομπής κάθε ρύπου που παράγεται από κάθε μονάδα με τον βαθμό απασχόλησης της μονάδας αυτής.**

Οι πηγές των δεδομένων αυτών για την εργασία αυτή ήταν τα στοιχεία των εκθέσεων της ΔΕΗ, κατά κύριο λόγο, και διαθέσιμα στοιχεία των κατασκευαστικών οίκων μερικών μορφοτροπέων. Σε μερικές περιπτώσεις χρησιμοποιήθηκαν και στοιχεία από την ευρύτερη βιβλιογραφία.

Οι βασικές παραδοχές πάνω στις οποίες στηρίχτηκε ο υπολογισμός των συναρτήσεων εκπομπής ρύπων των μονάδων είναι:

- Δεν λαμβάνονται υπόψη οι φάσεις εκκίνησης και σταματήματος του μορφοτροπέα. Τα όρια λειτουργίας του θεωρούνται το ονομαστικό και το τεχνικά ελάχιστο φορτίο του.
- Όταν χρησιμοποιείται σύστημα αντιρρύπανσης αυτό θεωρείται ότι λειτουργεί στις περιπτώσεις εκείνες που ξεπερνιούνται τα επιτρεπτά όρια εκπομπών του.

Οι αέριοι ρύποι των οποίων υπολογίστηκε η εκπομπή είναι: τα οξειδία του αζώτου (NOx), τα οξειδία του θείου (SOx) και το μονοξείδιου του άνθρακα (CO)

Τα αποτελέσματα της εφαρμογής του μαθηματικού μοντέλου, με τη χρήση του προγράμματος «ΡΥΠΟΣ», στο ενεργειακό σύστημα της Κρήτης, είναι :

Στον υπολογισμό της ετήσιας παραγωγής ενέργειας υπάρχει συμφωνία μεταξύ των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης και των μετρήσεων της ΔΕΗ. Τη μεγαλύτερη απόκλιση παρουσιάζουν οι μορφοτροπείς με αεριοστρόβιλο (1,15%) και τη μικρότερη οι μορφοτροπείς με



κινητήρα ντίζελ (-0,2%). **Άρα, ως προς την προσομοίωση της σύνθεσης παραγωγής το μοντέλο προσεγγίζει με πολύ καλά αποτελέσματα την πραγματικότητα.**

Παρακάτω επισημαίνονται τα κυριότερα συμπεράσματα ανά ρύπο και ανά τύπο μορφοτροπέα:

### **1. Οξείδια του Αζώτου**

Σημαντική συνεισφορά στην εκπομπή οξειδίων του αζώτου έχουν οι μορφοτροπείς με κινητήρα ντίζελ ( 68% στη συνολική ετήσια εκπομπή του συστήματος ) και με αεριοστρόβιλο (28%). Στους μορφοτροπείς με κινητήρα ντίζελ η απόκλιση στην ετήσια εκπομπή στο σύνολο τους είναι 31% (υπερεκτίμηση). Το ποσοστό αυτό κρίνεται ικανοποιητικό, θα μπορούσε όμως να βελτιωθεί με την χρήση πλέον αξιόπιστων συναρτήσεων εκπομπής για βαθμό απασχόλησης από 0,70 έως 1,00, όρια μέσα στα οποία συνήθως λειτουργούν οι μορφοτροπείς αυτοί στο ενεργειακό σύστημα της Κρήτης. Τέτοιες αξιόπιστες συναρτήσεις μπορούν να προέλθουν μόνο με μετρήσεις στους κατά τόπους σταθμούς και άλιστα στην έξοδο των καυσαερίων της κάθε μονάδας.

Για τους μορφοτροπείς με αεριοστρόβιλο η απόκλιση στην ετήσια εκπομπή στο σύνολο τους είναι 14% (υπερεκτίμηση) ποσοστό το οποίο κρίνεται ανεκτό για περιβαλλοντικές εκτιμήσεις.

Για τους μορφοτροπείς με ατμοστρόβιλο υπάρχει υποεκτίμηση της εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NO<sub>x</sub>) (-59%) Αυτό όμως δεν επηρεάζει σημαντικά τα αποτελέσματα με δεδομένο ότι η συμμετοχή τους στην συνολική ετήσια εκπομπή είναι 4,0%. Έτσι, το συνολικό σφάλμα στην παραγωγή NO<sub>x</sub> είναι της τάξης του 2,4%..

Πρέπει να σημειωθεί ότι στο σύνολο των ετήσιων εκπομπών του συστήματος της Κρήτης η απόκλιση είναι της τάξης του 22% (υπερεκτίμηση). Ανά σταθμό παραγωγής, η μεγαλύτερη απόκλιση (30% υπερεκτίμηση) παρουσιάζεται στο σταθμό των Λινοπεραμάτων του Ηρακλείου και η μικρότερη (4% υπερεκτίμηση) στο σταθμό της Ξυλοκαμάρας Χανίων.

### **2. Οξείδια του Θείου.**

Μεγάλη συνεισφορά στην εκπομπή οξειδίων του θείου (SO<sub>x</sub>) έχουν οι μορφοτροπείς που χρησιμοποιούν καύσιμο μεγάλης περιεκτικότητας σε θείο δηλαδή οι μορφοτροπείς με κινητήρα ντίζελ (34% της ετήσιας εκπομπής) και οι μορφοτροπείς με ατμοστρόβιλο (65%). Το ποσοστό συμμετοχής στη ετήσια εκπομπή των μορφοτροπέων με αεριοστρόβιλο είναι μόλις 1,0% και δεν επηρεάζει σημαντικά τα αποτελέσματα.

Για τους μορφοτροπείς με κινητήρα ντίζελ η απόκλιση της ετήσιας εκπομπής στο σύνολο τους είναι 23% (υπερεκτίμηση) ποσοστό που κρίνεται ικανοποιητικό. Για τους μορφοτροπείς όμως με ατμοστρόβιλο η απόκλιση της ετήσιας εκπομπής στο σύνολο τους είναι -64% (υποεκτίμηση). Η απόκλιση αυτή επηρεάζει σημαντικά τα αποτελέσματα της προσομοίωσης.

Για παράδειγμα ο σταθμός των Λινοπεραμάτων συμβάλει κατά 84% στην συνολική ετήσια εκπομπή του συστήματος και παρουσιάζει απόκλιση -41% (υποεκτίμηση) στον υπολογισμό της ετήσιας εκπομπής οξειδίων του θείου. Τα παραπάνω οδηγούν στο συμπέρασμα ότι πρέπει να γίνει καλύτερη εκτίμηση της εκπομπής οξειδίων του θείου (SO<sub>x</sub>) των μορφοτροπέων με ατμοστρόβιλο.

Πρέπει να σημειωθεί ότι στο σύνολο των ετήσιων εκπομπών του συστήματος της Κρήτης η απόκλιση είναι της τάξης του -31% (υποεκτίμηση). Με μεγαλύτερη (61% υπερεκτίμηση) στο σταθμό στην Ξυλοκαμάρα Χανίων. Η απόκλιση αυτή όμως δεν επηρεάζει το σύνολο των εκπομπών με δεδομένο ότι από τον σταθμό αυτό εκπέμπεται μόλις το 1,3% του συνόλου των ετήσιων εκπομπών.

### **3. Μονοξείδιο του Άνθρακα.**

Λόγω έλλειψης στοιχείων για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) για το σύστημα της Κρήτης μπορούμε να υπολογίσουμε την ακρίβεια τους ποιοτικά.

Για τους μορφοτροπείς με αεριοστρόβιλο προσεγγίζεται η έντονη διακύμανση της εκπομπής που συμβαίνει με την αύξηση του συντελεστή απασχόλησης τους και για τους μορφοτροπείς με ντίζελ κινητήρα η μεγάλη συνεισφορά τους στην εκπομπή μονοξειδίου του άνθρακα

#### **Γενικά Συμπεράσματα:**

***Το κυριότερο γενικό συμπέρασμα που καταλήγουμε από τα παραπάνω, είναι ότι η αξιοπιστία του μαθηματικού μοντέλου που αναπτύχθηκε, εξαρτάται κατά κύριο λόγο από την ακρίβεια των συναρτήσεων εκπομπής. Όσο μεγαλύτερη είναι η ακρίβεια αυτή τόσο μεγαλώνει και η αξιοπιστία του μοντέλου.***

Βελτιώνοντας λοιπόν τον υπολογισμό της εκπομπής των οξειδίων του αζώτου (NO<sub>x</sub>) των μορφοτροπέων με κινητήρα ντίζελ και της εκπομπής των οξειδίων του θείου (SO<sub>x</sub>) των μορφοτροπέων με ατμοστρόβιλο το πρόγραμμα «ΡΥΠΟΣ» μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση της εκπομπής των αέριων αυτών ρύπων σε θερμοηλεκτρικά συστήματα παραγωγής.

Τέλος για να απαντήσουμε στο ερώτημα της προσομοίωσης εκπομπής μονοξειδίου του άνθρακα (CO) στον υπολογισμό των συναρτήσεων εκπομπής, θα πρέπει να προσεγγίσουμε με μεγαλύτερη ακρίβεια τη φάση εκκίνησης των μορφοτροπέων με αεριοστρόβιλο με δεδομένη τη μεγάλη συχνότητα εκκίνησης των μονάδων αυτών. Για τους μορφοτροπείς με κινητήρα ντίζελ και με ατμοστρόβιλο πρέπει να προσεγγιστεί με μεγάλη ακρίβεια η περιοχή από 0,7 έως 1,0 του βαθμού απασχόλησης όρια μέσα στα οποία συνήθως λειτουργούν αυτοί οι μορφοτροπείς. Είναι σίγουρο ότι με την χρήση αξιόπιστων μετρήσεων των ρύπων συναρτήσει της απασχόλησης των μονάδων, μπορούμε να παράγουμε ένα πολύ αξιόπιστο μοντέλο πρόβλεψης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης με την προτεινόμενη εδώ μέθοδο.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Δ.Γ. Χρηστάκης- Δ. Κατσαπρακάκης, “ ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ:ΣΥΝΘΕΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ”, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Η)ρακλείου,2002.
- [2] Δ. Κατσαπρακάκης, “ ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ :ΣΥΝΘΕΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ”, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Ηρακλείου,2001.
- [3] Δ.Γ. Χρηστάκης- Δ. Κατσαπρακάκης, “Η Μεγιστοποίηση της διείσδυσης των Αιολικών Συστημάτων τα νησιά της Ανατολικής Μεσογείου Τεχνικές θεσμικές και οικονομικές παράμετροι”  
Εργαστήριο Αιολικής Ενέργειας& και σύνθεσης Ενεργειακών Συστημάτων ΤΕΙ Κρήτης, Λευκωσία Ιούνης 2008
- [4] Διαχειριστής Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Α.Ε, “Εγχειρίδιο κόστους μονάδας”, Έκδοση 4.1,2008
- [5] Εμμανουήλ Καραπιδάκης, “Ήπιες μορφές ενέργειας”, Σημειώσεις μαθήματος Ήπιες μορφές ενέργειας, Τμήμα Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος ΤΕΙ Κρήτης.
- [6] Εμμανουήλ Καραπιδάκης, “Σχεδιασμός διαχείριση Συστημάτων ΑΠΕ”, Σημειώσεις μαθήματος Σχεδιασμός διαχείριση Συστημάτων ΑΠΕ, Τμήμα Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος ΤΕΙ Κρήτης.
- [7] Μουσιόπουλος Νικόλαος, “Σημειώσεις μαθήματος Τεχνική προστασίας περιβάλλοντος” Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης,2003
- [8] Εθνικό Πληροφοριακό Σύστημα για την Ενέργεια
- [9] Αθανάσιος Βαλαβανίδης “Οικοτοξικολογία και Περιβαλλοντική Τοξικολογία Ερευνητική Μεθοδολογία και Εκτίμηση Οικολογικού Κινδύνου από Επικίνδυνες Χημικές Ουσίες”, Τμήμα Χημείας Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα 2007
- [10] Δημήτρης Μελάς, “Ατμοσφαιρική ρύπανση”, Τμήμα Φυσική, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
- [11] Μαρία Κανακίδου, Νικόλαος Μιχαλόπουλος, Γεώργιος Κουβαράκης “Ειδικά κεφάλαια περιβαλλοντικής χημείας”, Εργαστήριο Περιβαλλοντικών Χημικών Διεργασιών, Τμήμα Χημείας, Πανεπιστήμιο Κρήτης, Ηράκλειο 2008.
- [12] ΔΕΗ ΑΕ Διεύθυνση Εκμετάλλευσης ΘΗΣ, Ετήσια έκθεση “ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ” ΑΗΣ Αθερινόλακου,2006.
- [13] ΔΕΗ ΑΕ Διεύθυνση Εκμετάλλευσης ΘΗΣ, Ετήσια έκθεση “ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ” ΑΗΣ Χανίων,2006.
- [14] ΔΕΗ ΑΕ Διεύθυνση Εκμετάλλευσης ΘΗΣ, Ετήσια έκθεση “ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ” ΑΗΣ Λινοπεραμάτων,2006.
- [15] ΔΕΗ ΑΕ Διεύθυνση Εκμετάλλευσης ΘΗΣ, Ετήσια έκθεση “ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ” ΑΗΣ Λινοπεραμάτων,2006.

- 
- [16] Δημήτριος Αλ. Κατσαπρακάκης, «Μεγιστοποίηση διεύθυνσης αεολικών σε απομονωμένα ενεργειακά συστήματα», Διδακτορική διατριβή, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Αθήνα 2007.
- [17] Κων. Δ. Ρακόπουλος, Δημ. Θ. Χουντάλας “Καύση - Ρύπανση Εμβολοφόρων Μ.Ε.Κ». Εκδόσεις Φούντα, Αθήνα 1998
- [18] Κ. Μαθιουδάκης, “Εκπομπές καυσαερίων αεριοστρόβιλων”, Βοήθημα για το μάθημα, Λειτουργία αεροπορικών κινητήρων, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2007.
- [19] Κυρτάτος, Ν. Π., "Ναυτικοί Κινητήρες Ντίζελ - Θέματα Σχεδίασης και Λειτουργίας", Εκδόσεις Συμμετρία, 1993
- [20] ISO 11042-1-1996, 'Gas Turbines Exhaust Gas Emissions. Part 1: Measurements and Evaluation', International Organization of Standardization.
- [21] Pundir, B.P., "Engine Emissions", Alpha Science, 2007
- [22] EPA-453/R-93-007, 'Alternative Control Techniques Document NOX Emissions of Stationary Gas Turbines', US Environmental Protection Agency, January 1993
- [23] EPA-453/R-93-032, 'Alternative Control Techniques Document--NOx Emissions From Stationary Reciprocating Internal Combustion Engines' US Environmental Protection Agency, July 1993
- [24] Lefebvre A.H., "The Role of Fuel Preparation in Low-Emission Combustion", Journal of Engineering for Gas Turbines and Power, October 1995, Vol. 117, pg 617-654
- [25] Heywood, J.B., "Internal Combustion Engine Fundamentals", McGraw – Hill International Editions, 1998
- [26] Henein, N.A., "Ντίζελ Engine Combustion and Emissions", Engine Emissions: Pollutant Formation and Measurement, Edited by G.S. Springer and D.J. Patterson, Plenum Press, New York, 1973
- [27] Borman, G.L., Reiland, K.W., "Combustion Engineering", McGraw - Hill International Editions, 1988
- [28] Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ., Δ/νση ΕΑΡΘ, “Απογραφή αέριων ρύπων, υγρών και στερεών αποβλήτων από βιομηχανία και εκπομπών από την κεντρική θέρμανση”, Αρ.Εγγράφου:ΥΠ4-COEFREP-WS-01.
- [29] Doppelheur Andrea, 'Aircraft Emission Parameter Modelling', Air and Space Europe, Vol 2, 2000, pg 34-27
- [30] ISO 2533-1975, 'Standard Atmosphere', 1975, International Organization for Standardization.
- [31] Annex 16-1993, 'Aircraft Engine Emissions', 1993, Volume II, International Civil Aviation Organization

- [32] Bo Lu, Mohammad Shahidehpour, "Short Term Scheduling of Combined Cycle Units", IEEE Transaction on Power Systems, vol.19, No3, August 2004
- [33] B.Martien Visser, Fred C. Bahlman, "Variations in the NO<sub>x</sub> Emission of Gas Turbines Effects of air temperature, air humidity and natural gas composition", International Gas Turbine & Aeroengine Congress and Exposition The Hague, Netherlands- June 13-16, 1994, ASME paper No. 94-GT-261, 1994.
- [34] Doppelheuer A.,M.Lecht,"Influence of Engine performance on Emissions Characteristics", Symposium of the applied vehicle Technology Pane- Gas Turbine Engine Combustion, Emissions and alternative fuels, Lisbon, Portugal, October 1998
- [35] RizkN. K. and Mongia H. C., "Semianalytical Correlations for NO<sub>x</sub>, CO and UHC Emissions", ASME, paper No. 92-GT-130, 1992.
- [36] Κ. Βουρνά, Β.Κ.Παπαδιά, "Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και έλεγχος συχνότητας και τάσεως", Συμμετρία 1991
- [37] Μαθιουδάκης, "Λειτουργία αεριοστρόβιλων και ατμοστρόβιλων", 1997
- [38] 1η Έκθεση Για Το Μακροχρόνιο Ενεργειακό Σχεδιασμό της Ελλάδας 2008-2020, Υπουργείο ανάπτυξης, Αύγουστος 2007
- [39] Lavoie, G.A., Heywood, J.B., Keck, J.C., "Experimental and Theoretical Investigation of Nitric Oxide Formation in Internal Combustion Engine", Combustion Science Technology, vol. 1, pp. 313 326, 1970
- [40] Fennimore, C.P., "Formation of Nitric Oxide in Premixed Hydrocarbon Flames", Proceedings of 13th Symposium on Combustion, The Combustion Institute, Pittsburgh, pp. 373 - 380, 1971
- [41] Bowman, C.T., "Kinetics of Pollutant Formation and Destruction in Combustion", Prog. Energy Combustion Sciences, vol. 1, pp. 33 - 45, 1975
- [42] Carel, R.S., "Health Aspects of Air Pollution", Handbook of Air Pollution from Internal Combustion Engines: Pollutant Formation and Control, Academic Press, 1998.
- [43] Hiroyasu, H., Kadota, T., Arai, M., "Development and Use of a Spray Combustion Modeling to Predict Ντίζελ Engine Efficiency and Pollutant Emissions, part 1: Combustion Modeling", Bull JSME 26, pp. 569 – 575, 1983
- [44] 1<sup>η</sup> Έκθεση Για το μακροχρόνιο Ενεργειακό Σχεδιασμό της Ελλάδας 2008-2020,Υπουργείο Ανάπτυξης, Αύγουστος 2007.
- [45] Bombach, R., Käppeli, B., Hubschmid, W., Boulouchos, K., "Combustion and flame", 2001
- [46] Κακάρας "Θερμοηλεκτρικοί σταθμοί",
- [47] <http://www.livepedia.gr>
- [48] <http://en.wikipedia.org>

- [49] [http://www.washco-md.net/air\\_qual.shtm](http://www.washco-md.net/air_qual.shtm)
- [50] [http://www.chem.uoa.gr/chemicals/chem\\_ozone.htm](http://www.chem.uoa.gr/chemicals/chem_ozone.htm)
- [51] <http://natura.minenv.gr/batelv/Docs/1.1.2.pdf>
- [52] <http://viewer.zmags.com/publication/e0bfdfeb#/e0bfdfeb/14>







# Παράρτημα

## Περιεχόμενα-Παραρτήματος

Επιπτώσεις της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο περιβάλλον.....	- 1 -
Το Ελληνικό σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας . .....	- 1 -
E1.1 Ενέργεια και περιβάλλον .....	- 1 -
E1.2 Σύμβαση –Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για τις κλιματολογικές αλλαγές.....	- 5 -
E1.2 Το Ελληνικό Σύστημα παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας .....	- 7 -
E1.3 Η απελευθέρωση της αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα .....	- 10 -
E1.4 Η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ) .....	- 11 -
Ενότητα 2 <sup>η</sup> .....	- 13 -
Μορφοτροπείς θερμοηλεκτρικών σταθμών .....	- 13 -
E2.1 Ενεργειακός μορφοτροπέας με ατμοστρόβιλο .....	- 13 -
E2.2 Ενεργειακός μορφοτροπέας με αεριοστρόβιλο .....	- 15 -
E2.3 Ενεργειακός μορφοτροπέας συνδυασμένου κύκλου .....	- 17 -
E2.4 Ενεργειακός μορφοτροπέας με κινητήρα εμβολοφόρα ΜΕΚ. ....	- 20 -
Ενότητα 3 <sup>η</sup> .....	- 23 -
Οι μέθοδοι εκτίμησης της εκπομπής ρύπων .....	- 23 -
E3.1 Συνεχείς Μετρήσεις Εκπομπών (ΣΜΕ).....	- 25 -
E3.2 Παραμετρικές Μετρήσεις Εκπομπών (ΠΜΕ) .....	- 25 -
E3.3 Ασυνεχείς Μετρήσεις Εκπομπών (ΑΣΕ) .....	- 26 -
E3.4 Ισοζύγια Μάζας.....	- 26 -
E3.5 Ανάλυση Καυσίμων.....	- 27 -
E3.6 Μέθοδος υπολογισμών λαμβάνοντας υπόψη ιδιαιτερότητες των διεργασιών ,	
Φυσικό-χημικές σχέσεις, εμπειρικές σχέσεις .....	- 27 -
E.3.7 Συντελεστές εκπομπής.....	- 28 -
E3.8 Χρήση ειδικού λογισμικού (Emission Models) .....	- 28 -
E3.9 Έμπειρη κρίση (Engineering Judgement).....	- 29 -
Ενότητα 4 <sup>η</sup> .....	- 31 -
Μονάδες μέτρησης ρύπων και μετατροπές τους [17] .....	- 31 -
E4.1 Μονάδες Μέτρησης Αέριων Εκπομπών .....	- 31 -
E4.2 Μονάδες Μέτρησης Καπνού (Αιθάλης).....	- 32 -
E4.3 Υγρό - ξηρό Καυσαέριο .....	- 33 -
E4.4 Αναφορά στο Επίπεδο Οξυγόνου .....	- 34 -
E4.5 Αναγωγή σε Συνθήκες Τυπικής Ατμόσφαιρας.....	- 35 -
Ενότητα 5 <sup>η</sup> .....	- 37 -
Το νομοθετικό πλαίσιο του τομέα ενέργειας [44] .....	- 37 -

E5.1 Τομέας ηλεκτρισμού.....	- 37 -
E5.2 Θεσμικό πλαίσιο για τις ΑΠΕ και τη ΣΥΗΘ.....	42
Ενότητα 6 <sup>η</sup> .....	45
Κώδικας προγράμματος «Ρύπος».....	45
BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	59

### Ευρετήριο εικόνων Παραρτήματος

Εικόνα 1: Φαινόμενο του θερμοκηπίου.....	- 1 -
Εικόνα 2: Μηχανισμός σχηματισμού της όξινης βροχής [7].....	- 3 -
Εικόνα 3 : Θερμοηλεκτρικοί Σταθμοί Ελληνικού Συστήματος Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας <b>[8]</b> .....	- 7 -
Εικόνα 4: Εγκατεστημένη ισχύς και πωλήσεις συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ..	- 8 -
Εικόνα 5: Κατανομή εγκατεστημένης ισχύος (MW) σταθμών ΔΕΗ Α.Ε (31/12/2007).....	- 9 -
Εικόνα 6: Σχηματική παράσταση ατμοηλεκτρικής μονάδας παραγωγής [35].....	- 13 -
Εικόνα 7: Ατμοστρόβιλος 35 MW στο σταθμό παραγωγής Komorany Heating. ( <a href="http://www.skoda.cz/en">http://www.skoda.cz/en</a> ).....	- 14 -
Εικόνα 8: (α) Σχηματική παράσταση αεριοστροβιλικού σταθμού [35].....	- 16 -
Εικόνα 9: (α) Τα βασικά τμήματα του αποτελούν τη μονάδα του αεριοστροβίλου.....	- 17 -
Εικόνα 10: Σχηματική παράσταση μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας συνδυασμένου κύκλου[35].....	- 19 -
Εικόνα 11: Εμβολοφόρα μηχανή εσωτερικής καύσης ηλεκτροπαραγωγής.....	- 21 -
Εικόνα 12: Διάγραμμα θερμικών βαθμών απόδοσης μονάδων ηλεκτροπαραγωγής (ISO 3046/1986).....	- 21 -
Εικόνα 13: Ποιοτική εκτίμηση κόστους και αξιοπιστία τεχνικών υπολογισμού βιομηχανικών εκπομπών. [27].....	- 24 -





## Ενότητα 1<sup>η</sup>

### Επιπτώσεις της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο περιβάλλον.

#### Το Ελληνικό σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας .

##### Ε1.1 Ενέργεια και περιβάλλον

Ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες μόλυνσης της ατμόσφαιρας και γενικότερα της υποβάθμισης του περιβάλλοντος είναι η διαδικασία παραγωγής ενέργειας και ιδιαίτερα η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με τη χρήση συμβατικών καυσίμων. Κατά την καύση του άνθρακα και των υδρογονανθράκων (πετρέλαιο, άνθρακας, κλπ) παράγονται διάφορα αέρια. Αυτά τα αέρια ευθύνονται για τη βαθμιαία αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη μας και γι' αυτό ονομάζονται "αέρια του θερμοκηπίου".

