Κεφάλαιο 1 : Η ατμόσφαιρα

1.1 Εισαγωγή 1

1.2 Ατμόσφαιρα 2

1.2.1 Γενικά 2

1.2.2 Χημική σύσταση 3

1.2.3 Μεταβολή πυκνότητας και πίεσης με το ύψος 5

1.2.4 Στρωμάτωση της ατμόσφαιρας 5

1.3 Ισοζύγιο ακτινοβολίας 10

Κεφάλαιο 2 : Ατμοσφαιρική ρύπανση

2.1 Γενικά 11

2.2 Μορφές ατμοσφαιρικών ρύπων 16

2.3 Πρότυπα ποιότητας της ατμόσφαιρας 17

Κεφάλαιο 3 : Ατμοσφαιρικοί ρύποι

3.1 Γενικά 19

3.2 Διοξείδιο του θείου 21

3.2.1 Γενικά 21

3.2.2 Μηχανισμοί απομάκρυνσης 22

3.2.3 Τοξικότητα 23

3.2.4 Περιορισμός των εκπομπών $S0_2$ 24

3.2.5 Προσδιορισμός διοξειδίου του θείου 25

3.2.5. α Φασματοφωτομετρικός προσδιορισμός 5O2 (Μέθοδος West - Gaeke)25

3.2.5.β Αγωγιμομετρικός προσδιορισμός SO_2 26

3.2.5.γ Φλογοφωτομετρικός προσδιορισμός SO_2 27

3.2.5.δ Φθορισμομετρικός προσδιορισμός $S0_2$ 28

3.2.5.ε Φασματοσκοπία απορρόφησης 29

3.3 Υδρόθειο 30

3.3.1 Γενικά 30

3.3.2 Τοξικότητα 30

3.3.3 Προσδιορισμός H_2S 30

3.4 Οξείδια του αζώτου 32

3.4.1 Γενικά 32

3.4.2 Μηχανισμοί απομάκρυνσης 32

3.4.3 Τοξικότητα 35

3.4.4 Περιορισμός των εκπομπών NO_χ 35

3.4.5 Προσδιορισμός NO_x 36

3.4.5.α Φασματοφωτομετρικός προσδιορισμός NO_2 (Μέθοδος Saltzman) 36

3.4.5.β Φασματοφωτομετρικός προσδιορισμός NO 38

3.4.5.γ Προσδιορισμός με χημειοφωταύγεια 38

3.5 Μονοξείδιο του άνθρακα 39

3.5.1 Γενικά 39

3.5.2 Μηχανισμοί απομάκρυνσης 40

3.5.3 Τοξικότητα 40

3.5.4 Περιορισμός των εκπομπών CO 41

3.5.5 Προσδιορισμός CO 41

3.5.5.α Χημικές μέθοδοι 41

3.6 Όζον (O_3) 42

3.6.1 Γενικά 42

3.7 Εισπνεύσιμα σωματίδια 43

3.7.1 Περιορισμός εκπομπών 44

3.7.6 Προσδιορισμός σωματιδιακής ύλης 46

3.7.6.α. Σταθμικός προσδιορισμός 46

3.7.6.β. Μέθοδος απορρόφησης β-ακτινοβολίας 46

3.7.6.γ Ανακλωμετρικός προσδιορισμός (Μέθοδος αμαύρωσης φίλτρου) 46

3.7.6.δ Μέθοδος σκεδασμού του φωτός, 46

Κεφάλαιο 4 : Ατμοσφαιρική ρύπανση στην πόλη της Θεσσαλονίκης

4.1 Γενικά 48

4.2 Κλιματολογικά στοιχεία 49

4.3 Ρύπανση της ατμόσφαιρας 50

4.4 Δίκτυο Σταθμών Ελέγχου Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης στο Πολεοδομικό Συγκρότημα της Θεσσαλονίκης 54

4.4.1 Μετρήσεις Αέριων Ρύπων 58

4.4.1.1 Διαχρονική μεταβολή συγκεντρώσεων αερίων ρύπων 58

4.4.2 Ετήσια Μεταβολή Συγκεντρώσεων Αέρίων Ρύπων για το 2003 61

4.4.2.1 Διοξείδιο του θείου (SO_2) 61

4.4.2.2 Διοξείδιο του αζώτου (NO_2) 67

4.4.2.3 Μονοξείδιο του αζώτου (NO) 71

4.4.2.4. Μονοξείδιο του άνθρακα (CO) 74

4.4.2.5. Όζον (O_3) 77

4.4.3 Πίνακες Ορίων Συγκεντρώσεων Αερίων Ρύπων 81

4.4.4. Συμπεράσματα 85

4.5 Εισπνεύσιμα σωματίδια στη Θεσσαλονίκη 87

4.5.1 Γενικά 87

4.5.2 Τι εισπνέουμε στη Θεσσαλονίκη 87

4.5.3 Συγκεντρώσεις σωματιδίων 88

4.5.4 Οι επιπτώσεις στην υγεία 89

4.5.5 Το μοντέλο ισοστάθμισης 90

4.5.6 Αποτελέσματα 93

4.5.7 Συμπεράσματα 102

Κεφάλαιο 5 :Το Σύστημα Δημόσιων Αστικών Συγκοινωνιών Θεσσαλονίκης

5.1 Γενικά 103

5.2 Δομή, οργάνωση και προσωπικό του ΟΑΣΘ 104

5.3 Ο στόλος αστικών λεωφορείων του ΟΑΣΘ 107

5.4 Μηχανολογικός εξοπλισμός και κτιριακές υποδομές του ΟΑΣΘ 109

5.5 Λειτουργικά στοιχεία του συστήματος δρομολόγησης αστικών λεωφορείων του ΟΑΣΘ 110

5.6 Επέκταση των λεωφορειακών γραμμών του ΟΑΣΘ 118

5.7 Οικονομικά στοιχεία του ΟΑΣΘ 120

5.8 Προβλεπόμενη κατάσταση για το 2004 123

5.9 Τι είναι το Σ.Α.Σ.Θ. 129

5.10 Σύνθεση του Σ.Α.Σ.Θ. 129

5.11 Αρμοδιότητες και καθήκοντα του Σ.Α.Σ.Θ. σχετικά με την εκτέλεση δημόσιων αστικών συγκοινωνιών στο Ν. Θεσσαλονίκης 130

5.12 Η ανάθεση συγκοινωνιακού έργου και καθήκοντα του Ο.Α.Σ.Θ. 133

5.13 Έργο του Σ.Α.Σ.Θ. από την ίδρυση του έως σήμερα 135

5.14 Μετρήσεις συχνότητας διέλευσης λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. από τους λεωφορειόδρομους 137

Κεφάλαιο 6 : Μητροπολιτικός Σιδηρόδρομος (ΜΕΤΡΟ)

6.1 Ορισμός 144

6.2 Βασικά τεχνικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά 144

6.3 Ιδιαιτερότητα κατασκευής 145

6.3.1 Η μέθοδος ανοικτού ορύγματος (Cut and Cover·) 146

6.3.2 Η μέθοδος κλειστής διάνοιξης 154

6.3.2.1 Συμβατικός τρόπος 154

6.3.2.2 Κατασκευή του έργου με μηχανές ολομέτωπης διάνοιξης (TBM) 154

6.3.3 Η μέθοδος NATM (New Austrian Tunnelling Method) 160

6.3.3.1 Σχεδιασμός του εξωτερικού δακτυλίου 160

6.4 Στοιχεία εκμετάλλευσης 164

6.5 Το μετρό της Θεσσαλονίκης 166

6.5.1 Γενικά 166

6.5.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά του Μετρό 167

6.5.3 Εκπεμπόμενοι ρύποι από την κυκλοφορία για τα δύο βασικά σενάρια : (α) Χωρίς μετρό και (β) Με μετρό. 169

Κεφάλαιο 1 : Η ατμόσφαιρα

1.1 Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια, έχει γίνει «κοινή συνείδηση», τόσο στους ειδικούς επιστήμονες, όσο και στους απλούς ανθρώπους, το γεγονός ότι η ποιότητα του περιβάλλοντος συνεχώς χειροτέρευε: με συνέπειες που δεν μπορούν ακόμη να εκτιμηθούν.

Η ανθρώπινη κυριαρχία με την υπερεκμετάλλευση των πλουτοπαραγωγικών πόρων και την απόρριψη των κάθε είδους αποβλήτων στο έδαφος, τα νερά και την ατμόσφαιρα αλλοιώνει και καταστρέφει το περιβάλλον. Αυτές οι αλλοιωθείς ήταν για πάρα πολλά χρόνια ανεκτές από τις αντοχές των οικοσυστημάτων. Οι κίνδυνοι για τη δημιουργία μη αντιστρεπτών μεταβολών είναι των τελευταίων ετών, δεκαετιών του 20ου αιώνα. Στα αίτια της υποβάθμισης του περιβάλλοντος περιλαμβάνονται η τρομακτική αύξηση του πληθυσμού και των αναγκών, η πυκνοκατοίκηση, η εκβιομηχάνιση, η χωροθέτηση δραστηριοτήτων χωρίς προγραμματισμό καθώς και η κακή χρήση των επιτευγμάτων της τεχνολογίας

Η ισορροπία στο οικοσύστημα πλανήτης Γη ανατρέπεται, με κίνδυνο διαμόρφωσης μη αντιστρεπτών καταστάσεων και ολοκληρωτική καταστροφή.

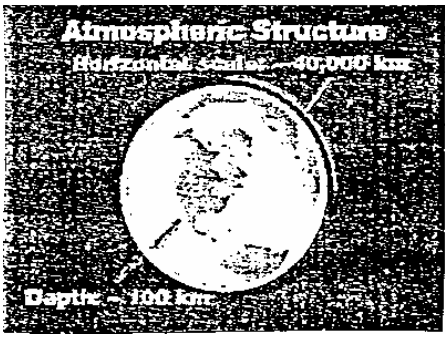
Ο άνθρωπος ζει σήμερα σε 'θερμοκήπιο' με αυξανόμενη θερμοκρασία, δέχεται όλο και μεγαλύτερη ποσότητα υπεριώδους ακτινοβολίας αφού το όζον λιγοστεύει, η ατμοσφαιρική ρύπανση αλλάζει τις κλιματολογικές συνθήκες, το κατάλληλο για πόση και οικιακή-γεωργική-βιομηχανική χρήση νερό λιγοστεύει, τα επικίνδυνα λύματα και απόβλητα - μεταξύ των οποίων τοξικά και ραδιενεργά - αλλάζουν τους φυσικοχημικούς χαρακτήρες των οικοσυστημάτων, δημιουργώντας συνθήκες για φυσική επιλογή κατ, τελικά, μείωση και εξαφάνιση ειδών χλωρίδας και πανίδας.

Θεωρείται δεδομένο ότι, μεταξύ των μεγάλων παγκόσμιων περιβαλλοντικών προβλημάτων, το ζήτημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στις αστικές περιοχές είναι από τα πλέον σημαντικά, τόσο για την προστασία της υγείας των πολιτών όσο και για την προστασία της πολιτιστικής κληρονομιάς - ιστορικά μνημεία και αρχαιολογικοί θησαυροί -, την οποία οφείλουμε να παραδώσουμε στις επόμενες γενεές. Το πρόβλημα της αέριας ρύπανσης παρουσιάζεται εντονότερο σε αστικές περιοχές, όπου η συσσώρευση ανθρωπίνων δραστηριοτήτων οδηγεί, κατά κανόνα, σε αυξημένες εκπομπές αερίων ρύπων.

1.2 Ατμόσφαιρα

1.2.1 Γενικά

Η ατμόσφαιρα είναι ο προστατευτικός μανδύας της ζωής πάνω στη γη. Η σύσταση, η δομή και τα φυσικοχημικά φαινόμενα που συμβαίνουν στην ατμόσφαιρα επηρεάζουν άμεσα ή έμμεσα τους βιογαιοχημικούς κύκλους και τα οικοσυστήματα. Η ατμόσφαιρα είναι η πηγή διοξειδίου του άνθρακα για τη φωτοσύνθεση των φυτών και η πηγή οξυγόνου για την αναπνοή. Η ατμόσφαιρα παρέχει το άζωτο, το οποίο χρησιμοποιούν βακτήρια και φυτά για τη σύνθεση ζωντανής ύλης.



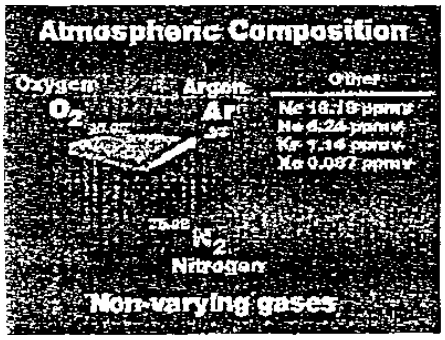
Ως βασικό τμήμα του υδρολογικού κύκλου, η ατμόσφαιρα μεταφέρει νερό από τους ωκεανούς στη ξηρά, λειτουργώντας σαν ψυκτήρας σ' έναν τεράστιο αποστακτήρα που θερμαίνεται από τον ήλιο.

Στα πλαίσια του ζωτικού προστατευτικού της ρόλου, η ατμόσφαιρα απορροφά το μεγαλύτερο μέρος της κοσμικής ακτινοβολίας προστατεύοντας έτσι τους ζώντες οργανισμούς από τις βλαβερές επιδράσεις της. Επίσης, απορροφά το μεγαλύτερο μέρος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που εκπέμπει ο ήλιος, επιτρέποντας τη διέλευση μόνον στις ακτινοβολίες με μήκη κύματος 300-

2500 nm (εγγύς υπεριώδες -εγγύς υπέρυθρο) και 0,01-40 nm (ραδιοκύματα). Η απορρόφηση της ακτινοβολίας σε μήκη κύματος μικρότερα από 300 nm έχει μεγάλη σημασία για την προστασία των ζώντων οργανισμών από την επικίνδυνη ακτινοβολία. Τέλος, η ατμόσφαιρα απορροφά την υπέρυθρη ακτινοβολία με την οποία η απορροφηθείσα από τη γη ηλιακή ενέργεια επανεκπέμπεται στο διάστημα. Με τον τρόπο αυτό η ατμόσφαιρα δρα ως ρυθμιστικός παράγοντας της θερμοκρασίας του πλανήτη μας, έτσι ώστε να μην παρατηρούνται μεγάλες θερμοκρασιακές διαφορές, όπως σε άλλους πλανήτες.

1.2.2 Χημική σύσταση

Η σύσταση της ατμόσφαιρας απασχόλησε τους φυσικούς φιλοσόφους ήδη από την αρχαιότητα. Ο Εμπεδοκλής (5^{ος} αι. π.Χ.) θεωρούσε τον αέρα ως ένα από τα τέσσερα στοιχεία από τα οποία είναι ο φτιαγμένος ο κόσμος. Ο Άγγλος χημικός R. Boyle, τον 17° αιώνα, έγραφε ότι ο αέρας είναι ένα «συγκεχυμένο μίγμα» δύο κυρίως αερίων, του αζώτου και του οξυγόνου. Ακριβείς αναλύσεις του αέρα έγιναν από τον R. Cavendish στα 1730, ενώ το αδρανές συστατικό αργό απομονώθηκε μόλις το 1896.



Στον **Πίνακα 1.1** δίνεται η χημική σύσταση του ξηρού, καθαρού αέρα στην επιφάνεια της γης. Οι συγκεντρώσεις εκφράζονται σε % περιεκτικότητες ή σε μέρη ανά εκατομμύριο (ppm).

ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ
Άζωτο	78,048%
Οξυγόνο	20,949%
Αργό	0,934%
Διοξείδιο του άνθρακα	340 ppm
Νέον	18,18 ppm
Ήλιον	5,24 ppm
Μεθάνιο	1,3-1,6 ppm
Κρυπτόν	1,14 ppm
Υδρογόνο	0,5 ppm
Διαζωτοξείδιο	0,25-0,35ppm
Μονοξείδιο του άνθρακα	0,12 ppm
Ξένον	0,087 ppm
Όζον	0,025 ppm
Αμμωνία	0,001 ppm

Πίνακας 1.1 : Σύσταση καθαρού και ξηρού αέρα στην επιφάνεια της γης.

Όπως φαίνεται στον **Πίνακα 1.1**, υπάρχουν τέσσερις κατηγορίες συστατικών· του ατμοσφαιρικού αέρα με βάση τη συγκέντρωση τους :

- τα κύρια συστατικά (άζωτο και οξυγόνο),
- τα λιγότερο κύρια συστατικά (αργό και διοξείδιο του άνθρακα),
- τα ευγενή αέρια (νέον, κρυπτόν. ήλιον, ξένον)
- τα ιχνοσυστατικά.

Επιπλέον, ο ατμοσφαιρικός αέρας μπορεί να περιέχει νερό σε συγκεντρώσεις 0,1° ο -0,5% κατ' όγκο (συνήθως η συγκέντρωση των περιεχόμενων υδρατμών κυμαίνεται μεταξύ 1% και 3%).

Η χημική σύσταση της ατμόσφαιρας είναι σχεδόν σταθερή μέχρι τα 100Km περίπου. Σε όλο αυτό το στρώμα, το μοριακό βάρος του αέρα είναι σταθερό και ίσο με 28,28. Μεταβάλλεται μόνον από περιοχή σε περιοχή η συγκέντρωση του CO_2 και των υδρατμών. Το στρώμα αυτό ονομάζεται **ομοιόσφαιρα** και η σταθερότητα της χημικής του σύστασης οφείλεται στην τυρβώδη ανάμιξη των συστατικών. Σε ύψη μεγαλύτερα των 100Km η σύσταση της ατμόσφαιρας παρουσιάζει μεγάλες διαφορές με το ύψος.

Αυτό οφείλεται στη μοριακή διάχυση των συστατικών. Τα διάφορα αέρια διαχωρίζονται ανάλογα με το βάρος τους: τα ελαφρύτερα, όπως το υδρογόνο, φεύγουν σε μεγαλύτερα ύψη, ενώ τα βαρύτερα μένουν σε χαμηλότερα στρώματα. Για το λόγο αυτό, η ατμόσφαιρα πάνω από τα 100Km ονομάζεται **ετερόσφαιρα.**

1.2.3 Μεταβολή πυκνότητας και πίεσης με το ύψος

Η πυκνότητα του ατμοσφαιρικού αέρα ελαττώνεται απότομα με την αύξηση του ύψους σαν συνέπεια των νόμων των αερίων και της βαρύτητας. Περισσότερο από το 99% της συνολικής μάζας της ατμόσφαιρας βρίσκεται σ' ένα στρώμα 30Km από την επιφάνεια της γης. Το πάχος αυτού του στρώματος είναι αμελητέο σε σύγκριση με τη διάμετρο της γης.

Η ατμοσφαιρική πίεση μειώνεται με το ύψος σχεδόν εκθετικά. Η μεταβολή της ατμοσφαιρικής πίεσης με το ύψος δεν είναι γραμμική εξαιτίας των διακυμάνσεων που προκαλούνται από θερμοκρασιακές διαφορές και από την ανάμιξη των αερίων μαζών.

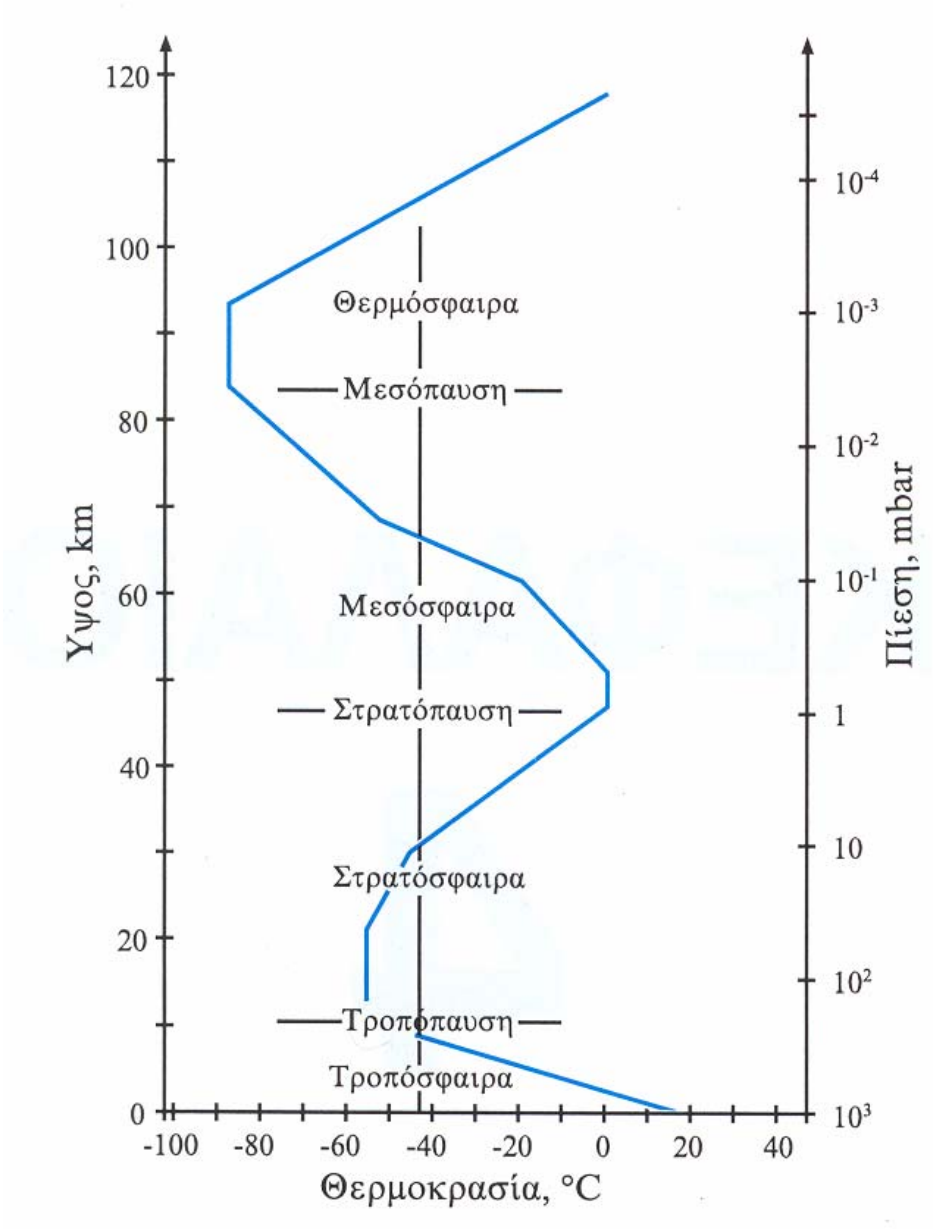
Η ατμοσφαιρική πίεση (όπως και η θερμοκρασία) μεταβάλλεται, επίσης, με την εποχή του έτους, το γεωγραφικό πλάτος και την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας. Σε πολύ μεγάλα ύψη, χημικά είδη που συνήθως είναι δραστικά (π.χ. το ατομικό οξυγόνο) παρουσιάζουν μεγάλο χρόνο παραμονής στην ατμόσφαιρα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι στα ύψη αυτά η ατμοσφαιρική πίεση είναι πολύ χαμηλή, με αποτέλεσμα η απόσταση που διανύει το χημικό είδος μέχρι να συγκρουστεί με ένα άλλο συστατικό (μέση ελεύθερη διαδρομή) είναι πολύ μεγάλη.

1.2.4 Στρωμάτωση της ατμόσφαιρας

Η μεταβολή της θερμοκρασίας του ατμοσφαιρικού αέρα με το ύψος δίνεται στο **Σχήμα 1.1**. Με βάση την κατακόρυφη κλιμάκωση της θερμοκρασίας, η ατμόσφαιρα χωρίζεται στα παρακάτω στρώματα:

- **Τροπόσφαιρα** : Είναι το στρώμα της ατμόσφαιρας από την επιφάνεια της θάλασσας μέχρι το ύψος των 12-16 Km, ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος και την εποχή του έτους. Η τροπόσφαιρα χαρακτηρίζεται από ελάττωση της θερμοκρασίας με το ύψος. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η ηλιακή ακτινοβολία, που φθάνει στην επιφάνεια της γης, απορροφάται από αυτή και θερμαίνει έμμεσα την τροπόσφαιρα από κάτω. Ο θερμός αέρας ανέρχεται ως ελαφρύτερος και, επειδή η πίεση ελαττώνεται με το ύψος, εκτονώνεται αδιαβατικά, δηλαδή χωρίς ανταλλαγή ενέργειας με τον εξωτερικό αέρα.

Έτσι, η θερμοκρασία του αέρα μειώνεται κατά το ποσό της θερμότητας που αντιστοιχεί στο έργο που παράγεται.