Η ηλιακή ακτινοβολία διαπερνά το μεγαλύτερο μέρος της την ατμόσφαιρα και θερμαίνει την επιφάνεια της Γης επηρεάζοντας το κλίμα και τις εποχιακές αλλαγές. Η Γη εκπέμπει μέρος της θερμικής αυτής ενέργειας πίσω στο διάστημα. Τα αέρια της ατμόσφαιρας, που βρίσκονται σε εξαιρετικά χαμηλές συγκεντρώσεις (υδρατμοί, διοξείδιο του άνθρακα, μεθάνιο και οξείδια του αζώτου), δεσμεύουν την ενέργεια αυτή δημιουργώντας το φαινόμενο της υπερθέρμανσης της ατμόσφαιρας όπως σε ένα τεχνητό θερμοκήπιο.[9]



Εικόνα 183: Φαινόμενο του θερμοκηπίου

Το **φαινόμενο του θερμοκηπίου** (Greenhouse effect) (Εικόνα 183) είναι αποτέλεσμα των αερίων του θερμοκηπίου που δεσμεύουν και εκπέμπουν ξανά πίσω την ηλιακή θερμική ακτινοβολία στην επιφάνεια του πλανήτη μας. Χωρίς το φαινόμενο του θερμοκηπίου, οι

Θερμοκρασίες στην επιφάνεια της Γης θα ήταν πολύ χαμηλότερες και η ζωή όπως την ξέρουμε σήμερα δεν θα μπορούσε να διατηρηθεί.

Οι συνέπειες του φαινομένου του θερμοκηπίου είναι δύσκολο να προεκτιμηθούν, εξαιτίας του γεγονότος ότι η άνοδος της θερμοκρασίας συνδέεται με παράγοντες των οποίων ο ρόλος δεν είναι πλήρως γνωστός. Οι σημαντικότερες συνέπειες είναι:

**Αλλαγή του κλίματος της Γης:** Μετακίνηση των ζωνών βροχοπτώσεως, από τον ισημερινό προς τον βορρά και ερημοποίηση του κάτω τμήματος της εύκρατης ζώνης. Αυτό σημαίνει ότι θα πραγματοποιηθούν αλλαγές στους διάφορους τύπους βλάστησης τόσο στις γεωργικές όσο και στις δασικές εκτάσεις. Όσον αφορά την χώρα μας σε περιοχές όπως η Καβάλα, Θάσος, Ηράκλειο, Πύργος, Ζάκυνθος, Κεφαλονιά κ.λ.π., από το 1982 και μετά, το ετήσιο ύψος βροχόπτωσης βρίσκεται συνεχώς κάτω από τον μέσο όρο και τα αίτια ίσως θα πρέπει να αναζητηθούν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

**Άνοδος της στάθμης των θαλασσών:** Οι λόγοι που οδηγούν στο φαινόμενο αυτό είναι η διαστολή των υδάτων που επιφέρει η αύξηση της θερμοκρασίας και η τήξη των πάγων. Μία άνοδος της στάθμης κατά 50 έως 150 εκατοστά θα έχει βαρύτερες συνέπειες, καθώς θα πλημμυρίσουν πολλές περιοχές που βρίσκονται κοντά στο επίπεδο της θάλασσας (οι περισσότερες από αυτές είναι εύφορες και πυκνοκατοικημένες).

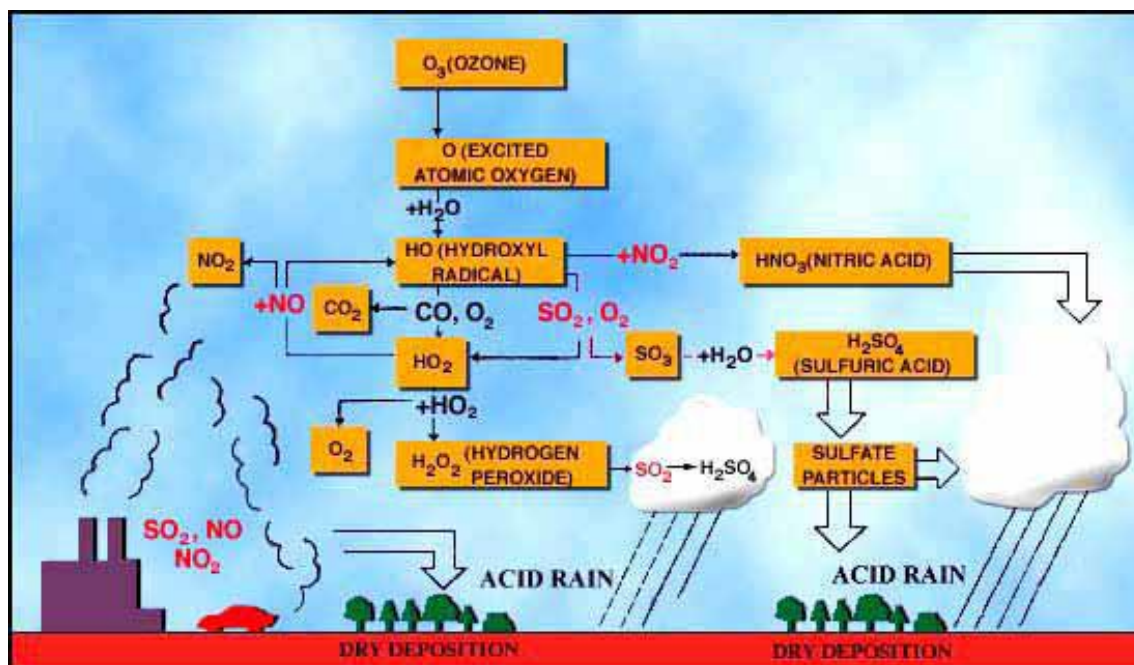
**Μείωση των υδάτινων πόρων:** Αρνητικές συνέπειες θα δημιουργηθούν από τη μεταβολή του ρυθμού του υδρολογικού κύκλου, ενώ παράλληλα οι ανάγκες άρδευσης και ύδρευσης θα είναι μεγαλύτερες.

**Συμβολή στην εμφάνιση του φαινομένου Ελ Νίνιο:** Το φαινόμενο Ελ Νίνιο, δηλαδή η περιοδική αύξηση της θερμοκρασίας των επιφανειακών υδάτων στον κεντρικό και ανατολικό Ειρηνικό ωκεανό, συσχετίζεται από πολλούς επιστήμονες με την αύξηση της θερμοκρασίας. Επιπτώσεις του φαινομένου είναι ασυνήθιστοι άνεμοι, πλημμύρες, ξηρασίες, ενώ αναφέρεται ότι επηρεάζει και τις καιρικές συνθήκες της Μεσογείου, και συγκεκριμένα συνδέεται με τις χαμηλές βροχοπτώσεις στην περιοχή.

**Άμεση επίδραση της θερμοκρασίας:** Η θερμοκρασία κατά τη διάρκεια του Καλοκαιριού σε πολλές περιοχές του πλανήτη, αλλά και στην χώρα μας, θα φτάσει σε τέτοια επίπεδα που θα είναι ανυπόφορη για τους ανθρώπους και τους άλλους ζωικούς και φυτικούς οργανισμούς. Περισσότερο έντονο θα είναι (ήδη έχει αρχίσει να γίνεται σε πολλές περιοχές) το πρόβλημα στις πόλεις, όπου η θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη από τον περιβάλλοντα χώρο κατά 0,5 - 3 °C λόγω της έλλειψης βλάστησης και της μεγαλύτερης απορρόφησης ακτινοβολίας των δομικών υλικών. Δυστυχώς είναι γεγονός ότι οι πόλεις της πατρίδας μας διαθέτουν πολύ μικρή επιφάνεια σε χώρους πρασίνου (Αθήνα 2,8 και Θεσσαλονίκη 2,73 τετραγωνικά μέτρα ανά κάτοικο), ενώ οι ειδικοί προτείνουν τουλάχιστον 15,5 τ.μ. και οι περισσότερες πόλεις της Ευρώπης έχουν 20 τ.μ.

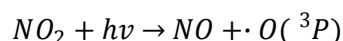
Η καύση των ορυκτών καυσίμων συμβάλλει επίσης στη δημιουργία της όξινης βροχής. Η όξινη βροχή αποτελεί ένα ιδιαίτερα περίπλοκο πρόβλημα. Η βροχή γίνεται όξινη εξαιτίας οξέων που διαλύονται ή σχηματίζονται μέσα στο βρόχινο νερό.

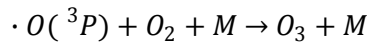
Ένα μέρος από τα εκπεμπόμενα αέρια, όπως το διοξείδιο του θείου ( $\text{SO}_2$ ) και τα οξειδία του αζώτου ( $\text{NO}_x$ ) αποτίθενται στις περιοχές κοντά στις πηγές εκπομπής τους, όπου μετατρέπονται σε οξέα καθώς αντιδρούν με το νερό, ιδιαίτερα κατά το σχηματισμό της δρόσου και της πάχνης. Από τα εναπομείναντα αερομεταφερόμενα σωματίδια, κάποια μετατρέπονται σε μικρά υδροδιαλυτά σταγονίδια θειικού οξέος ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) και νιτρικού οξέος ( $\text{HNO}_3$ ) μέσω μιας πολυσύνθετης σειράς χημικών αντιδράσεων με τη συμμετοχή του ηλιακού φωτός, των υδρατμών και άλλων αερίων (Εικόνα 184). Τα όξινα αυτά σωματίδια μπορούν να πέσουν αργά στη γη ή να προσκολληθούν στα υδροσταγονίδια των νεφών ή της ομίχλης, δημιουργώντας όξινη ομίχλη. Μπορούν επίσης να αποτελέσουν τους πυρήνες πάνω στους οποίους θα αναπτυχθούν τα σταγονίδια των νεφών, έτσι ώστε με τη βροχή, το χιόνι ή το χαλάζι τα οξέα αυτά να φτάσουν στο έδαφος.



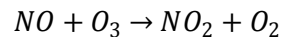
Εικόνα 184: Μηχανισμός σχηματισμού της όξινης βροχής [7]

Τέλος η εκπομπή των οξειδίων του αζώτου ( $\text{NO}_x$ ), από τις μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, συμβάλλει στην παραγωγή του όζοντος  $\text{O}_3$  στην τροπόσφαιρα. Η παραγωγή του  $\text{O}_3$  στην τροπόσφαιρα γίνεται φωτοχημικά και κυρίως μέσω της μετατροπής του  $\text{NO}_2$  σε  $\text{NO}$ , μέσω των παρακάτω αντιδράσεων. [11]





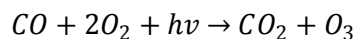
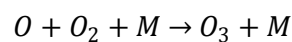
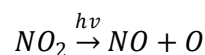
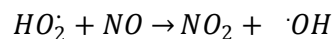
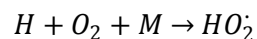
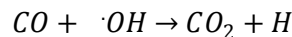
Όμως το NO αντιδρά με το όζον δίνοντας ξανά NO<sub>2</sub> και O<sub>2</sub>.



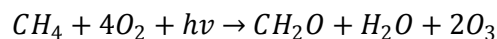
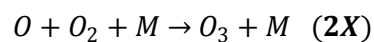
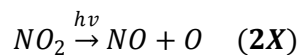
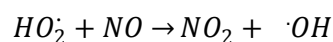
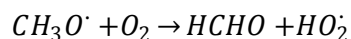
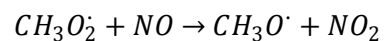
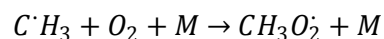
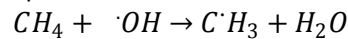
Το αποτέλεσμα των παραπάνω αντιδράσεων είναι ένας μηδενικός κύκλος που δεν καταλήγει ούτε σε παραγωγή, ούτε σε κατανάλωση του όζοντος. Για να έχουμε παραγωγή O<sub>3</sub> πρέπει να έχουμε παραγωγή NO<sub>2</sub> και καταστροφή του NO από άλλη αντίδραση.

Σε περιβάλλον πλούσιο σε NO<sub>x</sub> έχουμε τους παρακάτω μηχανισμούς σχηματισμού του O<sub>3</sub>:

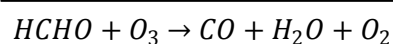
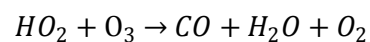
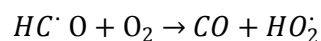
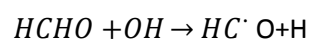
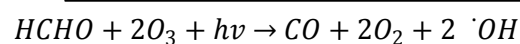
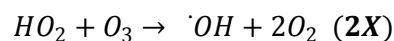
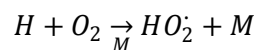
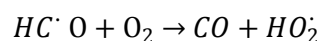
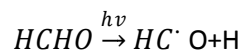
\* Μηχανισμός οξειδωσης του μονοξειδίου του άνθρακα:



\* Μηχανισμός οξειδωσης του μεθανίου :



\* Με τη σειρά της η φορμαλδεΐδη HCHO θα ακολουθήσει τους παρακάτω τρόπους οξειδωσης:



Με αποτέλεσμα παραγωγή 3,7 μορίων O<sub>3</sub> μόνο από οξείδωση του CH<sub>4</sub>.



Τις ίδιες αλυσίδες αντίδρασης μπορούμε να έχουμε και από οποιουσδήποτε άλλους υδρογονάνθρακες. Ανάλογα με τον υδρογονάνθρακα η δυνητική παραγωγή του  $O_3$  κυμαίνεται από 4 μόρια για τους υδρογονάνθρακες  $C_2H_2, C_2H_4$  σε 14 μόρια για το  $C_5H_8$ .

### E1.2 Σύμβαση –Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για τις κλιματολογικές αλλαγές

Οι επιστήμονες ήταν οι πρώτοι που άρχισαν να κρούουν τον κώδωνα του κινδύνου για την κλιματική μεταβολή που οφείλεται σε ανθρωπογενείς αιτίες ήταν. Στοιχεία από τις δεκαετίες του '60 και '70 έδειχναν ότι οι συγκεντρώσεις  $CO_2$  στην ατμόσφαιρα αυξάνονταν σημαντικά, γεγονός που οδήγησε τους κλιματολόγους αρχικά και στη συνέχεια και άλλους επιστήμονες να πιέσουν για δράση.

Το 1988, δημιουργήθηκε από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Μετεωρολογίας και το Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών (UNEP) μία Διακυβερνητική Επιτροπή για την αλλαγή του κλίματος. Αυτή η επιτροπή παρουσίασε μια πρώτη έκθεση αξιολόγησης το 1990, η οποία απεικόνιζε τις απόψεις 400 επιστημόνων, σύμφωνα με την οποία, το πρόβλημα της αύξησης της θερμοκρασίας ήταν υπαρκτό πλέον και η άμεση αντιμετώπιση του επιτακτική. Τα συμπεράσματα της Διακυβερνητικής Επιτροπής ώθησαν τις κυβερνήσεις να δημιουργήσουν τη Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για τις Κλιματικές Μεταβολές (UNFCCC).



Ο κατεξοχήν στόχος της Σύμβασης είναι η σταθεροποίηση των συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα σε επίπεδα τέτοια ώστε να προληφθούν επικίνδυνες επιπτώσεις στο κλίμα από τις ανθρωπίνες δραστηριότητες.

Η Σύμβαση αναγνωρίζει ότι οι αναπτυσσόμενες χώρες (που καθορίζονται στο Παράρτημα I της Σύμβασης και στις οποίες περιλαμβάνεται και η Ελλάδα) πρέπει να αναλάβουν τον πρώτο ρόλο στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και τις καλεί να αναλάβουν ειδικότερες δεσμεύσεις σε ότι αφορά στις απογραφές εκπομπών/ απορροφήσεων, στα εθνικά προγράμματα περιορισμού των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, στην οικονομική ενίσχυση των αναπτυσσόμενων χωρών, κ.λπ. Η Ελλάδα κύρωσε την Σύμβαση – Πλαίσιο το 1994 με το Ν. 2205/94.

Η τρίτη Σύνοδος των Συμβαλλομένων Μερών της Σύμβασης - Πλαίσιο για την Κλιματική Αλλαγή, που έλαβε χώρα στο Κιότο το Δεκέμβριο του 1997, ολοκλήρωσε τις διαπραγματεύσεις σχετικά με τον καθορισμό ενός νομικού οργάνου: του Πρωτοκόλλου του Κιότο για την κλιματική αλλαγή. Το Πρωτόκολλο εξασφαλίζει μία διαδικασία, βάσει της οποίας οι μελλοντικές δράσεις για την αντιμετώπιση της κλιματικής μεταβολής μπορεί να εντατικοποιηθούν. Καθορίζει για

πρώτη φορά νομικά δεσμευτικούς στόχους για τον περιορισμό των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου και επιβεβαιώνει την ανάγκη συνεργασίας της διεθνούς κοινότητας σε θέματα που αφορούν σε ένα σημαντικότερο περιβαλλοντικό πρόβλημα.

Κεντρικό σημείο του Πρωτοκόλλου αποτελούν οι νομικά κατοχυρωμένες δεσμεύσεις των αναπτυγμένων κρατών να ελαττώσουν, μεμονωμένα ή σε συνεργασία με άλλες χώρες, αρχικά την περίοδο 2008-2012 (πρώτη περίοδος δέσμευσης) σε ποσοστό μεγαλύτερο του 5% από τα επίπεδα του 1990, τις εκπομπές 6 αερίων του θερμοκηπίου:

- \* του διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>),
- \* του μεθάνιο (CH<sub>4</sub>),
- \* του υποξειδίου του αζώτου (N<sub>2</sub>O),
- \* των υδροφθορανθράκων (HFCs),
- \* των υπερφθορανθράκων (PFC)
- \* και του εξαφθοριούχο θείο (SF<sub>6</sub>)

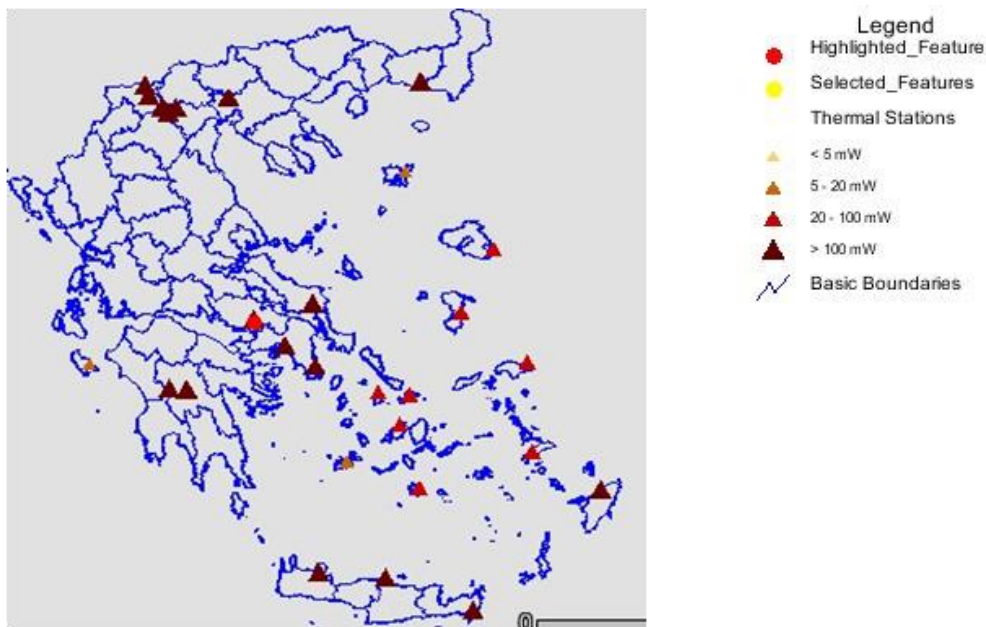
Η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) δεσμεύτηκε για μείωση των εκπομπών της κατά 8%, οι ΗΠΑ κατά 7% (οι οποίες όμως στη συνέχεια αποχώρησαν από τις διαπραγματεύσεις και, σύμφωνα με τις μέχρι σήμερα επίσημες κυβερνητικές δηλώσεις, δεν προτίθενται να κυρώσουν το Πρωτόκολλο), η Ιαπωνία κατά 6%, ενώ άλλες χώρες όπως η Ρωσία και η Αυστραλία δεσμεύτηκαν να σταθεροποιήσουν τις εκπομπές τους ή να περιορίσουν το ρυθμό αύξησής τους.

Για την επίτευξη των στόχων αυτών, το Πρωτόκολλο προβλέπει τα ακόλουθα μέτρα:

- \* Προαιρετική υιοθέτηση κοινών πολιτικών και μέτρων,
- \* Εμπορία Εκπομπών (Emissions Trading/ET),
- \* Εφαρμογή Προγραμμάτων από κοινού (Joint Implementation/JI),
- \* Δημιουργία Μηχανισμού Καθαρής Ανάπτυξης (Clean Development Mechanism/CDM),
- \* Προστασία και επαύξηση των δασικών εκτάσεων.

## E1.2 Το Ελληνικό Σύστημα παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας

Το ελληνικό ηλεκτρικό σύστημα χαρακτηρίζεται από τη σχετική απομόνωση της θέσης του από τα άλλα ευρωπαϊκά συστήματα, την οξεία αύξηση της κατανάλωσης την τελευταία δεκαετία, την ύπαρξη μεγάλου αριθμού μικρών καταναλωτών στα νησιά (**Σφάλμα! Το αρχείο προέλευσης της αναφοράς δεν βρέθηκε.**) και την εξάρτηση του από το λιγνίτη (Πίνακας 23).



Εικόνα 185 : Θερμοηλεκτρικοί Σταθμοί Ελληνικού Συστήματος Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας [8]

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα γίνεται κυρίως από την Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ Α.Ε.). Το σύστημα παραγωγής ενέργειας αποτελούν οι :

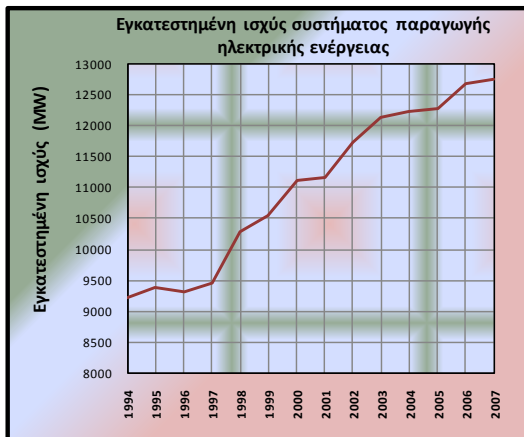
- \* 34 μεγάλοι θερμικοί και υδροηλεκτρικοί σταθμοί
- \* 3 αιολικά πάρκα του διασυνδεδεμένου συστήματος της ηπειρωτικής χώρας
- \* 61 αυτόνομοι σταθμοί Κρήτης, Ρόδου και λοιπών νησιών μας (39 θερμικοί, 2 υδροηλεκτρικοί, 15 αιολικά πάρκα και 5 φωτοβολταϊκοί σταθμοί).

ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (MW) ΣΤΑΘΜΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΗΣ ΔΕΗ Α.Ε. (31/12/2007)							
	Θερμοηλεκτρικοί Σταθμοί				ΥΗΣ	ΑΠΕ	ΣΥΝΟΛΟ
	Λιγνιτικές Μονάδες	Πετρελαϊκές Μονάδες	Μονάδες Φυσικού Αερίου	Σύνολο ΘΗΣ*			
<b>Διασυνδεδεμένο</b>	5.288	750	1.966	8.004	3.020	46	11.070
<b>Κρήτη, Ρόδος &amp; λοιπά αυτόνομα νησιά</b>	0	1.656	0	1.656	0	34	1.689
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	9.660	2.406	1.966	9.660	3.020	80	12.760

\* Θερμοηλεκτρικοί Σταθμοί, \*\* Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί \*\*\* Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ανήκουν στη "ΔΕΗ ΑΝΑΜΕΩΣΙΜΕΣ ΑΕ")

Πίνακας 23: Εγκατεστημένη ισχύς σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της ΔΕΗ Α.Ε.

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των 98 συνολικά σταθμών της ΔΕΗ ανέρχεται σήμερα στα 12.760 MW και η καθαρή παραγωγή το 2007 έφτασε τις 56,13 TWh (Εικόνα 186).



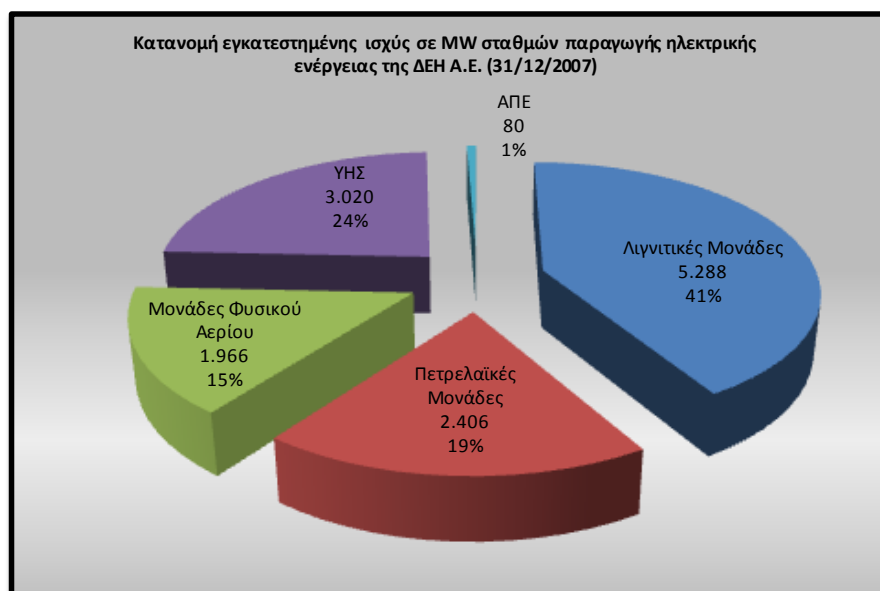
(α)



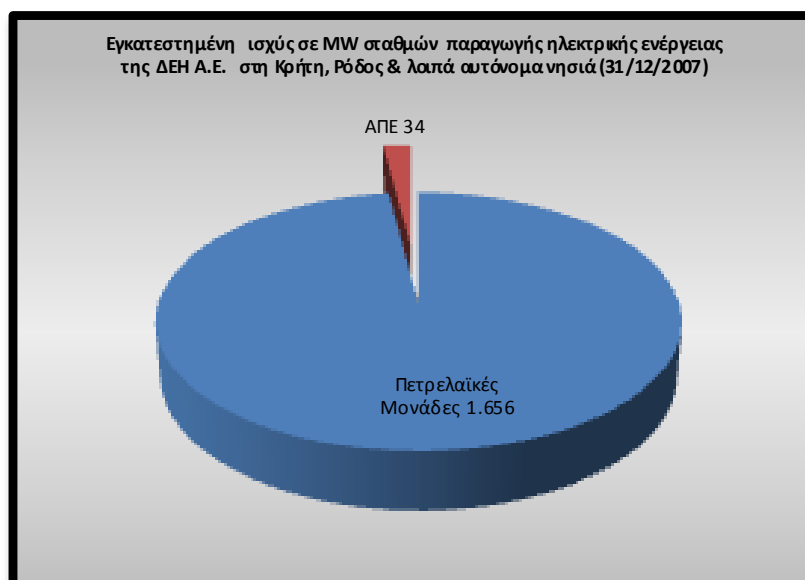
(β)

Εικόνα 186: Εγκατεστημένη ισχύς και πωλήσεις συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

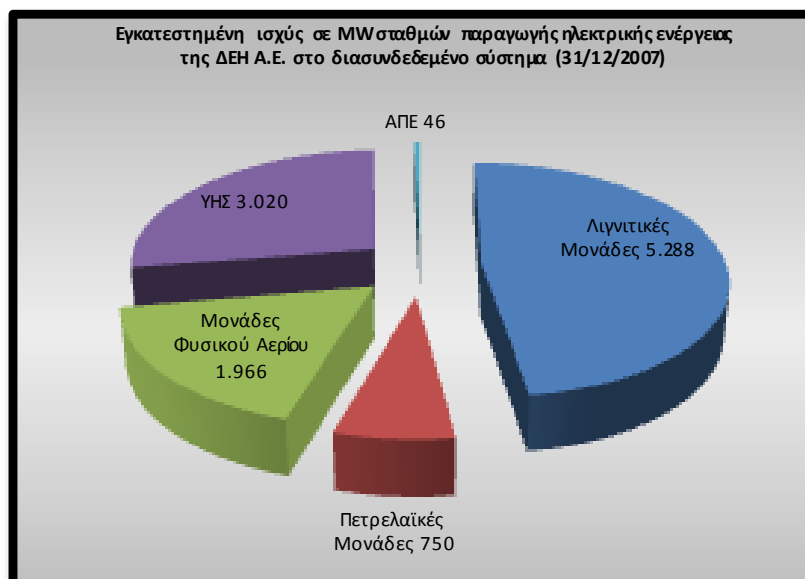
Όπως φαίνεται και από στην Εικόνα 187 (α), το 56% της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε όλη την Ελλάδα γίνεται από λιγνιτικές μονάδες. Οι πετρελαϊκές μονάδες αποτελούν το 14% , ενώ οι μονάδες φυσικού αερίου το 12%. Στην Ελλάδα το 82% της ηλεκτρικής ενέργειας παράγεται από θερμικούς σταθμούς. Η παραγωγή συμπληρώνεται από υδροηλεκτρικούς σταθμούς, που συμμετέχουν κατά το 18% και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας κατά το 0,36%. Πρέπει να επισημανθεί το γεγονός ότι οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας χρησιμοποιούνται περισσότερο στα αυτόνομα νησιά, αποτελώντας το 2% της παραγωγής ενέργειας στο μη διασυνδεδεμένο σύστημα, ενώ το μεγαλύτερο μέρος (98%) της παραγωγής ενέργειας γίνεται από πετρελαϊκές μονάδες(Εικόνα 187(β))



(α)



(β)



(γ)

Εικόνα 187: Κατανομή εγκατεστημένης ισχύος (MW) σταθμών ΔΕΗ Α.Ε (31/12/2007).

### E1.3 Η απελευθέρωση της αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα

Η ελληνική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας απελευθερώθηκε από τις 19/02/01 σύμφωνα με το Ν. 2773/99, ο οποίος ρυθμίζει τις λεπτομέρειες της εφαρμογής της Οδηγίας 96/92/ΕΚ για το ελληνικό ηλεκτρικό σύστημα. Ο νόμος προσδιορίζει τους συντελεστές και το ρόλο τους στην απελευθερωμένη αγορά ηλεκτρικής ενέργειας και προβλέπει:

- \* Τη σύσταση της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας (ΡΑΕ) ως ανεξάρτητης και αυτοτελούς διοικητικής αρχής που εποπτεύεται από τον Υπουργό Ανάπτυξης.
- \* Τη σύσταση του Διαχειριστή του Ηλεκτρικού Συστήματος Μεταφοράς που θα εποπτεύεται από την ΡΑΕ.
- \* Την απελευθέρωση της παραγωγής και εκμετάλλευσης ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ΑΠΕ, συμπαραγωγή αλλά και από συμβατικά καύσιμα.
- \* Τη μετατροπή της ΔΕΗ σε Ανώνυμη Εταιρεία.

Με εξαίρεση τα μη διασυνδεδεμένα νησιά, υφίσταται πλέον το δικαίωμα ελεύθερης διαπραγμάτευσης και σύναψης σύμβασης προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας από ιδιώτες παραγωγούς ή προμηθευτές οι οποίοι αναγνωρίζονται ως Επιλέγοντες Πελάτες. Ο διαχειριστής του συστήματος (ΔΕΣΜΗΕ) και η διαχειρίστρια του δικτύου (ΔΕΗ), έχουν υποχρέωση να εξασφαλίζουν στους Επιλέγοντες Πελάτες, ύστερα από αίτησή τους, πρόσβαση μέσω ηλεκτρικών γραμμών ή εγκαταστάσεων ή και των δύο στο σύστημα και στο δίκτυο.

Οι οικιακοί και οι άλλοι μικροί καταναλωτές (τριτογενής τομέας, αγρότες κλπ), που αποτελούν τους Μη Επιλέγοντες Πελάτες, έχουν το δικαίωμα να επιλέξουν τον προμηθευτή τους από το 2005 και μετά.

Η κατασκευή εγκαταστάσεων παραγωγής και η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας επιτρέπεται σε όσους έχουν αποκτήσει τη σχετική άδεια παραγωγής ή έχουν νομίμως εξαιρεθεί από τη διαδικασία αδειοδότησης.

Η άδεια παραγωγής χορηγείται από τον υπουργό Ανάπτυξης, ύστερα από γνωμοδότηση της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας (ΡΑΕ), σύμφωνα με τους όρους και τις προϋποθέσεις που προβλέπονται από το σχετικό νόμο (2773/99) και τον κανονισμό αδειών.

Προϋπόθεση για τη χορήγηση άδειας παραγωγής στα μη διασυνδεδεμένα νησιά είναι ο παραγωγός να έχει πετύχει σε διαγωνισμό που διενεργείται. Σε περίπτωση που ο διαγωνισμός κηρυχθεί άγονος ο υπουργός Ανάπτυξης, μετά από τη γνωμοδότηση της ΡΑΕ μπορεί να χορηγήσει άδεια παραγωγής στη ΔΕΗ, ώστε να διασφαλίζεται σε κάθε περίπτωση ο απρόσκοπτος εφοδιασμός σε ηλεκτρική ενέργεια.

Το συντονισμό του συστήματος διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας, που θα παράγεται πλέον από πολλούς παραγωγούς, στους πελάτες του καθενός, αναλαμβάνει ο Διαχειριστής Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΣΜΗΕ).

Ο ΔΕΣΜΗΕ είναι ανώνυμη εταιρία. Το 51% του μετοχικού κεφαλαίου του ανήκει στο Ελληνικό Δημόσιο και το υπόλοιπο ποσοστό του μπορεί να καλύπτεται από κατόχους άδειας

παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας των οποίων οι μονάδες παραγωγής συνδέονται στο σύστημα. Σε αυτούς περιλαμβάνεται και η ΔΕΗ η οποία και σε πρώτη φάση κατέχει το 49% του μετοχικού κεφαλαίου του ΔΕΣΜΗΕ.

Η ΔΕΗ παραμένει αποκλειστικός ιδιοκτήτης του Συστήματος Μεταφοράς και θα εισπράττει από την ανώνυμη εταιρία ΔΕΣΜΗΕ οικονομικό αντάλλαγμα για την εκμετάλλευση του συστήματος μεταφοράς.

Ο Διαχειριστής του Συστήματος λειτουργεί, εκμεταλλεύεται, διασφαλίζει τη συντήρηση και μεριμνά για την ανάπτυξη του Συστήματος σε ολόκληρη τη χώρα καθώς και των διασυνδέσεων του με άλλα δίκτυα για να διασφαλίζεται ο εφοδιασμός της χώρας με ηλεκτρική ενέργεια, με τρόπο επαρκή, ασφαλή, οικονομικά αποδοτικό και αξιόπιστο.

Η διαχείριση του συστήματος διενεργείται σύμφωνα με τις διατάξεις του κώδικα διαχείρισης του συστήματος, ο οποίος καταρτίζεται από το Διαχειριστή του συστήματος.

#### E1.4 Η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ)

Η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ) συστήθηκε με το νόμο 2773/99, είναι ανεξάρτητη διοικητική αρχή και έχει κυρίως γνωμοδοτικό και εισηγητικό χαρακτήρα στον τομέα της ενέργειας. Δημιουργήθηκε στα πλαίσια της εναρμόνισης με την Κοινοτική Οδηγία 96/92 και συνδυάζεται με την πολιτική του εκσυγχρονισμού των ενεργειακών αγορών στην Ελλάδα.

Ο ρόλος της ΡΑΕ δεν είναι ελεγκτικός ή δικαστικός. Σκοπός της ΡΑΕ είναι να διευκολύνει τον ελεύθερο και υγιή ανταγωνισμό στην ενεργειακή αγορά με στόχο την καλύτερη και οικονομικότερη εξυπηρέτηση του καταναλωτή (ιδιώτης και επιχείρηση).

Σκοπός της ΡΑΕ είναι επίσης να εξασφαλίσει, με τρόπο συμβατό με τους μηχανισμούς μίας απελευθερωμένης αγοράς, τους μακροχρόνιους στρατηγικούς στόχους της ενεργειακής πολιτικής και την εξυπηρέτηση του δημόσιου συμφέροντος.

Τέτοιοι στόχοι είναι η επαρκής, αξιόπιστη και ισότιμη τροφοδοσία των καταναλωτών, η ασφάλεια τροφοδοσίας της χώρας, η προστασία του περιβάλλοντος. Επίσης η ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, των νέων τεχνολογιών, η αποτελεσματική χρήση και προμήθεια ενέργειας και η εξασφάλιση επαρκούς υποδομής για την ενέργεια. Η ενσωμάτωση στην αγορά αυτών των μεγάλων ζητημάτων της ενεργειακής πολιτικής είναι ίσως το δυσκολότερο έργο της ΡΑΕ. Απαιτείται η διατήρηση λεπτής ισορροπίας, χρησιμοποιώντας όλα τα εργαλεία που είναι συμβατά με τους μηχανισμούς της αγοράς, όπως οι χρεώσεις στη μεταφορά ενέργειας για λόγους δημοσίου συμφέροντος, το εμπόριο αδειών ρύπανσης, το εμπόριο προθεσμιακών παραγώγων και συμβολαίων, οι όροι στην αδειοδότηση κ.λπ. Τέλος παρακολουθεί και εισηγείται για τις τιμές, τη λειτουργία της αγοράς και τις αδειοδοτήσεις





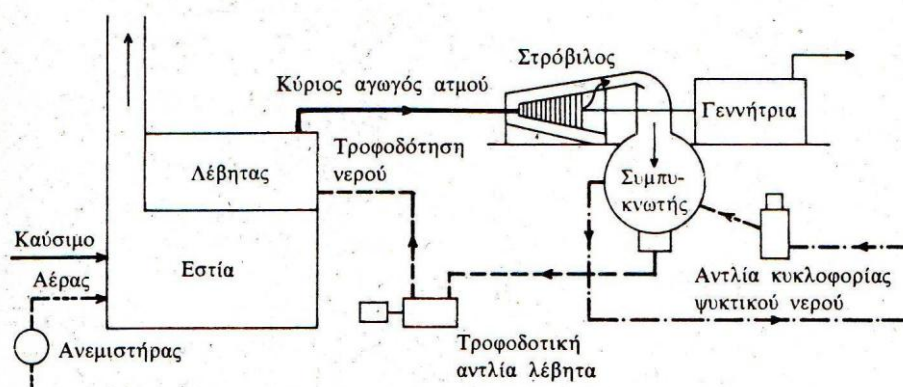
## Ενότητα 2<sup>η</sup>

### Μορφοτροπείς θερμοηλεκτρικών σταθμών

#### Ε2.1 Ενεργειακός μορφοτροπέας με ατμοστρόβιλο.

Η βασική συγκρότηση ενός ατμοηλεκτρικού μορφοτροπέα φαίνεται στην Εικόνα 188. Κεντρική ιδέα της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με την χρήση ατμοστρόβιλου είναι η εκτόνωση ατμού υψηλής πίεσης σε ένα στρόβιλο οποίος κινεί τη γεννήτρια.

Το καύσιμο καίγεται στον λέβητα (ατμοπαραγωγός). Ο ατμός που παράγεται κινεί τον στρόβιλο και αυτός την ηλεκτρογεννήτρια. Από τον στρόβιλο ο ατμός εισάγεται στον συμπυκνωτή, όπου υγροποιείται σε νερό και στην συνέχεια επιστρέφει στον ατμοπαραγωγό.



Εικόνα 188: Σχηματική παράσταση ατμοηλεκτρικής μονάδας παραγωγής [36]

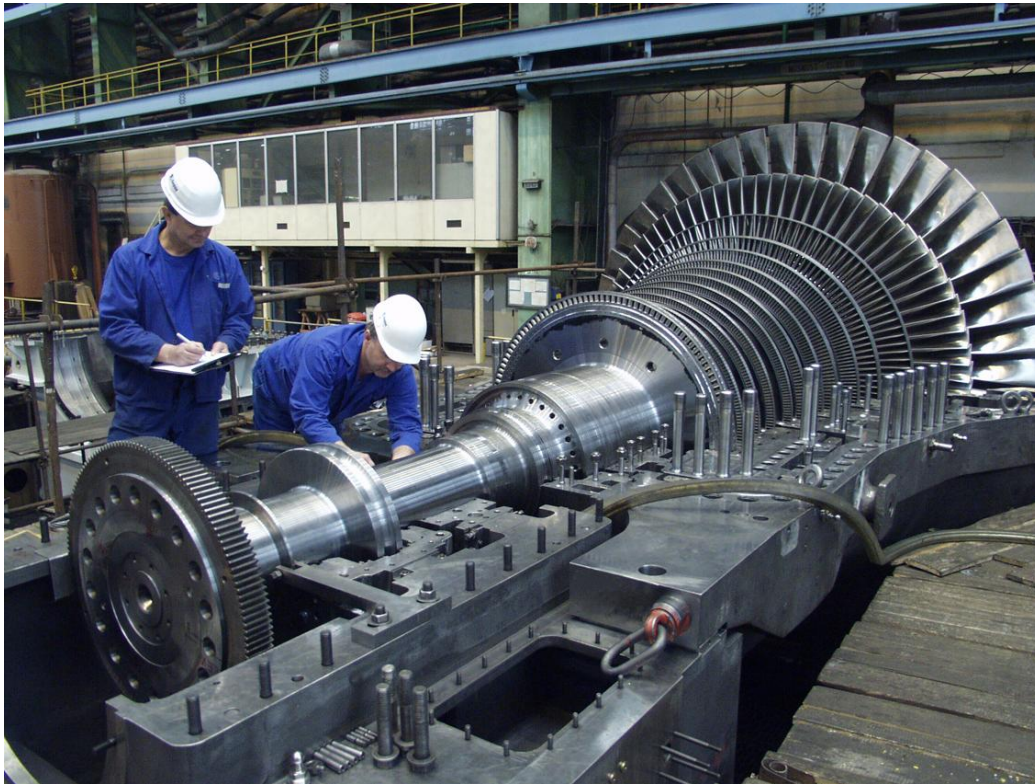
Ο βαθμός απόδοσης των ατμοηλεκτρικών μονάδων φτάνει το 40% και σε μερικές περιπτώσεις ανάλογα με την κατασκευή του λέβητα (υπερκρίσιμων συνθηκών, 3 επιπέδων πίεσης, κλπ.) μπορεί να φτάσει και το 42-43%. Χρησιμοποιείται κυρίως ως μονάδα βάσης, δηλαδή, μονάδα που χρησιμοποιείται για την κάλυψη σταθερού τμήματος της ηλεκτρικής ζήτησης.

#### Τα κύρια μέρη των ατμοηλεκτρικών μονάδων.

**Ο ατμοπαραγωγός**, παράγει τον ατμό που απαιτείται για την λειτουργία του ατμοστρόβιλου. Για την θέρμανση του νερού μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορα καύσιμα. Στον ατμοπαραγωγό το νερό εισάγεται υπόψυκτο (υγρή μορφή) και μετατρέπεται σε ατμό. Η πρώτη φάση είναι η προθέρμανση του νερού προκειμένου να φτάσει σε κορεσμένη κατάσταση (σημείο ζέσεως) και έπειτα ακολουθεί ο κυρίως λέβητας όπου γίνεται η ατμοποίηση, δηλαδή η μετατροπή του κορεσμένου νερού σε κορεσμένο ατμό. Αν ο ατμοστρόβιλος λειτουργεί με

υπερθέρμανση υπάρχει, και ο υπερθερμαντήρας όπου ο κορεσμένος ατμός θερμαίνεται περαιτέρω.

**Ο στρόβιλος,** ο κορεσμένος ή ο υπέρθερμος ατμός εκτονώνεται στον στρόβιλο και τον θέτει σε κίνηση. Η μεταβολή της ενθαλπίας του ισούται με το έργο το οποία παράγεται στον στρόβιλο ανά kg ατμού. (Εικόνα 189)



Εικόνα 189: Ατμοστρόβιλος 35 MW στο σταθμό παραγωγής Komorany Heating. (<http://www.skoda.cz/en>)

**Συμπυκνωτής (ψυγείο).** Συλλέγει και συμπυκνώνει τον ατμό στην έξοδο του στροβίλου απορρίπτοντας θερμότητα στο περιβάλλον.

**Προθερμαντής.** Στον προθερμαντή αναμειγνύεται ο απομαστευόμενος από τον στρόβιλο ατμός με το συμπύκνωμα που προκύπτει στην έξοδο του συμπυκνωτή. Με τον τρόπο αυτό αυξάνεται η ενθαλπία του νερού που φθάνει στην είσοδο του ατμοπαραγωγού

**Αντλίες.** Οι αντλίες αυξάνουν την πίεση νερού που επιστρέφει από τον συμπυκνωτή και τον προθερμαντή. Η πρώτη φέρνει το νερό του συμπυκνωτή στην πίεση απομάστευσης ενώ η δεύτερη το εργαζόμενο μέσο (νερό) στην τιμή πίεσης λειτουργίας του ατμοπαραγωγού.