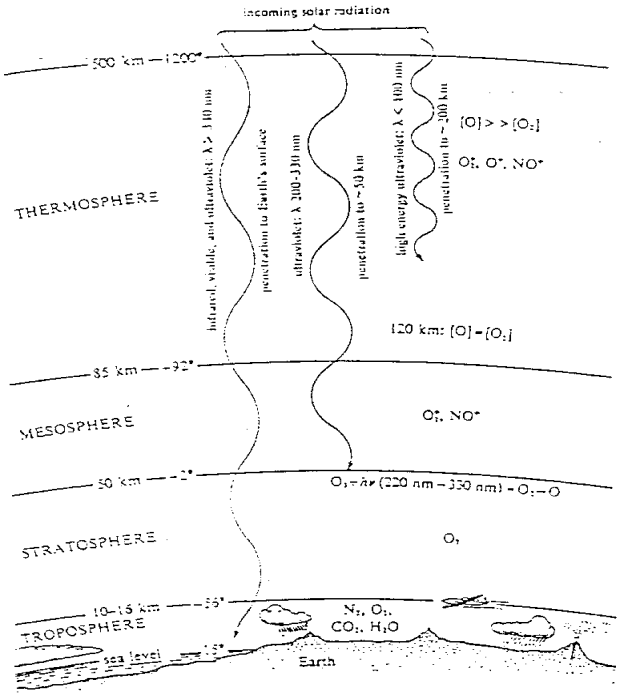


Σχήμα 1.1 : Οι ζώνες της ατμόσφαιρας

Η ελάττωση της θερμοκρασίας συνεχίζεται μέχρι την **τροπόπαυση**, όπου φθάνει τους -55°C περίπου. Η χαμηλή αυτή θερμοκρασία της τροπόπαυσης αναγκάζει τους υδρατμούς να συμπυκνώνονται προς πάγο, έτσι ώστε να μη μπορούν να φθάσουν σε μεγαλύτερα ύψη όπου θα φωτοδιίσταντο με την επίδραση της υπεριώδους ακτινοβολίας. Αν συνέβαινε κάτι τέτοιο, το υδρογόνο που θα παράγονταν από τη φωτοδιάσταση των υδρατμών θα διέφευγε από τη γήινη ατμόσφαιρα και θα χανόταν.

Το κενό που δημιουργείται από την άνοδο του θερμού αέρα των χαμηλών στρωμάτων της τροπόσφαιρας έρχεται να καλύψει ψυχρότερος αέρας από υψηλότερα στρώματα. Έτσι, προκαλείται μία κυκλική κυκλοφορία αερίων μαζών, η οποία είναι υπεύθυνη για την ομοιογένεια που παρουσιάζει η χημική σύσταση της τροπόσφαιρας.

Ωστόσο, η περιεκτικότητα της τροπόσφαιρας σε υδρατμούς ποικίλει σημαντικά εξαιτίας των νεφώσεων, της βροχής και της εξάτμισης νερού από τις ηπειρωτικές υδάτινες μάζες.



Σχήμα 1.2 : Κατανομή θερμοκρασιών και κυριότερων συστατικών της ατμόσφαιρας

- **Στρατόσφαιρα:** Αρχίζει από την τροπόπαυση και φθάνει μέχρι το ύψος των 50 Km. Στα πρώτα χιλιόμετρα πάνω από την τροπόπαυση η θερμοκρασία είναι σταθερή. Στη συνέχεια και μέχρι τη στρατόπαυση, η θερμοκρασία αυξάνει και φθάνει στους 0°C. Επειδή στη στρατόσφαιρα έχουμε αύξηση της θερμοκρασίας, η περιοχή αυτή είναι πιο σταθερή από την τροπόσφαιρα και η ανάμιξη των αερίων πολύ αργή. Έτσι, τα συστατικά που μεταφέρονται στη στρατόσφαιρα παραμένουν εκεί για πολλά χρόνια. Ένα τέτοιο παράδειγμα αποτελεί ένα λεπτό στρώμα θειικού αμμωνίου που έχει βρεθεί στα 20 Km.

Η αύξηση της θερμοκρασίας στη στρατόσφαιρα οφείλεται στην παρουσία ενός στρώματος όζοντος, το οποίο απορροφά την ηλιακή ακτινοβολία σε μήκη κύματος 200-300 mm. Η συγκέντρωση του όζοντος έχει μέγιστη τιμή (περίπου 10 ppm) σε ύψος 25-30 km.

- **Μεσόσφαιρα**: Μετά τη στρατόπαυση παρατηρείται απότομη πτώση της θερμοκρασίας, η οποία συνεχίζεται μέχρι τα 85 km, όπου βρίσκεται η μεσόπαυση. Η μεσόπαυση είναι η πιο ψυχρή περιοχή της γήινης ατμόσφαιρας. Η πτώση της θερμοκρασίας στη μεσόσφαιρα οφείλεται στην κατακόρυφη μεταφορά αερίων μαζών, όπως και στην τροπόσφαιρα. και στη μικρή συγκέντρωση συστατικών που απορροφούν ακτινοβόλο ενέργεια.

- **Θερμόσφαιρα**: Πάνω από τη μεσόπαυση εκτείνεται η θερμόσφαιρα, στην οποία η θερμοκρασία αρχίζει πάλι να αυξάνεται. Η αύξηση αυτή συνεχίζεται περίπου μέχρι τα 400 km (θερμόπαυση), όπου επικρατούν θερμοκρασίες 1000 °C ή και μεγαλύτερες ανάλογα με την ηλιακή δραστηριότητα.

Η αύξηση της θερμοκρασίας στη θερμόσφαιρα αποδίδεται:

- στην απορρόφηση ηλιακής ακτινοβολίας σε μήκη κύματος μικρότερα των 200 mm,
- στην ενέργεια που εκλύεται από διάφορες εξώθερμες αντιδράσεις και
- στην έλλειψη διεργασιών απόψυξης.

- **Εξώσφαιρα**: Η περιοχή πάνω από τη θερμόπαυση είναι ισόθερμη και ονομάζεται εξώσφαιρα. Σ" αυτά τα μεγάλα ύψη, τα συστατικά αποκτούν πολλές φορές κινητική ενέργεια τόσο μεγάλη, ώστε υπερνικούν το πεδίο βαρύτητας και φεύγουν στο διάστημα. Η πυκνότητα της εξώσφαιρας είναι πολύ χαμηλή.

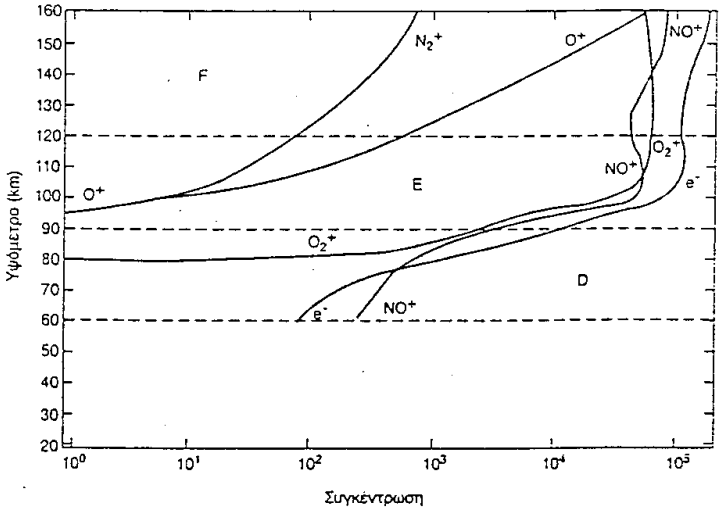
- **Ιονόσφαιρα:** Πάνω από τα 60 km παρατηρείται ιονισμός των συστατικών της ατμόσφαιρας και για το λόγο αυτό η περιοχή ονομάζεται ιονόσφαιρα. Η ύπαρξη της ιονόσφαιρας είναι γνωστή από τις αρχές του 20ου αιώνα, όταν διαπιστώθηκε ότι τα ραδιοκύματα μπορούν να εκπέμπονται σε μακρινές αποστάσεις χωρίς να εμποδίζονται από την καμπύλη της γήινης επιφάνειας.

Η κύρια αιτία ιονισμού των συστατικών της ατμόσφαιρας είναι η απορρόφηση υπεριώδους ακτινοβολίας. Η ιονόσφαιρα χωρίζεται σε τρία επιμέρους στρώματα που φαίνονται στο **Σχήμα 1.3**:

- Το στρώμα D. που εκτείνεται από τα 60 km μέχρι τα 90 km και στο οποίο παρατηρείται κυρίως φωτοϊονασμός του NO.

- Το στρώμα E, που εκτείνεται από τα 90 km μέχρι τα 120 km και στο οποίο παρατηρείται φωτοϊονισμός του O_2.

- Το στρώμα F, που εκτείνεται πάνω από τα 120 km και στο οποίο φωτοϊονίζονται τα NO, O_2, O και N.



Σχήμα 1.3 : Τυπικές συγκεντρώσεις των κυριότερων ιόντων που δημιουργούνται στα τρία στρώματα της ιονόσφαιρας.

1.3 Ισοζύγιο ακτινοβολίας

Η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας έξω από την ατμόσφαιρα είναι τεράστια και ανέρχεται σε 1,353 km/ m^2 (ηλιακή σταθερά). Αν όλη αυτή η ενέργεια έφθανε στην επιφάνεια της γης και απορροφούνταν, ο πλανήτης θα είχε εξατμιστεί από καιρό.

Το μισό περίπου της ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται στην ατμόσφαιρα φθάνει στην επιφάνεια της γης είτε άμεσα, είτε μετά από σκεδασμό σε νέφη και ατμοσφαιρικά αέρια ή σωματίδια. Το υπόλοιπο μισό της ακτινοβολίας αντανακλάται προς τα πίσω ή απορροφάται από την ατμόσφαιρα και η ενέργεια της επανεκπέμπεται αργότερα στο διάστημα ως υπέρυθρη ακτινοβολία.

Το μεγαλύτερο μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας που φθάνει στη γη απορροφάται. Η ενέργεια αυτή πρέπει να επιστραφεί στο διάστημα για να διατηρηθεί θερμοκρασιακή ισορροπία. Έτσι, στο ισοζύγιο της ακτινοβολίας στην ατμόσφαιρα συνεισφέρει τόσο η ηλιακή ακτινοβολία όσο και η γήινη ακτινοβολία. Η εισερχόμενη στην ατμόσφαιρα ηλιακή ακτινοβολία είναι βραχέων κυμάτων (μεταξύ 200 nm και 3000 nm με μέγιστη ένταση στα 500 nm), ενώ η ακτινοβολία με την οποία αποβάλλεται ενέργεια από τη γη είναι ακτινοβολία μακρών κυμάτων (μεταξύ 2 μm και 40 μm με μέγιστη ένταση στα 10 μm).

Η μέση θερμοκρασία στην επιφάνεια της γης διατηρείται στο επίπεδο των 15°C εξαιτίας ενός φυσικού «φαινομένου θερμοκηπίου» κατά το οποίο οι υδρατμοί κυρίως, και σε μικρότερο βαθμό το διοξείδιο του άνθρακα, απορροφούν μεγάλο μέρος της εκπεμπόμενης από τη γη υπέρυθρης ακτινοβολίας και το επανεκπέμπουν προς αυτήν. Αν δεν συνέβαινε αυτό, η μέση θερμοκρασία στην επιφάνεια του εδάφους θα ήταν γύρω στους-18°C.

Η απορρόφηση της υπέρυθρης ακτινοβολίας που εκπέμπεται από τη γη οφείλεται κυρίως στους υδρατμούς, οι οποίοι απορροφούν ασθενώς στις περιοχές 7-8,5 μm και 11-14 μm. Το CO_2 αν και υπάρχει στην ατμόσφαιρα σε πολύ χαμηλότερες συγκεντρώσεις από ό,τι οι υδρατμοί απορροφά ισχυρά στην περιοχή 12-16,3 μm, παίζοντας έτσι σημαντικό ρόλο στο ισοζύγιο της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας.

Κεφάλαιο 2 : Ατμοσφαιρική ρύπανση

2.1 Γενικά

Η ατμοσφαιρική ρύπανση έχει οριστεί με πολλούς διαφορετικούς τρόπους. Κατά μια έννοια είναι η προσθήκη κάθε υλικού (μοριακής ή σωματιδιακής φύσης) στην ατμόσφαιρα που μας περιβάλλει, η οποία έχει σαν αποτέλεσμα τη δηλητηρίαση της ζωής (βραχυπρόθεσμα ή μακροπρόθεσμα) πάνω στον πλανήτη. Το ανώτατο δικαστήριο του New Jercey επικύρωσε ένα ορισμό για την ατμοσφαιρική ρύπανση που έχει ως εξής:

«Ρύπανση του αέρα είναι η παρουσία στην ατμόσφαιρα ενός ή περισσοτέρων παραγόντων μόλυνσης σε τέτοιες ποσότητες και τέτοια διάρκεια ώστε να είναι, ή να τείνουν να γίνουν, επιβλαβείς στην ανθρώπινη υγεία ή ευημερία, στη πανίδα και στη χλωρίδα, ή θα μπορούσαν αδικαιολόγητα να επέμβουν στην ανθρώπινη διασκέδαση και ιδιοκτησία...»

Ο άνθρωπος εισπνέει καθημερινά περίπου 15 m^3 αέρα. Η αναπνοή αποτελεί τον κυριότερο τρόπο έκθεσης του σε επικίνδυνες ουσίες. Η φύση της έκθεσης σε ατμοσφαιρικούς ρύπους·και το μέγεθος του πληθυσμού που εκτίθεται δημιουργεί ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την κατανόηση των διεργασιών που προκαλούν ρύπανση της ατμόσφαιρας.

Η εκπομπή ρύπων στην ατμόσφαιρα οφείλεται :

- Σε φυσικές διεργασίες (βιολογικές δραστηριότητες, ηφαίστεια, πυρκαγιές κ.α.)

- Σε ανθρωπογενείς δραστηριότητες (βιομηχανία, παραγωγή ενέργειας, θέρμανση, αυτοκίνητα, κ.ά.).

Η παραγωγή των πρώτων αέριων ρυπαντών από ανθρωπογενείς δραστηριότητες έλαβε χώρα όταν οι άνθρωποι των σπηλαίων έμαθαν να τιθασεύουν τη φωτιά. Από τότε άλλαξαν πολλά. Η τεχνολογική πρόοδος και ο εκσυγχρονισμός οδήγησαν στην ολοένα και μεγαλύτερη υποβάθμιση της ποιότητας του αέρα. Οι βιομηχανίες, τα μέσα μεταφοράς, η αύξηση του πληθυσμού της γης και η αστικοποίηση είναι μερικοί από τους σημαντικότερους παράγοντες, υπεύθυνους για την ατμοσφαιρική ρύπανση

Σε παγκόσμια κλίμακα, οι εκπομπές ορισμένων αέριων ρύπων από την ίδια τη φύση είναι μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες που προέρχονται από

ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Επειδή όμως οι ανθρωπογενείς εκπομπές ρύπων συγκεντρώνονται στις αστικές και βιομηχανικές περιοχές, οι συγκεντρώσεις των ρύπων στις περιοχές αυτές είναι πολλές φορές μεγαλύτερες από τα επιτρεπτά όρια.

Στον **Πίνακα 2.1** αναφέρονται οι κυριότερες διεργασίες με τις οποίες προκαλείται ανθρωπογενής ρύπανση της ατμόσφαιρας.

Διεργασία	**Σκοπός**	**Εκπομπές**
Καύση	θέρμανση, μεταφορές, παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας	Αιωρούμενα σωματίδια, καπνός, CO,SO_2,NO_x, υδρογονάνθρακες κ.α.
Εξάτμιση	Βιομηχανικές εφαρμογές	Αέριοι ρύποι (υδρογονάνθρακες, υδρόθειο, πτητικές οργανικές ενώσεις κ.α.)
Τριβή	Βιομηχανικές εφαρμογές, αστικές δραστηριότητες	Αιωρούμενα σωματίδια

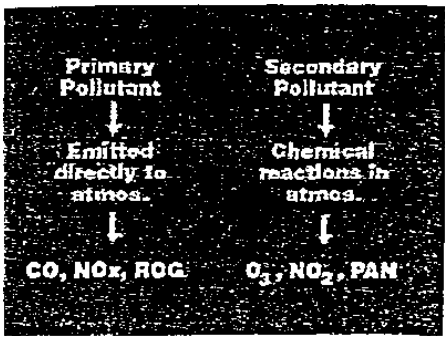
Πίνακας 2.1 :Διεργασίες που προκαλούν ανθρωπογενή ρύπανση της ατμόσφαιρας.

Η ύπαρξη, η συχνότητα και η ένταση επεισοδίων ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε μία αστική περιοχή εξαρτώνται από διάφορες παραμέτρους:

- την ένταση και τη χωρική και χρονική κατανομή των πηγών ρύπανσης,
- την τοπογραφία της περιοχής,
- τις επικρατούσες μετεωρολογικές συνθήκες (μέση ταχύτητα ανέμου, συχνότητα νηνεμίας, εμφάνιση θερμοκρασιακών αναστροφών κλπ) και

- τις διαδικασίες εναπόθεσης.

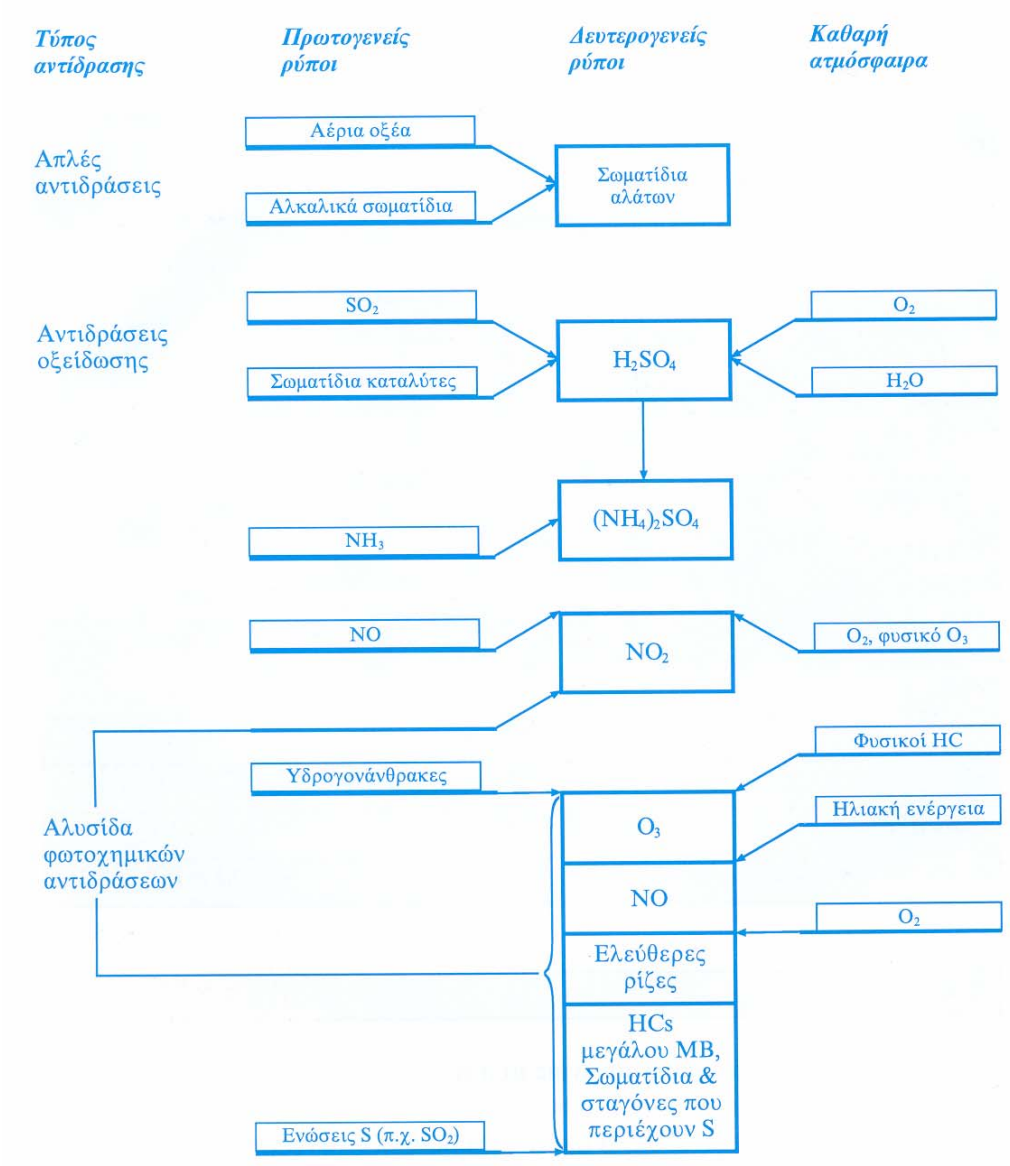
Οι ρύποι που εκπέμπονται απ' ευθείας στην ατμόσφαιρα ονομάζονται **πρωτογενείς** (π.χ. SO_2, NO, υδρογονάνθρακες, κ.ά.). Υπάρχουν όμως και ρύποι που δεν εκπέμπονται από κάποια πηγή, αλλά σχηματίζονται στην ατμόσφαιρα σαν αποτέλεσμα χημικού μετασχηματισμού πρωτογενών ρύπων (π.χ. το SO_3 σχηματίζεται στην ατμόσφαιρα με οξείδωση του πρωτογενούς εκπεμπόμενου SO_2) ή σαν προϊόντα διαφόρων αντιδράσεων (π.χ. όζον, νιτρικό υπεροξυ-ακετύλιο, θειικό αμμώνιο, κ.ά.).



Οι ρύποι αυτοί ονομάζονται **δευτερογενείς** και ο σχηματισμός τους μπορεί να λάβει χώρα σε χρόνο και τόπο διαφορετικό από το χρόνο και τόπο εκπομπής των πρόδρομων ουσιών (precusors) από τις οποίες προέρχονται (**Σχήμα 2.1**).

Σε μία αστική περιοχή, όπου συνήθως υπάρχει συγκέντρωση μεγάλου αριθμού δραστηριοτήτων, η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι δυνατόν να έχει διάφορα δυσμενή αποτελέσματα (**Πίνακας 2.1**):

- Προβλήματα υγείας που σχετίζονται κυρίως με την εισπνοή αερίων και σωματιδίων,
- Επιτάχυνση της φθοράς αρχαίων μνημείων και άλλων κτιρίων,
- Υποβάθμιση υλικών,
- Βλάβες στη χλωρίδα μέσα και γύρω από τις αστικές περιοχές.



Σχήμα 2.1 : Πρωτογενείς και δευτερογενείς ρύποι.

Επίδραση	Είδος ρύπου	Χρονική κλίμακα	Χωρική κλίμακα
Υγεία	Πρωτογενείς ρύποι		
	SO_2	Ώρα και έτος	Τοπική - αστική
	TPM	24ωρο και έτος	Τοπική - αστική
	CO	Ώρα και έτος	Τοπική - αστική
	Pb	Έτος	Τοπική - αστική
	Δευτερογενείς ρύποι		
	O_3	Ώρα και 8ωρο	Τοπική - αστική
	NO_2	Ώρα και 24ωρο	Τοπική - αστική
Χλωρίδα	Πρωτογενείς ρύποι		
	SO_2	Ώρα	Τοπική - αστική
	Δευτερογενείς ρύποι		
	O_3	Ώρα	
Υλικά	SO_2 και υγρασία	Μακροπρόθεσμη (έτος και πλέον)	Τοπική - αστική
Έδαφος και περιβάλλον	Υγρή εναπόθεση		
	Σουλφίδια, νιτρίδια και αμμώνιο	Μακροπρόθεσμη (έτος και πλέον)	Περιφερειακή
	Ξηρή εναπόθεση		
	SO_2	Μακροπρόθεσμη (έτος και πλέον)	Τοπική - περιφερειακή
	NH_3		Τοπική - περιφερειακή
	NO_3		Τοπική - περιφερειακή
	HNO_3		Τοπική - περιφερειακή

Πίνακας 2.1 : Επιδράσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, ρύποι που τις προκαλούν και κλίμακες αποτίμησης.

2.2 Μορφές ατμοσφαιρικών ρύπων

Οι ρύποι βρίσκονται στην ατμόσφαιρα είτε στην αέρια κατάσταση (με τη μορφή αερίων ή ατμών), είτε στη στερεή φυσική κατάσταση (με τη μορφή αιωρούμενων στερεών σωματιδίων ή σταγονιδίων). Ονομάζονται αέριοι ή σωματιδιακοί ρύποι, αντίστοιχα.

Αέριοι ρύποι

- Αέρια (gases). Ουσίες οι οποίες σε φυσική κατάσταση διαχέονται και καταλαμβάνουν το χώρο μέσα στον οποίο περικλείονται. Σε συρθείς συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης δεν εμφανίζονται σε στερεή ή υγρή κατάσταση.

- Ατμοί (vapors). Αέριες μορφές ουσιών που σε συνήθεις συνθήκες βρίσκονται σε υγρή ή στερεή κατάσταση.