### *Έλεγχος φορτίου μονάδας παραγωγής*

Προκειμένου να ελέγξουμε την παραγωγή του ατμοστροβίλου υπάρχουν δυο βασικές τεχνικές. Η πρώτη βασίζεται στον έλεγχο του λέβητα. Το σήμα για αύξηση ή μείωση της ισχύος εισάγεται στον λέβητα και μ' αυτό τον τρόπο αναπροσαρμόζεται η θερμική ισχύς με την οποία αυτός λειτουργεί. Η βαλβίδα ελέγχου (η βαλβίδα δηλαδή που ελέγχει την ροή του ατμού πάνω

στον στρόβιλο) φροντίζει για την διατήρηση της πίεσης σε μια ορισμένη τιμή. Για παράδειγμα αν δοθεί σήμα αύξησης της παραγόμενης ισχύος στον λέβητα, ο τελευταίος θα αρχίσει να λειτουργεί δίνοντας μεγαλύτερη θερμική ισχύ στο εργαζόμενο μέσο (ατμός). Η πίεση τείνει να αυξηθεί και προκειμένου η κεντρική βαλβίδα να την διατηρήσει σταθερή θα αυξήσει την ροή του ατμού προς τον στρόβιλο. Ο έλεγχος αυτός παρότι εξασφαλίζει σταθερή πίεση και μικρές θερμοκρασιακές μεταβολές είναι εξαιρετικά αργός καθώς από την στιγμή που δίνεται το σήμα για αύξηση της παραγωγής (και επί της ουσίας αυξάνεται η ροή του καυσίμου στον λέβητα) μέχρι να αυξηθεί ο ρυθμός ατμοποίησης άρα και η ροή ατμού στον στρόβιλο μεσολαβεί αρκετός χρόνος.

Από την άλλη πλευρά ο έλεγχος ισχύος στον στρόβιλο έχει μικρότερους χρόνους απόκρισης καθώς το σήμα για μεταβολή της παραγωγής εισέρχεται στον στρόβιλο, και ο λέβητας αναλαμβάνει να διατηρεί σταθερή την πίεση προσαρμόζοντας την ροή του καυσίμου στις μεταβολές. Η μέθοδος αυτή μειονεκτεί στο επίπεδο της καταπόνησης της εγκατάστασης καθώς παρουσιάζονται σημαντικές μεταβατικές διακυμάνσεις στις τιμές πίεσης και θερμοκρασίας. Στο προηγούμενο παράδειγμα η αύξηση της ζήτησης θα ανοίξει περισσότερο η βαλβίδα αυξάνοντας την ροή ατμού στον στρόβιλο με αποτέλεσμα να υπάρξει αρχικά μια τάση για μείωση της πίεσης οπότε θα αυξηθεί η ροή καυσίμου στον λέβητα. Ωστόσο λόγω της αργής απόκρισης του λέβητα μεταξύ του χρόνου που μεσολαβεί από την αύξηση της ροής του καυσίμου μέχρι την αύξηση του ρυθμού ατμοποίησης θα παρουσιαστεί πτώση της πίεσης στο σύστημα καθώς ο ρυθμός ατμοποίησης κατά την διάρκεια του μεταβατικού αυτού φαινομένου είναι μικρότερος από αυτόν της εκτόνωσης. Ουσιαστικά κερδίζουμε στο επίπεδο της απόκρισης αυξάνοντας όμως το εύρος των μεταβατικών φαινομένων.

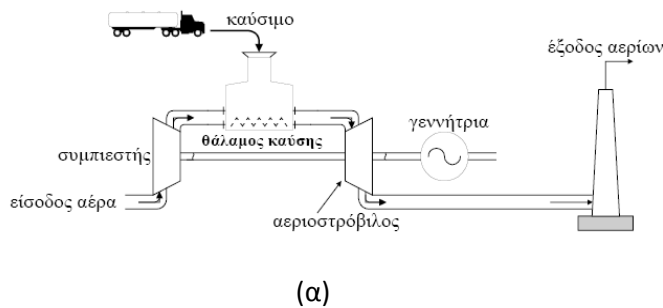
Τα μειονεκτήματα που περιγράφηκαν παραπάνω περιορίζονται με έναν συνδυασμό των δύο αυτών μεθόδων όπου στέλνονται παράλληλα σήματα τόσο στον στρόβιλο όσο και στον λέβητα [36].

## E2.2 Ενεργειακός μορφοτροπέας με αεριοστρόβιλο

Ο αεριοστρόβιλος (Εικόνα 190(β)) είναι ο μορφοτροπέας που μετατρέπει την θερμότητα που παράγεται από την καύση ενός καυσίμου σε μηχανική ισχύ. Στους αεριοστρόβιλους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ο άξονας του αεριοστρόβιλου συνδέεται με μια γεννήτρια οπότε και η μηχανική ενέργεια που παράγεται μετατρέπεται σε ηλεκτρική ισχύ.

Η αρχή λειτουργίας του αεριοστρόβιλου είναι παρόμοια με αυτήν του ατμοστρόβιλου. Στην περίπτωση του ατμοστρόβιλου εργαζόμενο μέσο το υλικό εκείνο που απάγει την θερμότητα από την καύση και την αποδίδει μετέπειτα ως μηχανικό έργο) είναι ο ατμός ενώ στην περίπτωση του αεριοστρόβιλου το αέριο που κινεί την πτερωτή είναι τα καυσαέρια που

παράγονται από την καύση του μείγματος καυσίμου αέρα. Άρα ο αεριοστρόβιλος αποτελεί μια μηχανή εσωτερικής καύσης (ΜΕΚ).



Εικόνα 190: (α) Σχηματική παράσταση αεριοστροβιλικού σταθμού [36].  
(β) Μονάδα αεριοστρόβιλου General Electric LM2500 θερμοληκτρικού σταθμού παραγωγής στη Ξυλοκαμάρα Χανίων.

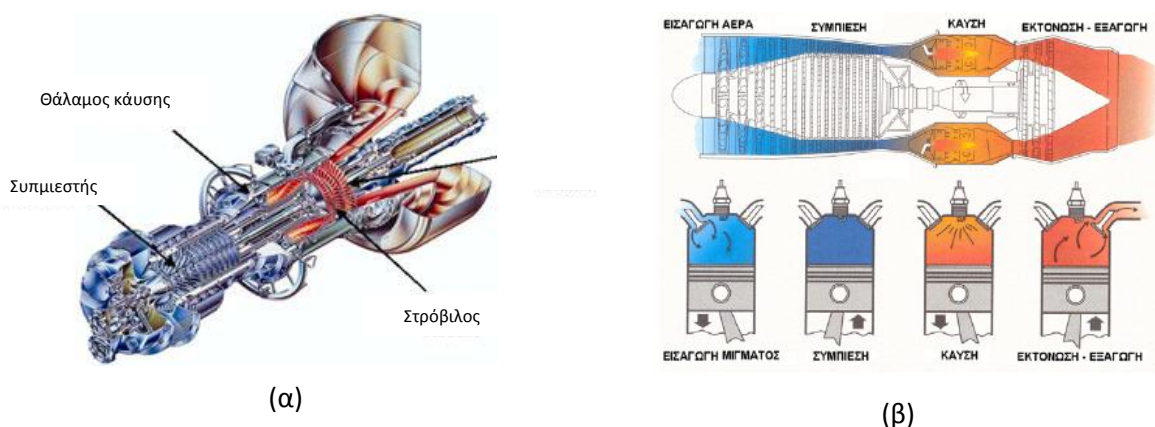
Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 191 ένας αεριοστρόβιλος αποτελείται από τρία βασικά τμήματα τα οποία αποτελούν το τμήμα ισχύος του καθώς η λειτουργία αυτών των τμημάτων εξασφαλίζει την παραγωγή μηχανικής ισχύος. Το πρώτο μέρος είναι ο συμπιεστής, ο οποίος πραγματοποιεί την συμπίεση του εργαζόμενου μέσου (αέρας) . Το δεύτερο μέρος είναι ο θάλαμος καύσης όπου οδηγείται ο συμπιεσμένος αέρας, αναμειγνύεται με το καύσιμο (ελαφρύ Ντίζελ ή φυσικό αέριο) και καίγεται. Τα αέρια προϊόντα της καύσης οδηγούνται στο τρίτο στάδιο στο οποίο βρίσκεται ο στρόβιλος. Εκεί εκτονώνονται και παράγεται μηχανική ισχύς. Η ισχύς αυτή ισούται με την διαφορά της ισχύος που αποδίδεται στον στρόβιλο με την ισχύ που απορροφάται στον συμπιεστή.

Το κύριο χαρακτηριστικό μιας τέτοιας μηχανής είναι το γεγονός ότι η ροή του αέρα είναι συνεχής, δηλαδή σε μια συγκεκριμένη θέση της διάταξης έχουμε διαρκώς της ίδιες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας. Το γεγονός αυτό συνιστά μια αρκετά ισχυρή διαφοροποίηση από το άλλο είδος μηχανών εσωτερικής καύσης, τις εμβολοφόρες μηχανές στις οποίες οι συνθήκες στο εσωτερικό του κυλίνδρου καύσης αλλάζουν συνεχώς (Εικόνα 191 (β)). Ένα άλλο στοιχείο σε σχέση με τους αεριοστρόβιλους είναι ότι τα κινητά μέρη της αεριοστροβιλικής μονάδας εκτελούν περιστροφική κίνηση. Δεν υπάρχει παλινδρομική κίνηση, όπως συμβαίνει στις εμβολοφόρες μηχανές.

Σήμερα οι αεριοστρόβιλοι παρότι έχουν χαμηλότερο βαθμό απόδοσης σχετικά με τις ατμοηλεκτρικές μονάδες, ο οποίος φτάνει το 32% (Εικόνα 194), παρουσιάζουν μια σειρά πλεονεκτημάτων. Βασικό πλεονέκτημα είναι η δυνατότητα εκκίνησης σε λίγα λεπτά (14-20 λεπτά) με αρκετά υψηλούς ρυθμούς ανάληψης φορτίου. Για τους λόγους αυτούς οι



αεριοστροβλικές μονάδες δεν χρησιμοποιούνται ως μονάδες βάσης (λόγω χαμηλής απόδοσης) αλλά τροφοδοτούν τις αιχμές ζήτησης ή χρησιμοποιούνται προκειμένου να ανταποκριθεί το σύστημα σε μεγάλες διακυμάνσεις του φορτίου. Επίσης οι μονάδες αυτές χρησιμοποιούνται για την υλοποίηση του συνδυασμένου κύκλου, ο οποίος παρουσιάζει την μεγαλύτερη απόδοση σε σχέση με τις υπόλοιπες θερμικές μονάδες. Οι αεριοστροβλικές μονάδες επιπλέον απαιτούν μικρότερο χώρο, έχουν μικρότερο κόστος κατασκευής, μικρή εσωτερική κατανάλωση (μικρότερη του 1%) και δεν απαιτούν μεγάλα συστήματα ψύξης σε αντίθεση με τους ατμοηλεκτρικούς σταθμούς



Εικόνα 191: (α) Τα βασικά τμήματα που αποτελούν τη μονάδα του αεριοστρόβιλου.  
(β) Συσχέτιση συνθηκών πίεσης και θερμοκρασίας αεριοστρόβιλου και εμβολοφόρας μηχανής εσωτερικής καύσης.

### Ε2.3 Ενεργειακός μορφοτροπέας συνδυασμένου κύκλου

Η κεντρική ιδέα των μονάδων συνδυασμένου κύκλου είναι η χρησιμοποίηση της θερμότητας των καυσαερίων ενός ή περισσοτέρων αεριοστρόβιλων προκειμένου να παραχθεί ατμός σ' έναν ατμοπαραγωγό και στην συνέχεια να κινηθεί ένας ατμοστρόβιλος. Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 192 ο αέρας συμπιέζεται στην αρχή και αναμειγνύεται με το καύσιμο στον θάλαμο καύσης του αεριοστρόβιλου, όπου το μείγμα καίγεται. Τα καυσαέρια αφού εκτονωθούν στον στρόβιλο οδηγούνται σ' έναν ατμοπαραγωγό ο οποίος απάγει μέρος της θερμότητας τους για την παραγωγή ατμού και κινεί τον ατμοστρόβιλο.

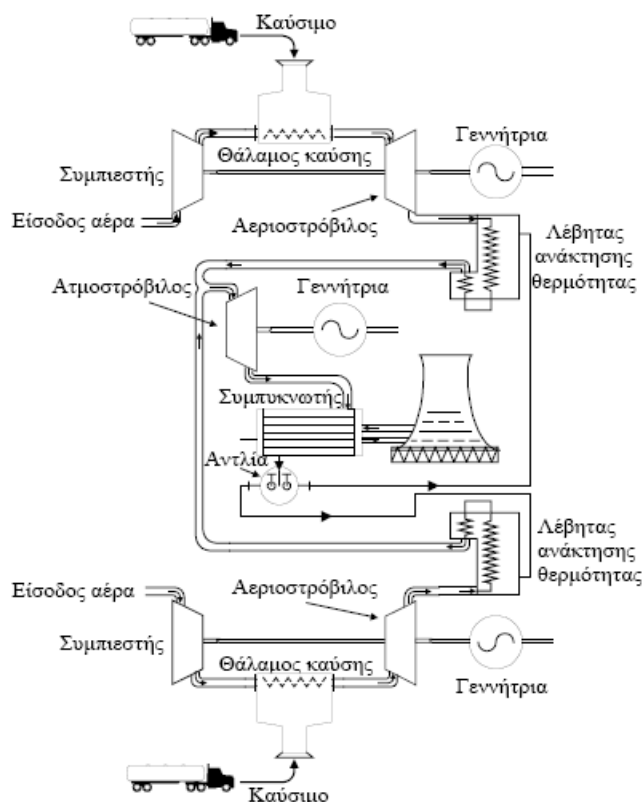
#### Πλεονεκτήματα μονάδων συνδυασμένου κύκλου

Οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου πλεονεκτούν σε σχέση με τις υπόλοιπες θερμικές σε διάφορα επίπεδα.

**Αυξημένος βαθμός απόδοσης:** Η εκτόνωση των αερίων από τον θάλαμο καύσης καθώς και η χρησιμοποίηση των καυσαερίων, λόγω της υψηλής θερμοκρασίας τους αυξάνει αρκετά την απόδοση η οποία φτάνει το 55%, το οποίο είναι 20% περισσότερο από την απόδοση παραδοσιακών θερμικών μονάδων [46].

**Γρήγορη απόκριση σε διαταραχές.** Οι αεριοστροβίλοι έχουν μεγάλο ρυθμό ανάληψης φορτίου (20% ανά λεπτό). Ενδεικτικά αναφέρεται ότι οι ατμοστροβίλοι έχουν ρυθμούς ανάληψης φορτίου της τάξης του 2% ανά λεπτό. Στις σημερινές αγορές ενέργειας όπου η ζήτηση του φορτίου είναι συχνά αβέβαιη οι αεριοστροβιλικές μονάδες μπορούν να αντιμετωπίσουν διαταραχές στην ισορροπία παραγωγής ισχύος και φορτίου αρκετά γρήγορα.

**Φιλικό προς το περιβάλλον.** Η παραγωγή CO<sub>2</sub>, καθώς και άλλων αερίων που σχετίζονται με το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι αναπόφευκτη στο βαθμό που αναφερόμαστε σε μονάδες παραγωγής οι οποίες καταναλώνουν ορυκτά καύσιμα. Ωστόσο η εκπομπή των αερίων αυτών, είναι αρκετά χαμηλότερη από άλλες θερμικές μονάδες ορυκτών καυσίμων λόγω του σχετικά υψηλού βαθμού απόδοσης του συνδυασμένου κύκλου, καθώς και της υψηλής αναλογίας υδρογόνου σε σχέση με τον άνθρακα στο μεθάνιο (CH<sub>4</sub>), το οποίο είναι βασικό συστατικό στην περίπτωση που το καύσιμο είναι φυσικού αερίου. Οι τυπικές εκπομπές μονάδων συνδυασμένου κύκλου παράγουν περίπου 0.8lb CO<sub>2</sub>/KWh ενώ οι αντίστοιχες εκπομπές μονάδων που χρησιμοποιούν γαιάνθρακες είναι 2lb CO<sub>2</sub>/KWh [32]. Επιπλέον με χρήση καταλυτών οι εκπομπές οξειδίων του αζώτου και θείου, καθώς και μονοξειδίου του άνθρακα μειώνονται σε επίπεδα πολύ χαμηλότερα σε σχέση με αυτά άλλων θερμικών μονάδων παραγωγής.



Εικόνα 192: Σχηματική παράσταση μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας συνδυασμένου κύκλου[36]

**Ευελιξία:** Οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου είναι αρκετά ευέλικτες καθώς μπορούν να χρησιμοποιούν μια σειρά καυσίμων, όπως φυσικό αέριο, πετρελαϊκά προϊόντα καθώς και άλλα καύσιμα. Οι μονάδες αυτού του τύπου γενικά κοστίζουν περισσότερο κατά την εγκατάσταση από τις συμβατικές ατμοηλεκτρικές μονάδες λόγω της τεχνολογίας καθώς και των υλικών που χρησιμοποιούνται. Ωστόσο απαιτούν μικρότερο χώρο και έχουν μικρότερο χρόνο και κόστος εγκατάστασης .

#### Λειτουργία μονάδων συνδυασμένου κύκλου

Η λειτουργία των μονάδων συνδυασμένου κύκλου σε χαμηλό φορτίο γίνεται με μείωση του φορτίου του ατμοστρόβιλου ενώ ο αεριοστρόβιλος εργάζεται σε πλήρη ισχύ. Ο βαθμός απόδοσης του αεριοστρόβιλου σε χαμηλά φορτία είναι μικρότερος του ατμοστρόβιλου καθώς, σε αντίθεση με τον ατμοστρόβιλο, προκειμένου να λειτουργεί σε κενό φορτίο, ο αεριοστρόβιλος, χρειάζεται αρκετή ποσότητα καυσίμου, οπότε η λειτουργία του σε χαμηλά φορτία είναι οικονομικά ασύμφορη

Κατά την εκκίνηση της μονάδας οι βαλβίδες αέρα και καυσίμου έχουν το ελάχιστο άνοιγμα. Η ισχύς αυξάνεται σταδιακά καθώς αυξάνεται η ροή καυσίμου. Η θερμοκρασία των καυσαερίων αυξάνει παράλληλα με την παραγόμενη ισχύ. Η διαδικασία αυτή συνεχίζεται μέχρι

---

το σημείο όπου η θερμοκρασία των καυσαερίων φτάσει την ονομαστική της τιμή οπότε και η βαλβίδα του αέρα αρχίζει να ανοίγει προκειμένου να ελεγχθεί η τιμή της θερμοκρασίας.

Στον ατμοστρόβιλο, η ροή ατμού ταυτίζεται με τον ρυθμό παραγωγής του, ο οποίος ορίζεται από τον αεριοστρόβιλο. Ο έλεγχος της ροής του ατμού γίνεται με δύο τρόπους μέσω των βαλβίδων ελέγχου.

Η πρώτη μέθοδος είναι το πλήρες άνοιγμα των βαλβίδων ελέγχου της ροής του ατμού. Με τον τρόπο αυτό η πίεση μεταβάλλεται παράλληλα με την μεταβολή στην παραγωγή του ατμού.

Η δεύτερη μέθοδος διατηρεί σταθερή την τιμή της πίεσης όταν η παραγωγή ατμού μεταβάλλεται, με έλεγχο της ροής του ατμού.

Ο ατμοστρόβιλος αλλάζει ισχύ πολύ πιο αργά από τον αεριοστρόβιλο. Οι βασικές χρονικές σταθερές που χαρακτηρίζουν τον εναλλάκτη θερμότητας, την αποθήκευση του ατμού στο τύμπανο και στις σωληνώσεις της εγκατάστασης, αρκετά μεγάλες. Μολονότι οι γρήγορες αλλαγές στην παραγωγή ισχύος του αεριοστρόβιλου προκαλούν γρήγορες αλλαγές στον ρυθμό ατμοπαραγωγής στον λέβητα, οι όγκοι του τυμπάνου και των σωληνώσεων αποτρέπουν αυτές οι γρήγορες αλλαγές να γίνουν αισθητές στον ατμοστρόβιλο.

#### E2.4 Ενεργειακός μορφοτροπέας με κινητήρα εμβολοφόρα MEK.

---

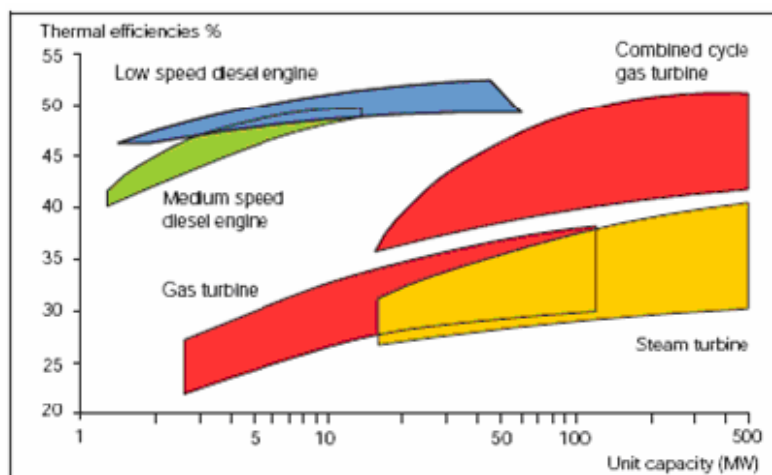
Η μονάδα ντίζελ βασίζεται σε μία εμβολοφόρα μηχανή εσωτερικής καύσης (MEK) η οποία περιστρέφει μια γεννήτρια Εικόνα 193. Οι εμβολοφόρες MEK διαθέτουν πολλά από τα πλεονεκτήματα των μονάδων συνδυασμένου κύκλου (μικρές απαιτήσεις χώρου, τυποποίηση, χαμηλό κόστος). Η κλίμακα ισχύος τους μπορεί να κυμαίνεται από μερικές εκατοντάδες kW, μέχρι και 30 MW. Ο βαθμός απόδοσής τους είναι ο δεύτερος υψηλότερος μεταξύ των τεσσάρων τεχνολογιών και προσεγγίζει το 50% (Εικόνα 194). Μειονέκτημά τους είναι η υψηλή παραγωγή οξειδίων του αζώτου, εγγενές χαρακτηριστικό αυτής της τεχνολογίας. Για την κάλυψη μικρών φορτίων (π.χ. νησιά) χρησιμοποιούνται τόσο ως μονάδες βάσης, όσο και ως μονάδες αιχμής.





Εικόνα 193: Εμβολοφόρα μηχανή εσωτερικής καύσης ηλεκτροπαραγωγής

Οι εμβολοφόρες μηχανές εσωτερικής καύσεως καλύπτουν το μεγαλύτερο ποσοστό των αναγκών για ηλεκτρική ενέργεια των ελληνικών νησιών. Η επιλογή των κινητήρων εσωτερικής καύσης για τη κάλυψη του σημαντικότερου ποσοστού αυτών των αναγκών δεν είναι τυχαία. Οι κινητήρες αυτοί αποτελούν την οικονομικότερη και πιο αξιόπιστη λύση από άλλες επιλογές.



Εικόνα 194: Διάγραμμα θερμικών βαθμών απόδοσης μονάδων ηλεκτροπαραγωγής (ISO 3046/1986)

Το καύσιμο που χρησιμοποιείται είναι κυρίως το βαρύ πετρέλαιο (μαζούτ) (το 80% της συνολικής κατανάλωσης των κινητήρων), αλλά πολλοί κινητήρες τροφοδοτούνται με πετρέλαιο Ντίζελ (20%). Το μαζούτ προτιμάται ως καύσιμο, καθώς είναι κατά πολύ φθηνότερο του πετρελαίου ντίζελ, έχει σχεδόν τη μισή τιμή από το πετρέλαιο Ντίζελ, και παρά τη χαμηλότερη θερμογόνο ικανότητά του, η οικονομία που προσφέρει είναι πολύ μεγάλη. Βασικά μειονεκτήματα του μαζούτ είναι το υψηλό ιξώδες του (181 έως 360 cSt για το μαζούτ σε αντίθεση με 2 έως 4,5 cSt του Ντίζελ), καθώς και το χαμηλό σημείο πήξης του το οποίο απαγορεύει την παραμονή του εντός κινητήρα που βρίσκεται εκτός λειτουργίας για περισσότερο από μία ώρα. Σε αντίθεση με το πετρέλαιο Ντίζελ, υπάρχει κίνδυνος, με την πτώση της

θερμοκρασίας εντός του κινητήρα, να επέλθει πήξη και το μαζούτ να μείνει μέσα στον κινητήρα, με αποτέλεσμα την μη ικανοποιητική λειτουργία του κατά την επανεκκίνηση ή και σε ορισμένες περιπτώσεις, τη μη λειτουργία του κινητήρα μέχρι να καθαριστεί πλήρως το πηγμένο μαζούτ.

## Ενότητα 3<sup>η</sup>

### Οι μέθοδοι εκτίμησης της εκπομπής ρύπων

Ο υπολογισμός των εκπομπών είναι μια «τέχνη» βασισμένη σε βασικές αρχές της επιστήμης, όπου πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τόσο η ποιότητα και διαθεσιμότητα των δεδομένων, ενδεδειγμένες Τεχνικές Εκτίμησης Εκπομπών (ΤΕΕ) όσο και διαθέσιμο προϋπολογισμό, χρονικούς περιορισμούς αλλά και αντικείμενο, λογική, στόχος και σκοπός απογραφών.

Η διαδικασία της επιλογής συγκεκριμένης μεθόδου Υπολογισμού Εκπομπών εξαρτάται από τους σκοπούς και τους στόχους της απογραφής καθώς

Γενικά υπάρχουν οι ακόλουθοι γενικές μέθοδοι υπολογισμού εκπομπών .

- \* Άμεση Δειγματοληψία ή Άμεση Μέτρηση (συνεχείς μετρήσεις, παραμετρικές μετρήσεις, περιοδικές ή σποραδικές σημειακές δειγματοληψίες και μετρήσεις)
- \* Ισοζύγια Μάζας
- \* Ανάλυση Καυσίμων
- \* Συντελεστές Εκπομπών
- \* Μοντέλα Υπολογισμού Εκπομπών

Συνήθως στην πράξη χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό όλες οι μέθοδοι π.χ. ισοζύγια μάζας μπορεί να χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό διαρροών από αντλίες και σωληνώσεις, άμεσες απευθείας μετρήσεις μπορεί να χρησιμοποιηθούν για σημειακές πηγές και συντελεστές εκπομπών όταν υπολογίζουμε εκπομπές από δεξαμενές πετρελαιοειδών/χημικών ή σωρούς πρώτων υλών .

Στους Πίνακας 24 και Πίνακας 25 παρουσιάζονται οι μεθοδολογίες υπολογισμού (σημειακών) βιομηχανικών εκπομπών η ακρίβεια , η εφαρμοσιμότητά τους καθώς και η χρονική και χωρική κλίμακα εφαρμογής τους.

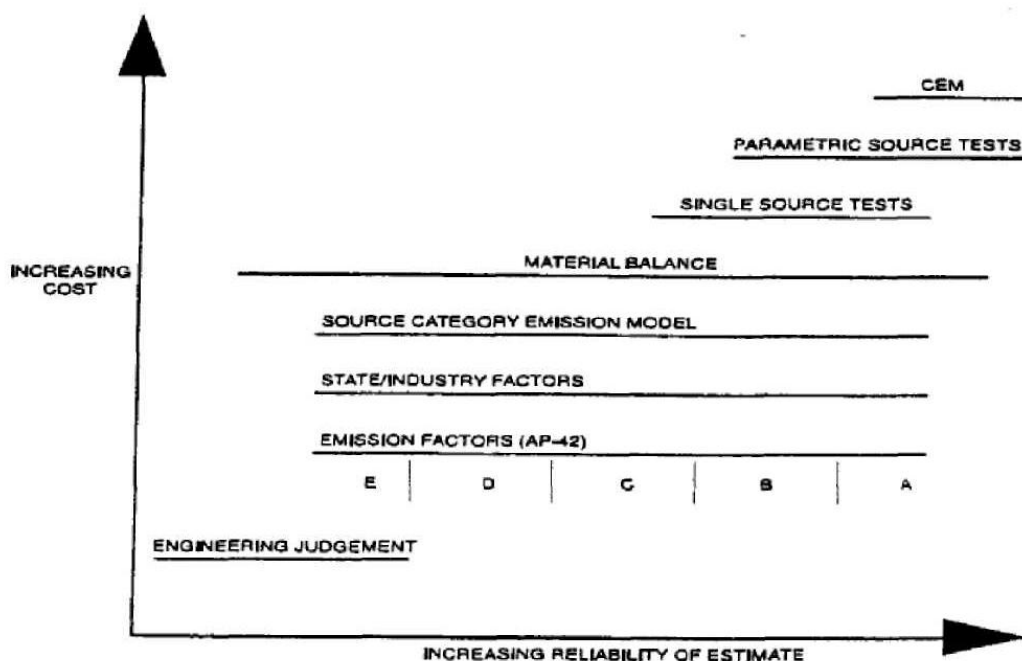
Μέθοδος	Ακρίβεια	Εφαρμοσιμότητα
Συνεχείς μετρήσεις	Υψηλή	Σημειακές πηγές
Περιοδικές μετρήσεις	Υψηλή	Σημειακές πηγές
Συντελεστές εκπομπής	Μέση	Σημειακές και διάχυτες πηγές
Ισοζύγια μάζας	Μέση - Υψηλή	Σημειακές και διάχυτες πηγές
Χρήση ειδικού λογισμικού	Μέση - Υψηλή	Σημειακές πηγές
Έμπειρη κρίση	Χαμηλή	Σημειακές και διάχυτες πηγές

Πίνακας 24 : Τεχνικές υπολογισμού βιομηχανικών εκπομπών ακρίβεια και εφαρμογή[28].

Μέθοδος	Εκτιμώμενοι ρύποι	Πηγές εκπομπής	Χωρική κλίμακα	Χρονική κλίμακα
Συνεχείς περιοδικές μετρήσεις	Οι υφιστάμενες τεχνικές εστιάζονται σε κατηγορίες ρύπων με αυξανόμενη τάση κάλυψης ειδικών ρύπων	Σημειακές πηγές	Σημείο εκπομπής	Σε όλες τις κλίμακες (εφόσον υπάρχουν διαθέσιμοι πόροι)
Συντελεστές εκπομπής	Εστιάζονται σε κατηγορίες ρύπων με σχετικά λίγα σημεία μετρήσεων. Υπάρχει μία τάση για ανάπτυξη συντελεστών εκπομπής ειδικών ρύπων καθώς συσσωρεύονται όλο και περισσότερα μετρητικά δεδομένα.	Σημειακές και διάχυτες πηγές	Σε όλες τις κλίμακες	Σε όλες τις κλίμακες (εφόσον υπάρχουν τα ανάλογα δεδομένα δραστηριοτήτων)
Ισοζύγια μάζας	Εστιάζονται: Σε χημικές ενώσεις αν η χημεία είναι γνωστή. Σε ειδικές κατηγορίες στερεών ή αερίων βιομηχανικών ρύπων αν η χημεία και τα χαρακτηριστικά των διεργασιών είναι γνωστά.	Σημειακές και διάχυτες πηγές	Σε όλες τις κλίμακες (σε διάχυτες εκπομπές σε συγκεκριμένη γεωγραφική ενότητα όπου υπάρχουν τα αναγκαία δεδομένα	Είναι ακριβέστερα σε μεγάλες κλίμακες (ετήσια βάση)
Χρήση ειδικού λογισμικού	Εστιάζονται σε ειδικές κατηγορίες βιομηχανικών ρύπων αν η χημεία και λειτουργικά χαρακτηριστικά των διεργασιών είναι γνωστά.	Σημειακές πηγές	Εφαρμόζονται για συγκεκριμένα σημεία εκπομπής συγκεκριμένων διεργασιών	Σε όλες τις κλίμακες (εφόσον υπάρχουν διαθέσιμα χαρακτηριστικά λειτουργίας)
Έμπειρη κρίση	Εφαρμόζονται παντού	Σε όλες τις πηγές	Σε όλες τις κλίμακες	Σε όλες τις κλίμακες

Πίνακας 25: Τεχνικές υπολογισμού βιομηχανικών εκπομπών εκτιμώμενοι ρύποι και κλίμακες εφαρμογής[28].

Η τελική επιλογή της χρήσης μιας ή περισσότερων μεθόδων εκτίμησης εκπομπών λαμβάνει υπόψη το συνδυασμό κόστους και αξιοπιστίας της εκτίμησης με τη χρήση δεδομένης μεθόδου. Στο γράφημα της Εικόνα 195 στη συνέχεια παρουσιάζονται ποιοτικά στοιχεία κόστους και αξιοπιστίας διαφορετικών τεχνικών εκτίμησης εκπομπών.



Εικόνα 195: Ποιοτική εκτίμηση κόστους και αξιοπιστία τεχνικών υπολογισμού βιομηχανικών εκπομπών. [28]

Στις σημειακές πηγές η άμεση δειγματοληψία με άμεση μέτρηση είτε μεταχρονισμένη στο εργαστήριο, παρέχει δεδομένα εκπομπών τα οποία συνήθως δίδονται σε εκπομπές ρύπου ανά μονάδα όγκου του ρευστού μέσα στο οποίο ο ρύπος εκπέμπεται και διαχέεται. Οι μετρήσεις αυτές για να έχουν νόημα πρέπει να συνοδεύονται και με μετρήσεις ή άλλους αξιόπιστους υπολογισμούς των παροχών των εκροών ώστε τελικά να είναι δυνατόν να υπολογισθούν οι εκπομπές .

### E3.1 Συνεχείς Μετρήσεις Εκπομπών (ΣΜΕ)

Ο όρος ΣΜΕ- Συνεχείς Μετρήσεις Εκπομπών αναφέρεται σε συνεχή συλλογή δεδομένων με τη χρήση ενός συστήματος συλλογής αερίων ή υγρών που κατευθύνουν τα ρεύματα των δειγμάτων σε αξιόπιστες και σταθερές αναλυτικές συσκευές με δυνατότητες καταγραφής συνεχών μετρήσεων μέσω ηλεκτρονικών μέσων. Ένα σημαντικότατο πλεονέκτημα των μετρήσεων αυτών είναι ότι χαρακτηρίζουν εκπομπές και σε μη κανονικές λειτουργίες εγκαταστάσεων (σε αστοχίες παραγωγής, ξεκινήματα παραγωγής, κλεισίματα παραγωγής, φάσμα παραγωγικών φορτίων και πρώτων υλών, συνθήκες προληπτικής ή μη συντήρησης κλπ). Οι μετρήσεις αυτές για να έχουν νόημα στην αναγωγή τους σε συντελεστές εκπομπής πρέπει να συνοδεύονται και με μετρήσεις ή άλλους αξιόπιστους υπολογισμούς των παροχών των εκροών ώστε τελικά να είναι δυνατόν να υπολογισθούν οι εκπομπές .

Οι ΣΜΕ , όπου υπάρχει ένα συνεχές αρχείο μετρήσεων εκπομπών ανά μονάδα τυπικού χρόνου αναγωγής (averaging time) είναι η πλέον αξιόπιστη μεθοδολογία υπολογισμού εκπομπών ανάγοντας τις real-time μετρήσεις σε ετήσιες μετρήσεις (ή μετρήσεις στην χρονική περίοδο ενδιαφέροντος). Σημειώνεται βεβαίως ότι οι μετρήσεις είναι αντιπροσωπευτικές των συνθηκών λειτουργίας και αν είναι δυνατόν πρέπει να συλλέγονται και χρησιμοποιούνται χρονοσειρές μεγάλης χρονικής διάρκειας (δεδομένα πολλών ετών). Επίσης μια σημαντική λεπτομέρεια στη μέθοδο αυτή είναι ότι πρέπει να είναι γνωστές και οι συνθήκες λειτουργίας καθώς και η ικανότητα παραγωγής ανά μονάδα τυπικού χρόνου αναγωγής ώστε τα αποτελέσματα να είναι συγκρίσιμα.

### E3.2 Παραμετρικές Μετρήσεις Εκπομπών (ΠΜΕ)

Ο όρος ΠΜΕ- Παραμετρικές Μετρήσεις Εκπομπών αναφέρεται σε παραμετρική συσχέτιση ρυθμού εκπομπής συγκεκριμένης ουσίας (ή ομάδας/ομάδων ουσιών) με συγκεκριμένες λειτουργικές παραμέτρους γνωστές ή διαθέσιμες στην εγκατάσταση. Με την ανάπτυξη τέτοιων συσχετίσεων είναι δυνατή η εκτίμηση εκπομπών σε συνεχή βάση. Η μεθοδολογία ΠΜΕ χρησιμοποιείται κυρίως σε μετρήσεις ποιότητας υγρών αποβλήτων μέσω μετρήσεων παραμέτρων θερμοκρασίας, χρώματος και pH. Η ΠΜΕ αρχίζει να αναπτύσσεται και σε μετρήσεις

αερίων εκπομπών και σε αρκετές περιπτώσεις φαίνεται ότι είναι δυνατόν να αποτελέσει πολύ φθηνότερη μεθοδολογία από τις ΣΜΕ συνεχών μετρήσεων εκπομπών. Όπως προαναφέρθηκε ένα πλεονέκτημα των μετρήσεων αυτών είναι ότι χαρακτηρίζουν εκπομπές (εφ' όσον έχουν αναπτυχθεί αξιόπιστες συσχετίσεις) και σε μη κανονικές λειτουργίες εγκαταστάσεων (σε αστοχίες παραγωγής, ξεκινήματα παραγωγής, κλεισίματα παραγωγής, φάσμα παραγωγικών φορτίων και πρώτων υλών, συνθήκες προληπτικής ή μη συντήρησης κλπ) Οι μετρήσεις αυτές για να έχουν νόημα στην αναγωγή τους σε συντελεστές εκπομπής πρέπει να συνοδεύονται και με μετρήσεις ή άλλους αξιόπιστους υπολογισμούς των παροχών των εκροών ώστε τελικά να είναι δυνατόν να υπολογισθούν οι εκπομπές .

### E3.3 Ασυνεχείς Μετρήσεις Εκπομπών (ΑΣΕ)

Ο όρος ΑΜΕ- Ασυνεχείς Μετρήσεις Εκπομπών αναφέρεται σε ασυνεχή συλλογή δεδομένων με τη χρήση ενός συστήματος συλλογής αερίων ή υγρών που είτε κατευθύνουν τα ρεύματα των δειγμάτων σε αξιόπιστες και σταθερές αναλυτικές συσκευές με δυνατότητες καταγραφής ασυνεχών μετρήσεων μέσω ηλεκτρονικών μέσων είτε μεταφέρουν δείγματα σε αναλυτικό εργαστήριο όπου διεξάγονται οι αναλύσεις .

Οι Ασυνεχείς Μετρήσεις , όπου υπάρχει αρχείο μετρήσεων εκπομπών που έγιναν σε διαφορετικές χρονικές περιόδους *είναι η τρίτη πλέον αξιόπιστη μεθοδολογία υπολογισμού εκπομπών (καλύτερη της χρήσης ισοζυγίων μάζας ή συντελεστών εκπομπής) ανάγοντας τις real-time μετρήσεις σε ετήσιες μετρήσεις.* Οι μετρήσεις αυτές για να έχουν νόημα στην αναγωγή τους σε συντελεστές εκπομπής πρέπει να συνοδεύονται και με μετρήσεις ή άλλους αξιόπιστους υπολογισμούς των παροχών των εκροών ώστε τελικά να είναι δυνατόν να υπολογισθούν οι εκπομπές . Σημειώνεται βεβαίως ότι οι μετρήσεις αυτές πρέπει να είναι αντιπροσωπευτικές των συνθηκών λειτουργίας και αν είναι δυνατόν πρέπει να συλλέγονται και χρησιμοποιούνται μετρήσεις τόσο σε χρονοσειρές μεγάλης χρονικής διάρκειας (δεδομένα πολλών ετών) , όσο και σε ικανοποιητικό στατιστικό αριθμό.

Ένα σημαντικό μειονέκτημα των μετρήσεων αυτών είναι ότι δεν χαρακτηρίζουν εκπομπές σε μη κανονικές λειτουργίες εγκαταστάσεων (σε αστοχίες παραγωγής, ξεκινήματα παραγωγής, κλεισίματα παραγωγής, φάσμα παραγωγικών φορτίων και πρώτων υλών, συνθήκες προληπτικής ή μη συντήρησης κλπ).

### E3.4 Ισοζύγια Μάζας

Τα ισοζύγια μάζας είναι μια μεθοδολογία υπολογισμού εκπομπών βασισμένη στην αξιόπιστη εκτίμηση ρευμάτων εισόδου και εξόδου σε μια εγκατάσταση καθώς και διεργασίες παραγωγής διαφόρων ρυπαντικών ουσιών στο υπό ανάλυση σημείο αναφοράς (εγκατάσταση, μονάδα ή διεργασία). Το ισοζύγιο βασίζεται στους νόμους της φυσικής (η μάζα εισροής ισούται

με την μάζα εκροής-παραγωγή προϊόντων, την αποθηκευμένη μάζα-προϊόντων και πρώτων υλών και τις απώλειες στην ατμόσφαιρα, στο υδάτινο περιβάλλον και στην εκροή στερεών αποβλήτων) , ενώ όταν αναφερόμαστε σε ρύπους που παράγονται σε διεργασίες πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και την παραγωγή των ουσιών αυτών . Τα ισοζύγια μάζας είναι μια αξιόπιστη μεθοδολογία υπολογισμού εκπομπών όταν τα ρεύματα εισόδου και εξόδου σε μια εγκατάσταση μπορούν να χαρακτηρισθούν εύκολα και αξιόπιστα . Αυτό συνήθως γίνεται σε περιπτώσεις σχετικά μικρών και όχι ιδιαίτερα πολύπλοκων μονάδων ή διεργασιών.

Η γενική μορφή των ισοζυγίων μάζας του ρύπου A είναι της μορφής :

$$\Sigma (\text{εκροών ρύπου A}) = \Sigma (\text{εισορών ρύπου A}) - \Sigma (\text{απωλειών ρύπου A}) + \Sigma (\text{δημιουργίας ρύπου A})$$

Όπου οι μονάδες εκροών, εισορών, απωλειών, και δημιουργίας ρύπου A είναι παροχές μάζας ( kg/yr, Tn/yr) του ρύπου A.

Συμπερασματικά η μέθοδος είναι σχετικά απλή αλλά στην πλήρη ανάπτυξη της απαιτεί μεγάλο όγκο στοιχείων. Συχνά τα στοιχεία αυτά μπορούν να εξαχθούν είτε με μετρήσεις είτε με σχετικές καταγραφές.

Η μέθοδος του ισοζυγίου μάζας είναι ιδιαιτέρως απλή και ακριβής σε περιπτώσεις υπολογισμού εκπομπής διαλυτών όπου όλος ο καταναλισκόμενος διαλύτης εκπέμπεται στην ατμόσφαιρα .

### E3.5 Ανάλυση Καυσίμων

Η Ανάλυση Καυσίμων είναι μια παραλλαγή του ισοζυγίου μάζας. Είναι αξιόπιστη μέθοδος υπολογισμού εκπομπών από καύσεις βασισμένη στην αξιόπιστη εκτίμηση ποσότητας και σύστασης καυσίμων (ρευμάτων εισόδου σε μονάδες καύσεις) και συνήθως συνδυάζεται με μετρήσεις ή αξιόπιστους υπολογισμούς παροχών εξόδου από τις μονάδες καύσης. Με την υπόθεση ότι η συνολική μάζα ρύπου στην μονάδα καύσης δεν χάνεται, η ανάλυση καυσίμων βασίζεται στους νόμους της φυσικής (η ανά ρύπο μάζα εισροής-ρύπος στο καύσιμο, ισούται με την ανά ρύπο μάζα εκροής-απόβλητα). Η ανάλυση καυσίμων δεν εφαρμόζεται συνήθως όταν αναφερόμαστε σε ρύπους που παράγονται στις καύσεις (VOC, σωματίδια παραγόμενα κατά την καύση), αλλά είναι μια αξιόπιστη μεθοδολογία υπολογισμού εκπομπών  $SO_2$  , σωματιδίων λόγω περιεχόμενου τέφρας του καυσίμου και μετάλλων από διεργασίες καύσεις.

### E3.6 Μέθοδος υπολογισμών λαμβάνοντας υπόψη ιδιαιτερότητες των διεργασιών , Φυσικοχημικές σχέσεις, εμπειρικές σχέσεις

Η ανάλυση Ιδιαιτεροτήτων των Διεργασιών (Engineering Calculations) είναι μια παραλλαγή του ισοζυγίου μάζας . Είναι βασισμένη σε φυσικοχημικές (θερμοδυναμικές)



ιδιότητες της ουσίας (π.χ. τάση ατμών) , μαθηματικές (πχ νόμος ιδανικών αερίων, σχέση Henry) και εμπειρικές σχέσεις . Η μέθοδος αυτή είναι επίσης αξιόπιστη μέθοδος υπολογισμού εκπομπών όταν χρησιμοποιούνται αξιόπιστα δεδομένα και σχέσεις σε περιοχές τιμών που ενδείκνυται η εφαρμογή τους.

Συνήθως οι μέθοδοι αυτοί χρησιμοποιούνται όταν στην διεργασία εκπομπής ρύπων υπάρχει και εξατμίση ρύπου. Εδώ το ποσοστό του ρύπου που εξατμίζεται είναι σημαντικά χαμηλότερο από το ποσοστό του ρύπου που δεν εξατμίζεται (π.χ. εκπομπή υδρογονανθράκων από δεξαμενές αποθήκευσης) και χρήση ισοζυγίων μάζας όπου φυσικά υπεισέρχονται μικρές αβεβαιότητες σε εισροές/εκροές κυρίως ρευμάτων (throughputs) οδηγούν σε σημαντικά λάθη εκτίμησης.

### E.3.7 Συντελεστές εκπομπής.

Οι Συντελεστές Εκπομπής είναι μια μέθοδος υπολογισμού εκπομπών η οποία χρησιμοποιείται όταν δεν υπάρχει άλλης πληροφορίας. Οι Συντελεστές Εκπομπής παράγονται γενικά από δεδομένα μετρήσεων εκπομπών αερίων, υγρών ή στερεών ρύπων πολλών ομοειδών εγκαταστάσεων (π.χ. πτηνοσφαγείων, βυρσοδεψείων, μονάδων παραγωγής τσιμέντου-ασβέστου) ή ομοειδών διεργασιών πολλών εγκαταστάσεων (π.χ. καυστήρες φυσικού αερίου/μαζούτ, δεξαμενές αποθήκευσης πετρελαιοειδών ή χημικών). Η πληροφορία αυτή χρησιμοποιείται έτσι ώστε να συσχετίζει εκπομπές ρύπων με δεδομένα δραστηριότητας/παραγωγής της εγκατάστασης/διεργασίας. Σημειώνεται ότι σε γενικές γραμμές οι συντελεστές εκπομπής (αν έχουν εξαχθεί με αξιόπιστα δεδομένα και μέθοδο) αναπαριστούν τυπικές εκτιμήσεις εκπομπών μιας «μέσης μονάδας αναφοράς» ενός συγκεκριμένου κλάδου αλλά όχι βέβαια εκτιμήσεις εκπομπών μιας συγκεκριμένης μονάδας.