Σωματιδιακοί ρύποι

- Κόνεις (dusts). Στερεά σωματίδια μεγάλου σχετικά μεγέθους (μέχρι και 200 μm) που σχηματίζονται ως αποτέλεσμα διάβρωσης ή κατακερματισμού στερεών υλικών (π.χ. σκόνη εδάφους, σωματίδια φυτών, κ.ά.).

- Καπνός (smoke). Λεπτότατα σωματίδια που σχηματίζονται κατά την ατελή καύση ουσιών που περιέχουν άνθρακα.

- Ιπτάμενη τέφρα (fly ash). Λεπτόκοκκα σωματίδια τέφρας στερεών καυσίμων που παρασύρονται με τα καυσαέρια.

- Κάπνα (fume). Στερεά σωματίδια που σχηματίζονται δευτερογενώς στην ατμόσφαιρα από συμπύκνωση ουσιών που βρέθηκαν λόγω ειδικών συνθηκών στην αέρια φάση.

- Ομίχλη (fog). Ορατά σταγονίδια σε διασπορά στην ατμόσφαιρα. Ο όρος| χρησιμοποιείται κυρίως στη μετεωρολογία, όπου η ουσία που βρίσκεται σε διασπορά είναι το νερό.

- Αχλύς (mist). Σταγονίδια αιωρούμενα στην ατμόσφαιρα, που σχηματίζονται από μηχανικές δράσεις ή από συμπύκνωση αερίων.

Για τα σωματίδια και σταγονίδια που βρίσκονται σε διασπορά στην ατμόσφαιρα χρησιμοποιείται πολύ συχνά ο γενικός όρος αιωρούμενα σωματίδια (airborne particulates) ενώ τα κολλοειδούς μεγέθους σωματίδια ονομάζονται και αεροζόλ (aerosols).

2.3 Πρότυπα ποιότητας της ατμόσφαιρας

Για τη διασφάλιση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα, έτσι ώστε να αποκλείονται δυσμενείς επιδράσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στον άνθρωπο, τα ζώα, τα φυτά και το υλικό περιβάλλον, έχουν θεσπιστεί από διάφορες χώρες ή οργανισμούς πρότυπα ποιότητας τον αέρα. Τα πρότυπα αυτά είναι νομικά θεσμοθετημένες ή προτεινόμενες τιμές συγκεντρώσεων ρύπων για καθορισμένες χρονικές περιόδους.

Τα πρότυπα ποιότητας του αέρα εκφράζονται ως οριακές ή κατευθυντήριες·τιμές. Οι πρώτες είναι ανώτατες (οριακές) επιτρεπτές συγκεντρώσεις ρύπων για καθορισμένο χρονικό διάστημα (π.χ. ένα έτος, μία ημέρα, μία ώρα, κ.ά.). Ο στόχος των ορίων είναι, κυρίως, η προστασία της υγείας του ανθρώπου. Οι κατευθυντήριες τιμές εκφράζουν την επιθυμητή ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα, όπως αυτή καθορίζεται από συγκεκριμένους στόχους. Οι κατευθυντήριες τιμές ισχύουν για καθορισμένες χρονικές περιόδους όπως και οι οριακές, και προορίζονται να χρησιμεύσουν για τη μακροπρόθεσμη πρόληψη σε θέματα υγείας και προστασίας του περιβάλλοντος, και ως σημεία αναφοράς για τη θέσπιση ειδικών καθεστώτων σε διάφορες περιοχές (π.χ. ζώνες προστασίας, αρχαιολογικούς χώρους, κ.ά.).

Η διαδικασία θεσμοθέτησης των προτύπων ποιότητας του αέρα είναι πολύπλοκη και διαφέρει από χώρα σε χώρα. Βασικό άξονα της διαδικασίας αυτής αποτελούν τα κριτήρια ποιότητας του αέρα. Αυτά είναι τιμές συγκεντρώσεων ρύπων και χρόνοι έκθεσης σ' αυτούς που συνδέονται με ειδικές επιδράσεις στον άνθρωπο, στα ζώα, στα φυτά και γενικά στο περιβάλλον.

Παράλληλα, καθορίζονται οι στόχοι για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα. Ο ιδανικός στόχος για τις κατοικημένες περιοχές είναι, φυσικά, ίδια ποιότητα αέρα με τις μη ρυπασμένες περιοχές.

Με βάση τα κριτήρια και τους στόχους ποιότητας του αέρα διαμορφώνονται τα πρότυπα ποιότητας του αέρα. Στην τελική διαμόρφωση των προτύπων υπεισέρχονται και άλλες παράμετροι, όπως η ατμοσφαιρική διασπορά κάθε τόπου, οι ατμοσφαιρικές χημικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα και, κυρίως, οικονομικές, τεχνικές και πολιτικές παράμετροι.

Το γεγονός αυτό έχει οδηγήσει σ' ένα πλήθος ορίων διαφορετικών από χώρα σε χώρα. Στην Ελλάδα ισχύουν τα όρια που έχουν θεσπιστεί ή προταθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση για τα κράτη μέλη με βάση αποτελέσματα σχετικών μελετών της Παγκόσμιας Οργάνωσης Υγείας ή άλλων αναγνωρισμένων ερευνητικών κέντρων. Τέτοια όρια έχουν θεσπιστεί για τους βασικούς ατμοσφαιρικούς ρύπους, όπως SO_2 NO_2:, CO, O_3, ολικά αιωρούμενα σωματίδια, καπνό, κ.ά.

Τα διάφορα κράτη έχουν θεσπίσει, επίσης, όρια που έχουν ισχύ μόνον σε ορισμένες περιοχές και έχουν στόχο την αντιμετώπιση της τοπικής ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Έτσι, με την κυβερνητική ανακοίνωση «Μέτρα για την αντιμετώπιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης της Αθήνας» (15/1/1982) θεσπίστηκαν όρια πάνω από τα οποία είναι αναγκαία η εφαρμογή μέτρων

Τα όρια αυτά είναι γνωστά ως «όρια επιφυλακής>. Όταν οι συγκεντρώσεις των ρύπων υπερβούν τα όρια επιφυλακής, τότε τίθενται σε ετοιμότητα οι αρμόδιες υπηρεσίες για την ενημέρωση τόσο των πολιτών όσο και των αρχών σχετικά μ£ την κατάσταση του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος. Αν οι συγκεντρώσεις των ρύπων ξεπεράσουν τα όρια «συναγερμού» και «έκτακτης ανάγκης> (πρώτη και δεύτερη βαθμίδα μέτρων) και συγχρόνως υπάρχει πρόβλεψη συνέχισης των συνθηκών που συντελούν στη συσσώρευση της ρύπανσης, τότε λαμβάνονται διάφορα περιοριστικά μέτρα ώστε να μειωθούν οι εκπομπές των ρύπων από .τις διάφορες πηγές, ανάλογα με το ρύπο ο οποίος έχει υπερβεί τα παραπάνω όρια. τα μέτρα αυτά κλιμακώνονται για διάφορες περιοχές και χρονικές περιόδους της ημέρας, ανάλογα με την έκταση του επεισοδίου ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Τα όρια της Αθήνας έχει υιοθετήσει και η Θεσσαλονίκη.

Τέλος, για να επιτευχθεί η ποιότητα του αέρα, όπως αυτή καθορίζεται από τα πρότυπα ποιότητας, απαιτείται έλεγχος στις πηγές εκπομπής ρύπων στην ατμόσφαιρα. Για το σκοπό αυτό θεσπίστηκαν τα πρότυπα εκπομπής, τα οποία εκφράζουν ανώτατες επιτρεπτές συγκεντρώσεις ρύπων στο σημείο εκπομπής.

Κεφάλαιο 3 : Ατμοσφαιρικοί ρύποι

3.1 Γενικά

Στην ατμόσφαιρα των αστικών περιοχών υπάρχει ένα πλήθος από ρύπους, αέριους ή σωματιδιακούς, ανόργανους ή οργανικούς. Μια πρόχειρη κατηγοριοποίηση των ρύπων που εκπέμπονται καθημερινά στο περιβάλλον είναι η ακόλουθη:

- Μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα (CO, CO_2)
- Οξείδια του θείου (SO_2, SO_3) και ενώσεις που περιέχουν θείο (OCS, CH_3SCH_3, κτλ.).
- Οξείδια του αζώτου (N_2O και NO_X, NO, NO_2) και NH_3.
- Οργανικές ενώσεις που περιέχουν άνθρακα (CH_4, υδρογονάνθρακες και γενικότερα πτητικές οργανικές ενώσεις,
- Σωματιδιακή ύλη.

Από τον **Πίνακα 3.1** μπορούμε να δούμε ότι το περισσότερο μονοξείδιο του άνθρακα παράγεται από τις μηχανές εσωτερικής καύσης. Η μεγαλύτερη ποσότητα των οξειδίων του θείου (SO_2, SO_3) προέρχεται από τις μονάδες παραγωγής ενέργειας και τις βιομηχανίες. Το μεγαλύτερο ποσοστό οξειδίων του αζώτου (NO_2, NO) προέρχεται από τις μηχανές εσωτερικής καύσης, ενώ η καύση καυσίμων κατέχει τη δεύτερη θέση. Το μεγαλύτερο ποσοστό σωματιδιακών εκπομπών και εκπομπών υδρογονανθράκων οφείλεται, επίσης, στις μηχανές εσωτερικής καύσης, αλλά μεγάλες εκπομπές παρατηρούνται και σε βιομηχανικές μονάδες.

ΠΗΓΗ	ΡΥΠΟΣ (εκατομμύρια τόνοι / έτος)					
	CO	SO_2, SO_3	NO, NO_2	H/C	Σωματίδια	ΣΥΝΟΛΟ
Μεταφορές:						
Αυτοκίνητο	67,3	0,3	7,0	12,7	0,7	88
Άλλα	3,9	0,1	1,0	1,1	0,5	6,6
Σύνολο	71,2	0,4	8,0	13,8	1,2	94,6
ΚΑΥΣΕΙΣ						
Παρ.Ηλεκτρ.Ενέργειας	0,1	14	3,5	-	2,3	19,9
Βιομηχανία	0,3	5,5	3,1	0,1	3,0	12
Οικιακή Θέρμανση	1,3	1,8	0,5	0,6	0,4	4,6
Άλλα	0,2	0,7	0,4	-	0,3	1,6
Σύνολο	1,9	22,0	7,5	0,7	6,0	38,1
Επεξεργασία Στερεών Αποβλήτων	4,5	0,1	0,7	1,4	1,2	7,9
Διάφορες κατεργασίες	7,8	7,2	0,2	3,5	5,9	24,6
Διάφορα	1,2	0,6	0,2	4,2	0,4	6,6
Σύνολο	86,6	30,3	16,6	23,6	14,6	172,8

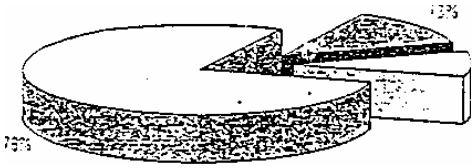
Πίνακας 3.1 : Οι κυριότεροι ρύποι και οι πηγές τους

Παρακάτω θα εξεταστούν εκείνοι οι ρύποι που αποτελούν βασικές παραμέτρους ατμοσφαιρικής ρύπανσης και για τους οποίους έχουν θεσπιστεί ανώτατες επιτρεπτές συγκεντρώσεις στην ατμόσφαιρα των κατοικημένων περιοχών.

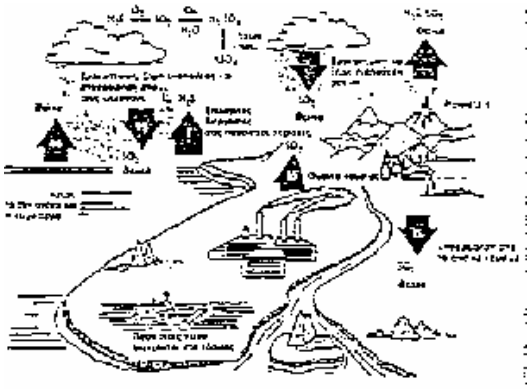
3.2 Διοξείδιο του θείου

3.2.1 Γενικά

Το SO_2 είναι αέριο άχρωμο με δηκτική οσμή. Αποτελεί τη σημαντικότερη από τις ενώσεις του θείου που βρίσκουμε στην ατμόσφαιρα. Οι πηγές των θειούχων. ενώσεων είναι φυσικές και ανθρωπογενείς. Το ποσοστό συμμετοχής κάθε μιας από αυτές στις παγκόσμιες εκπομπές θείου δίδεται στο **Σχήμα 3.2**



Σχήμα 3.2 : Ποσοστό συμμετοχής κάθε μιας από αυτές στις παγκόσμιες εκπομπές θείου



Σχήμα 3.3 : Απομάκρυνση από την ατμόσφαιρα διαμέσου ξηρής ή υγρής εναπόθεσης

Το στοιχείο θείο στο περιβάλλον παρέχει ένα εξαιρετικό παράδειγμα μελέτης του βιογεωχημικού κύκλου, που περιλαμβάνει τη βιόσφαιρα, τη λιθόσφαιρα, την υδρόσφαιρα και την ατμόσφαιρα. Οι βιογεωχημικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στα εδάφη, τα ιζήματα και τα νερά παίζουν ένα σημαντικό ρόλο στο φυσικό κύκλο του θείου ανάμεσα στους ωκεανούς και τη χερσαία γη, διαμέσου της ατμόσφαιρας και των ποταμών. Τα θειούχα αέρια εκπέμπονται από ανθρώπινες δραστηριότητες και φυσικές διεργασίες ενώ οι ρυθμοί εκπομπής τους ποικίλλουν ανάλογα με την πηγή, την εποχή καθώς και το γεωγραφικό πλάτος. Κατά την εκπομπή τους στην ατμόσφαιρα, τα θειούχα

αέρια υφίστανται μια σειρά χημικών διεργασιών, με σημαντικότερη το σχηματισμό θειικών αλάτων. Ακολουθεί η απομάκρυνση τους από την ατμόσφαιρα διαμέσου ξηρής ή υγρής εναπόθεσης (**Σχήμα 3.3).**

Οι κύριες ανθρωπογενείς δραστηριότητες που εκπέμπουν $S0_2$ (>90% του SO_2 εκπέμπεται από ανθρωπογενείς πηγές) είναι οι καύσεις κάρβουνου, πετρελαίου και πυριτών. Η συμμετοχή των καύσεων αυτών στις ανθρωπογενείς εκπομπές SO_2 είναι 60%, 30% και 10%, αντίστοιχα. Οι αντιδράσεις σχηματισμού $S0_2$ κατά την καύση ορυκτών καυσίμων δίνονται παρακάτω:

$$S + O_2 \rightarrow SO_2$$

$$2SO_2 + O_2 = 2SO_3$$

Η ποσότητα του SO_3 που σχηματίζεται είναι μικρή και εξαρτάται από τις συνθήκες των αντιδράσεων, κυρίως από τη θερμοκρασία.

Διοξείδιο του θείου σχηματίζεται και με τις διάφορες βιομηχανικές διεργασίες κατά την παραγωγή μετάλλων από θειούχα ορυκτά, π.χ.

$$2ZnS + 3\,O_2 \rightarrow 2ZnO + 2\,SO_2$$

Η συγκέντρωση του SO_2 στην ατμόσφαιρα μιας περιοχής αποτελεί μέτρο του βαθμού ρύπανσης της. Σε κατοικημένες περιοχές, η συγκέντρωση του SO_2 μπορεί να φθάσει μέχρι και 1,5 ppm (3900 μg/ m^3), ενώ σε απομακρυσμένες περιοχές κυμαίνεται μεταξύ 0,2-0,4 ppb (1-2 μg/ m^3).

3.2.2 Μηχανισμοί απομάκρυνσης

Η μισή περίπου ποσότητα του εκπεμπόμενου SO_2 απομακρύνεται από την ατμόσφαιρα διαμέσου της ξηρής και υγρής εναπόθεσης. Το υπόλοιπο ποσό του $S0_2$ απομακρύνεται διαμέσου οξειδωτικών μηχανισμών, αντιδρώντας με οξειδωτικά της ατμόσφαιρας, όπως H_2O_2, OH και O_3 προς σχηματισμό θειικών ιόντων (SO_4^{2+}). Ο σημαντικότερος από αυτούς τους μηχανισμούς είναι με το H_2O_2 στην υγρή φάση καθώς με τον τρόπο αυτό απομακρύνονται παγκοσμίως 29,3 Tg/y SO_2. Ο χρόνος του κύκλου ζωής του SO_2 έχει υπολογισθεί σε 1,6 d.

3.2.3 Τοξικότητα

Το SO_2 έχει δυσάρεστη και πνιγηρή οσμή. Σε υψηλές συγκεντρώσεις (>20 ppm) επιδρά στο αναπνευστικό σύστημα και είναι δυνατό να προκαλέσει τη δημιουργία πνευμονικού οιδήματος. Σε χαμηλές συγκεντρώσεις (0,1-0,7 ppm) αλλά σε μακροχρόνια βάση παρατηρείται αύξηση των αναπνευστικών νοσημάτων. Η ταυτόχρονη παρουσία καπνού (αιθάλης) και ομίχλης επιτείνει τα φαινόμενα και αυξάνει τη θνησιμότητα.

Συγκέντρωση SO_2, ppm	**Συμπτώματα**
3-5	Αντιληπτή η οσμή
8-12	Ερεθισμός του φάρυγγα
20	Ερεθισμός οφθαλμών
50-100	Μέγιστη διάρκεια παραμονής 30'
400-500	Επικίνδυνη έστω και βραχεία έκθεση

Πίνακας 3.2 : Επίδραση συγκεντρώσεως του SO_2 στον άνθρωπο

Το SO_2 επιδρά καταστρεπτικά και σε αρκετά είδη φυτών. Έκθεση σε μεγάλες συγκεντρώσεις SO_2 για μικρό χρονικό διάστημα προκαλεί «οξεία» δηλητηρίαση του φυτού με νεκρώσεις τμημάτων των φύλλων, τα οποία τελικά ξεραίνονται. Μακρόχρονη έκθεση σε μικρότερες συγκεντρώσεις προκαλεί «χρόνιες» δηλητηριάσεις του φυτού που χαρακτηρίζεται με βαθμιαίο κιτρίνισμα των φύλλων εξαιτίας της αναστολής του μηχανισμού παραγωγής της χλωροφύλλης. Οι οξείες δηλητηριάσεις οφείλονται στην ικανότητα του φυτού να μετατρέπει το απορροφούμενο σε H_2SO_4 και τελικά σε θειικά άλατα. Όταν τα άλατα αυτά συσσωρευτούν στους μίσχους των φύλλων τότε παρατηρούνται τα αναφερθέντα συμπτώματα.

Το SO_2 επιδρά δυσμενώς και σε ορισμένα υλικά:

- Αυξάνεται ο χρόνος ξήρανσης των ελαιοχρωμάτων.

- Αυξάνεται η διάβρωση των μετάλλων κατά μεγάλο βαθμό (σίδηρος, χάλυβας και ψευδάργυρος προσβάλλονται περισσότερο).

- Τα υφάνσιμα υλικά (βαμβάκι, μαλλί), δέρμα και το χαρτί προσβάλλονται από το, μειώνεται η ανθεκτικότητα τους και αποχρωματίζονται.

- Αυξάνεται η διάβρωση των οικοδομικών υλικών. Προσβάλλεται, ιδιαίτερα, το μάρμαρο που είναι μικροκρυσταλλικό ανθρακικό ασβέστιο, $CaCo_3$, καθώς και όλα τα ανθρακικά άλατα. Τέτοια προβλήματα έχουν δημιουργηθεί με τα αρχαία μνημεία στη χώρα μας. Ιδιαίτερα, έχει προσβληθεί ο Παρθενώνας.

3.2.4 Περιορισμός των εκπομπών $S0_2$

Η ρύπανση της ατμόσφαιρας από SO_2 μπορεί να περιοριστεί με τη λήψη κατάλληλων μέτρων, τα κυριότερα από τα οποία είναι:

- Χρήση στερεών καυσίμων με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο.

- Αποθείωση υγρών καυσίμων. Παρά το υψηλό κόστος, απαιτείται για τον περιορισμό της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, κυρίως, σε κατοικημένες περιοχές. Απομάκρυνση του SO_2 από τα βιομηχανικά αερολύματα.

Οι κυριότερες μέθοδοι απομάκρυνσης του από τα αερολύματα των βιομηχανιών είναι:

- Ανάμιξη των κονιοποιημένων καυσίμων με σκόνη CaO, $CaCO_3$, ή Na_2CO_3

- Απορρόφηση του SO_2 με διαλύματα ή αιωρήματα CaO, $CaCO_3$, ή Na_2CO_3, MgO, ή μίγματα τους.

- Πλύση των αερολυμάτων με διάλυμα κιτρικών.

- Καταλυτική μετατροπή του SO_2 προς SO_3, το οποίο δίνει ένα σχετικό αραιό διάλυμα θειικού οξέος. (75-80%).

3.2.5 Προσδιορισμός διοξειδίου του θείου

Επειδή το SO_2 είναι ένας πολύ κοινός ρύπος, πολλές μέθοδοι έχουν αναπτυχθεί για τον προσδιορισμό των συγκεντρώσεων του στην ατμόσφαιρα. Οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενες χημικές μέθοδοι περιλαμβάνουν φασματοφωτομετρικό, αγωγιμομετρικό και ηλεκτροχημικό προσδιορισμό, ενώ οι φυσικές περιλαμβάνουν προσδιορισμό με φλογοφωτομετρία και φασματοσκοπία εκπομπής ή απορρόφησης.

Πολλές από τις μεθόδους αυτές είναι αυτοματοποιημένες. Γενικά, όμως, όλες οι μέθοδοι προσδιορισμού SO_2 δεν χαρακτηρίζονται από πολύ μεγάλη ευαισθησία

Το πρακτικό όριο ανίχνευσης των αναλυτών που διατίθενται στο εμπόριο είναι περίπου 10 ppb, το οποίο είναι βέβαια ικανοποιητικό για τις συγκεντρώσεις του SO_2 σε κατοικημένες περιοχές, όχι όμως και για απομακρυσμένες περιοχές, όπου το SO_2 βρίσκεται σε συγκεντρώσεις πολύ χαμηλότερες των 20 ppb.

Παρακάτω, θα αναπτυχθούν οι κυριότερες από τις μεθόδους προσδιορισμού SO_2 .

3.2.5. α Φασματοφωτομετρικός προσδιορισμός 5O2 (Μέθοδος West - Gaeke)

<u>Αρχή μεθόδου</u>: Ο προσδιορισμός του στηρίζεται στη διαβίβαση ορισμένου όγκου ατμοσφαιρικού αέρα μέσα από απορροφητικό διάλυμα τετραχλωροϋδραργυρικου καλίου (TCM) προς σχηματισμό του σταθερού, μη πτητικού, διχλωρο-θειωδο-υδραργυρικου ιόντος, σύμφωνα με την αντίδραση:

$$|2\ SO_2 + [HgCl_4] = + 2H_2O \text{ -> } [Hg(SO_3)_2]= + 4Cl^- + 4H^+$$

Με την προσθήκη διαλύματος παραροζαντλίνης και φορμαλδεΰδης σχηματίζεται το έντονα χρωματισμένο παραροζανιλινο-μεθυλο-σουλφονικό οξύ. Το pH του τελικού διαλύματος ρυθμίζεται στο 1,6 ±0,1 με προσθήκη 3M H_3PO_4 στο διάλυμα της παραροζαντλίνης, επειδή ο μοριακός συντελεστής απορρόφησης του έγχρωμου προϊόντος εξαρτάται από το pH.

Η μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί για συγκεντρώσεις SO_2 από 0,01 μέχρι 5ppm με ελάχιστο όριο ανίχνευσης 0,01 ppm σε 30l αέρα. Χαμηλότερο όριο ανίχνευσης δεν μπορεί να επιτευχθεί με δειγματοληψία μεγαλύτερου όγκου αέρα, εξαιτίας της μικρής απορροφητικής ικανότητας του TCM σε χαμηλότερες συγκεντρώσεις $S0_2$.

Παρεμποδίσεις: Οι κυριότερες παρεμποδίσεις της μεθόδου προκαλούνται από την παρουσία NO_x, O_3 και βαρέων μετάλλων. Οι παρεμποδίσεις αυτές μπορούν να εξουδετερωθούν με τους παρακάτω τρόπους:

- Προσθήκη διαλύματος σουλφαμικου οξέος, το οποίο καταστρέφει τα νιτρώδη ιόντα που σχηματίζονται από την απορρόφηση των NO_x στο διάλυμα του τετραχλωροϋδραργυρικου καλίου.

- Μέτρηση της απορρόφησης του σχηματιζόμενου έγχρωμου ιόντος 20 περίπου λεπτά μετά τη δειγματοληψία, ώστε να διασπαστεί το διαλυμένο O_3.

- Προσθήκη EDTA για συμπλοκοποίηση των βαρέων μετάλλων, τα οποία μπορούν να οξειδώσουν το $S0_2$ πριν αυτό αντιδράσει με το TCM.

3.2.5.β Αγωγιμομετρικός προσδιορισμός SO_2

Αρχή: Ο αγωγιμομετρικός προσδιορισμός SO_2 είναι μία από τις οξυμετρικές μεθόδους προσδιορισμού $2O_2$, στις οποίες περιλαμβάνεται, επίσης, ο

ογκομετρικός και ο πεχαμετρικός προσδιορισμός. Η αρχή, γενικά, των οξυμετρικών μεθόδων στηρίζεται στη διαβίβαση ορισμένου όγκου

ατμοσφαιρικού αέρα μέσα από απορροφητικό διάλυμα αραιού H_2O_2, οπότε το $5O_2$ οξειδώνεται προς H_2SO_4, σύμφωνα με την αντίδραση:

$$SO_2 + H_2O_2 \rightarrow 2H^+ + SO_4$$

Το H_2SO_4 μπορεί να προσδιοριστεί είτα ογκομετρικά είτε ηλεκτρικά, με μέτρηση της αγωγιμότητας ή του ρH του διαλύματος απορρόφησης. Στην περίπτωση της αυτόματης μέτρησης της αγωγιμότητας έχουμε τον αυτόματο αγωγιμομετρικό προσδιορισμό του SO_2.

Η αγωγιμότητα ενός διαλύματος είναι γραμμική εξάρτηση της συγκέντρωσης ενός ισχυρού ηλεκτρολύτη για μία μεγάλη περιοχή συγκεντρώσεων. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την περιοχή συγκεντρώσεων και την ευαισθησία της μεθόδου είναι , το μέγεθος και η θέση των ηλεκτροδίων, ο όγκος του αντιδραστηρίου απορρόφησης ο όγκος του αέριου δείγματος, κ. ά.

Παρεμποδίσεις: Γενικά, κάθε αέριο, το οποίο απορροφάται γρήγορα στο υδατικό διάλυμα του H_2O_2 προς σχηματισμό ενός ισχυρού οξέος, προκαλεί θετική παρεμπόδιση. Το SO_2, όμως, είναι το μόνο αέριο συστατικό της ατμόσφαιρας σε μεγάλη συγκέντρωση, που παρουσιάζει αυτή τη χημική συμπεριφορά. Σοβαρότερη παρεμπόδιση (αρνητική) προκαλεί η παρουσία αλκαλικών αερίων στο δείγμα του ατμοσφαιρικού αέρα (π.χ. NH_3). Ο βαθμός της παρεμπόδισης που προκαλεί μία ουσία μπορεί να εκφραστεί σε ισοδύναμα SO_2. Μικρή παρεμπόδιση μπορεί να προκληθεί και από το CO_2 του ατμοσφαιρικού αέρα, το οποίο απορροφάται μαζί με το SO_2 και συμβάλλει στην αύξηση της αγωγιμότητας. Η παρεμπόδιση αυτή μπορεί περιοδικά να μετριέται (με απομάκρυνση του SO_2 από το δείγμα του ατμοσφαιρικού αέρα) και να γίνεται η ανάλογη διόρθωση. Τέλος, όξινα και αλκαλικά αιωρούμενα σωματίδια που υπάρχουν στον ατμοσφαιρικό αέρα, επίσης, παρεμποδίζουν. Τα σωματίδια

αυτά μπορούν να απομακρυνθούν με διήθηση, μολονότι προσροφούν ένα μέρος του SO_2.

3.2.5.γ Φλογοφωτομετρικός προσδιορισμός SO_2

Η καλύτερη μέθοδος προσδιορισμού SO_2 στην ατμόσφαιρα είναι η φλογοφωτομετρική ανίχνευση μετά από αεριοχρωματογραφικό διαχωρισμό του από τις υπόλοιπες θειούχες ενώσεις.

Αρχή μεθόδου: Όταν θειούχες ενώσεις καίγονται σε φλόγα αναγωγική (με περίσσεια H_2), άτομα S ανασυνδέονται προς διεγερμένα μόρια S_2 σύμφωνα με την·αντίδραση:

$$S + S + M \rightarrow S_2^* \text{ (όπου M: μόρια συστατικών του αέρα)}$$

Κατά την αποδιέγερση των μορίων αυτών παρατηρείται εκπομπή ακτινοβολίας (χημειοφωταύγεια) στην περιοχή 300-425 nm. Την αντίδραση αυτή δίνουν όλες οι αέριες θειούχες ενώσεις που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα [SO_2, H_2S, CH_3SH και $(CH_3)_2S$]. Με κατάλληλο διαχωρισμό των ενώσεων αυτών σε αεριοχρωματογραφική στήλη μπορεί να επιτευχθεί προσδιορισμός κάθε ένωσης χωριστά.

Για το σκοπό αυτό, το αέριο δείγμα αναρροφάται μέσα από στήλη αέριας χρωματογραφίας και οι θειούχες ενώσεις που εκλύονται διαβιβάζονται μέσα από φλόγα υδρογόνου όπου σχηματίζονται διεγερμένα μόρια S_2. Η ακτινοβολία

που εκπέμπεται από τα μόρια αυτά περνά μέσα από οπτικά φίλτρα και ανιχνεύεται από έναν φωτοπολλαπλασιαστή.

Παρεμποδίσεις: Η φλογοφωτομετρική ανίχνευση βασίζεται στην απομόνωση, με τη βοήθεια οπτικών φίλτρων, της ακτινοβολίας στην περιοχή 394 ± 5 nmι, όπου εκπέμπει το θείο. Άλλες περιοχές του φάσματος όπου εκπέμπει το θείο με την ίδια σχεδόν ένταση είναι στα 374 και 383,8 nm, τα οποία είναι επίσης κατάλληλα για τον ποσοτικό προσδιορισμό των θειούχων ενώσεων.

Γενικά, κάποια ουσία θα μπορούσε να παρεμποδίζει αν συνέτρεχαν οι τρεις παρακάτω λόγοι:

- Να εκπέμπει στην ίδια περιοχή του φάσματος που απομονώνεται από τα φίλτρα.
- Να έχει πολύ κοντινό χρόνο έκλυσης με τις θειούχες ενώσεις.
- Να υπάρχει στο δείγμα σε συγκεντρώσεις ανιχνεύσιμες κάτω από τις χρησιμοποιούμενες συνθήκες.

Σημαντική παρεμπόδιση στα 394 nm θα μπορούσε να προκαλέσει ο φωσφόρος. Όμως, στην ατμόσφαιρα, συνήθως, δεν υπάρχουν αέρια που περιέχουν P (εκτός αν σε κοντινή απόσταση γίνεται παραγωγή οργανοφωσφορικών ζιζανιοκτόνων).

Και πάλι, θεωρείται απίθανο οι ενώσεις του φωσφόρου να έχουν τον ίδιο χρόνο, συγκράτησης στη στήλη με τις θειούχες ενώσεις.

Ο ατμοσφαιρικός αέρας, επίσης, δίνει μετρήσιμο σήμα στα 394 nm και ενισχύει το υπόβαθρο σήμα (θόρυβο) της μεθόδου, αλλά δεν θεωρείται σημαντική παρεμπόδιση.

3.2.5.δ Φθορισμομετρικός προσδιορισμός $S0_2$

Εκπομπή φθορισμού παρατηρείται όταν τα μόρια απορροφούν ακτινοβόλο ενέργεια σ' ένα μήκος κύματος και επανεκπέμπουν μέρος της ενέργειας σε άλλο (μεγαλύτερο) μήκος κύματος. Στα αέρια, το φαινόμενο του φθορισμού εμφανίζεται σε χαμηλές πιέσεις και, κατά κανόνα, εξαφανίζεται σε πιέσεις που πλησιάζουν την ατμοσφαιρική. Παρόλα αυτά, όταν υπάρχει πηγή μονοχρωματικής ακτινοβολίας, κατάλληλης έντασης, η μέθοδος μπορεί κατ' αρχήν να αποτελέσει τη βάση για εκλεκτικό προσδιορισμό ιχνών αερίων (π.χ. $S0_2$), τα οποία παρουσιάζουν έντονο φθορισμό. Οι συσκευές φθορισμομετρικου προσδιορισμού SO_2 μπορούν να προσδιορίσουν τόσο χαμηλές (0,5-1000 ppb)

όσο και υψηλές συγκεντρώσεις (0,5-1000 ppb). Το μειονέκτημα της μεθόδου είναι ο σχετικά μεγάλος χρόνος απόκρισης (~ 2 min) σε σχέση με το φλογοφωτομετρικό προσδιορισμό.

3.2.5.ε Φασματοσκοπία απορρόφησης

Ο προσδιορισμός των αέριων θειούχων ενώσεων μπορεί να γίνει και με βάση την απορρόφηση υπέρυθρης ή υπεριώδους ακτινοβολίας. Τα φάσματα απορρόφησης είναι χαρακτηριστικά των ενώσεων που απορροφούν, ενώ οι πληροφορίες που περιέχονται στο φάσμα ενός αέριου δείγματος είναι αρκετές για να επιτευχθεί εκλεκτικός προσδιορισμός κάθε συστατικού του. Το πρόβλημα έγκειται στη λήψη των πληροφοριών αυτών από τα φάσματα.

Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί δύο νέες μέθοδοι αναγωγής των φασματικών πληροφοριών σε απλά ποσοτικά δεδομένα και έχουν εφαρμοσθεί σε εμπορικά διαθέσιμα όργανα. Πρόκειται για τις μεθόδους της φασματοσκοπίας παραγώγων (derivative spectroscopy) και της φασματοσκοπίας συσχέτισης (correlation spectroscopy), και οι δύο από τις οποίες στηρίζονται στην απορρόφηση της υπεριώδους ακτινοβολίας.

Στη φασματοσκοπία παραγώγων, το σήμα που παράγεται από την πρόσπτωση της ακτινοβολίας στο φράγμα του μονοχρωμάτορα ενισχύεται αναλογικά ως προς τη δεύτερη παράγωγο του φάσματος απορρόφησης. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται σημαντική αύξηση της ευαισθησίας και εκλεκτικότητας σε σύγκριση με την απλή φασματοφωτομετρία απορρόφησης, τα δε όρια ανίχνευσης είναι της τάξης του ppb.

Στη φασματοσκοπία συσχέτισης, το φάσμα απορρόφησης του ατμοσφαιρικού αέρα συσχετίζεται με μια μάσκα, η οποία είναι φωτογραφική αναπαράσταση του φάσματος του αέριου συστατικού που προσδιορίζεται και φέρει σχισμές στα μήκη κύματος, όπου αυτό απορροφά. Αν και η απορρόφηση του φωτός από άλλα αέρια μπορεί να προκαλέσει κάποια επικάλυψη, κανένα άλλο αέριο δεν μπορεί να συσχετιστεί με τη μάσκα σ' όλη την έκταση του φάσματος, γεγονός που προσδίδει στην τεχνική μεγάλη εκλεκτικότητα.

3.3 Υδρόθειο

3.3.1 Γενικά

Το υδρόθειο είναι αέριο άχρωμο με πολύ δυσάρεστη χαρακτηριστική μυρωδιά. Η μυρωδιά του H_2S είναι η μυρωδιά που παράγεται από τη σήψη των θειούχων λευκωμάτων (μυρωδιά χαλασμένων αυγών). Είναι ένα πολύ τοξικό και επικίνδυνο αέριο. Σχεδόν όλο το υπάρχον H_2S στην ατμόσφαιρα (εκπομπές της τάξης των ~ 10 τόνων / έτος) προέρχεται από αναερόβια αποσύνθεση οργανικών ενώσεων ή από την αναγωγή SO_4^{2-} με τη βοήθεια βακτηριδίων. Το 15% προέρχεται από τη ξηρά και το 25% από τη θάλασσα. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες προσθέτουν περίπου 3 10^6 τόνους / έτος, κυρίως μέσω των βιομηχανιών διύλισης πετρελαίου, χάρτου, πλαστικών, αεριοποίησης άνθρακα κτλ. Η μέση τιμή του H_2S στην ατμόσφαιρα είναι της τάξης των 0,2 ppb. Η τιμή του στις πόλεις μπορεί να φθάσει σε περίοδο αιχμής τα 120 $\mu g/m^3$ με μια συνηθισμένη κατάσταση στα $\mu g/m^3$. Το υδρόθειο δεν φαίνεται να οξειδώνεται εύκολα στην ατμόσφαιρα από O_2 προς SO_2 . Το O_3 εμφανίζει μια ελαφρώς μεγαλύτερη δραστικότητα για την οξείδωση του H_2S στην ατμόσφαιρα με ένα ρυθμό, έτσι κι αλλιώς, αρκετά αργό. Ακόμα και σ' αυτή την περίπτωση, η αντίδραση χρειάζεται κατάλυση από αεροζόλ σωματιδιακής ύλης.

3.3.2 Τοξικότητα

Το υδρόθειο δεν αποτελεί τόσο επικίνδυνο αέριο ρύπο όσο το διοξείδιο του θείου. Παρόλα αυτά, στο παρελθόν έλαβαν χώρα διάφορα σοβαρά ατυχήματα από εκπομπές υδρόθειου, που οδήγησαν ακόμα και σε θανάτους. Τα συμπτώματα της δηλητηρίασης περιλαμβάνουν ερεθισμό του αναπνευστικού και βλάβες στο κεντρικό νευρικό σύστημα.

Το υδρόθειο αντιδρά με χρωστικές ουσίες (μπογιές) που έχουν βάση τον μόλυβδο ($Pb^{2++} + H_2S$ ->· $PbS + 2H^+$) και τις καταστρέφει.

3.3.3 Προσδιορισμός H_2S

Για τον προσδιορισμό του H_2S στον ατμοσφαιρικό αέρα χρησιμοποιείται κυρίως η εργαστηριακή μέθοδος κατά την οποία γνωστός όγκος αέρα διαβιβάζεται σε πλυντρίδα αερίου όπου υπάρχει υδατικό αιώρημα $Cd(OH)_2$, οπότε με την παρουσία του σχηματίζεται CdS κατά την αντίδραση:

$$Cd(OH)_2 - H_2S \rightarrow CdS + 2H_2O$$

Στη συνέχεια, το αιώρημα διηθείται ή φυγοκεντρείται και το λαμβανόμενο μίγμα CdS και $Cd(OH)_2$ διαλυτοποιείται με πολύ αραιό HCl και τα θειούχα ιόντα προσδιορίζονται με τη μέθοδο του σχηματισμού του κυανού του μεθυλενίου. Δηλαδή, τα θειούχα ιόντα αντιδρούν με την π-αμινο-διμεθυλοαντλίνη και $FeCl_3$; σε όξινο με H_2SO_4 διάλυμα. Το σχηματιζόμενο προϊόν είναι το κυανού του μεθυλενίου, του οποίου η συγκέντρωση μετράται φασματοφωτομετρικά στα 670 nm. Παρεμποδίζει η παρουσία O_3, Cl_2 και NO_x. Κατά τη διάρκεια της δειγματοληψίας, τα δοχεία κατακρατήσεως του H_2S πρέπει να προστατεύονται από το φως για να αποφευχθεί διάσπαση του CdS.

Άλλοι τρόποι προσδιορισμού του H_2S είναι:

Η δέσμευση του ως CdS , όπως έχει περιγραφεί παραπάνω και στην συνέχεια η αιώρηση του ιζήματος σε μερικά cm^3 ύδατος, όπου προστίθενται 2-3 σταγόνες οξικού οξέος. Το οξικό οξύ δεν διαλύει το CdS, αλλά το όξινο περιβάλλον εμποδίζει την οξείδωση των θειούχων ιόντων προς θειικά όταν προστεθεί το διάλυμα του ιωδίου.

Στη συνέχεια, προστίθεται ορισμένη περίσσεια προτύπου διαλύματος ιωδίου και υδροχλωρικό οξύ, ώστε το όλο διάλυμα να είναι 1-2 M ως προς το HCl. Αμέσως, το CdS διαλυτοποιείται, σύμφωνα με την αντίδραση :

$$CdS + 2H^+ \Leftrightarrow Cd^{++} + H_2S$$

και το εκλυόμενο H_2S αντιδρά ποσοτικά με ισοδύναμη ποσότητα ιωδίου

$$H_2S + I^-_3 \Leftrightarrow S^0 + 3I^- + 1H^+$$

οπότε η περίσσεια του ιωδίου επανογκομετρείται με κανονικό διάλυμα θειοθειικου νατρίου:

$$I^-_3 + 2S_2O_3 \Leftrightarrow S_4O_6^{--} + 3I^-$$

Η δέσμευση του H_2S σε φίλτρα χάρτου που έχουν διαβραχεί με διάλυμα $AgNO_3$ προτιμότερο με διάλυμα $Pb(CH_3COO)_2$, οπότε σχηματίζεται αντίστοιχα Ag_2S ή PbS. Οι σχηματιζόμενες κηλίδες μετά τη διέλευση ορισμένου όγκου αέρα αποτιμώνται φωτοηλεκτρικά βάσει προτύπων δειγμάτων. Η μέθοδος αυτή είναι απλή, ταχεία, αλλά όχι πολύ ακριβής.

3.4 Οξείδια του αζώτου

3.4.1 Γενικά

Με τον όρο οξείδια του αζώτου (NO_x) εννοούμε το μονοξείδιο και το διοξείδιο του αζώτου, NO και NO_2 αντίστοιχα. Το μονοξείδιο του αζώτου είναι άχρωμο και άοσμο αέριο ενώ το διοξείδιο του αζώτου έχει ερυθροκαστανό χρώμα και δριμεία οσμή.

Στην ατμόσφαιρα υπάρχουν και άλλα οξείδια ή ενώσεις του αζώτου. Ανώτερα οξείδια N_2O_3 καιN_2O_4 υπάρχουν σε ισορροπία με τα NO_x, αλλά σε πολύ χαμηλότερες συγκεντρώσεις. Επίσης, σε χαμηλές συγκεντρώσεις σχηματίζονται τα NO_3 και N_2O_5 που είναι σημαντικά ενδιάμεσα προϊόντα στη δημιουργία του φωτοχημικού νέφους.

Τέλος, υπάρχει αμμωνία, οξέα, οργανικές καθώς και σωματιδιακές αζωτούχες ενώσεις.

Η παρουσία των οξειδίων του αζώτου στην ατμόσφαιρα οφείλεται τόσο σε φυσικές όσο και σε ανθρωπογενείς πηγές. Η συμμετοχή των ανθρωπογενών πηγών είναι πολύ μικρή σε σχέση με τις φυσικές. Όμως, πρέπει να σημειωθεί ότι οι εκπομπές των οξειδίων από ανθρωπογενείς πηγές συγκεντρώνονται σε ορισμένες περιοχές και, ιδιαίτερα, στην ατμόσφαιρα των μεγαλουπόλεων. Η συγκέντρωση των οξειδίων του αζώτου στην ύπαιθρο κυμαίνεται μεταξύ 0,2-2 ppb) για το NO και 0,1-4 ppb για το NO_2. Αντίθετα, στις μεγάλες πόλεις φθάνει μέχρι και τα 500 ppb.

Τα NO_x είναι προϊόντα των διαφόρων καύσεων, όπου καίγεται μέρος του αζώτου της ατμόσφαιρας. Ο σχηματισμός τους αρχίζει σε υψηλές θερμοκρασίες. Η ποσότητα των NO_x αυξάνει με τη θερμοκρασία καύσης. Όταν τα προϊόντα της καύσης ψύχονται με αργό ρυθμό, τότε το NO διασπάται σε N_2 και O_2. Αντίθετα, αν έχουμε γρήγορη ψύξη τότε το NO διατηρείται σε σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις.

3.4.2 Μηχανισμοί απομάκρυνσης

Ο μέσος χρόνος παραμονής των οξειδίων του αζώτου στην ατμόσφαιρα είναι 4 ημέρες για το NO και 3 ημέρες για το NO_2. Οι κυριότεροι μηχανισμοί απομάκρυνσής τους από την ατμόσφαιρα είναι :

- Φωτοχημικές αντιδράσεις: Τα οξείδια του αζώτου συμμετέχουν σε μεγάλο αριθμό φωτοχημικών αντιδράσεων. Η απορρόφηση ηλιακής ακτινοβολίας

προκαλεί διέγερση του NO_2, το οποίο αποδιεγειρόμενο εκπέμπει ακτινοβολία στην ορατή περιοχή του φάσματος.

$$NO_2 + h\nu\ (380\text{ -}660\ nm) \text{ -> } NO_2$$

$$NO_2' \text{->} NO_2 + h\nu(600\text{-}875nm)$$

Η απορρόφηση ακτινοβολίας σε μικρότερα μήκη κύματος ($295 < \lambda < 430$ nm) προκαλεί φωτοδιάσταση του NO_2:

$$NO_2 + h\nu\ (295 < \lambda < 430\ nm) \text{ -» } NO + O$$

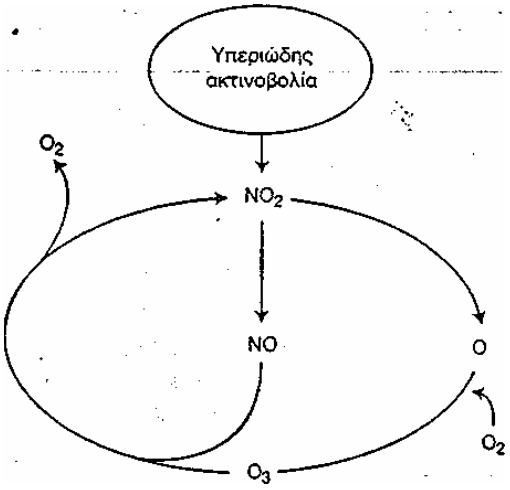
Η αντίδραση αυτή θεωρείται η αρχή σχηματισμού φωτοχημικού νέφους, επειδή τα άτομα οξυγόνου που σχηματίζονται αντιδρούν με το μοριακό οξυγόνο δίνοντας όζον:

$$O + O_2 + M \rightarrow O_3 + M$$

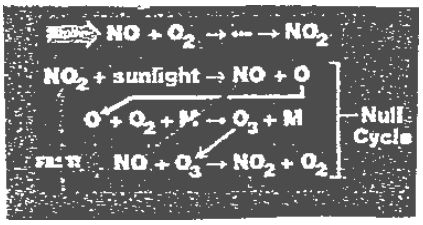
Ο κύκλος συμπληρώνεται με την αντίδραση του O_3 με το NO προς επανασχηματισμό NO_2:

$$NO + O_3 \rightarrow NO_2 + O_2$$

Οι τρεις παραπάνω αντιδράσεις αποτελούν το λεγόμενο φωτολυτικό κύκλο των οξειδίων του ασώτου, ο οποίος φαίνεται παραστατικά στο **Σχήμα 3.4.**



Σχήμα 3.4 : Φωτολυτικός κύκλος των οξειδίων του αζώτου



Οξείδωση προς HNO_3: Η οξείδωση του NO_2 προς HNO_3 είναι σημαντική σε φωτοχημικές συνθήκες. Ένας μηχανισμός μετατροπής είναι μέσω του N_2O_5 κατά τη διάρκεια της νύχτας, σύμφωνα με τις παρακάτω αντιδράσεις:

$$NO_2 + O_3 \rightarrow NO_3 + O_2$$

$$NO_3 + NO_2 \rightarrow N_2O_5$$

$$N_2O_5 + H_2O \rightarrow 2HNO_3$$

Η υδρόλυση του N_2O_5 είναι ταχύτατη σε σταγονίδια ομίχλης. Το HNO_3 που σχηματίζεται απομακρύνεται ως όξινη βροχή.

Ένας δεύτερος σημαντικός μηχανισμός στηρίζεται στην αντίδραση του NO_2 με τη ρίζα HO'.

$$NO_2 + HO^- \rightarrow HNO_3$$

Η αντίδραση αυτή λαμβάνει χώρα κατά τη διάρκεια της ημέρας με ταχύτητα - 0,5 ppb / ώρα. Το HNO_3 που σχηματίζεται μπορεί να φθάσει τα 50 ppb. Αν υπάρχει αρκετή αμμωνία στην ατμόσφαιρα, τότε το HNO_3 θα σχηματίσει δευτερογενή σωματίδια NH_4NO_3 .

Αν δεν υπάρχει αρκετή NH_3, το HNO_3 θα παραμείνει στην αέρια φάση.

Ξηρή απόθεση: Το NO_2 αποτίθεται στο έδαφος είτε απευθείας είτε προσροφημένο σε αιωρούμενα σωματίδια.

3.4.3 Τοξικότητα

Το μονοξείδιο και το διοξείδιο του αζώτου θεωρούνται τοξικές ενώσεις. Πειραματόζωα εκτεθειμένα σε μεγάλες συγκεντρώσεις NO παρουσιάζουν παράλυση και σπασμούς του κεντρικού νευρικού συστήματος. Το NO_2 είναι πιο τοξικό. Ερεθίζει τα μάτια και τους πνεύμονες. Αντιδρά με τους υδρατμούς των βρόγχων και των κυψελίδων και προκαλεί ερεθισμό. Το βασικό σύμπτωμα είναι πνευμονικό οίδημα, που, όταν η συγκέντρωση του NO_2 είναι μεγαλύτερη των 150 ppm, προκαλεί το θάνατο. Υπάρχουν αποδείξεις για σοβαρή συμμετοχή στην εμφάνιση οξείας βρογχίτιδας σε νήπια και παιδιά προσχολικής ηλικίας.