Οι Συντελεστές Εκπομπής απαιτούν αξιόπιστα " Δεδομένα Δραστηριότητας " μονάδων, τα οποία συνδυάζονται με τους συντελεστές , και παράγουν εκτιμήσεις εκπομπών βασισμένα σε μια γενική εξίσωση, η οποία παρουσιάζεται στη συνέχεια.

$$\text{Συντελεστής Εκπομπής} * \text{Δεδομένο Δραστηριότητας} = \text{Εκπομπή}$$

$$\text{Συντελεστής Εκπομπής} = \text{Μάζα Εκπεμπόμενου Ρύπου/μονάδα Δραστηριότητας}$$

$$\text{Δεδομένα Δραστηριότητας} = \text{Μονάδα Δραστηριότητας/Μονάδα Χρόνου Αναφοράς}$$

$$\text{Εκπομπή} = \text{Μάζα Εκπεμπόμενου Ρύπου/Μονάδα Χρόνου Αναφοράς}$$

Οι Συντελεστές Εκπομπής που έχουν παραχθεί από μετρήσεις μιας συγκεκριμένης εγκατάστασης/διεργασίας είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν, αλλά με μεγάλη προσοχή, για τον υπολογισμό εκπομπών σε παρόμοια μονάδα σε άλλο χώρο.

### E3.8 Χρήση ειδικού λογισμικού (Emission Models)



Η χρήση ειδικού λογισμικού είναι μια δόκιμη και αξιόπιστη μέθοδος υπολογισμού εκπομπών η οποία απαιτεί για την χρήση της :

- \* Ύπαρξη σημαντικών χρηματικών πόρων
- \* Ύπαρξη εξειδικευμένου προσωπικού
- \* Ύπαρξη πολλών Τεχνικών , λειτουργικών , γεωμετρικών και επιχειρησιακών Δεδομένων.
- \* Ύπαρξη πολλών φυσικοχημικών και κινητικών δεδομένων.
- \* Ύπαρξη αξιόπιστου και "καλιμπραρισμένου λογισμικού".

Το ειδικό λογισμικό χρησιμοποιεί τους νόμους της φυσικής (εξισώσεις διατήρησης μάζας, ουσιών, ορμής και ενέργειας) σε συνδυασμό με ημιεμπειρικές σχέσεις. Σημειώνεται ότι κατά τον σχεδιασμό μονάδων στη βιομηχανία εταιρείες με τεχνογνωσία και τμήματα έρευνας και ανάπτυξης χρησιμοποιούν ευρέως τέτοιο λογισμικό.

### E3.9 Έμπειρη κρίση (Engineering Judgement)

Σε περιπτώσεις που δεν είναι δυνατή η χρήση των μεθόδων που παρουσιάστηκαν προηγουμένως , μπορεί να δοθεί μία «αρχική» εκτίμηση εκπομπών κατά την κρίση έμπειρου επιστήμονα στις υπό εξέταση διεργασίες. Η μέθοδος αυτή δεν είναι συνιστώμενη παρά μόνο αν το ζητούμενο είναι μια παρά πολύ χονδρική εκτίμηση σε όχι «ευαίσθητες εφαρμογές».



## Ενότητα 4<sup>η</sup>

### Μονάδες μέτρησης ρύπων και μετατροπές τους [18]

#### Ε4.1 Μονάδες Μέτρησης Αέριων Εκπομπών

Για την ποσοτικοποίηση της συγκέντρωσης των εκπεμπόμενων αέριων ρύπων χρησιμοποιούνται αρκετές μονάδες μέτρησης, όπου οι πιο διαδεδομένες από αυτές είναι ο δείκτης εκπομπών (Emission Index), και το ποσοστό όγκου του συγκεκριμένου αερίου στα καυσαέρια.

Ο δείκτης εκπομπών (EI) εκφράζει τη μάζα της εκπεμπόμενης ουσίας ανά μάζα καιγόμενου καυσίμου

$$EI_i = \frac{m_{i,emitted}}{m_{f,burned}}$$

Κατά κανόνα δίνονται τα γραμμάρια του εκπεμπόμενου αερίου ανά kg καυσίμου.

Στις δοκιμές έναυσης καύσης σε μηχανές Ντίζελ οι εκπομπές μετρούνται σε ροή μάζας ανοιγμένη στην παραγόμενη ισχύ (mass specific emission). Χρησιμοποιούνται λοιπόν μονάδες όπως gr / KW\*hr ή gr / HP\*hr. Η μετατροπή από τις μονάδες «δείκτη εκπομπών» σε ροή μάζας ανά παραγόμενη ισχύ γίνεται:

$$(MSE)_i = \frac{m_f \times EI_f}{W}$$

όπου με  $m_f$  συμβολίζεται η παροχή καυσίμου και με  $W$  η παραγόμενη ισχύ.

Άλλη μια μονάδα που χρησιμοποιείται είναι η μάζα του παραγόμενου ρυπαντή ανά παραγόμενη ενέργεια από το καύσιμο:  $EI_i / \Delta H_c$ , όπου  $\Delta H_c$  είναι η θερμότητα που παράγεται από την καύση. Οι συνηθισμένες μονάδες του συγκεκριμένου μεγέθους είναι gr / MJoule και lb / MMBTU (MMBTU=10<sup>6</sup>BTU).

Σε αρκετές περιπτώσεις η συγκέντρωση αέριων ρύπων εκφράζεται και σε μάζα ή όγκο ανά όγκο παραγόμενων καυσαερίων. Η συχνότερα απαντημένη μονάδα είναι ppmv (parts per million volume): μέρη όγκου ανά εκατομμύριο στα καυσαέρια και αναφέρεται σε κάποιο επίπεδο οξυγόνου και υγρό ή ξηρό καυσαέριο.

Κατά τον ίδιο τρόπο όταν προτιμάται η έκφραση σε μονάδες μάζας χρησιμοποιείται η μάζα ρυπαντή ανά όγκο παραγόμενων καυσαερίων. Ο όγκος όμως των παραγόμενων καυσαερίων εξαρτάται από τις συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης. Για να παρακαμφθεί το εμπόδιο αυτό θεωρούνται συνθήκες πίεση 101,325 Nt/m<sup>2</sup> και θερμοκρασία 0°C. Στις συνθήκες αυτές ο όγκος ενός γραμμορίου τελείου αερίου είναι σταθερός και ίσος με 22,4 lt.

Ο όγκος των

καυσαερίων μετράται σε κανονικά κυβικά μέτρα, ( $\text{Nm}^3$ ). Έτσι, οι συγκεντρώσεις ρυπαντών δίνονται στην περίπτωση αυτή σε γραμμάρια εκπεμπόμενου ρύπου ανά κανονικό κυβικό μέτρο καυσαερίου ( $\text{mgr} / \text{Nm}^3$ ).

Σημειώνεται ότι οι δύο παραπάνω μονάδες μέτρησης τύπων συνδέονται με την ακόλουθη σχέση:

$$x \left( \frac{\text{mgr}}{\text{Nm}^3} \right) = x(\text{ppmv}) \times \frac{MW_x}{22.4} \times \frac{273}{288}$$

όπου  $MW_x$  είναι το μοριακό βάρος του εξεταζόμενου ρύπου.

#### E4.2 Μονάδες Μέτρησης Καπνού (Αιθάλης)

Οι παραπάνω μονάδες μέτρησης χρησιμοποιούνται για την ποσοτικοποίηση της συγκέντρωσης των εκπεμπόμενων αερίων,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x$  και  $\text{H}_2\text{O}$ . Για την ποσοτικοποίηση της αιθάλης χρησιμοποιούνται δύο τεχνικές μέτρησης: οπτική παρατήρηση της αδιαφάνειας του πλουμίου και μέτρηση της αιθάλης που περιέχεται στα καυσαέρια.

Η οπτική παρατήρηση και καταγραφή της αδιαφάνειας του πλουμίου δεν γίνεται από κάποια διάταξη οργάνων μέτρησης, αλλά από έμπειρους εκπαιδευμένους παρατηρητές και εκφράζεται σε μονάδες επί τοις εκατό (%).

Η μέτρηση της αιθάλης που περιέχεται στα καυσαέρια γίνεται καθώς γνωστός όγκος καυσαερίου οδηγείται μέσο ειδικού χάρτινου φίλτρου. Στη συνέχεια μετράται η ποσοστιαία αμαύρωση συγκρίνοντας την αντανάκλαση του φωτός σε ένα καθαρό φίλτρο με την αντίστοιχη στο αμαυρωμένο φίλτρο. Κατόπιν ορίζεται ο «αριθμός καπνού» (smoke number) ως εξής:

$$SN = 100 \times \left( 1 - \frac{R}{R_0} \right)$$

Όπου:

SN : smoke number καθαρός αριθμός

R : απόλυτη αντανάκλαση του αμαυρωμένου φίλτρου

$R_0$  : απόλυτη αντανάκλαση του καθαρού φίλτρου

Από τον αριθμό καπνού ορίζεται η μονάδα Bosch Smoke Number:

$$BSN = \frac{\text{Αμαύρωση \%}}{10} = \frac{SN}{10}$$

οποία προκύπτει ο αριθμός Bacharach, που είναι η συχνότερη μονάδα μέτρησης αιθάλης, ως εξής:

$$\text{Bacharach} = 0.8 \times BSN$$

## Ε4.3 Υγρό - ξηρό Καυσαέριο

Στην περίπτωση όπου μετράται η κατά όγκο σύσταση του καυσαερίου θα πρέπει να αναφέρεται αν οι μετρήσεις έχουν γίνει σε ξηρό ή υγρό καυσαέριο. Η διαφορά μεταξύ των δύο τεχνικών μετρήσεων είναι ότι στην πρώτη καταγράφεται η σύσταση του καυσαερίου αφού έχουν αφαιρεθεί οι υδρατμοί (ξηρό καυσαέριο), ενώ στη δεύτερη δεν γίνεται καμία ανάλογη προεργασία (υγρό καυσαέριο). Είναι προφανές ότι η παρουσία υδρατμών επηρεάζει τις μετρήσεις περιεκτικότητας των επιμέρους ρύπων. Έτσι, σε αρκετές περιπτώσεις είμαστε αναγκασμένοι να κάνουμε κάποιες μετατροπές προκειμένου να εξασφαλίσουμε τη σύγκριση ισοδύναμων μεγεθών.

Από τον ορισμό των γραμμομοριακών κλασμάτων έχουμε:

$$X_{i,DRY} = \frac{N_i}{N_{GAS,DRY}}$$

$$X_{i,WET} = \frac{N_i}{N_{GAS,WET}}$$

$$X_{i,DRY} = X_{i,WET} \times \frac{N_{GAS,WET}}{N_{GAS,DRY}}$$

όπου με N συμβολίζονται τα γραμμομόρια της ενός ρύπου, με  $N_{GAS}$  τα γραμμομόρια του καυσαερίου, ενώ οι δείκτες DRY και GAS αναφέρονται αντίστοιχα στο ξηρό και υγρό καυσαέριο.

Από τις παραπάνω σχέσεις προκύπτει τα γραμμομοριακά κλάσμα κάθε επιμέρους αερίου του ξηρού και υγρού καυσαερίου συνδέονται μεταξύ τους με τη σχέση:

Ισχύει όμως :

$$N_{GAS,DRY} = N_{GAS,WET} - N_{H_2O}$$

Έτσι προκύπτει:

$$X_{i,DRY} = X_{i,WET} \times \frac{1}{1 - \frac{N_{H_2O}}{N_{GAS,WET}}}$$

$$X_{i,DRY} = X_{i,WET} \times \frac{1}{1 - X_{H_2O,WET}}$$

Οι υδρατμοί που περιέχονται στα καυσαέρια αεριοστρόβιλων προέρχονται κυρίως από την οξείδωση του υδρογόνου του καυσίμου. Άλλες πηγές είναι ο υδρατμός του αναρροφούμενου αέρα, η υγρασία του καυσίμου, και στους βιομηχανικούς αεριοστρόβιλους το νερό / ατμός που πιθανώς χρησιμοποιείται για μείωση των εκπομπών  $NO_x$  ή για άλλους λόγους.

Τα γραμμομόρια νερού που περιέχονται στα καυσαέρια τα οποία προέρχονται από την οξείδωση του καυσίμου είναι δυνατό να εκτιμηθούν κάνοντας τη παραδοχή ότι

επιτυγχάνεται πλήρη καύση. Στην περίπτωση αυτή, με δεδομένα τη κατά μάζα σύσταση του καυσίμου και το λόγο καυσίμου αέρα μπορεί να υπολογιστεί από τη χημική αντίδραση τέλει καύσης η σύσταση του καυσαερίου, και συνεπώς το γραμμομοριακό κλάσμα του υδρατμού  $\chi_{H_2O,wet}$

Η ποσότητα υδρατμού στα καυσαέρια που προέρχεται από την υγρασία της ατμόσφαιρας είναι αρκετά μικρή και αρκετές φορές αμελείται. Αντιθέτως, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ο υδρατμός που οφείλεται σε ψεκασμό νερού ή ατμού.

#### E4.4 Αναφορά στο Επίπεδο Οξυγόνου

Όταν οι συγκεντρώσεις αέριων ρύπων εκφράζονται ως όγκος ή μάζα ανοιγμένη σε όγκο καυσαερίου (ppmv, mgf/Nm<sup>3</sup>) είναι σκόπιμο να διορθώνονται οι τιμές τους σε ένα κοινό επίπεδο οξυγόνου ώστε να εξισώνεται η επίδραση του φαινομένου της αραίωσης.

Η μετατροπή συγκέντρωσης ενός ρυπαντή σε επίπεδο οξυγόνου διαφορετικό από αυτό που έχουν γίνει οι μετρήσεις, γίνεται με την ακόλουθη σχέση:

$$x_i(\text{level2\_O}_2\%) = x_i(\text{level1\_O}_2\%) \times \frac{(20,95 - \text{level2\_O}_2\%)}{(20,95 - \text{level1\_O}_2\%)}$$

όπου  $x_i$  είναι η συγκέντρωση του αερίου ρύπου σε μέρη όγκου ανά εκατομμύριο καυσαερίου (ppmv), και 20,95% η περιεκτικότητα σε οξυγόνο του ξηρού ατμοσφαιρικού αέρα (ISO 2533-75).

Αέριο	Κατά Όγκο Περιεκτικότητα (%)	Μοριακό Βάρος (kg/Kmol)
Άζωτο (N <sub>2</sub> )	78.084	28.0314
Οξυγόνο (O <sub>2</sub> )	20.9476	32.9988
Αργό (Ar)	0.934	39.948
Διοξείδιο του Άνθρακα (CO <sub>2</sub> )	0.0314	44.00995
Νέον (Ne)	1.1818x10 <sup>-3</sup>	20.183
Μεθάνιο (CH <sub>4</sub> )	0.2x10 <sup>-3</sup>	16.04303

Πίνακας 26: Σύσταση κατά όγκο του ξηρού αέρα (ISO2533-75 [81])

Σύμφωνα με το πρότυπο ISO 11042-1 το επίπεδο οξυγόνου που επιλέγεται σαν τιμή αναφοράς στο οποίο ανάγονται όλες οι μετρήσεις είναι 15%. Οι ανοιγμένες συγκεντρώσεις ρύπων υπολογίζονται λοιπόν από τη σχέση:

$$x_i(@15\%) = x_i \times \frac{(20,95 - 15)}{(20,95 - a)}$$

Όπου:  $a$  η περιεκτικότητα σε οξυγόνο του καυσαερίου που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις.

#### Ε4.5 Αναγωγή σε Συνθήκες Τυπικής Ατμόσφαιρας

Είναι γνωστό ότι οι ατμοσφαιρικές συνθήκες επηρεάζουν σημαντικά την λειτουργία ενός αεριοστρόβιλου, και όπως συζητήθηκε στις προηγούμενες ενότητες, το σχηματισμό ρύπων. Προκειμένου να μειωθεί αυτή η επίδραση και να καταστεί δυνατή η σύγκριση εκπομπών, οι μετρήσεις ρύπων ανάγονται σε συνθήκες τυπικής ημέρας χρησιμοποιώντας ανάλογες σχέσεις.

Η σχέση που χρησιμοποιείται για την αναγωγή δεικτών εκπομπής των ρύπων NO<sub>x</sub>, CO και UHC στο Annex 16 του οργανισμού ICAO ([9]), είναι η ακόλουθη

$$EI_{corrected} = k \times EI_{measured}$$

Όπου ο συντελεστής k δίνεται από τη σχέση:

$$k = \left(\frac{P_{Bref}}{P_B}\right)^a \times \left(\frac{far_{ref}}{far_B}\right)^b \times e^{\left(\frac{|T_{Bref} - T_B|}{c}\right)} \times e^{(d|h - 0.00629|)}$$

Στην τελευταία σχέση είναι:

P<sub>B</sub>: Πίεση στην είσοδο το θαλάμου καύσης

T<sub>B</sub>: Θερμοκρασία στην είσοδο του θαλάμου καύσης

far<sub>B</sub>: Λόγος καυσίμου αέρα

h: Ατμοσφαιρική υγρασία

P<sub>Bref</sub>: Πίεση αναφοράς στο θάλαμο καύσης της μηχανής η οποία αντιστοιχεί στην μετρούμενη θερμοκρασία εισόδου στο θάλαμο καύσης (T<sub>B</sub>) για ατμοσφαιρικές συνθήκες αναφοράς

T<sub>Bref</sub>: Θερμοκρασία αναφοράς στην είσοδο του θαλάμου καύσης για ατμοσφαιρικές συνθήκες τυπικής ημέρας. Η θερμοκρασία T<sub>Bref</sub> καθορίζεται συναρτήσει της ώσης του κινητήρα

far<sub>ref</sub>: Λόγος καυσίμου αέρα αναφοράς για συνθήκες τυπικής ημέρας a,b,c,d:

Συντελεστές που μπορεί να μεταβάλλονται ανάλογα με το είδος καυσίμου και το τύπο του αεριοστρόβιλου

Στις περισσότερες περιπτώσεις ο λόγος (far<sub>ref</sub>/far<sub>B</sub>) μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι περίπου μονάδα. Έχει επίσης διαπιστωθεί ότι η επίδραση της υγρασίας στις εκπομπές CO και UHC είναι σχετικά μικρή, και έτσι ο αντίστοιχος όρος μπορεί να παραλειφθεί χωρίς να εισάγεται σημαντικό σφάλμα. Παρατηρήθηκε επίσης ότι ο εκθέτης του όρου πίεσης τις περισσότερες περιπτώσεις είναι περίπου μονάδα.





## Ενότητα 5<sup>η</sup>

### Το νομοθετικό πλαίσιο του τομέα ενέργειας [96]

#### Ε5.1 Τομέας ηλεκτρισμού

##### *Η τροποποίηση ν.2773/1999*

Με τις διατάξεις του ν.2773/1999 (ΦΕΚ Α' 286) θεσμοθετήθηκε το πλαίσιο απελευθέρωσης της ελληνικής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, προκειμένου να επιτευχθεί προσαρμογή του ελληνικού δικαίου προς τους κανόνες που θεσπίστηκαν με την Οδηγία 96/92/ΕΚ,. Με την εμπειρία που συλλέχθηκε κατά τα πρώτα χρόνια της προσπάθειας απελευθέρωσης της αγοράς, ο ν. 2773/1999 τροποποιήθηκε μερικώς με διατάξεις του ν. 2837/2000, του ν. 2491/2001 και του ν. 3175/2003, προκειμένου να προσαρμοσθεί στα νέα δεδομένα της ενεργειακής αγοράς και να διασφαλισθεί αποτελεσματικότερα η επάρκεια ισχύος ηλεκτρικής ενέργειας στην ελληνική αγορά.

##### *Ο νόμος 3426/2005*

Σε αντικατάσταση της οδηγίας 96/92/ΕΚ, με την οδηγία 2003/54/ΕΚ επιδιώκεται η επίτευξη μιας απολύτως λειτουργικής και ανταγωνιστικής εσωτερικής αγοράς, στόχος για τον οποίο απαιτείται η χωρίς διακρίσεις, με διαφάνεια και σε λογικές τιμές πρόσβαση στα δίκτυα, Στο ίδιο πλαίσιο, η οδηγία περιλαμβάνει ρυθμίσεις για την οργάνωση της πρόσβασης στα δίκτυα, ρυθμίσεις για τη διαχείριση των δικτύων μεταφοράς και διανομής και τον αποτελεσματικό διαχωρισμό των Διαχειριστών του Συστήματος μεταφοράς και του Δικτύου διανομής από τις δραστηριότητες της παραγωγής και προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας.

Ειδικότερα, περιλαμβάνονται ρυθμίσεις για τη διαδικασία χορήγησης αδειών βάση αντικειμενικών, διαφανών και αμερόληπτων κριτηρίων, κανόνες αναφορικά με τις υποχρεώσεις παροχής υπηρεσιών κοινής ωφέλειας και κυρίως η θεμελίωση, από το έτος 2007, της ελευθερίας όλων των καταναλωτών να επιλέγουν προμηθευτή.

Το Δεκέμβριο του 2005, ψηφίστηκε στη Βουλή των Ελλήνων ο ν.3426/2005 «*Επιτάχυνση της Διαδικασίας για την Απελευθέρωση της Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας*», με τον οποίον εναρμονίστηκε πλήρως η εθνική νομοθεσία στις διατάξεις της οδηγίας 2003/54

##### *Τομέας παραγωγής*

Κατά τις διατάξεις του ν.2773/1999, είχε επιλεγεί το σύστημα της αδειοδότησης για όλες τις μονάδες του διασυνδεδεμένου Συστήματος και τις μονάδες ΑΠΕ και μικρής ΣΗΘ των μη διασυνδεδεμένων νησιών.

Ενόψει των νέων ρυθμίσεων της ισχύουσας Οδηγίας 2003/54, με τις διατάξεις του ν.3426/2005 προβλέπεται η καθιέρωση συστήματος χορήγησης αδειών παραγωγής κατόπιν αιτήσεως και για θερμικές μονάδες ηλεκτροπαραγωγής που αφορούν τα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά. Η διαδικασία αυτή βασίζεται σε κριτήρια αντικειμενικά, αμερόληπτα και μη εισάγοντα διακρίσεις, και προβλέπεται ειδικότερα στον Κανονισμό Χορήγησης Αδειών Παραγωγής και Προμήθειας Ηλεκτρικής Ενέργειας.

Σε εναρμόνιση με την Οδηγία 2003/54/ΕΚ, διαδικασία διαγωνισμού προβλέπεται μόνον χάριν της διασφάλισης του εφοδιασμού στις περιοχές των μη Διασυνδεδεμένων Νησιών. Ιδιαίτερη περίπτωση αποτελούν τα απομονωμένα μικροδίκτυα για τα οποία δίνεται η δυνατότητα χορήγησης παρέκκλισης κατά τις διατάξεις του άρθρου 26 παρ. 1 της Οδηγίας.

### *Τομέας μεταφοράς*

Σύμφωνα με την Οδηγία 2003/54, επιβάλλεται ο νομικός διαχωρισμός των δραστηριοτήτων αυτών, χωρίς απαραίτητα αυτό να συνεπάγεται και μεταβολή της ιδιοκτησίας-κυριότητας των περιουσιακών στοιχείων. Οι διαχειριστές των δικτύων μεταφοράς και διανομής θα πρέπει να έχουν ουσιαστικά δικαιώματα λήψεως αποφάσεων όσον αφορά τα περιουσιακά στοιχεία που είναι αναγκαία για τη συντήρηση, τη λειτουργία και την ανάπτυξη των δικτύων, στις περιπτώσεις που τα εν λόγω περιουσιακά στοιχεία λειτουργούν και βρίσκονται υπό την ιδιοκτησία κάθετα ολοκληρωμένων επιχειρήσεων.

Στην περίπτωση του Διαχειριστή του Συστήματος, ο νομικός διαχωρισμός έχει ήδη πραγματοποιηθεί με τις διατάξεις του ν.2773/1999, με τις οποίες συστάθηκε η εταιρεία «Διαχειριστής Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας Α.Ε.».

Πλέον, με τις διατάξεις του ν.3426/2005 ενισχύονται τα καθήκοντα και οι αρμοδιότητες του Διαχειριστή του Συστήματος Μεταφοράς σχετικά με την ανάπτυξη και συντήρηση του Συστήματος, δεδομένου ότι κατά τα οριζόμενα στη οδηγία 2003/54, ο Διαχειριστής αυτός είναι πλέον αποκλειστικά υπεύθυνος για τη λειτουργία, τη συντήρηση και την ανάπτυξη του Συστήματος.

Η ΔΕΗ δε ως Κύριος του Συστήματος υποχρεούται στην ανάπτυξη αυτού σύμφωνα με τον προγραμματισμό του ΔΕΣΜΗΕ που εγκρίνεται με Υπουργική Απόφαση στη μορφή Μελέτης Ανάπτυξης του Συστήματος Μεταφοράς (Μ.Α.Σ.Μ.). Ήδη, έχουν εκδοθεί δύο ΜΑΣΜ, της περιόδου 2005-2009 και της περιόδου 2006-2010.

Παράλληλα, με τις διατάξεις του νέου νόμου ενισχύεται και η ανεξαρτησία του ΔΕΣΜΗΕ έναντι της ΔΕΗ Α.Ε., ενόψει της απαγόρευσης συμβατικής σχέσης των μελών του Διοικητικού του Συμβουλίου με εταιρείες που δραστηριοποιούνται στην παραγωγή ή την προμήθεια ηλεκτρικής ενέργειας, των περαιτέρω υποχρεώσεων λειτουργικού διαχωρισμού που βαρύνουν τα πρόσωπα

που είναι αρμόδια για τη διαχείριση του Συστήματος, της διαδικασίας μεταφοράς προσωπικού από τη ΔΕΗ στον ΔΕΣΜΗΕ καθώς και της υποχρέωσης σύνταξης και τήρησης Κώδικα Δεοντολογίας.

### *Τομέας διανομή*

Ο ν.3426/2005 προβλέπει διάκριση των δραστηριοτήτων διαχείρισης του Δικτύου διανομής από τις δραστηριότητες που αφορούν την κυριότητα του Δικτύου. Στο πλαίσιο αυτό, προβλέπεται ότι η κυριότητα του Δικτύου διανομής ολόκληρης της χώρας παραμένει στη ΔΕΗ, ενώ η διαχείριση του Δικτύου Διανομής ανατίθεται στον «Διαχειριστή του Δικτύου». Ο Κύριος του Δικτύου αναλαμβάνει με τις διατάξεις του νόμου σημαντικές αρμοδιότητες για τη σύνδεση των νέων χρηστών, την καθημερινή λειτουργία και συντήρηση του Δικτύου, καθώς και για την ανάπτυξή του.

Σύμφωνα με το νέο νόμο, και με σκοπό τον πλήρη νομικό διαχωρισμό προβλέπεται ο ΔΕΣΜΗΕ Α.Ε. να αναλάβει τις αρμοδιότητες και του Διαχειριστή του Δικτύου και να μετονομαστεί σε «Διαχειριστής Ελληνικού Συστήματος και Δικτύου Ηλεκτρικής Ενέργειας Α.Ε.», με διακριτικό τίτλο «ΔΕΣΔΗΕ Α.Ε.».

Μέχρι τη δημιουργία του συνδυασμένου Διαχειριστή του Συστήματος και του Δικτύου, τις αρμοδιότητες του Διαχειριστή του Δικτύου ασκεί η ΔΕΗ Α.Ε. και για το σκοπό αυτόν λαμβάνει προσωρινή άδεια διαχείρισης του Δικτύου, οι όροι και οι προϋποθέσεις της οποίας καθορίζονται με απόφαση του Υπουργού Ανάπτυξης, που εκδίδεται μετά από γνώμη της ΡΑΕ.

Αναφορικά με τη διαχείριση του Δικτύου Διανομής των Μη Διασυνδεδεμένων Νήσων, Διαχειριστής Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών ορίζεται η ΔΕΗ Α.Ε. Για το σκοπό αυτό της χορηγείται άδεια αποκλειστικής διαχείρισης Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών, με την οποία καθορίζονται οι ειδικότερες υποχρεώσεις της επιχείρησης ιδίως σε σχέση με θέματα αποτελεσματικού λειτουργικού διαχωρισμού της δραστηριότητας διαχείρισης του δικτύου σε σχέση με τις άλλες δραστηριότητες της παραγωγής και προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας. Περαιτέρω, ρυθμίζονται και οι αντίστοιχες υποχρεώσεις και δικαιώματα της ΔΕΗ ως Διαχειρίστριας του Δικτύου των Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών.

### *Τομέας προμήθεια*

Αναγνωρίζεται δικαίωμα επιλογής προμηθευτή για όλους τους καταναλωτές πλην των οικιακών. Για τους τελευταίους το δικαίωμα αυτό αναγνωρίζεται από 1.7.2007. Εξαιρέση προβλέπεται για τους καταναλωτές που είναι εγκατεστημένοι σε Απομονωμένα Μικροδίκτυα για τα οποία τυχόν έχει χορηγηθεί παρέκκλιση σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 26 της Οδηγίας 2003/54/ΕΚ.

Επισημαίνεται ότι η απαίτηση για προσκόμιση μακροχρόνιων εγγυήσεων εξασφάλισης παραγωγικού δυναμικού που είναι εγκατεστημένο σε κράτος μέλος, η οποία είχε εισαχθεί με το ν.3175/2003, καταργείται ως προϋπόθεση για τη χορήγηση άδειας προμήθειας. Ειδικότερα, η

υποχρέωση των προμηθευτών κατά την άσκηση της δραστηριότητας προμήθειας να προσκομίζουν ικανοποιητικές μακροχρόνιες εγγυήσεις για την εξασφάλιση διαθεσιμότητας επαρκούς ισχύος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας για το Σύστημα, ρυθμίζεται πλέον με τις διατάξεις του Κώδικα Διαχείρισης του Συστήματος και Συναλλαγών Ηλεκτρικής Ενέργειας.

Τέλος, η χορήγηση άδειας προμήθειας στη ΔΕΗ κατ' αποκλειστικότητα αναφέρεται μόνον για τα απομονωμένα μικροδίκτυα της παρ. 3 του άρθρου 11, ήτοι για τις περιπτώσεις εκείνες για τις οποίες έχει δοθεί παρέκκλιση κατά τις διατάξεις του άρθρου 26 της Οδηγίας 2003/54/ΕΚ.

### *Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά*

Με το ν.3426/2005 ρυθμίζεται η χορήγηση άδειας παραγωγής ή εξαίρεσης από την υποχρέωση λήψης άδειας για τα μη διασυνδεδεμένα νησιά από τον Υπουργό Ανάπτυξης, ύστερα από γνώμη της ΡΑΕ.

Σε περίπτωση κατά την οποία προκύπτουν έκτακτες ανάγκες για τον απρόσκοπτο ενεργειακό εφοδιασμό μη Διασυνδεδεμένου Νησιού, άδεια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας χορηγείται μόνον στη ΔΕΗ Α.Ε., σύμφωνα με τις διατάξεις του Κανονισμού Αδειών, με απόφαση του Υπουργού Ανάπτυξης.

Αναφορικά με τα μη Διασυνδεδεμένα Νησιά, τα οποία εμπίπτουν στον ορισμό των απομονωμένων μικροδικτύων και για τα οποία έχει χορηγηθεί παρέκκλιση σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 26 της Οδηγίας 2003/54/ΕΚ, πλην των περιπτώσεων της παραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και από υβριδικούς σταθμούς, καθώς και των αυτοπαραγωγών, άδεια παραγωγής χορηγείται μόνο στη ΔΕΗ Α.Ε. Επίσης, προβλέπεται ότι η ΔΕΗ Α.Ε. βαρύνεται με την υποχρέωση απρόσκοπτου εφοδιασμού των απομονωμένων μικροδικτύων για τα οποία της χορηγείται σχετική άδεια καθώς και για τη διασφάλιση της μακροχρόνιας οικονομικής λειτουργίας των ηλεκτρικών συστημάτων των νησιών αυτών.

### *Υπηρεσίες Κοινής Ωφέλειας*

Η τήρηση των προδιαγραφών περί υπηρεσιών κοινής ωφέλειας αποτέλεσε θεμελιώδη απαίτηση της οδηγίας 2003/54, και καθορίζει κοινά ελάχιστα πρότυπα τα οποία θα τηρούνται από όλα τα κράτη μέλη και τα οποία θα λαμβάνουν υπόψη τους στόχους της προστασίας των καταναλωτών, της ασφάλειας του εφοδιασμού, της προστασίας του περιβάλλοντος και των ισοδύναμων επιπέδων ανταγωνισμού σε όλα τα κράτη μέλη.

Τον Ιούνιο του 2006, εκδόθηκε η Υπουργική Απόφαση με την οποία προσδιορίστηκαν οι Υπηρεσίες Κοινής Ωφέλειας, ενώ στη συνέχεια θα εκδοθεί η σχετική Υπουργική Απόφαση με την οποία θα εγκριθεί ο η μεθοδολογία υπολογισμού του ανταλλάγματος για την παροχή των υπηρεσιών αυτών από τους κατόχους άδειας. Το ύψος του εκάστοτε οφειλόμενου ανταλλάγματος για την παροχή ΥΚΩ εγκρίνεται, κάθε έτος, με απόφαση του Υπουργού Ανάπτυξης η οποία

δημοσιεύεται στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως. Το ανωτέρω αντάλλαγμα καταβάλλεται, εφόσον τηρούνται οι απαιτήσεις λογιστικού διαχωρισμού που αναφέρονται στο ίδιο άρθρο του νόμου.

### *Τιμολόγια και τήρηση λογαριασμών*

Σύμφωνα με το ν. 3426/2005, με εξαίρεση τα τιμολόγια προμήθειας σε Επιλέγοντες Πελάτες, τα τιμολόγια με βάση τα οποία οι κάτοχοι άδειας εισπράττουν τίμημα ή τέλος ή οποιαδήποτε αντιπαροχή για τις υπηρεσίες που παρέχουν, δεν ισχύουν αν δεν εγκριθούν από τον Υπουργό Ανάπτυξης.

Στο ίδιο πλαίσιο και προκειμένου να διασφαλιστεί η με εύλογες τιμές πρόσβαση τρίτων στο Σύστημα, τα τιμολόγια πρόσβασης στο Σύστημα και στο Δίκτυο καταρτίζονται βάσει μεθοδολογίας που εγκρίνεται από τον Υπουργό Ανάπτυξης.

Ειδικότερα, με σαφή στόχο την αποφυγή των διακρίσεων, των διασταυρούμενων επιδοτήσεων και τις στρεβλώσεις του ανταγωνισμού, επιβάλλεται στις ολοκληρωμένες επιχειρήσεις, η υποχρέωση να τηρούν χωριστούν λογαριασμούς για κάθε μία από της δραστηριότητες παραγωγής, μεταφοράς, διανομής και προμήθειας, όπως ακριβώς θα έπρατταν εάν οι δραστηριότητες αυτές ασκούσαν από διαφορετικές επιχειρήσεις. Για τον ίδιο λόγο, η ΡΑΕ εγκρίνει τη μεθοδολογία τήρησης των εν λόγω λογαριασμών.

### *Νέος Κώδικας Διαχείρισης του Συστήματος και Συναλλαγών Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΚΔΣ&ΣΗΕ)*

Ο νέος ΚΔΣ&ΣΗΕ συμπεριέλαβε τροποποιήσεις σε σχέση με προηγούμενα σχέδια, οι οποίες εντοπίζονται στη δημιουργία αγοράς επικουρικών υπηρεσιών που ενσωματώνεται στον Ημερήσιο Ενεργειακό Προγραμματισμό και βελτιστοποιείται ταυτόχρονα με την αγορά ηλεκτρικής ενέργειας.

Στόχοι του νέου ΚΔΣ&ΣΗΕ είναι αφενός η εισαγωγή διαφανών κανόνων λειτουργίας της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, και αφετέρου η διασφάλιση της απρόσκοπτης πρόσβασης προμηθευτών, παραγωγών, και πελατών στα φυσικά μονοπώλια του Συστήματος μεταφοράς και Δικτύου διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας με τους ίδιους όρους και ίδιο κόστος.

Κατά τις διατάξεις του ΚΔΣ&ΣΗΕ δύνανται να δραστηριοποιηθούν και να συμμετέχουν στον Ημερήσιο Ενεργειακό Προγραμματισμό, οι Ανεξάρτητοι Παραγωγοί οι οποίοι μπορούν να εγχέουν στο Σύστημα την ενέργεια που παράγουν οι Μονάδες τους ή να εξάγουν ενέργεια μέσω των διασυνδέσεων, οι Προμηθευτές, οι οποίοι απορροφούν ενέργεια από το Σύστημα και τροφοδοτούν τους τελικούς Πελάτες τους καθώς και διενεργούν εισαγωγές ή εξαγωγές ηλεκτρικής ενέργειας μέσω των διασυνδέσεων, και οι Αυτοπρομηθευόμενοι Πελάτες οι οποίοι μπορούν να προμηθεύονται από την ημερήσια αγορά ηλεκτρικής ενέργειας την ενέργεια που καταναλώνουν οι ίδιοι.

Κατά τις διατάξεις του ΚΔΣ&ΣΗΕ προβλέπονται οι εξής επιμέρους αγορές και μηχανισμοί, οι οποίοι συνθέτουν τη συνολική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας:

- Ο Ημερήσιος Ενεργειακός Προγραμματισμός (ΗΕΠ) που συνιστά τη χονδρεμπορική αγορά μέσω της οποίας συναλλάσσεται το σύνολο της ηλεκτρικής ενέργειας και των συμπληρωματικών προϊόντων αυτής:
- Ημερήσια Χονδρεμπορική Αγορά Ενέργειας, όπου συναλλάσσεται το σύνολο της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται και καταναλώνεται στην επικράτεια, και στην οποία προσφέρουν ηλεκτρική ενέργεια και αμείβονται οι εγχώριοι παραγωγοί και οι εισαγωγείς και αντίστοιχα απορροφούν και χρεώνονται οι εκπρόσωποι του εγχώριου φορτίου και οι εξαγωγείς. Ημερήσια Αγορά Επικουρικών Υπηρεσιών, όπου εξασφαλίζονται οι αναγκαίες επικουρικές υπηρεσίες και εφεδρείες. Η αγορά εφεδρειών καλύπτει τις ανάγκες των καταναλωτών ηλεκτρικής ενέργειας για διασφάλιση της ποιότητας και αξιοπιστίας της τροφοδοσίας τους. Αγορά Διευθέτησης Αποκλίσεων, όπου εκκαθαρίζονται οποιεσδήποτε έκτακτες συναλλαγές πραγματοποιήθηκαν για την εξασφάλιση της φυσικής ισορροπίας του Συστήματος κατά την Ημέρα Κατανομής.

Αγορά Μακροχρόνιας Αξιοπιστίας Ισχύος, όπου οι παραγωγοί αμείβονται για τη διατήρηση των μονάδων τους σε λειτουργική ετοιμότητα.

#### *Κώδικας Διαχείρισης Δικτύου διανομής*

Η διαχείριση του Δικτύου όλης της χώρας, τόσο του διασυνδεδεμένου με το Σύστημα όσο και αυτού των Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών, γίνεται, όπως ορίζεται στο άρθρο 23 του ν.2773/99, σύμφωνα με τον Κώδικα Διαχείρισης του Δικτύου, σχέδιο του οποίου επεξεργάζεται η ΡΑΕ.

#### *Κώδικας Προμήθειας σε Πελάτες*

Με τον Κώδικα Προμήθειας σε Πελάτες – έκδοση 1 (ΦΕΚ Β΄ 270/2001) για Επιλέγοντες και Έκδοση 2 (ΦΕΚ Β΄ 1423/2001) για μη Επιλέγοντες πελάτες καθορίζονται οι γενικοί όροι των συμβάσεων προμήθειας.

### E5.2 Θεσμικό πλαίσιο για τις ΑΠΕ και τη ΣΥΗΘ

#### *Ο Νόμος 3468/2006*

Τόσο από το διεθνές (πρωτόκολλο του Κιότο, που αποτελεί ήδη υπερνομοθετικό δίκαιο μετά την κύρωση του με το ν. 3017/2002. ΦΕΚ Α΄ 117/30.05.2002), όσο και το κοινοτικό δίκαιο (Οδηγία 2001/77/ΕΟΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 27ης Σεπτεμβρίου 2001 «Για την προαγωγή του ηλεκτρισμού από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας»), απορρέουν για την Ελλάδα, ρητές υποχρεώσεις για τη διείσδυση της ηλεκτροπαραγωγής από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ).

Παρά ταύτα, μέχρι και το 2006, το θεσμικό πλαίσιο αδειοδότησης έργων ΑΠΕ χαρακτηριζόταν από δυσπραγία, αναποτελεσματικότητα και πολυπλοκότητα, με αποτέλεσμα την εμφάνιση

σημαντικότητας καθυστερήσεων στην ανάπτυξη των ΑΠΕ στην Ελλάδα. Η χορήγηση αδειών παραγωγής, η εγκατάσταση και η λειτουργία σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ, διέπονταν μέχρι τότε από το ν. 2773/1999 «Απελευθέρωση αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας και άλλες διατάξεις», το ν. 3175/2003 και άλλες διάσπαρτες διατάξεις που περιλαμβάνονταν στους ν. 2244/1994 και 2941/2001.

- Πέραν της ανάγκης συστηματοποίησης και εκσυγχρονισμού των διατάξεων των προαναφερόμενων νομοθετημάτων, το πλαίσιο αυτών είχε καταστεί ήδη ανεπαρκές για την αντιμετώπιση του συνόλου των αναγκών που είχαν ανακύψει κατά την εφαρμογή του, για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ.

Με τις ρυθμίσεις του νέου νόμου 3468/2006 «Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ και λοιπές διατάξεις» (ΦΕΚ 27.06.2006) οργανώθηκε και συστηματοποιήθηκε το νομοθετικό πλαίσιο αδειοδότησης των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ και εισήχθησαν ρυθμίσεις για την απλοποίηση και επιτάχυνση σε σημαντικό βαθμό της διαδικασίας αδειοδότησης των έργων αυτών, διασφαλίζοντας την υλοποίησή τους, επιδιώκοντας παράλληλα τον πλήρη σεβασμό των διατάξεων του πρωτοκόλλου του Κιότο και των κοινοτικών Οδηγιών 2001/77/ΕΟΚ, 2003/30/ΕΚ, 2003/54/ΕΚ και 2004/8/ΕΚ, καθώς και των υποχρεώσεων που απορρέουν για τη Χώρα από τους κανόνες αυτούς. Με το νόμο αυτό ενσωματώθηκε για πρώτη φορά η περιβαλλοντική διάσταση της υλοποίησης έργων ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ σε πρώιμο στάδιο σχεδιασμού, με την πρόβλεψη για τη χορήγηση της άδειας παραγωγής μετά την Προκαταρκτική Περιβαλλοντική Εκτίμηση και Αξιολόγηση (Π.Π.Ε.Α) κατά τις κείμενες διατάξεις.

Δεδομένων των σημαντικών νομολογιακών εξελίξεων (ΣτΕ 2569/2004), οι διατάξεις του νόμου αυτού και οι ρυθμίσεις του Ειδικού Πλαισίου Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις ΑΠΕ (το σχέδιο της σχετικής ΚΥΑ τέθηκε σε δημόσια διαβούλευση την 1η Φεβρουαρίου 2007), θα αποτελούν το νέο θεσμικό πλαίσιο για την κατά προτεραιότητα υλοποίηση έργων ΑΠΕ, στο πλαίσιο της βιώσιμης αξιοποίησης των πηγών του εθνικού πλούτου.

### *Κανονιστικές πράξεις*

Καταρτίστηκαν από τα αρμόδια Υπουργεία ΕΣΔΔΑ, Ανάπτυξης και ΠΕΧΩΔΕ, δύο κανονιστικές ρυθμίσεις που πλαισιώνουν, ως εφαρμόστικες, τις διατάξεις του νέου νόμου, σε εκπλήρωση των υποχρεώσεων που προέκυπταν από τις διατάξεις της Οδηγίας 2001/77/ΕΚ (άρθρα 4 και 6) και βάσει της ειδικής εξουσιοδότησης του ν.1650/1986 (άρθ.4, παρ. 10α). Συγκεκριμένα, εκδόθηκαν οι υπ' αριθ: (α) Οικ. 104247/ΕΥΠΕ/ΥΠΕΧΩΔΕ «Διαδικασία Προκαταρκτικής Περιβαλλοντικής Εκτίμησης και Αξιολόγησης (Π.Π.Ε.Α.) και Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (Ε.Π.Ο.) έργων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας» (ΦΕΚ Β' 663/26.05.2006) απόφαση των Υπουργών ΕΣΔΔΑ και ΠΕΧΩΔΕ, και (β) Οικ. 104248/ΕΥΠΕ/ΥΠΕΧΩΔΕ «Περιεχόμενο, δικαιολογητικά και λοιπά στοιχεία των Προμελετών Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Π.Π.Ε.), των Μελετών Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Μ.Π.Ε.), καθώς



---

και συναφών μελετών περιβάλλοντος, έργων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ)» (ΦΕΚ Β' 663/26.05.2006) απόφαση των Υπουργών Ανάπτυξης και ΠΕΧΩΔΕ.

Οι κανονιστικές αυτές ρυθμίσεις σε συνδυασμό με τα προβλεπόμενα στο ν. 2742/1999, το π.δ. 24/31.5.1985 και το ν. 2941/2001, αποσκοπούν στην εξασφάλιση ενός πλήρους και λειτουργικά παραγωγικού πλαισίου προώθησης των ΑΠΕ, σύμφωνα με το πνεύμα της κοινοτικής νομοθεσίας, που θα απλοποιούσε και διασφάλιζε: (α) τη χωροθέτηση των εγκαταστάσεων ΑΠΕ, (β) τη χωροθέτηση σταθμών ειδικής κατηγορίας και (γ) τη διαδικασία χορήγησης περιβαλλοντικών αδειών και εγκρίσεων για σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ με χρήση ΑΠΕ.

#### *Κανονισμός Αδειών Παραγωγής και Αδειών Εγκατάστασης και Λειτουργίας*

Με την έκδοση του Κανονισμού Αδειών Παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ, καθώς επίσης του Κανονισμού Αδειών Εγκατάστασης και Λειτουργίας ολοκληρώθηκε η συστηματοποίηση και οργάνωση του νομοθετικού και κανονιστικού πλαισίου για την έκδοση των αδειών αυτών και εισήχθησαν ρυθμίσεις που απλοποίησαν και επιτάχυναν την αδειοδοτική διαδικασία, σε σχέση με το ισχύον έως τότε, καθεστώς, σε συμμόρφωση με τις επιταγές του ν. 3468/2006.