Έχουν, επίσης, αναφερθεί αρνητικές επιδράσεις στα φυτά - π.χ. πτώση των φύλλων, μείωση της παραγωγής πορτοκαλιών, κτλ. - όταν τα επίπεδα NO_2 ήταν 0,25 ppm για μια περίοδο διάρκειας άνω των 8 μηνών.

Τέλος, οι νιτρικές ενώσεις σχετίζονται με εκτεταμένη διάβρωση των υλικών και των κατασκευών.

3.4.4 Περιορισμός των εκπομπών NO_χ

Τα μέτρα για μείωση των συγκεντρώσεων των NO_χ στην ατμόσφαιρα στοχεύουν τόσο στον περιορισμό των βιομηχανικών εκπομπών αυτών των οξειδίων όσο και στη μείωση των εκπομπών τους από τα αυτοκίνητα.

Ο περιορισμός των βιομηχανικών εκπομπών NO_χ επιτυγχάνεται με διάφορες τεχνικές τόσο στο στάδιο σχηματισμού των οξειδίων όσο και στο στάδιο του

καθαρισμού των αερολυμάτων. Έτσι, π.χ. στις βιομηχανίες παραγωγής HNO_3, τα NO_x πριν διαφύγουν στην ατμόσφαιρα, αντιδρούν με αμμωνία παρουσία καταλύτη:

$$6NO + 4NH_3 \rightarrow 5N_2 + 6H_2O$$

$$6NO_2 + 8NH_3 \rightarrow 7N_2 + 12H_2O$$

Ο περιορισμός των εκπομπών NO_x με τα καυσαέρια των αυτοκινήτων επιτυγχάνεται με τη χρήση καταλύτη.

3.4.5 Προσδιορισμός NO_x

Οι μέθοδοι προσδιορισμοί των οξειδίων του αζώτου σχετίζονται μεταξύ τους επειδή όλες οι χημικές μέθοδοι προσδιορισμού NO στηρίζονται στην οξείδωση του προς NO_2, ενώ η ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδος προσδιορισμού NO με χημειοφωταύγεια αποτελεί χρήσιμη μέθοδο και για το NO_2 μετά από αναγωγή του προς NO.

3.4.5.α Φασματοφωτομετρικός προσδιορισμός NO_2 (Μέθοδος Saltzman)

Αρχή μεθόδου: Ο προσδιορισμός του NO_2 στηρίζεται στον προσδιορισμό των νιτρωδών ιόντων που σχηματίζονται όταν αέριο NO_x διαβιβαστεί μέσα σ' ένα υδατικό διάλυμα:

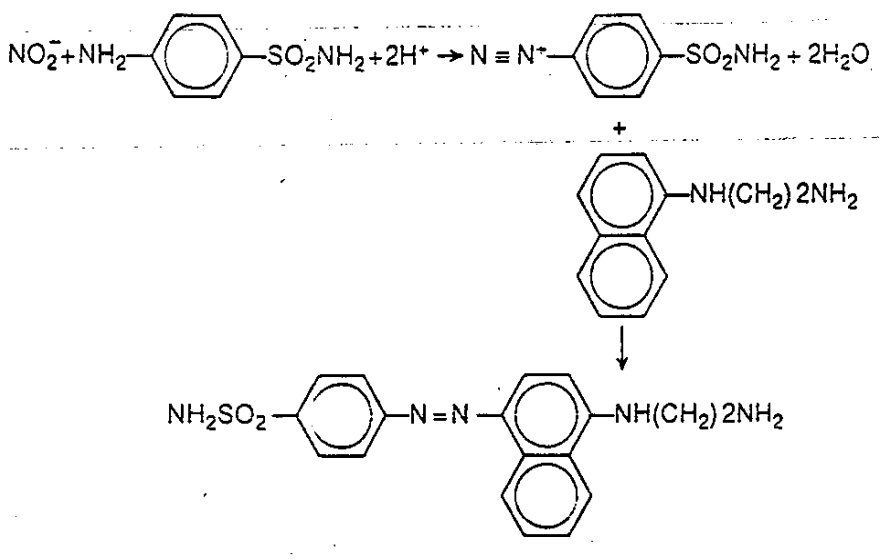
$$2NO_2 - H_2O \rightarrow 2H^+ + NO_3^- - NO_2^-$$

Τα νιτρώδη που σχηματίζονται προσδιορίζονται με βάση την αντίδραση Griess-Isolvay (**Σχήμα 3.5**), της οποίας τελικό προϊόν είναι ένα αζώχρωμα με ρόδινο χρώμα (λ_{max}= 550 nm).

Διάφορες τεχνικές προτάθηκαν κατά καιρούς για τον προσδιορισμό του ΝΌ: με βάση την παραπάνω αντίδραση. Αυτή που έχει επικρατήσει περιλαμβάνει την ανάπτυξη του χρώματος μέσα σε ένα διάλυμα απορρόφησης (αντιδραστήριο Saltzman) και αποτελεί τη μέθοδο Saltzman . Σύμφωνα με τη μέθοδο, το δείγμα του ατμοσφαιρικού αέρα διαβιβάζεται μέσα από απορροφητικό διάλυμα το οποίο περιέχει σουλφανιλαμίδιο και N-(1 ναφθυλο)-αιθυλενοδιαμίνη σε όξινο περιβάλλον.

Η μέθοδος είναι κατάλληλη για προσδιορισμό NO_2 στην ατμόσφαιρα σε συγκεντρώσεις 0,005-5 ppm, ενώ ακόμη μεγαλύτερη ευαισθησία μπορεί να

επιτευχθεί με τη χρήση πλυντρίδας με πορώδες ακροφύσιο.



Σχήμα 3.5 : Αντίδραση Griess – Isolvay.

<u>Παρεμποδίσεις:</u> Η μέθοδος, γενικά, έχει λίγες παρεμποδίσεις, οι κυριότερες από τις οποίες είναι:

- Υψηλή συγκέντρωση SO_2 (SO_2:NO_2 > 30:1) προκαλεί ελαφριά εξασθένηση του χρώματος του τελικού προϊόντος. Στις περιπτώσεις αυτές προστίθεται στα αντιδραστήρια ακετόνη 1%.

- Το νιτρικό υπεροξυ-ακετύλιο (PAN) προκαλεί θετική παρεμπόδιση (15-35%). Συνήθως, όμως, στην ατμόσφαιρα οι συγκεντρώσεις του PAN είναι τόσο χαμηλές που δεν προκαλούν σημαντικό σφάλμα.

- Συγκέντρωση O_3 πενταπλάσια αυτής του NO_2 προκαλεί μικρή παρεμπόδιση προσδίδοντας πορτοκαλόχρωμη χροιά στο τελικό προϊόν.

3.4.5.β Φασματοφωτομετρικός προσδιορισμός NO

Η μέθοδος Saltzman μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τον προσδιορισμό του NO. Για τον σκοπό αυτό, και επειδή τα NO και NO_2 συνυπάρχουν στην ατμόσφαιρα, πρέπει να γίνει προηγουμένως απομάκρυνση του υπάρχοντος NO_2

και οξείδωση του NO προς ισοδύναμη ποσότητα NO_2. Η απομάκρυνση του NO_2 γίνεται με πορώδες αδρανές υλικό (ζεόλιθοι, Al_2O_3, κ.ά.) το οποίο εμβαπτίζεται σε υδατικό διάλυμα τριαιθανολαμινης 20% και στη συνέχεια ξηραίνεται. Η ολική μετατροπή του NO προς NO_2 γίνεται με τριοξείδιο του χρωμίου (CrO_3) ροφημένο σε αδρανές ανόργανο υλικό (ύαλο, Al_2O_3, κ.ά.).

Με τη μέθοδο Saltzman προσδιορίζεται το NO στην ατμόσφαιρα σε συγκεντρώσεις που κυμαίνονται από 5 ppb μέχρι 5 ppm.

3.4.5.γ Προσδιορισμός με χημειοφωταύγεια

Αρχή: Η μέθοδος της χημειοφωταύγειας έχει επικρατήσει μεταξύ των οπτικών μεθόδων ως η πλέον ευαίσθητη, εκλεκτική και αξιόπιστη μέθοδος για τον προσδιορισμό των NO_x. Με τη μέθοδο αυτή το NO μπορεί να προσδιοριστεί σε συγκεντρώσεις που κυμαίνονται από το όριο ανίχνευσης (< 0,001 ppm) μέχρι 1000 ppm. Η υψηλή ευαισθησία και η έλλειψη σημαντικών παρεμποδίσεων από (CO, CO_2, υδρογονάνθρακες, SO_2, O_3 και υδρατμούς την καθιστά μια εξαιρετική τεχνική για συνεχή ανάλυση, τόσο του ατμοσφαιρικού αέρα, όσο και των πηγών εκπομπής.

Η μέθοδος βασίζεται στην εκπομπή ακτινοβολίας που παρατηρείται όταν το NO αντιδρά με το όζον. Σε καθορισμένες πειραματικές συνθήκες, η ένταση της ακττνοβολίας είναι γραμμική εξάρτηση της συγκέντρωσης του NO. Ο προσδιορισμός του NO_2 γίνεται με την ίδια μέθοδο, αφού πρώτα αυτό αναχθεί σε NO.

<u>Παρεμποδίσεις:</u> Όλες οι αζωτούχες ενώσεις που αποσυντίθενται θερμικά προς NO (οργανικά νιτρώδη, RNO_2, αζωτούχα οξέα, PAN, κ.ά.) προκαλούν θετική παρεμπόδιση. Συνήθως, όμως, οι ενώσεις αυτές βρίσκονται σε ίχνη στην ατμόσφαιρα, οπότε η παρεμπόδιση που τυχόν προκαλούν θεωρείται αμελητέα.

3.5 Μονοξείδιο του άνθρακα

3.5.1 Γενικά

Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι ένα άχρωμο και άοσμο αέριο, ελάχιστα διαλυτό στο νερό και αναφλέξιμο. Είναι ένα από τους μαζικότερα παραγόμενους ρύπους.

Γενικά, στις αστικές περιοχές, ην κύρια ποσότητα του CO προέρχεται από την ατελή καύση των υδρογονανθράκων που χρησιμοποιούνται ως καύσιμα στα αυτοκίνητα σε ποσοστό περίπου 71%, ενώ κατά κάποιο μικρότερο ποσοστό συνεισφέρουν και οι μονάδες θέρμανσης, οι εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας, η καύση των στερεών αποβλήτων και διάφορες άλλες βιομηχανικές εφαρμογές (π.χ. φούρνοι σύντηξης). Αυτή η ατελής καύση συμβαίνει όταν υπάρχει ανεπαρκής ποσότητα οξυγόνου ή χρόνου για την πλήρη μετατροπή των υδρογονανθράκων και ανθράκων σε CO_2 (πλήρης καύση). Οι βενζινοκινητήρες (μηχανές εσωτερικής καύσης) βασίζονται στη σχεδόν στιγμιαία καύση (υπό μορφή έκρηξης) ενός μίγματος καυσίμου με αέρα.

Το CO παράγεται και με φυσικές (χωρίς την παρέμβαση του ανθρώπου) διαδικασίες. Η πιο σπουδαία, με φυσικό τρόπο, παραγωγή CO είναι η οξείδωση του ατμοσφαιρικού μεθανίου. Το μεθάνιο παράγεται από την αποσύνθεση οργανικής ύλης που συντελείται από αναερόβιους οργανισμούς. Η ατμοσφαιρική οξείδωση του ευθύνεται για την παραγωγή του 80% του CO που βρίσκεται στις μη κατοικημένες περιοχές.

Μια δεύτερη φυσική πηγή CO έχει βρεθεί ότι είναι η επιφάνεια των ωκεανών. Ο μηχανισμός δεν είναι γνωστός. Μπορεί, όμως, να υποτεθεί ότι συμβαίνει διαμέσου φωτοχημικής οξείδωσης της θαλάσσιας οργανικής ύλης είτε διαμέσου βιολογικής οξείδωσης από θαλάσσιους οργανισμούς. Η έκλυση CO από την παραπάνω περιγραφείσα πηγή, μαζί με αυτή της αποσύνθεσης της χλωροφύλλης, δηλαδή:

CO (ωκεανοί) → CO (ατμόσφαιρα)

χλωροψύλλη (διάσπαση) → CO + άλλα προϊόντα

αποτελούν περίπου το 12% της συνολικής έκλυσης CO στην ατμόσφαιρα Φυσικές πηγές παραγωγής CO είναι, επίσης, τα ηφαίστεια, οι δασικές πυρκαγιές και οι ηλεκτρικές εκκενώσεις των καταιγίδων.

Η συγκέντρωση του CO στον ατμοσφαιρικό αέρα των πόλεων είναι 5-15 ppm κατά μέσο ετήσιο ποσοστό, ενώ μακριά από αυτές είναι μόλις 0,1 ppm. Τα επίπεδα αυτά μπορούν να αυξηθούν μέχρι και 50 ppm σε μεγαλουπόλεις, και μπορεί να αυξηθούν μέχρι και 140 ppm για μικρό χρονικό διάστημα έντονου κυκλοφοριακού προβλήματος.

3.5.2 Μηχανισμοί απομάκρυνσης

Ο μέσος χρόνος παραμονής του CO στην ατμόσφαιρα είναι περίπου 36 ημέρες. Η απομάκρυνση του οφείλεται τόσο σε χημικές όσο και σε φυσικές διεργασίες. Έτσι, οξειδώνεται προς CO_2 από άτομα οξυγόνου, όζον ή διοξείδιο το αζώτου:

$$CO + O \rightarrow CO_2$$

$$4CO + 2NO_2 \rightarrow 4CO_2 + N_2$$

Επιπλέον, δεσμεύεται από μικροοργανισμούς του εδάφους. Η δέσμευση αυτή έχει διαπιστωθεί πειραματικά, π.χ. το αποστερειωμένο έδαφος δεν έχει την ικανότητα να δεσμεύει CO. Πρέπει εδώ να σχολιαστεί ότι η έλλειψη εδάφους στις μεγαλουπόλεις συντελεί στην περιορισμένη απομάκρυνση του CO σ' αυτές.

3.5.3 Τοξικότητα

Η τοξική δράση του CO σχετίζεται με το αναπνευστικό σύστημα. Ανταγωνίζεται έντονα την δέσμευση του οξυγόνου από την αιμοσφαιρίνη του αίματος, τον μεταφορέα δηλαδή του οξυγόνου στους ιστούς ενός οργανισμούς, παράγοντας καρβοξυαιμοσφαιρίνη, ένα μόριο που δεν έχει πλέον την ικανότητα δέσμευσης και μεταφοράς οξυγόνου. -Όταν η αιμοσφαιρίνη έλθει σε επαφή με O_2 σχηματίζει οξύ-αιμοσφαιρίνη:

$$Hb + CO \Leftrightarrow HbO_2$$

η οποία μεταφέρει το O_2 στους ιστούς για τις αναγκαίες καύσεις του οργανισμού. Η χημική συγγένεια του CO με την ενεργή θέση της αιμοσφαιρίνης για τη δέσμευση είναι 210 φορές μεγαλύτερη από αυτή του O_2 με αποτέλεσμα να αρκούν μικρές μερικές πιέσεις CO για να δεσμεύσουν ισχυρά σημαντική ποσότητα αιμοσφαιρίνης σχηματίζοντας καρβοξυαιμοσφαιρίνη (HbCO):

$$Hb + CO \Leftrightarrow HbCO)$$

Έτσι, παρεμποδίζεται η μεταφορά οξυγόνου από τους πνεύμονες στους ιστούς. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση της φυσικής και πνευματικής ικανότητας του ανθρώπου καθώς και σοβαρές επιπτώσεις στα διάφορα λειτουργικά όργανα και κυρίως στον εγκέφαλο.

Ο καπνός του τσιγάρου περιέχει μεγάλες συγκεντρώσεις μονοξειδίου του άνθρακα. Υπολογίζεται ότι η συγκέντρωση του CO στο κύριο ρεύμα του καπνού του τσιγάρου, που εισπνέει ο καπνιστής, κυμαίνεται μεταξύ 0,15-4 % v/v , ανάλογα με τον τύπο του τσιγάρου. Έτσι, η μέση συγκέντρωση της HbCO ενός μη καπνιστή είναι της τάξης του 1,3%, ενώ σε καπνιστή των 10 τσιγάρων 3,8% και σε καπνιστή τα των 40 τσιγάρων φτάνει τα 7%.

Μελέτες σχετικές με τις επιπτώσεις του CO στην βλάστηση, στα υλικά κτλ, δεν αποδεικνύουν μέχρι τώρα κάποια συσχέτιση.

3.5.4 Περιορισμός των εκπομπών CO

Οι τεχνικές που έχουν αναπτυχθεί για τον περιορισμό των εκπομπών CO απευθύνεται, κυρίως, στα αυτοκίνητα. Οι εκπομπές CO με τα καυσαέρια των |αυτοκινήτων μπορούν να περιοριστούν τόσο με την καλύτερη λειτουργία του κινητήρα όσο και με τη χρησιμοποίηση καταλύτη.

3.5.5 Προσδιορισμός CO

Το CO είναι ενδιάμεσο προϊόν της καύσης του άνθρακα και δεν αποτελεί πρόβλημα σε κανονικές συνθήκες καύσης, εκτός από τις μηχανές εσωτερικής καύσης. Ιδιαίτερα σημαντικό πρόβλημα δημιουργείται κατά τη λειτουργία της μηχανής εν στάσει (ρελαντί) και κατά την επιβράδυνση. Γι' αυτό και το CO περιλαμβάνεται στους υπό έλεγχο ρύπους που εκπέμπονται με τις εξατμίσεις των αυτοκινήτων.

3.5.5.α Χημικές μέθοδοι

Για τον προσδιορισμό του CO στην ατμόσφαιρα έχουν αναπτυχθεί διάφορες χημικές μέθοδοι αυτοματοποιημένες ή μη-αυτοματοποιημένες, οι οποίες, όμως, δεν βρίσκουν μέθοδοι αυτοματοποιημένες ή μη-αυτοματοποιημένες, οι οποίες, όμως, δεν βρίσκουν εφαρμογή εξαιτίας των μειονεκτημάτων που παρουσιάζουν σε σύγκριση με τις φυσικές μεθόδους.

Μέθοδος πεντοξειδίου του ιωδίου: Η μέθοδος βασίζεται στην αντίδραση του CO με I_2O_5 σε θερμοκρασία 135-150°C προς σχηματισμό ατμών ιωδίου:

$$5CO + I_2O_5 \Leftrightarrow 5CO_2 + I_2$$

Το στοιχειακό ιώδιο ελευθερώνεται μέσα σε διάλυμα KI και στη συνέχεια προσδιορίζεται ογκομετρικά (με $Na_2S_2O_3$ και δείκτη αμύλου), φωτομετρικά ή

3.6 Όζον (O_3)

3.6.1 Γενικά

Το όζον αποτελεί το σημαντικότερο δευτερογενή αέριο ρύπο της τροπόσφαιρας και το κυριότερο συστατικό του φωτοχημικού νέφους. Είναι ισχυρότατο οξειδωτικό, μπορεί να οξειδώσει ουσίες που δεν οξειδώνονται από το οξυγόνο.

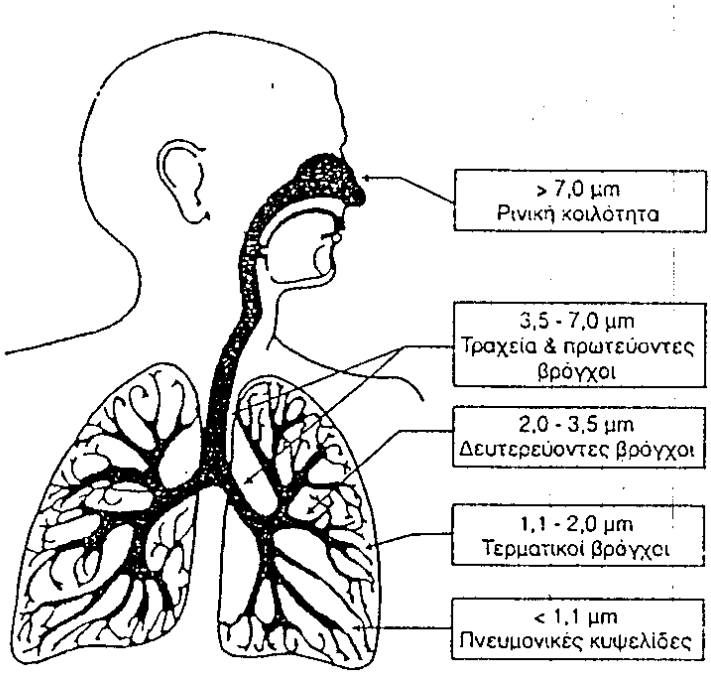
Για πολλά χρόνια, το όζον ήταν γνωστό ως φυσικό συστατικό της γήινης ατμόσφαιρας. Σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις όζοντος υπάρχουν στη στρατόσφαιρα, όπου παράγεται από τη φωτόλυση του οξυγόνου. Το όζον της στρατόσφαιρας είναι το λεγόμενο «καλό» όζον γιατί δρα ως φίλτρο για τις επιβλαβείς υπεριώδεις ακτινοβολίες. Αποτελεί, επομένως, μια προστατευτική ασπίδα για τον άνθρωπο αλλά και για κάθε βιολογική διεργασία πάνω στον πλανήτη. Η μείωση του όζοντος στην στρατόσφαιρα από τη χρήση ανθρωπογενών χημικών στοιχείων, όπως οι χλωροφθοράνθρακες τις τελευταίες δεκαετίες του 20ου αιώνα, είναι ένα πρόβλημα σε παγκόσμια κλίμακα και έχει απασχολήσει ιδιαίτερα, αλλά και συνεχίζει να απασχολεί τόσο την επιστημονική κοινότητα όσο και την κοινή γνώμη και τις κυβερνήσεις των κρατών.

Η αναγνώριση του όζοντος ως ρύπου της ατμόσφαιρας των αστικών περιοχών έγινε στα τέλη της δεκαετίας του 1940, όταν παρατηρήθηκαν ασυνήθιστα υψηλές συγκεντρώσεις του κατά τη διάρκεια επεισοδίου ατμοσφαιρικής ρύπανσης στο Los Angeles. Το όζον, συνεπώς, χαμηλά στο έδαφος είναι ένας ρύπος που συνδέεται με επεισόδια φωτοχημικού νέφους σε αστικά κέντρα και γύρω από αυτά. Είναι προϊόν του φωτολυτικου κύκλου των οξειδίων του αζώτου και στο σχηματισμό του συμβάλλουν σημαντικά οι άκαυστοι υδρογονάνθρακες που εκπέμπονται από τα καυσαέρια των αυτοκινήτων και οι βιομηχανίες, υπό τη δράση του ηλιακού φωτός. Η παραγωγή του τροποσφαιρικού όζοντος είναι φαινόμενο που ευνοείται κατά τη διάρκεια της ημέρας και των θερμών μηνών του έτους. Έχει επικρατήσει να αποκαλούμε το τροποσφαιρικό όζον ως το «κακό» όζον.

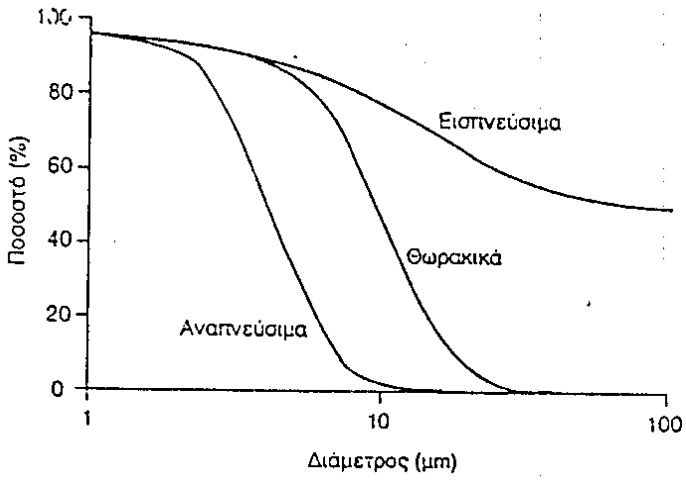
Είναι χαρακτηριστική η φράση για το όζον «good up high, bad nearby», που σημαίνει καλό εκεί ψηλά, κακό εδώ γύρω.

3.7 Εισπνεύσιμα σωματίδια

Η βιολογική ημίστια ζωή τους κυμαίνεται από μέρες μέχρι χρόνια, ανάλογα με τη χημική τους σύσταση.



Σχήμα 3.6 : Διείσδυση σωματιδίων στο αναπνευστικό σύστημα.



Σχήμα 3.7 : Κατανομή των αιωρούμενων σωματιδίων σε εισπνεύσιμα, θωρακικά και αναπνεύσιμα ανάλογα με το μέγεθός τους.

Μακροχρόνια εισπνοή σωματιδίων προκαλεί διάφορες μορφές πνευμονοκονιάσεων, άσθμα ή, και σε ορισμένες περιπτώσεις, καρκινογένεση. Συνηθισμένες είναι οι επαγγελματικές ασθένειες που οφείλονται στην εισπνοή κόνεων, π.χ. πυριτίαση, βαρίωση, κασσιτέρωση κ.ά. Οι οργανικές κάνεις προκαλούν πολλές φορές και αλλεργικές αντιδράσεις, όπως για παράδειγμα η βισίνωση που προκαλείται από τη σκόνη βαμβακιού. Οι άνθρωποι που έρχονται λόγω επαγγέλματος σε συχνή επαφή με ατμόσφαιρα πλούσια σε σωματιδιακούς ρύπους, όπως οι ανθρακωρύχοι, οι εργάτες εργοστασίων, οι μηχανικοί της βιομηχανίας κτλ., πρέπει να δείχνουν τη δέουσα προσοχή προφύλαξης.

Ιδιαίτερα επικίνδυνη θεωρείται η σκόνη που περιέχει ίνες αμιάντου. Οι ίνες αυτές εισέρχονται απευθείας στις κυψελίδες των πνευμόνων! Ο οργανισμός δεν μπορεί να τις αποβάλει και, προσπαθώντας να τις απομονώσει, τις περιβάλλει με λεπτό ιστό. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να χάνουν οι πνεύμονες την ελαστικότητα τους και να προκαλείται αμιάντωση, μεσοθηλίωμα ή καρκίνος

των πνευμόνων. Περισσότερο επικίνδυνες θεωρούνται οι ίνες με μήκος > 5μm, πλάτος < 3μm και λόγο μήκους / πλάτους μεγαλύτερο του 3. Για τις ίνες αυτές έχουν θεσμοθετηθεί και ανώτατες επιτρεπτές συγκεντρώσεις τόσο στην ελεύθερη ατμόσφαιρα όσο και στην ατμόσφαιρα εσωτερικών χώρων.

Ένα άλλο θέμα που σχετίζεται με τη σωματιδιακή ύλη της ατμόσφαιρας είναι η σοβαρή απορρόφηση και διασπορά της ηλιακής ακτινοβολίας που υφίσταται από αυτά. Το θέμα έχει άμεση σχέση με τη διατήρηση και εξέλιξη της ζωής στον πλανήτη. Μια τέτοια διασπορά και απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας

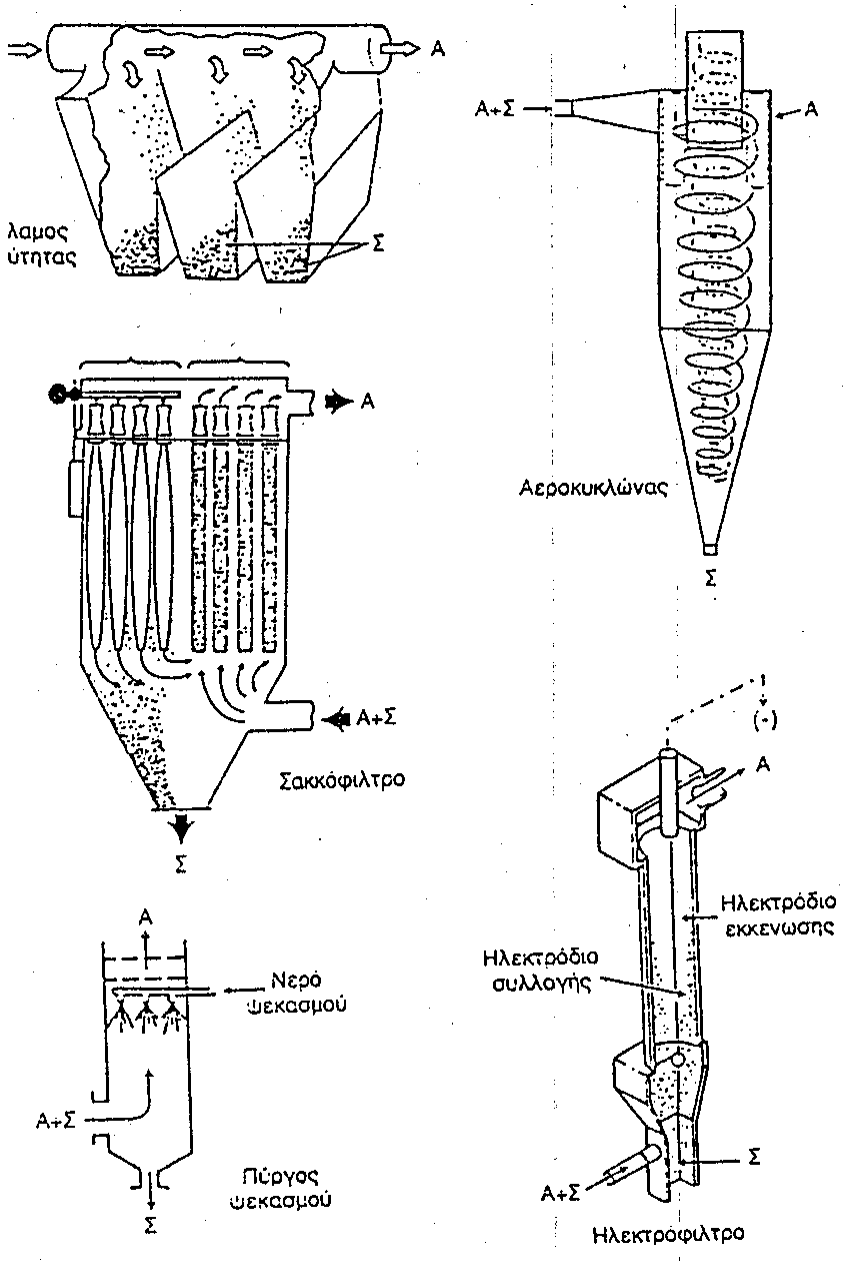
τείνει να ελαττώσει τη θερμοκρασία του πλανήτη σε αντίθεση με το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

3.7.1 Περιορισμός εκπομπών

Σήμερα υπάρχει η δυνατότητα να αντιμετωπισθούν όλα τα προβλήματα που προκύπτουν από τη μεγάλη ποικιλία πηγών εκπομπής σωματιδίων.

Σε ό,τι αφορά στον περιορισμό των εκπομπών σωματιδίων με τα αερολύματα των βιομηχανιών, έχουν αναπτυχθεί διάφορα συστήματα αποκονίωσης. Τα κυριότερα από τα συστήματα αυτά, η μέθοδος στην οποία στηρίζεται η λειτουργία τους, καθώς και το μέγεθος των σωματιδίων για τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν, δίνονται στον **Πίνακα 13**. Στο **Σχήμα 3.8** δίνεται μία απεικόνιση των συστημάτων αυτών: Σε πολλές περιπτώσεις χρησιμοποιούνται σε σειρά δύο διαφορετικά συστήματα αποκονιωσης, π.χ. οι θάλαμοι βαρύτητας,

συνήθως, χρησιμοποιούνται ως στάδιο προκαθορισμού των αερολυμάτων πριν αυτά οδηγηθούν σε κάποιο άλλο σύστημα αποκονίωσης.



Σχήμα 3.8 : Συστήματα αποκονίωσης αερολυμάτων. Α : αερολύματα, Σ : σωματίδια.

3.7.6 Προσδιορισμός σωματιδιακής ύλης

3.7.6.α. Σταθμικός προσδιορισμός

Αρχή : Η μέθοδος στηρίζεται στη ζύγιση του μέσου συλλογής των σωματιδίων (φίλτρου ή δοχείου) πριν και μετά τη δειγματοληψία. Πριν από τη ζύγιση, η συλλεγμένη σωματιδιακή ύλη φυλάσσεται σε περιβάλλον ελεγχόμενης θερμοκρασίας και υγρασίας (π.χ. σε ξηραντήρα) μέχρι σταθερού βάρους.

3.7.6.β. Μέθοδος απορρόφησης β-ακτινοβολίας

Αρχή : Η μέθοδος στηρίζεται στη μέτρηση της απορρόφησης της β-ακτινοβολίας κατά τη διέλευσή της μέσα από τη σωματιδιακή ύλη που έχει συλλεχθεί σε ένα φίλτρο. Με τη μέθοδο αυτή επιτυγχάνεται αυτόματη καταγραφή των συγκεντρώσεων αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα.

3.7.6.γ Ανακλωμετρικός προσδιορισμός (Μέθοδος αμαύρωσης φίλτρου)

Αρχή: Η μέθοδος στηρίζεται στην εξαναγκασμένη διέλευση ατμοσφαιρικού αέρα μέσα από ένα φίλτρο και τη μέτρηση του βαθμού αμαύρωσης του φίλτρου με τη βοήθεια ενός ανακλωμέτρου. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του καπνού. Με τον όρο καπνός εννοούμε τα αιωρούμενα σωματίδια (με διάμετρο <10 μm) όπως μετρούνται με βάση την ικανότητα αμαύρωσης του αέρα. Το κυριότερο υλικό που προκαλεί αμαύρωση των φίλτρων κατά τη δειγματοληψία είναι ο στοιχειακός άνθρακας, ο οποίος προέρχεται κυρίως από ατελείς καύσεις.

Παρεμποδίσεις: Η μέθοδος ανακλωμετρικου προσδιορισμού δεν είναι ιδιαίτερα ακριβής. Το ποσοστό του φωτός που ανακλάται από το φίλτρο επηρεάζεται από την παρουσία άλλων σωματιδίων (π.χ. κρυσταλλικής ύλης), τα οποία δεν προκαλούν αμαύρωση. Επίσης, υπάρχουν αμφιβολίες ως προς την αξιοπιστία της βαθμονόμησης της καμπύλης αναφοράς και ως προς το μέγεθος των συλλεγόμενων σωματιδίων.

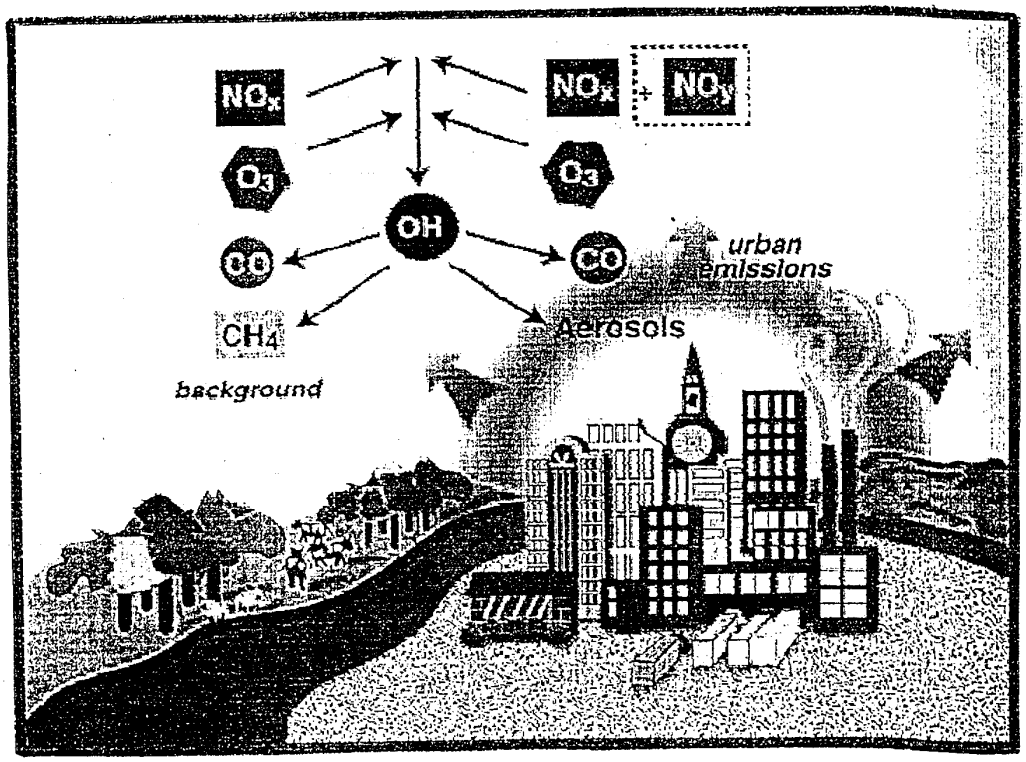
3.7.6.δ Μέθοδος σκεδασμού του φωτός,

Αρχή: Η μέθοδος στηρίζεται στην ιδιότητα των αιωρούμενων σωματιδίων να προκαλούν σκεδασμό του φωτός. Η σχέση που συνδέει τον σκεδασμό με το σωματιδιακό φορτίο εξαρτάται από το μέγεθος των σωματιδίων. Γενικά, όμως, η μάζα των αιωρούμενων σωματιδίων σε μια τυπική ατμόσφαιρα κατοικημένης περιοχής μπορεί να εκφραστεί από το σκεδασμό χωρίς σημαντικό σφάλμα. Για

τον προσδιορισμό των σωματιδίων με βάση την παραπάνω μέθοδο χρησιμοποιείται το ολοκληρωτικό νεφελόμετρο (integrating nefelometer·).

Στην ίδια αρχή στηρίζεται και η λειτουργία των οργάνων καταμέτρησης σωματιδίων (aerosol counters), τα οποία προσδιορίζουν τον αριθμό των σωματιδίων ανάλογα με το μέγεθος τους. Τα όργανα αυτά χρησιμοποιούνται κυρίως σε καθαρούς χώρους, όπου υπάρχουν περιορισμοί όχι μόνο για το συνολικό σωματιδιακό φορτίο, αλλά και για το μέγεθος των σωματιδίων.

Είναι ευνόητο ότι με τη μέθοδο σκεδασμού του φωτός γίνεται απλώς μέτρηση του σωματιδιακού φορτίου, χωρίς να υπάρχει δυνατότητα περαιτέρω ανάλυσης της χημικής του σύστασης.



Κεφάλαιο 4 : Ατμοσφαιρική ρύπανση στην πόλη της Θεσσαλονίκης

4.1 Γενικά

Η ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλονίκης αποτελεί το δεύτερο μεγαλύτερο αστικό κέντρο της χώρας, μετά το λεκανοπέδιο της Αττικής. Όπως φαίνεται στο **Σχήμα 4.1**, το πολεοδομικό συγκρότημα της Θεσσαλονίκης εκτείνεται κατά μήκος του Θερμαϊκού κόλπου, με τις βιομηχανικές μονάδες συγκεντρωμένες στα βόρεια και βορειοδυτικά. Στα ανατολικά της πόλης υπάρχουν λόφοι, το δάσος του Σέιχ-Σου, οι λόφοι του Ασβεστοχωρίου και ο Χορτιάτης.

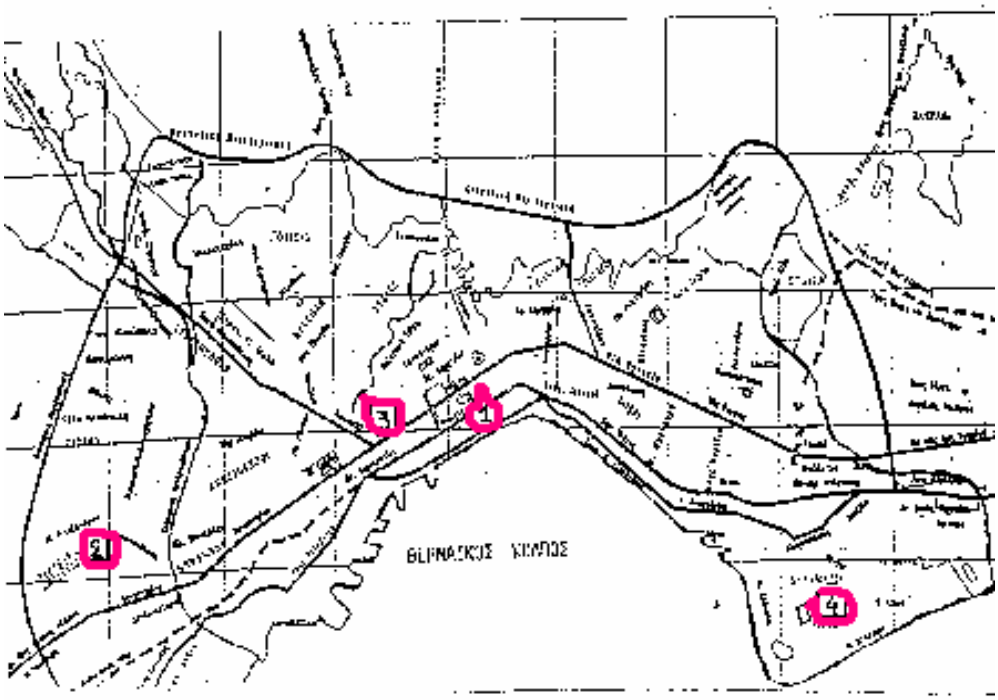
Απόρροια των δεδομένων που αναφέρθηκαν παραπάνω είναι η έντονη βιομηχανική και εμπορική δραστηριότητα σ' ένα σχετικά μικρό γεωγραφικό χώρο, συγκρινόμενο με αστικά κέντρα σε ανεπτυγμένες χώρες (Δυτική Ευρώπη, Η. Π. Α.). Η βιομηχανική ζώνη είναι κοντά στην πόλη, η κύρια εμπορική ζώνη εκτείνεται σε ελάχιστα οικοδομικά τετράγωνα και ένας πληθυσμός της τάξης του ενός εκατομμυρίου συνωστίζεται σε πυκνοδομημένες περιοχές.

Οι ανάγκες της βιομηχανίας, καθώς και οι ανάγκες μετακίνησης και θέρμανσης των κατοίκων, με τις καύσεις που αυτές απαιτούν, έχουν ως αποτέλεσμα την επιβάρυνση της ατμόσφαιρας της πόλης και τη δημιουργία κατάλληλων συνθηκών για τη δημιουργία φωτοχημικού νέφους.

Οι βιομηχανικές μονάδες επιβαρύνουν κυρίως την ποιότητα της ατμόσφαιρας των περιοχών στις οποίες βρίσκονται (Δυτικές Συνοικίες, Ιωνία, Σίνδος, Καλοχώρι, κτλ.), χωρίς το πρόβλημα να περιορίζεται μόνο σ' αυτές τις περιοχές. Το πρόβλημα εντείνεται από το γεγονός ότι η πλειοψηφία των καμινάδων έχει ύψος που δεν ξεπερνά τα 20 μέτρα, δηλαδή οι ρύποι εκπέμπονται και συσσωρεύονται κάτω από το επίπεδο της θερμοκρασιακής αναστροφής.

Σημαντική είναι η συνεισφορά και των αυτοκινήτων στην ατμοσφαιρική ρύπανση, ως στην περίπτωση των NO_X, όπου αποτελούν την κυριότερη πηγή εκπομπής τους.

Τέλος, σχετικά με την κεντρική θέρμανση, αν και η συνεισφορά της είναι μικρότερη συγκριτικά με τις άλλες πηγές ρύπανσης, πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη κατά τους χειμερινούς μήνες. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι τα μέγιστα των εκπομπών για την κεντρική θέρμανση και την κυκλοφορία των αυτοκινήτων συμπίπτουν κατά τη διάρκεια της ημέρας (7:00-9:00, 18:00-21 :00).



Σχήμα 4.1 : Το πολεοδομικό συγκρότημα της Θεσσαλονίκης

4.2 Κλιματολογικά στοιχεία

Στην πλειοψηφία τους, οι ημέρες κατά τη διάρκεια του χρόνου εμφανίζουν τα εξής χαρακτηριστικά:

- Απουσία ανέμων ή πολύ ασθενείς άνεμοι.
- Απουσία βροχής ή πολύ χαμηλό ύψος βροχής.
- Σχετική υγρασία κανονική έως υψηλή.
- Θερμοκρασία κυμαινόμενη από χαμηλή έως υψηλή.

Σχετικά με τη θερμοκρασία, ο θερμότερος μήνας του χρόνου είναι ο Ιούλιος, ο Μάρτιος ανήκει στην ψυχρή περίοδο, ενώ ο Απρίλιος είναι ένας μεταβατικός, θερμοκρασιακά, μήνας.

Κατά τη διάρκεια της ημέρας, οι μέγιστες τιμές θερμοκρασίας παρατηρούνται στο διάστημα 12:00-18:00.

Εδώ θα πρέπει να αναφερθεί και το φαινόμενο της αστικής νησίδας. Πρόκειται για τη διαφορά θερμοκρασίας που παρατηρείται μεταξύ των αστικών κέντρων και των περιχώρων. Το φαινόμενο αυτό σε συνδυασμό με τη σχετική άπνοια και τη θερμοκρασιακή αναστροφή, συντελεί στη δημιουργία μιας κλειστής κυκλοφορίας, αέρα κατά τη διάρκεια της νύχτας.

Σχετικά με τους ανέμους, παρατηρείται γενικώς μεγάλο ποσοστό άπνοιας.

Ακολουθούν οι βόρειοι και βορειοδυτικοί άνεμοι, που μεταφέρουν αέριους ρύπους από τη βιομηχανική ζώνη προς το κέντρο και, τέλος, οι νότιοι άνεμοι που καθορίζουν την ατμόσφαιρα της πόλης.

Δεν παρατηρούνται μεγάλες ταχύτητες ανέμων λόγω επίδρασης του πολεοδομικού χώρου. Έτσι, ένας ισχυρός άνεμος στα περίχωρα της πόλης, μπορεί να εμφανιστεί εξασθενημένος στο κέντρο της πόλης. Οι μέγιστες ταχύτητες παρατηρούνται το μεσημέρι προς απόγευμα, ενώ η άπνοια είναι το χαρακτηριστικό των νυχτερινών ωρών.
|
Η ατμόσφαιρα της Θεσσαλονίκης χαρακτηρίζεται από αρκετά υψηλές τιμές σχετικής υγρασίας. Αυτό οφείλεται στη μεταφορά αυξημένων ποσών υδρατμών από το Θερμαϊκό κόλπο με το μηχανισμό της θαλάσσιας αύρας. Το μέγιστο της ημερήσιας διακύμανσης παρατηρείται τις νυχτερινές και πρωινές ώρες.

Τα υψηλά, τέλος, ποσοστά ηλιοφάνειας στη Θεσσαλονίκη συντελούν στη δημιουργία ευνοϊκών συνθηκών για την έναρξη των φωτοχημικών αντιδράσεων και, τελικά, στο σχηματισμό φωτοχημικού νέφους.

4.3 Ρύπανση της ατμόσφαιρας

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, τρεις είναι οι κύριες πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης που μπορεί να διακρίνει κανείς στη Θεσσαλονίκη:

- οι βιομηχανίες,
- τα μέσα μεταφοράς και
- η κεντρική θέρμανση.

Η ατμοσφαιρική ρύπανση εστιάζεται στο πολεοδομικό συγκρότημα Θεσσαλονίκης και την ευρύτερη περιοχή του λόγω:

- της υπερσυγκέντρωσης πληθυσμού
- της υπερσυγκέντρωσης βιομηχανικών δραστηριοτήτων,
- της δυσμενούς μετεωρολογίας και
- των προβλημάτων πολεοδομικής οργάνωσης και λειτουργίας.

Το πολεοδομικό συγκρότημα της Θεσσαλονίκης έχοντας ξεπεράσει σε πληθυσμό τους 1.000.000 κατοίκους, πυκνοδομημένο και με το χαρακτηριστικό σχήμα πεταλούδας», προσφέρει περιορισμένες οδικές λύσεις παράκαμψης του κέντρου της πόλης. Η συνεχής αύξηση του στόλου των οχημάτων και ιδίως των Ι.Χ. οχημάτων καθώς και η μεγάλη αύξηση της ζήτησης των οδικών μετακινήσεων, είτε για παράκαμψη είτε για διέλευση από το κέντρο της πόλης, δημιουργούν νέα δεδομένα τόσο για την κυκλοφορία όσο και για την συνεπαγόμενη ατμοσφαιρική ρύπανση στη Θεσσαλονίκη.

Ο στόλος των οχημάτων στη Θεσσαλονίκη αυξήθηκε κατά 65% στη δεκαετία 1988-98. Η συνολική κυκλοφοριακή κίνηση των οχημάτων, ιδίως στις πρωινές ώρες αιχμής που καθορίζουν σημαντικά τα επίπεδα των ατμοσφαιρικών ρύπων, αυξήθηκε κατά 20% περίπου. Η αύξηση των οχημάτων οφείλεται κυρίως στα Ι.Χ., που αποτελούν τη σημαντικότερη αριθμητικά κατηγορία και κατά δεύτερο λόγο στην αύξηση των δικύκλων. Μια, επίσης, σημαντική μεταβολή που επήλθε στα οχήματα είναι το γεγονός ότι τα μισά και πλέον από τα κυκλοφορούντα Ι.Χ. σήμερα είναι εξοπλισμένα με τριοδικό καταλυτικό μετατροπέα., ενώ στην αρχή της δεκαετίας το ποσοστό τους ήταν σχεδόν μηδενικό.