## Ενότητα 6<sup>η</sup>

### Κώδικας προγράμματος «Ρύπος»

```
Sub Κατανομή_φορτίου()  
,  
' Κατανομή_φορτίου Μακροεντολή  
' Καταγραφή μακροεντολής 10/3/2009 από Krsif  
,  
  
    Sheets("Κατανομή φορτίου ανά τεχνολογία").Select  
    Dim Co2, Co3, Co4, Co5 As Integer  
    Range("N3").Select  
    Co2 = ActiveCell()  
    Range("o3").Select  
    Co3 = ActiveCell()  
    Range("p3").Select  
    Co4 = ActiveCell()  
    Range("q3").Select  
    Co5 = ActiveCell()  
    Sheets("Σύνθεση παραγωγής").Select  
    Range(Cells(Co3, Co2), Cells(Co5, Co4)).Select  
    Selection.Copy  
    Sheets("Κατανομή φορτίου ανά τεχνολογία").Select  
    Range("b23").Select  
    Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks_  
        :=False, Transpose:=False  
End Sub  
  
Sub Κατανομή_φορτίου_μηνιαία()  
,  
' Κατανομή_φορτίου_μηνιαία Μακροεντολή  
' Καταγραφή μακροεντολής 10/3/2009 από Krsif  
,  
  
    Sheets("Κατανομή φορτίου μηνιαία").Select  
    Dim Co2, Co3, Co4, Co5, Co6, Co7, Co8, Co9 As Integer  
    Range("N3").Select  
    Co2 = ActiveCell()  
    Range("o3").Select  
    Co3 = ActiveCell()  
    Range("p3").Select  
    Co4 = ActiveCell()  
    Range("q3").Select  
    Co5 = ActiveCell()  
    Range("N19").Select  
    Co6 = ActiveCell()  
    Range("o19").Select  
    Co7 = ActiveCell()  
    Range("p19").Select  
    Co8 = ActiveCell()  
    Range("q19").Select  
    Co9 = ActiveCell()  
    Sheets("Κατανομή φορτίου μηνιαία").Select  
    Range(Cells(Co6, Co7), Cells(Co8, Co9)).Select  
    Selection.ClearContents
```

```

Sheets("Σύνθεση παραγωγής").Select
Range(Cells(Co3, Co2), Cells(Co5, Co4)).Select
Selection.Copy
Sheets("Κατανομή φορτίου μηνιαία").Select
Range("b39").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
End Sub

```

```

Sub Υπολογισμός_βαθμού_απόδοσης_στρεφόμενης_εφεδρίας()

```

```

' Υπολογισμός_βαθμού_απόδοσης_στρεφόμενης_εφεδρίας Μακροεντολή
' Καταγραφή μακροεντολής 14/3/2009 από Krsif

```

```

Sheets("Βαθ.αποδ.στρεφ.εφεδρ.").Select
Range("j2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "16"
Columns("j").Select
Selection.Copy
Range("L1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("j2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "17"
Columns("j").Select
Selection.Copy
Range("m1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("j2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "18"
Columns("j").Select
Selection.Copy
Range("n1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("j2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "19"
Columns("j").Select
Selection.Copy
Range("o1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("j2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "20"
Columns("j").Select
Selection.Copy
Range("p1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("j2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "21"
Columns("j").Select
Selection.Copy
Range("q1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _

```

```

:=False, Transpose:=False
Range("j2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "22"
Columns("j").Select
Selection.Copy
Range("r1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("j2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "23"
Columns("j").Select
Selection.Copy
Range("s1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("j2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "24"
Columns("j").Select
Selection.Copy
Range("t1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("j2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "25"
Columns("J").Select
Selection.Copy
Range("u1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("J2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "26"
Columns("J").Select
Selection.Copy
Range("v1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("J2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "27"
Columns("J").Select
Selection.Copy
Range("w1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("J2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "28"
Columns("J").Select
Selection.Copy
Range("x1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("J2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "29"
Columns("J").Select
Selection.Copy
Range("y1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("J2").Select

```

```

ActiveCell.FormulaR1C1 = "30"
Columns("J").Select
Selection.Copy
Range("z1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
End Sub

```

#### **Sub Υπολογισμός\_Συντελεστή\_απασχόλησης()**

```

'
' Καταγραφή μακροεντολής 14/3/2009 από Krsif
' Υπολογισμός Συντελεστή απασχόλησης
Sheets("Συντελεστής απασχόλησης").Select
Range("c2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "1"
Columns("c").Select
Selection.Copy
Range("d1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("c2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "2"
Columns("c").Select
Selection.Copy
Range("e1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("c2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "3"
Columns("c").Select
Selection.Copy
Range("f1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("c2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "4"
Columns("c").Select
Selection.Copy
Range("g1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("c2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "5"
Columns("c").Select
Selection.Copy
Range("h1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("c2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "6"
Columns("c").Select
Selection.Copy
Range("i1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("c2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "7"
Columns("c").Select

```

```

Selection.Copy
Range("j1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("c2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "8"
Columns("c").Select
Selection.Copy
Range("k1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("c2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "9"
Columns("c").Select
Selection.Copy
Range("l1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("c2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "10"
Columns("c").Select
Selection.Copy
Range("m1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("c2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "11"
Columns("c").Select
Selection.Copy
Range("n1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("c2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "12"
Columns("c").Select
Selection.Copy
Range("o1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("c2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "13"
Columns("c").Select
Selection.Copy
Range("p1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("c2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "14"
Columns("c").Select
Selection.Copy
Range("q1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("c2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "15"
Columns("c").Select
Selection.Copy
Range("r1").Select

```

```

Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("c2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "16"
Columns("c").Select
Selection.Copy
Range("s1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("c2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "17"
Columns("c").Select
Selection.Copy
Range("t1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("c2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "18"
Columns("c").Select
Selection.Copy
Range("u1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("c2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "19"
Columns("c").Select
Selection.Copy
Range("v1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("c2").Select
Application.CutCopyMode = False
ActiveCell.FormulaR1C1 = "20"
Columns("c").Select
Selection.Copy
Range("w1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("c2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "21"
Columns("c").Select
Selection.Copy
Range("x1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("c2").Select
Application.CutCopyMode = False
ActiveCell.FormulaR1C1 = "22"
Columns("c").Select
Selection.Copy
Range("y1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("c2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "23"
Columns("c").Select
Selection.Copy
Range("z1").Select

```

```

Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("c2").Select
Application.CutCopyMode = False
ActiveCell.FormulaR1C1 = "24"
Columns("c").Select
Selection.Copy
Range("aa1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("c2").Select
Application.CutCopyMode = False
ActiveCell.FormulaR1C1 = "25"
Columns("c").Select
Selection.Copy
Range("ab1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("c2").Select
Application.CutCopyMode = False
ActiveCell.FormulaR1C1 = "26"
Columns("c").Select
Selection.Copy
Range("ac1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("c2").Select
Application.CutCopyMode = False
ActiveCell.FormulaR1C1 = "27"
Columns("c").Select
Selection.Copy
Range("ad1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("c2").Select
Application.CutCopyMode = False
ActiveCell.FormulaR1C1 = "28"
Columns("c").Select
Selection.Copy
Range("ae1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("c2").Select
Application.CutCopyMode = False
ActiveCell.FormulaR1C1 = "29"
Columns("c").Select
Selection.Copy
Range("af1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("c2").Select
Application.CutCopyMode = False
ActiveCell.FormulaR1C1 = "30"
Columns("c").Select
Selection.Copy
Range("ag1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False

```

End Sub

**Sub Υπολογισμός\_βαθμού\_απόδοσης()**

,

' **Υπολογισμός\_βαθμού\_απόδοσης Μακροεντολή**

' **Καταγραφή μακροεντολής 14/3/2009 από Krsif**

,

Sheets("Βαθ. απόδοσης ").Select

Range("j2").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "1"

Columns("j").Select

Selection.Copy

Range("L1").Select

Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks \_  
:=False, Transpose:=False

Range("j2").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "2"

Columns("j").Select

Selection.Copy

Range("m1").Select

Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks \_  
:=False, Transpose:=False

Range("j2").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "3"

Columns("j").Select

Selection.Copy

Range("n1").Select

Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks \_  
:=False, Transpose:=False

Range("j2").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "4"

Columns("j").Select

Selection.Copy

Range("o1").Select

Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks \_  
:=False, Transpose:=False

Range("j2").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "5"

Columns("j").Select

Selection.Copy

Range("p1").Select

Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks \_  
:=False, Transpose:=False

Range("j2").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "6"

Columns("j").Select

Selection.Copy

Range("q1").Select

Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks \_  
:=False, Transpose:=False

Range("j2").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "7"

Columns("j").Select

Selection.Copy

Range("r1").Select

Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks \_  
:=False, Transpose:=False



```

Range("j2").Select
  ActiveCell.FormulaR1C1 = "8"
  Columns("j").Select
  Selection.Copy
  Range("s1").Select
  Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("j2").Select
  ActiveCell.FormulaR1C1 = "9"
  Columns("j").Select
  Selection.Copy
  Range("t1").Select
  Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("j2").Select
  ActiveCell.FormulaR1C1 = "10"
  Columns("J").Select
  Selection.Copy
  Range("u1").Select
  Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("J2").Select
  ActiveCell.FormulaR1C1 = "11"
  Columns("J").Select
  Selection.Copy
  Range("v1").Select
  Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("J2").Select
  ActiveCell.FormulaR1C1 = "12"
  Columns("J").Select
  Selection.Copy
  Range("w1").Select
  Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("J2").Select
  ActiveCell.FormulaR1C1 = "13"
  Columns("J").Select
  Selection.Copy
  Range("x1").Select
  Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("J2").Select
  ActiveCell.FormulaR1C1 = "14"
  Columns("J").Select
  Selection.Copy
  Range("y1").Select
  Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("J2").Select
  ActiveCell.FormulaR1C1 = "15"
  Columns("J").Select
  Selection.Copy
  Range("z1").Select
  Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("J2").Select
  ActiveCell.FormulaR1C1 = "16"

```

```
Columns("J").Select
Selection.Copy
Range("aa1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("J2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "17"
Columns("J").Select
Selection.Copy
Range("ab1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("J2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "18"
Columns("J").Select
Selection.Copy
Range("aC1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("J2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "19"
Columns("J").Select
Selection.Copy
Range("ad1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("J2").Select
Application.CutCopyMode = False
ActiveCell.FormulaR1C1 = "20"
Columns("J").Select
Selection.Copy
Range("ae1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("J2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "21"
Columns("J").Select
Selection.Copy
Range("af1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("J2").Select
Application.CutCopyMode = False
ActiveCell.FormulaR1C1 = "22"
Columns("J").Select
Selection.Copy
Range("ag1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("J2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "23"
Columns("J").Select
Selection.Copy
Range("ah1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("J2").Select
Application.CutCopyMode = False
```

```

ActiveCell.FormulaR1C1 = "24"
Columns("J").Select
Selection.Copy
Range("ai1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("J2").Select
Application.CutCopyMode = False
ActiveCell.FormulaR1C1 = "25"
Columns("J").Select
Selection.Copy
Range("aj1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("J2").Select
Application.CutCopyMode = False
ActiveCell.FormulaR1C1 = "26"
Columns("J").Select
Selection.Copy
Range("ak1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("J2").Select
Application.CutCopyMode = False
ActiveCell.FormulaR1C1 = "27"
Columns("J").Select
Selection.Copy
Range("al1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("J2").Select
Application.CutCopyMode = False
ActiveCell.FormulaR1C1 = "28"
Columns("J").Select
Selection.Copy
Range("am1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("J2").Select
Application.CutCopyMode = False
ActiveCell.FormulaR1C1 = "29"
Columns("J").Select
Selection.Copy
Range("an1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("J2").Select
Application.CutCopyMode = False
ActiveCell.FormulaR1C1 = "30"
Columns("J").Select
Selection.Copy
Range("ao1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
End Sub

```

**Sub Υπολογισμός\_Συντελεστή\_απασχόλησης\_στρεφώμενης\_εφεδρίας()**

**' Καταγραφή μακροεντολής 14/3/2009 από Krsif****' Υπολογισμός Συντελεστή απασχόλησης στρεφώμενης εφεδρίας**

,

```
Sheets("Συντελ.απασχ.στρεφ.εφεδρ.").Select
Range("c2").Select
  ActiveCell.FormulaR1C1 = "16"
  Columns("c").Select
  Selection.Copy
  Range("d1").Select
  Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("c2").Select
  ActiveCell.FormulaR1C1 = "17"
  Columns("c").Select
  Selection.Copy
  Range("e1").Select
  Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("c2").Select
  ActiveCell.FormulaR1C1 = "18"
  Columns("c").Select
  Selection.Copy
  Range("f1").Select
  Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("c2").Select
  ActiveCell.FormulaR1C1 = "19"
  Columns("c").Select
  Selection.Copy
  Range("g1").Select
  Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("c2").Select
  ActiveCell.FormulaR1C1 = "20"
  Columns("c").Select
  Selection.Copy
  Range("h1").Select
  Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("c2").Select
  ActiveCell.FormulaR1C1 = "21"
  Columns("c").Select
  Selection.Copy
  Range("i1").Select
  Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("c2").Select
  ActiveCell.FormulaR1C1 = "22"
  Columns("c").Select
  Selection.Copy
  Range("j1").Select
  Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("c2").Select
  ActiveCell.FormulaR1C1 = "23"
  Columns("c").Select
  Selection.Copy
```

```

Range("k1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("c2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "24"
Columns("c").Select
Selection.Copy
Range("l1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("c2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "25"
Columns("c").Select
Selection.Copy
Range("m1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("c2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "26"
Columns("c").Select
Selection.Copy
Range("n1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("c2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "27"
Columns("c").Select
Selection.Copy
Range("o1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("c2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "28"
Columns("c").Select
Selection.Copy
Range("p1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("c2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "29"
Columns("c").Select
Selection.Copy
Range("q1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("c2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "30"
Columns("c").Select
Selection.Copy
Range("r1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
End Sub

```



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [53] Δ.Γ. Χρηστάκης- Δ. Κατσαπρακάκης, “ ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ:ΣΥΝΘΕΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ”, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Η)ρακλείου,2002.
- [54] Δ. Κατσαπρακάκης, “ ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ :ΣΥΝΘΕΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ”, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Ηρακλείου,2001.
- [55] Δ.Γ. Χρηστάκης- Δ. Κατσαπρακάκης, “Η Μεγιστοποίηση της διείσδυσης των Αιολικών Συστημάτων τα νησιά της Ανατολικής Μεσογείου Τεχνικές Θεσμικές και οικονομικές παράμετροι”  
Εργαστήριο Αιολικής Ενέργειας& και σύνθεσης Ενεργειακών Συστημάτων ΤΕΙ Κρήτης, Λευκωσία Ιούνης 2008
- [56] Διαχειριστής Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Α.Ε, “Εγχειρίδιο κόστους μονάδας”, Έκδοση 4.1,2008
- [57] Εμμανουήλ Καραπιδάκης, “Ηπιες μορφές ενέργειας”, Σημειώσεις μαθήματος Ήπιες μορφές ενέργειας, Τμήμα Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος ΤΕΙ Κρήτης.
- [58] Εμμανουήλ Καραπιδάκης, “Σχεδιασμός διαχείριση Συστημάτων ΑΠΕ”, Σημειώσεις μαθήματος Σχεδιασμός διαχείριση Συστημάτων ΑΠΕ, Τμήμα Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος ΤΕΙ Κρήτης.
- [59] Μουσιόπουλος Νικόλαος, “Σημειώσεις μαθήματος Τεχνική προστασίας περιβάλλοντος” Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης,2003
- [60] Εθνικό Πληροφοριακό Σύστημα για την Ενέργεια
- [61] Αθανάσιος Βαλαβανίδης “Οικοτοξικολογία και Περιβαλλοντική Τοξικολογία Ερευνητική Μεθοδολογία και Εκτίμηση Οικολογικού Κινδύνου από Επικίνδυνες Χημικές Ουσίες”, Τμήμα Χημείας Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα 2007
- [62] Δημήτρης Μελάς, “Ατμοσφαιρική ρύπανση”, Τμήμα Φυσική, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
- [63] Μαρία Κανακίδου, Νικόλαος Μιχαλόπουλος, Γεώργιος Κουβαράκης “Ειδικά κεφάλαια περιβαλλοντικής χημείας”, Εργαστήριο Περιβαλλοντικών Χημικών Διεργασιών, Τμήμα Χημείας, Πανεπιστήμιο Κρήτης, Ηράκλειο 2008.
- [64] ΔΕΗ ΑΕ Διεύθυνση Εκμετάλλευσης ΘΗΣ, Ετήσια έκθεση “ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ” ΑΗΣ Αθερινόλακου,2006.
- [65] ΔΕΗ ΑΕ Διεύθυνση Εκμετάλλευσης ΘΗΣ, Ετήσια έκθεση “ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ” ΑΗΣ Χανίων,2006.
- [66] ΔΕΗ ΑΕ Διεύθυνση Εκμετάλλευσης ΘΗΣ, Ετήσια έκθεση “ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ” ΑΗΣ Λινοπεραμάτων,2006.

- [67] Δημήτριος Αλ. Κατσαπρακάκης, «Μεγιστοποίηση διεξόδου αερίων σε απομονωμένα ενεργειακά συστήματα», Διδακτορική διατριβή, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Αθήνα 2007.
- [68] Κων. Δ. Ρακόπουλος, Δημ. Θ. Χουντάλας “Καύση - Ρύπανση Εμβολοφόρων Μ.Ε.Κ». Εκδόσεις Φούντα, Αθήνα 1998
- [69] Κ. Μαθιουδάκης , “Εκπομπές καυσαερίων αεριοστρόβιλων”, Βοήθημα για το μάθημα, Λειτουργία αεροπορικών κινητήρων, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2007.
- [70] Κυρτάτος, Ν. Π., "Ναυτικοί Κινητήρες Ντίζελ - Θέματα Σχεδίασης και Λειτουργίας", Εκδόσεις Συμμετρία, 1993
- [71] ISO 11042-1-1996, 'Gas Turbines Exhaust Gas Emissions. Part 1: Measurements and Evaluation', International Organization of Standardization.
- [72] Pundir, B.P., "Engine Emissions", Alpha Science, 2007
- [73] EPA-453/R-93-007, 'Alternative Control Techniques Document NOX Emissions of Stationary Gas Turbines', US Environmental Protection Agency, January 1993
- [74] EPA-453/R-93-032, 'Alternative Control Techniques Document--NOx Emissions From Stationary Reciprocating Internal Combustion Engines' US Environmental Protection Agency, July 1993
- [75] Lefebvre A.H., "The Role of Fuel Preparation in Low-Emission Combustion", Journal of Engineering for Gas Turbines and Power, October 1995, Vol. 117, pg 617-654
- [76] Heywood, J.B., "Internal Combustion Engine Fundamentals", McGraw – Hill International Editions, 1998
- [77] Henein, N.A., "Ντίζελ Engine Combustion and Emissions", Engine Emissions: Pollutant Formation and Measurement, Edited by G.S. Springer and D.J. Patterson, Plenum Press, New York, 1973
- [78] Borman, G.L., Reiland, K.W., "Combustion Engineering", McGraw - Hill International Editions, 1988
- [79] Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ., Δ/νση ΕΑΡΘ, “Απογραφή αέριων ρύπων, υγρών και στερεών αποβλήτων από βιομηχανία και εκπομπών από την κεντρική θέρμανση”, Αρ.Εγγράφου:ΥΠ4-COEFREP-WS-01.
- [80] Doppelheur Andrea, 'Aircraft Emission Parameter Modelling', Air and Space Europe, Vol 2, 2000, pg 34-27
- [81] ISO 2533-1975, 'Standard Atmosphere', 1975, International Organization for Standardization.
- [82] Annex 16-1993, 'Aircraft Engine Emissions', 1993, Volume II, International Civil Aviation Organization



- [83] Bo Lu, Mohammad Shahidehpour, "Short Term Scheduling of Combined Cycle Units", IEEE Transaction on Power Systems, vol.19, No3, August 2004
- [84] B.Martien Visser, Fred C. Bahlman, "Variations in the NO<sub>x</sub> Emission of Gas Turbines Effects of air temperature, air humidity and natural gas composition", International Gas Turbine & Aeroengine Congress and Exposition The Hague, Netherlands- June 13-16, 1994, ASME paper No. 94-GT-261, 1994.
- [85] Doppelheuer A.,M.Lecht,"Influence of Engine performance on Emissions Characteristics", Symposium of the applied vehicle Technology Pane- Gas Turbine Engine Combustion, Emissions and alternative fuels, Lisbon, Portugal, October 1998
- [86] RizkN. K. and Mongia H. C., "Semianalytical Correlations for NO<sub>x</sub> , CO and UHC Emissions", ASME, paper No. 92-GT-130 , 1992.
- [87] Κ. Βουρνά, Β.Κ.Παπαδιά, "Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και έλεγχος συχνότητας και τάσεως", Συμμετρία 1991
- [88] Μαθιουδάκης, "Λειτουργία αεριοστρόβιλων και ατμοστρόβιλων", 1997
- [89] 1η Έκθεση Για Το Μακροχρόνιο Ενεργειακό Σχεδιασμό της Ελλάδας 2008-2020, Υπουργείο ανάπτυξης, Αύγουστος 2007
- [90] Lavoie, G.A., Heywood, J.B., Keck, J.C., "Experimental and Theoretical Investigation of Nitric Oxide Formation in Internal Combustion Engine", Combustion Science Technology, vol. 1, pp. 313 - 326, 1970
- [91] Fennimore, C.P., "Formation of Nitric Oxide in Premixed Hydrocarbon Flames", Proceedings of 13th Symposium on Combustion, The Combustion Institute, Pittsburgh, pp. 373 - 380, 1971
- [92] Bowman, C.T., "Kinetics of Pollutant Formation and Destruction in Combustion", Prog. Energy Combustion Sciences, vol. 1, pp. 33 - 45, 1975
- [93] Carel, R.S., "Health Aspects of Air Pollution", Handbook of Air Pollution from Internal Combustion Engines: Pollutant Formation and Control, Academic Press, 1998.
- [94] Hiroyasu, H., Kadota, T., Arai, M., "Development and Use of a Spray Combustion Modeling to Predict Ντίζελ Engine Efficiency and Pollutant Emissions, part 1: Combustion Modeling", Bull JSME 26, pp. 569 – 575, 1983
- [95] Bombach, R., Käppeli, B., Hubschmid, W., Boulouchos, K., "Combustion and flame", 2001
- [96] 1<sup>η</sup> Έκθεση Για το μακροχρόνιο Ενεργειακό Σχεδιασμό της Ελλάδας 2008-2020,Υπουργείο Ανάπτυξης , Αύγουστος 2007.
- [97] Κακάρας "Θερμοηλεκτρικοί σταθμοί",
- [98] <http://www.livepedia.gr>
- [99] <http://en.wikipedia.org>

- [100] [http://www.washco-md.net/air\\_qual.shtm](http://www.washco-md.net/air_qual.shtm)
- [101] [http://www.chem.uoa.gr/chemicals/chem\\_ozone.htm](http://www.chem.uoa.gr/chemicals/chem_ozone.htm)
- [102] <http://natura.minenv.gr/batelv/Docs/1.1.2.pdf>
- [103] <http://viewer.zmags.com/publication/e0bfdfeb#/e0bfdfeb/14>