Οι μετακινήσεις ανά μεταφορικό μέσο στη Θεσσαλονίκη έχουν αλλάξει σε σημαντικό βαθμό στη δεκαετία 1988-98. Η σημαντικότερη αλλαγή που επηρεάζει καθοριστικά τις κυκλοφοριακές συνθήκες και τη συνεπαγόμενη ατμοσφαιρική ρύπανση είναι η μετατόπιση σημαντικού ποσοστού μετακινήσεων από τα μέσα μαζικής μεταφοράς και τα ταξί σε μετακινήσεις με Ι.Χ. (οδηγών και επιβατών Ι.Χ.). Συγκεκριμένα, το μεγαλύτερο ποσοστό των μετακινήσεων (περισσότερο από40%) στην αρχή της δεκαετίας κατείχαν αθροιστικά τα μέσα μαζικής μεταφοράς και τα ταξί, ενώ σήμερα το μεγαλύτερο ποσοστό (περίπου 40%) κατέχουν οι μετακινήσει; με Ι.Χ. (αθροιστικά οδηγών και επιβατών).

Οι σκοποί των μετακινήσεων έχουν, επίσης, υποστεί αξιοσημείωτες αλλαγές στην τελευταία δεκαετία. Συγκεκριμένα, αυξήθηκαν διαχρονικά τα ποσοστά μετακινήσεων με σκοπό την εργασία, εκπαίδευση, αγορές καν, επομένως, επιστροφή στο σπίτι, ενώ μειώθηκαν αντίστοιχα τα ποσοστά μετακινήσεων με σκοπό τη ψυχαγωγία, προσωπικές υποθέσεις, συνοδείας προσώπων και αλλαγής μεταφορικού μέσου. Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι οι αυξήσεις που παρατηρούνται αφορούν σε σκοπούς που συνιστούν αθροιστικά το μεγαλύτερο τμήμα των μετακινήσεων (περισσότερο από 70%) και, επομένως, επηρεάζουν συνολικά τις κυκλοφοριακές συνθήκες και την ατμοσφαιρική ρύπανση.

Στον παρακάτω **πίνακα 4.2** δίνονται πληροφορίες για τους κυριότερους αέριους ρύπους στην ατμόσφαιρα της Θεσσαλονίκης.

Μονοξείδιο του αζώτου (NO)	Υψηλές συγκεντρώσεις στο κέντρο της πόλης - υψηλότερες τιμές το χειμώνα. Διαχρονική σταθερότητα τιμών.
Διοξείδιο του αζώτου (NO_2)	Σποραδικές υπερβάσεις των ορίων ποιότητας στο κέντρο της πόλης - μονιμότερη υπέρβαση κατευθυντήριων τιμών. Διαχρονική σταθερότητα τιμών.
Όζον (O_3)	Δεν παρατηρούνται τάσεις υπέρβασης των ορίων ποιότητας (ακατάλληλη χωροθέτηση σταθμών).
Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	Δεν παρατηρείται υπέρβαση του ορίου της Παγκόσμιας Οργάνωσης Υγείας αλλά σποραδικές υπερβάσεις της κατευθυντήριας τιμής ποιότητας στο κέντρο της πόλης. Διαφαίνεται διαχρονική τάση μείωσης των συγκεντρώσεων.
Διοξείδιο του θείου (SO_2)	Σποραδικές υπερβάσεις ορίων και μονιμότερες υπερβάσεις κατευθυντήριων τιμών στον κεντρικό - δυτικό τομέα του πολεοδομικού συγκροτήματος Θεσσαλονίκης. Διαχρονικά, τάση μείωσης συγκεντρώσεων.
Αιωρούμενα σωματίδια	Υψηλές συγκεντρώσεις και υπερβάσεις ορίων στο κέντρο της πόλης.
Καπνός	Υπερβάσεις στο κέντρο της πόλης (χειμερινοί μήνες).

Πίνακας 4.2 : Πληροφορίες για τους κυριότερους αέριους ρύπους στην ατμόσφαιρα της Θεσσαλονίκης

Η συμβολή στη μέση ετήσια παραγωγή ρύπων δίνεται παρακάτω :

	NO_x	CO	SO_2
Κυκλοφορία	57,0%	93,5%	7,5%
Βιομηχανία	16,0%	0,4%	83,0%
Οικιακή θέρμανση	2,4%	2,5%	8,0%

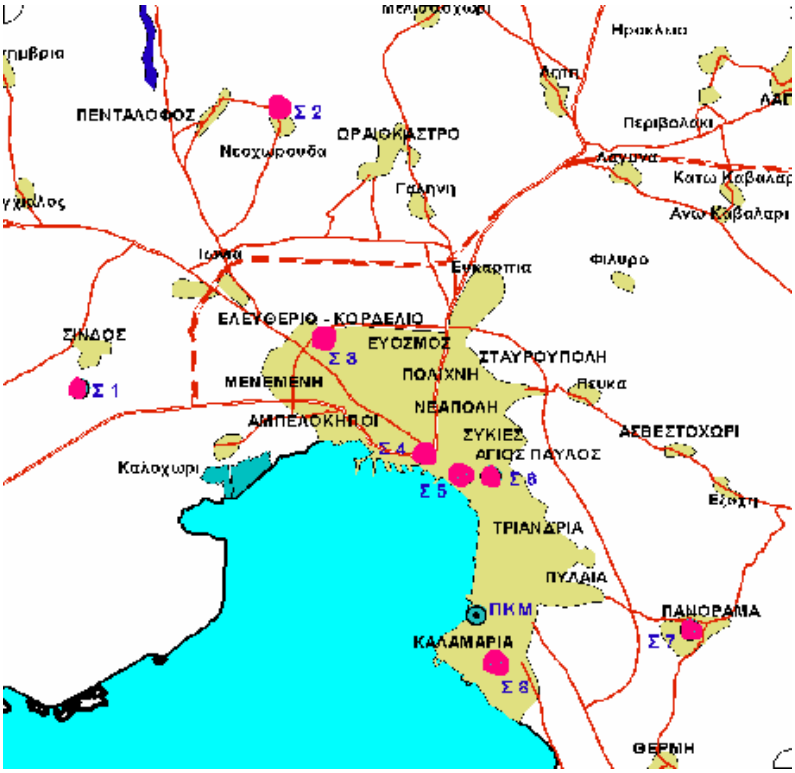
Σχήμα 4.2 : Διάταξη αναλυτών αέριων ρύπων, αιωρούμενων σωματιδίων και καπνού, που εξοπλίζουν το Σταθμό στη συμβολή των οδών Εγνατίας και Βενιζέλου στο εμπορικό και διοικητικό κέντρο της Θεσσαλονίκης.

4.4 Δίκτυο Σταθμών Ελέγχου Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης στο Πολεοδομικό Συγκρότημα της Θεσσαλονίκης

Παρακάτω παρουσιάζεται η κατάσταση της ποιότητας της ατμόσφαιρας στην πόλη της Θεσσαλονίκης και αναφέρονται οι μετρήσεις που έγιναν στο χρονικό διάστημα 1999 – 2003 από το δίκτυο ελέγχου ατμοσφαιρικής ρύπανσης της Διεύθυνσης Περιβάλλοντος και Χωροταξίας της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας.

Το δίκτυο ελέγχου ατμοσφαιρικής ρύπανσης στο πολεοδομικό συγκρότημα της Θεσσαλονίκης απαρτίζεται από τους παρακάτω σταθμούς (όπως απεικονίζονται στο χάρτη 4.1):

- **Σ1:** Σίνδος
- **Σ2:** Νεοχωρούδα
- **Σ3:** Ελευθέριο-Κορδελιό
- **Σ4:** Πλ. Δημοκρατίας,
- **Σ5:** Πλ. Αγ. Σοφίας
- **Σ6:** Α.Π.Θ.
- **Σ7:** Πανόραμα
- **Σ8:** Καλαμαριά



Χάρτης 4.1 : Σταθμοί ελέγχου ατμοσφαιρικής ρύπανσης στο πολεοδομικό συγκρότημα της Θεσσαλονίκης

Στους παρακάτω πίνακες δίνονται οι θέσεις των σταθμών, ο χαρακτηρισμός της θέσης, οι μετρούμενοι ρύποι ανά σταθμό και η μέθοδος μέτρησης.

Ρύπος	**Μέθοδοι μέτρησης**	**Σταθμός**			
		ΑΠΘ Αστικός	Ελευθέριο Κορδελιό Αστικός-Βιομηχανικός	Καλαμαριά Περιαστικός	Νεοχω-ρούδα
SO_2 Διοξείδιο του θείου	Μέθοδος φθορισμού	Χ	Χ	Χ	
NOx Οξείδια του αζώτου	Μέθοδος χημειοφωταύγειας	Χ	Χ	Χ	Χ
O_3 Όζον	Μέθοδος απορρόφησης υπεριώδους	Χ	Χ	Χ	Χ
CO Μονοξείδιο του άνθρακα	Μέθοδος μη διαχεόμενης ακτινοβολίας		Χ	Χ	
Αιωρούμενα σωματίδια ($ΑΣ_{10}$)	Απορρόφηση β'ακτινοβολίας		Χ		
Αιωρούμενα σωματίδια (TSP)	Απορρόφηση β'ακτινοβολίας		Χ		

Πίνακας 4.3 : Πληροφορίες για τις θέσεις των σταθμών, τον χαρακτηρισμό της θέσης, τους μετρούμενους ρύπους ανά σταθμό και τη μέθοδος μέτρησής τους.

Ρύπος	**Μέθοδοι μέτρησης**	**Σταθμός**			
		Πανόραμα Περιαστικός	Πλ.Αγ. Σοφίας	Πλ.Δημοκρατίας Αστικός	Σίνδος Αγροτικός/ Βιομηχανικός
SO_2 Διοξείδιο του θείου	Μέθοδος φθορισμού		Χ		Χ
NOx Οξείδια του αζώτου	Μέθοδος χημειοφωταύγειας	Χ	Χ	Χ	Χ
O_3 Όζον	Μέθοδος απορρόφησης υπεριώδους	Χ	Χ		Χ
CO Μονοξείδιο του άνθρακα	Μέθοδος μη διαχεόμενης ακτινοβολίας		Χ	Χ	Χ
Αιωρούμενα σωματίδια ($ΑΣ_{10}$)	Απορρόφηση β'ακτινοβολίας	Χ	Χ		Χ
Αιωρούμενα σωματίδια (TSP)	Απορρόφηση β'ακτινοβολίας		Χ		

Πίνακας 4.4: Πληροφορίες για τις θέσεις των σταθμών, τον χαρακτηρισμό της θέσης, τους μετρούμενους ρύπους ανά σταθμό και τη μέθοδος μέτρησής τους.

Όλοι οι παραπάνω αναλυτές είναι συνεχούς λειτουργίας και καταγράφουν μία τιμή κάθε λεπτό. Στην συνέχεια μέσω ενός επεξεργαστή υπολογίζονται οι μέσες ωριαίες τιμές, οι οποίες μέσω modem μεταβιβάζονται στον κεντρικό υπολογιστή της Υπηρεσίας.

Μετεωρολογικά δεδομένα (ταχύτητα /διεύθυνση ανέμου, θερμοκρασία και υγρασία) καταγράφονται από όλους τους σταθμούς εκτός του σταθμού της Πλ. Αγίας Σοφίας.

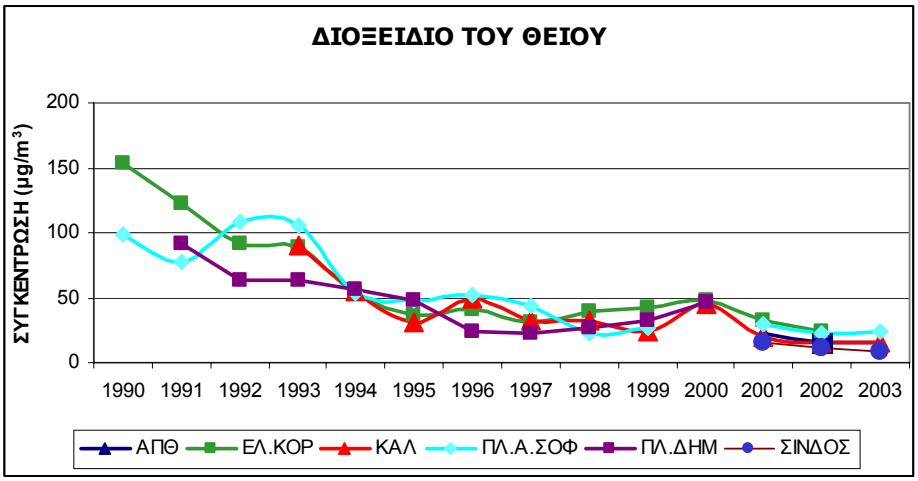
Τα όργανα βαθμονομούνται κατά τακτά χρονικά διαστήματα με σκοπό τον έλεγχο της καλής λειτουργίας τους ή την ρύθμιση τους.

4.4.1 Μετρήσεις Αέριων Ρύπων

4.4.1.1 Διαχρονική μεταβολή συγκεντρώσεων αερίων ρύπων

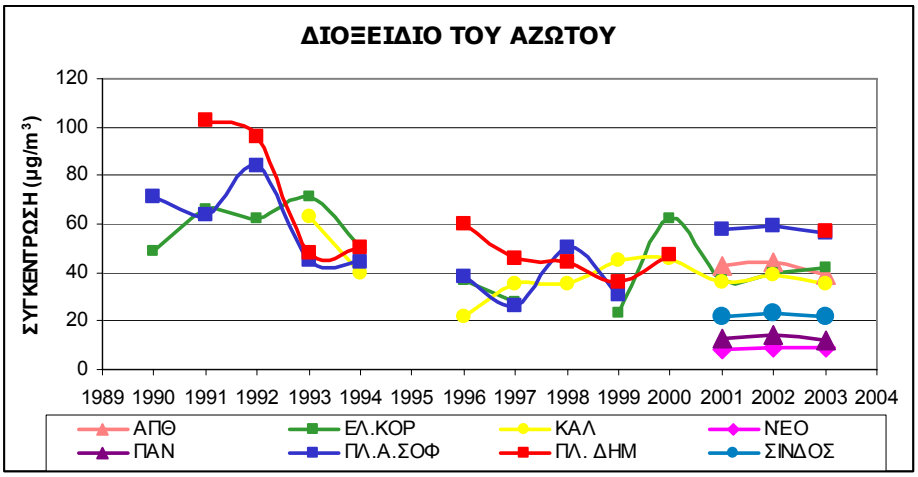
Για την διαχρονική μεταβολή της μέσης ετήσιας συγκέντρωσης των ρύπων χρησιμοποιήθηκαν τα στοιχεία των σταθμών του ΥΜΑΘ, επειδή οι σταθμοί αυτοί ήταν στην αρμοδιότητα του ΥΜΑΘ μέχρι τις 31/12/2000. Οι θέσεις των σταθμών Αγίας Σοφίας, Καλαμαριάς και Πλ. Δημοκρατίας παρέμειναν οι ίδιες, ενώ ο σταθμός του Ελευθερίου-Κορδελιού μετακινήθηκε περίπου 700 μ. βόρεια της παλαιάς θέσης, στα όρια της περιφερειακής οδού.

Η διαχρονική μεταβολή της μέσης ετήσιας συγκέντρωσης για το NO_2, το SO_2, το CO και το O_3 δίνεται στα Σχήματα I-VI για όλους τους σταθμούς του ΠΣΘ.



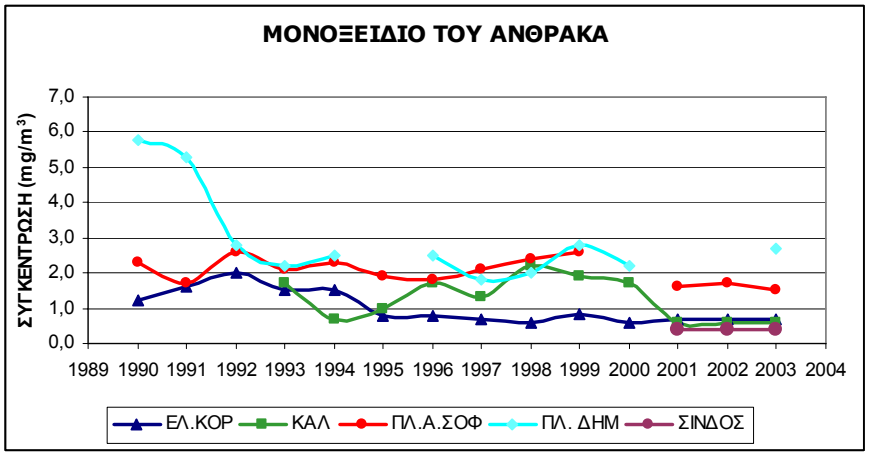
Σχήμα 4.3 : Διαχρονική μεταβολή του SO_2.

Παρατηρείται σημαντική μείωση των εκπομπών SO_2 την πενταετία 1990-1995 σε όλους τους σταθμούς, η οποία οφείλεται στη μείωση της περιεκτικότητας σε θείο στο πετρέλαιο καύσης. Στην επόμενη πενταετία η μέση ετήσια συγκέντρωση σταθεροποιήθηκε. Τα τελευταία τρία χρόνια η μέση ετήσια τιμή έχει μειωθεί σημαντικά και παραμένει σταθερή.



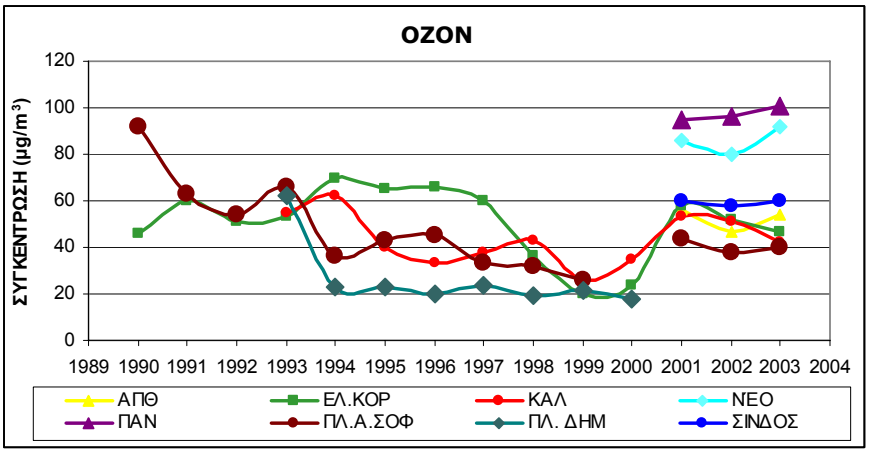
Σχήμα 4.4 : Διαχρονική μεταβολή του NO.

Η **ραγδαία μείωση στο CO** στη Πλ. Δημοκρατίας, έναν βασικό οδικό κόμβο του ΠΣΘ, μετά το 1991 συνδέεται με την εμφάνιση των καταλυτικών αυτοκινήτων. Παρόμοια πτωτική τάση ακολουθεί το CO στο Ελευθέριο-Κορδελιό και την Καλαμαριά, ενώ στην Πλ. Αγίας Σοφίας δεν υπάρχει σημαντική μεταβολή στο χρονικό διάστημα 1990-2000 (Σχήμα 4.5). Η μέση ετήσια συγκέντρωση CO παραμένει σταθερή τη τελευταία τριετία. Γενικά, η αντικατάσταση του στόλου των συμβατικών αυτοκινήτων με καταλυτικά έχει επιφέρει σημαντική μείωση στην συγκέντρωση των CO και NO_2 στην ατμόσφαιρα, παρόλο που έχει αυξηθεί ο αριθμός των αυτοκινήτων που κυκλοφορεί στο ΠΣΘ. Για το σταθμό στη Σίνδο υπάρχουν στοιχεία μόνο για τα τρία τελευταία χρόνια.



Σχήμα 4.5 : Διαχρονική μεταβολή του CO.

Τέλος, για το όζον θα μπορούσαμε να πούμε ότι τα τελευταία χρόνια υπάρχει μία τάση σταθεροποίησης. Παρόλα αυτά, παρουσιάζονται υψηλές συγκεντρώσεις όζοντος κατά τους θερινούς μήνες όταν οι καιρικές συνθήκες ευνοούν τον σχηματισμό του (ηλιοφάνεια, υψηλή θερμοκρασία και άπνοια) (Σχήμα IV). Για το έτος 2003 παρατηρήθηκε ανοδική πορεία του όζοντος σε όλους τους σταθμούς με μεγαλύτερη αύξηση της μέσης ετήσιας τιμής στον σταθμό της Νεοχωρούδας.

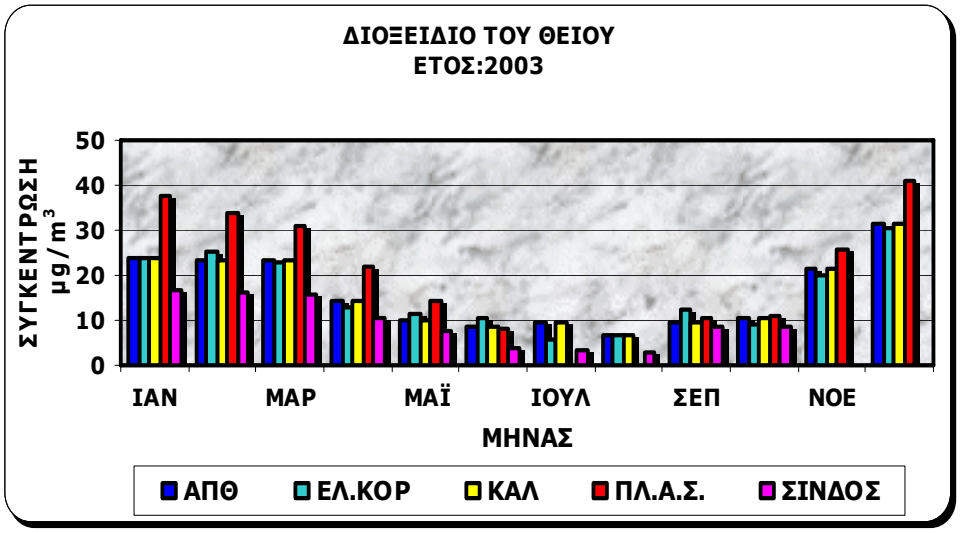


Σχήμα 4.6 : Διαχρονική μεταβολή του O_3.

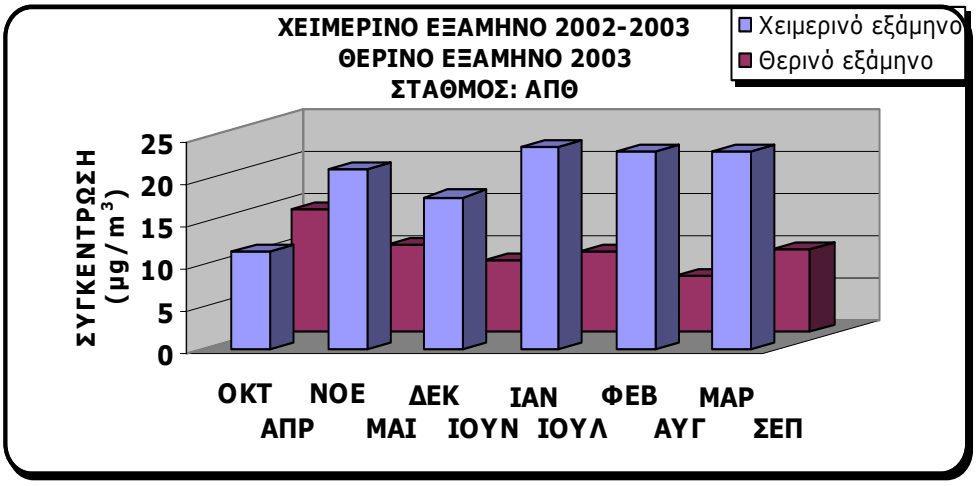
4.4.2 Ετήσια Μεταβολή Συγκεντρώσεων Αέρίων Ρύπων για το 2003

4.4.2.1 Διοξείδιο του θείου (SO_2)

Κατά την διάρκεια του έτους 2003 οι συγκεντρώσεις του διοξειδίου του θείου κυμάνθηκαν σε χαμηλά επίπεδα. Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρατηρήθηκαν κυρίως στον σταθμό της Πλ. Αγίας Σοφίας, ενώ υψηλές συγκεντρώσεις παρατηρήθηκαν και στον σταθμό του ΑΠΘ (Σχήμα 4.7). Η πληρότητα των μετρήσεων του σταθμού του Ελ. Κορδελιού ήταν 56,6% δηλ μικρότερη από το 75% που χρειάζεται για την σωστή εκτίμηση των επιπέδων ρύπανσης. Κατά την διάρκεια του χρόνου οι μεγαλύτερες τιμές καταγράφονται τους χειμερινούς μήνες, γεγονός που οφείλεται στην λειτουργία της Κεντρικής Θέρμανσης (Σχήμα 4.8).

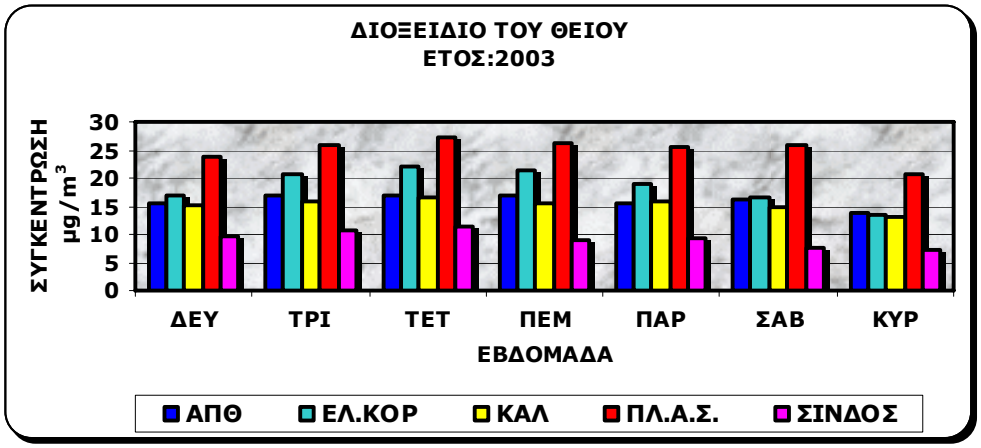


Σχήμα 4.7 : Ετήσια διακύμανση του διοξειδίου του θείου σε όλους τους σταθμούς



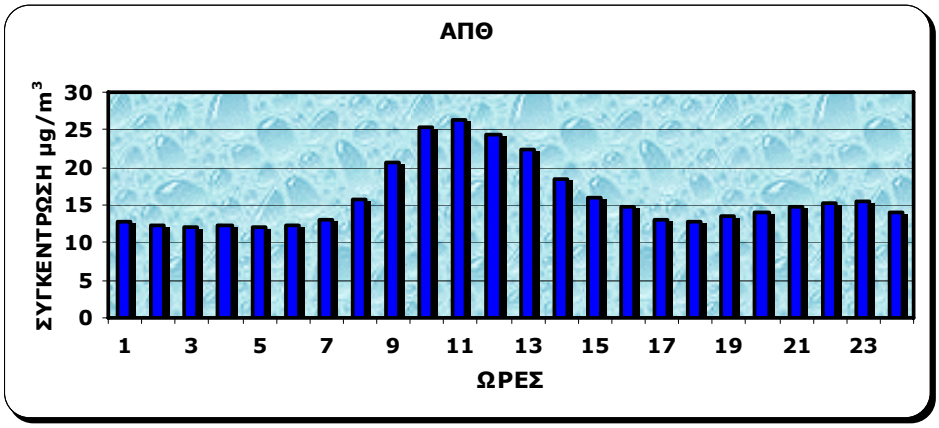
Σχήμα 4.8 : Σύγκριση χειμερινού-θερινού εξαμήνου 2002-03 για το διοξείδιο του θείου σε χαρακτηριστική θέση μέτρησης (ΑΠΘ)

Κατά την διάρκεια της εβδομάδας παρατηρούμε ότι οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις εμφανίζονται το Σαββατοκύριακο (Σχήμα 4.9).

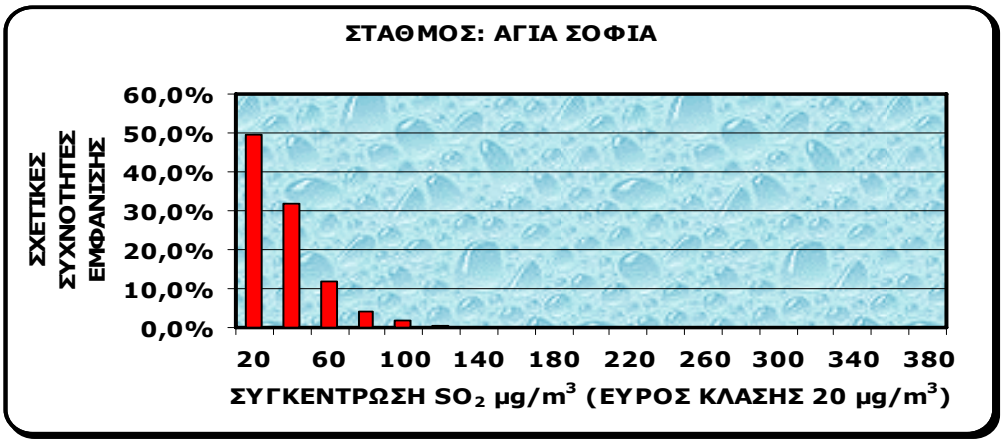


Σχήμα 4.8 : Μέσοι αριθμητικοί όροι συγκέντρωσης του διοξειδίου του θείου για το έτος 2003, στις ίδιες κατά εβδομάδα ημέρες

Από το διάγραμμα της ωριαίας μεταβολής του διοξειδίου του θείου σε χαρακτηριστικό σταθμό μέτρησης (Σχήμα 4.9, ΑΠΘ - αστική περιοχή) παρατηρούμε ότι σημειώνεται ένα μέγιστο μεταξύ των ωρών 09:00–13:00.



Σχήμα 4.9 : Ωριαία μεταβολή του διοξειδίου του θείου στον σταθμό του ΑΠΘ για το έτος 2003



Σχήμα 4.10 : Σχετικές συχνότητες εμφάνισης των ωριαίων τιμών διοξειδίου του θείου στον σταθμό της Πλ. Αγίας Σοφίας

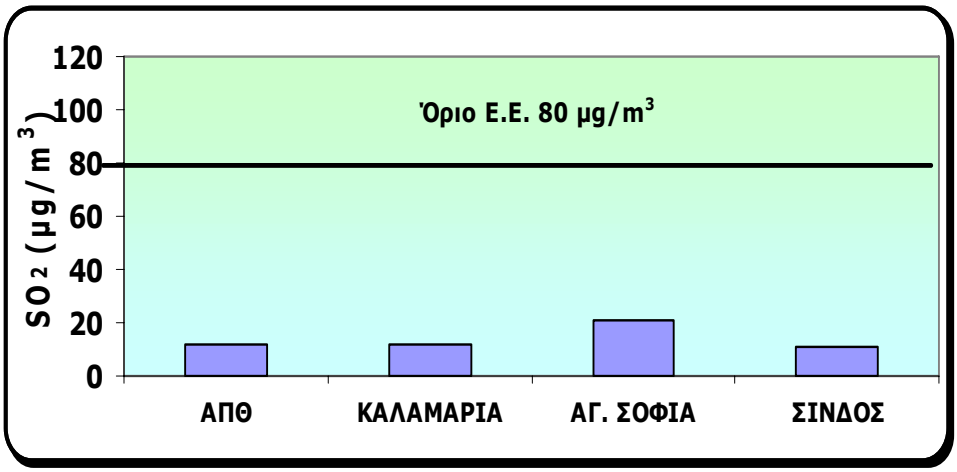
Στον σταθμό της Πλ. Αγίας Σοφίας το διάγραμμα της σχετικής συχνότητας εμφάνισης των ωριαίων τιμών (Σχήμα 4.10), δείχνει ότι το μεγαλύτερο ποσοστό τους (82%) κυμάνθηκε μεταξύ 0-40 μg/m^3.

ΣΤΑΘΜΟΣ	Διάμεσος έτους(1)	Διάμεσος χειμώνα (2)	98 ^{0} εκατοστημόριο	Μέση ετήσια τιμή	Πληρότητα μετρήσεων %
Α.Π.Θ.	12	19	53	16	98,6
ΕΛ. ΚΟΡΔΕΛΙΟ	-	-	-	-	56,6
ΚΑΛΑΜΑΡΙΑ	12	14	40	16	95,4
ΑΓ. ΣΟΦΙΑ	21	26	67	24	74,3
ΣΙΝΔΟΣ	11	12	28	9	94,3

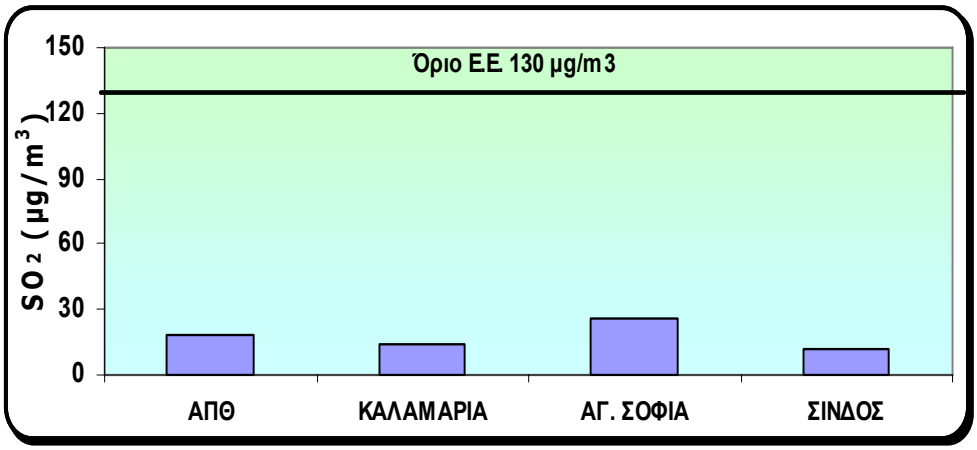
(1) : Η διάμεσος έτους ορίζεται από την 1η Απριλίου ενός έτους μέχρι τις 31 Μαρτίου του επομένου

(2) : Η διάμεσος χειμώνα ορίζεται από την 1η Οκτωβρίου ενός έτους μέχρι τις 31 Μαρτίου του επομένου

(3) : 98% όλων των ημερήσιων μέσων τιμών που λήφθηκαν όλο το έτος



Σχήμα 4.11 : Σύγκριση της διαμέσου έτους του διοξειδίου του θείου για όλους τους σταθμούς μέτρησης με το αντίστοιχο όριο των 80 μg/m^3



Σχήμα 4.12 : Σύγκριση της διαμέσου χειμώνα του διοξειδίου του θείου για όλους τους σταθμούς μέτρησης με το αντίστοιχο όριο των 130 μg/m^3

Η διάμεσος έτους και χειμώνα για το έτος 2003-2004, σε όλους τους σταθμούς κυμάνθηκε σε χαμηλά επίπεδα και κάτω των αντιστοίχων ορίων όπως φαίνεται και από τα Σχήματα 4.11 και 4.12. Στον Πίνακα 4.12 (σελ. 82) δίνονται οι οριακές τιμές για το SO_2.

Διάμεσος έτους-SO_2					
Σταθμός / Έτος	**ΑΠΘ**	**Ελ. Κορδελιό**	**Καλαμαριά**	**Αγία Σοφία**	**Σίνδος**
1991/92		107			
1992/93		81		113	
1993/94		70	90	67	
1994/95		44	38	48	
1995/96		33	25	41	
1996/97		39	28	47	
1997/98		17	36	16	
1998/99		38	23	16	
1999/00		41	20		
2000/01		41	16		
2001/02	16	27	18	22	10
2002/03	10	19	9	18	9
2003/04	12		12	21	11

Πίνακας 4.5 : Διαχρονική μεταβολή της διαμέσου του έτους για την χρονική περίοδο 1991-2004

Στους Πίνακες 4.5 και 4.6 δίνονται οι διαχρονικές μεταβολές της διαμέσου του έτους και διαμέσου χειμώνα, αντίστοιχα. Είναι φανερό ότι η συγκέντρωση του διοξειδίου του θείου στην ατμόσφαιρα έχει πτωτική πορεία από την αρχή της τελευταίας δεκαετίας και διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα τα τελευταία χρόνια.

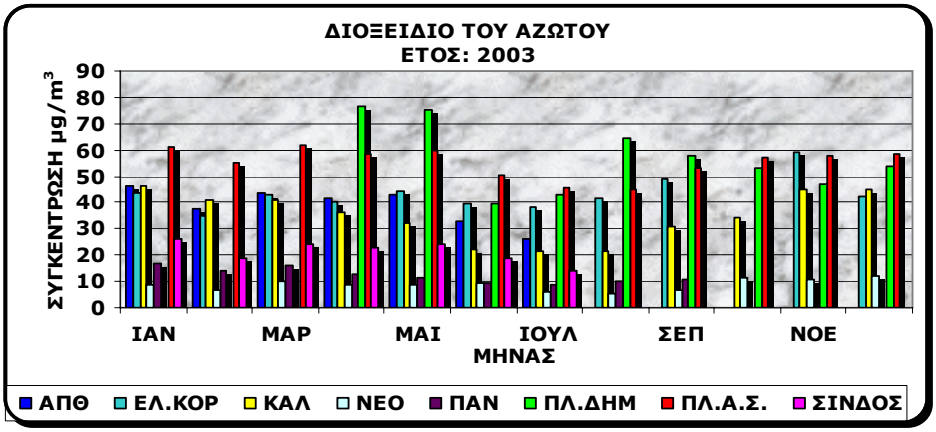
Διάμεσος χειμώνα-SO_2					
Σταθμός / Έτος	ΑΠΘ	Ελ. Κορδελιό	Καλα μαριά	Αγία Σοφία	Σίνδος
1991/92		107			
1992/93		102		149	
1993/94		52	136	55	
1994/95		50	38	78	
1995/96		34	34	51	
1996/97		48	32	86	
1997/98		50	46	30	
1998/99		41	30	22	
1999/00		62	23		
2000/01		42	29		
2001/02	24	30	40	37	14
2002/03	20	26	19	29	13
2003/04	19		14	26	12

Πίνακας 4.5 : Διαχρονική μεταβολή της διαμέσου του χειμώνα για την χρονική περίοδο 1991-2004

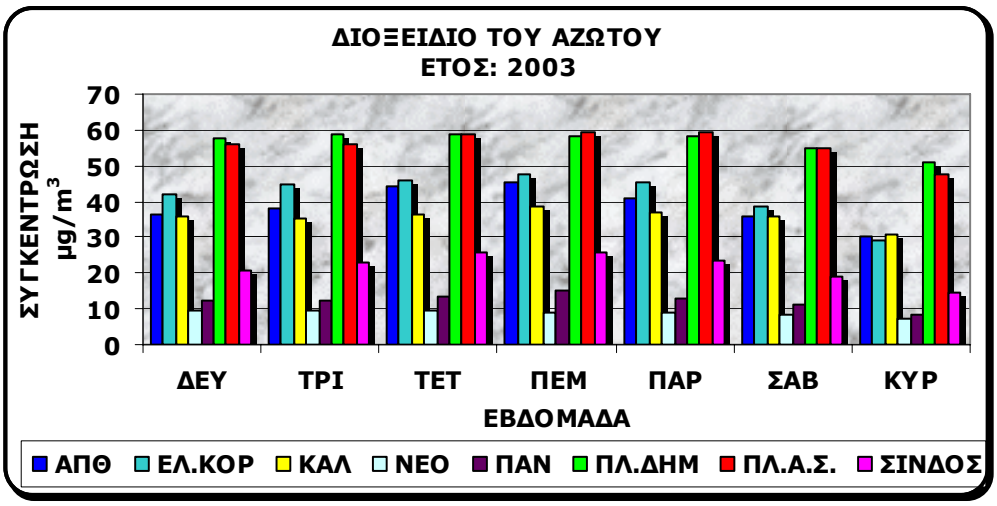
Σύμφωνα με τα νέα κοινοτικά όρια δεν παρατηρήθηκε καμία υπέρβαση της ωριαίας οριακής συγκέντρωσης για την προστασία της ανθρώπινης υγείας των 410 μg/m^3 (Πίνακας 4.15-σελ.84) και της ημερήσιας οριακής τιμής για την προστασία της ανθρώπινης υγείας των 125 μg/m^3 (Πίνακας 4.15-σελ.84). Υπέρβαση της οριακής τιμής των 20 μg/m^3 για την προστασία των οικοσυστηματων σημειώθηκε στους σταθμούς ΑΠΘ (23 μg/m^3) και Πλ.Αγ.Σοφίας (29 μg/m^3).

4.4.2.2 Διοξείδιο του αζώτου (NO_2)

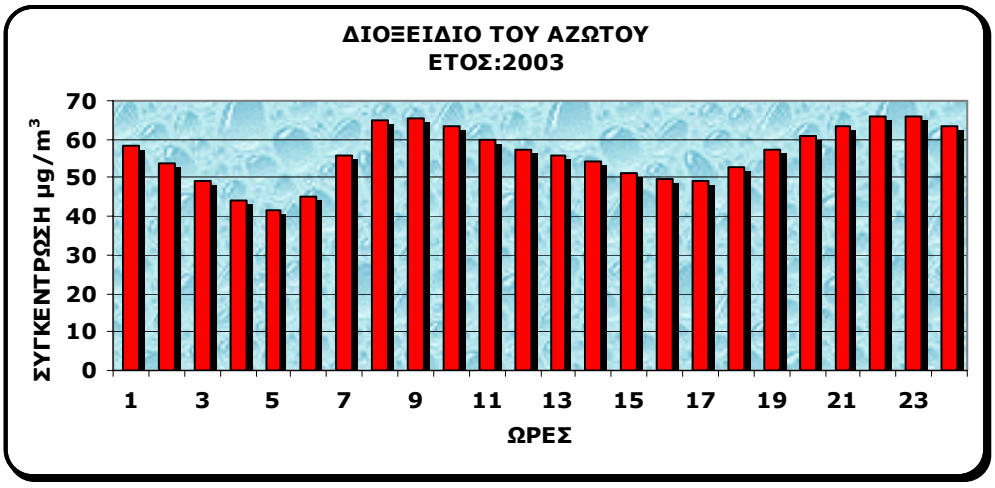
Στο Σχήμα 4.13 παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες συγκεντρώσεις NO_2 για όλους τους σταθμούς. Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις διοξειδίου του αζώτου μετρήθηκαν στην Πλ. Δημοκρατίας κι αποδίδονται στη κίνηση των αυτοκινήτων στο κέντρο της πόλης. Σημαντικά χαμηλότερες συγκεντρώσεις μετρήθηκαν στους σταθμούς Νεοχωρούδας και Πανοράματος, ενώ ενδιάμεσες τιμές μετρήθηκαν στους υπόλοιπους σταθμούς. Η εβδομαδιαία διακύμανση στις συγκεντρώσεις NO_2 παρουσιάζεται στο Σχήμα 4.12. Τις εργάσιμες ημέρες οι συγκεντρώσεις NO_2 ήταν αισθητά υψηλότερες από το Σαββατοκύριακο κι αυτό αποδίδεται στις αυξημένες ανθρώπινες δραστηριότητες αυτές τις μέρες.



Σχήμα 4.12 : Ετήσια διακύμανση του διοξειδίου του αζώτου σε όλους τους σταθμούς

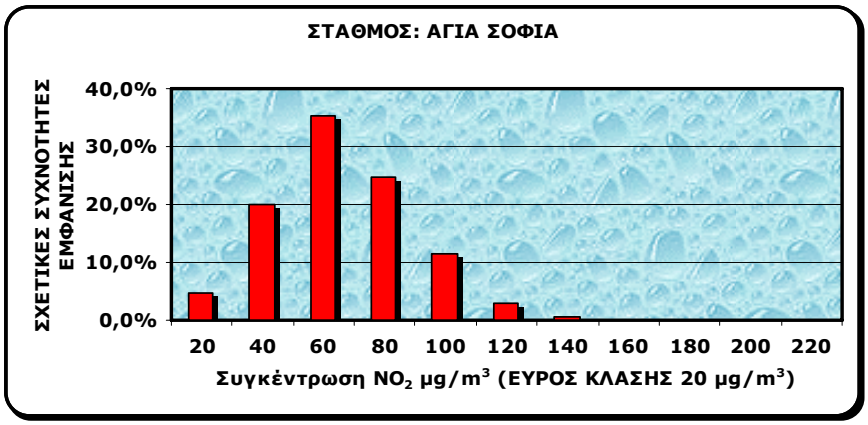


Σχήμα 4.13 : Μέσοι αριθμητικοί όροι συγκέντρωσης του διοξειδίου του αζώτου για το έτος 2003, στις ίδιες κατά εβδομάδα ημέρες, σε όλους τους σταθμούς



Σχήμα 4.14 : Ωριαία μεταβολή του διοξειδίου του αζώτου στον σταθμό Αγ. Σοφίας για το έτος 2003

Η ωριαία μεταβολή της συγκέντρωσης διοξειδίου του αζώτου στον σταθμό της Πλ. Αγ. Σοφίας δίνεται στο Σχήμα 4.14. Οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις μετρήθηκαν τις πρωινές και βραδινές ώρες κατά τις μετακινήσεις προς και από το κέντρο της πόλης, αντίστοιχα, μεγάλου μέρους του πληθυσμού. Ανάλογα αποτελέσματα παρατηρήθηκαν και στους άλλους σταθμούς μέτρησης.



Σχήμα 4.15 : Σχετικές συχνότητες εμφάνισης των ωριαίων τιμών διοξειδίου του αζώτου στον σταθμό της Αγίας Σοφίας

Από το Σχήμα 4.15 φαίνεται ότι στην Πλ. Αγ. Σοφίας, πολύ μικρό ποσοστό των μετρήσεων ήταν πάνω από 100 μg/m^3 κι η συγκέντρωση με τη μέγιστη συχνότητα ήταν 60 μg/m^3.

Σταθμός	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ	ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΤΙΜΗ	Πληρότητα μετρήσεων (%)	98 ο εκατοστημόριο(1)
Α.Π.Θ.	133	39	53.7	96
ΕΛ. ΚΟΡΔΕΛΙΟ	251	42	79.0	102
ΚΑΛΑΜΑΡΙΑ	124	35	88.0	84
ΝΕΟΧΩΡΟΥΔΑ	109	9	99.6	35
ΠΑΝΟΡΑΜΑ	123	12	73.4	52
ΠΛ. ΑΓ. ΣΟΦΙΑΣ	219	56	91.7	108
ΠΛ.ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ	237	57	74.9	115
ΣΙΝΔΟΣ	88	22	52.2	61

Πίνακας 4.6 : Διοξείδιο του Αζώτου - τιμές σε ωριαία βάση (μg/m^3)

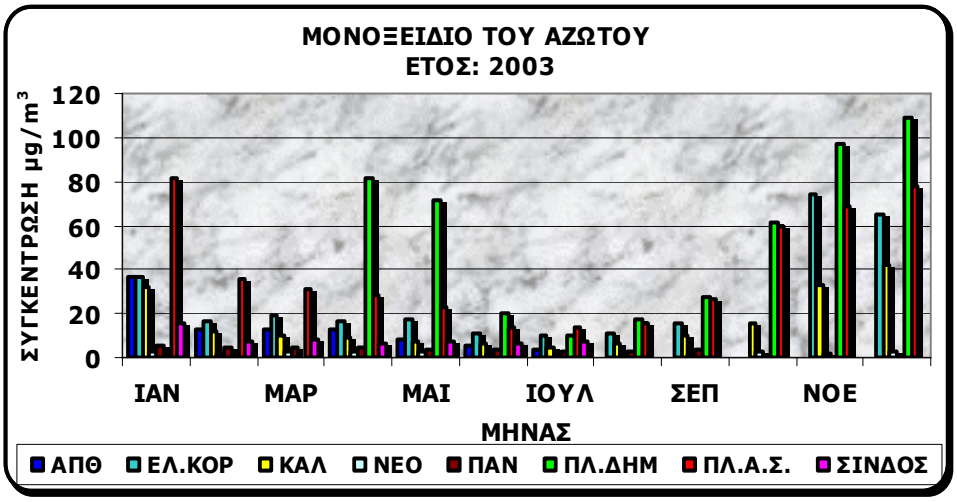
(1) : 98% όλων των ημερήσιων μέσων τιμών που λήφθηκαν όλο το έτος

Στο Πίνακα 4.6 αναφέρονται οι μέγιστες τιμές που μετρήθηκαν σε ωριαία βάση, ο μέσος ετήσιος όρος, το 98° εκατοστημόριο και η πληρότητα μετρήσεων ανά σταθμό. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μετρήσεων, η μέγιστη μέση ετήσια συγκέντρωση NO_2 ήταν στο σταθμό Πλ. Δημοκρατίας κι η ελάχιστη στη Νεοχωρούδα.

Οι τιμές του διοξειδίου του αζώτου γενικά κυμάνθηκαν σε χαμηλά επίπεδα σε όλους τους σταθμούς εκτός από τους σταθμούς του Ελ.Κορδελιού της Πλ.Αγ.Σοφίας και Πλ.Δημοκρατίας όπου σύμφωνα με τα ισχύοντα όρια σημειώθηκαν μικρές υπερβάσεις της ωριαίας τιμής των 200 μg/m^3 (0,13% 0.01% και 0.03% αντίστοιχα). Σε σχέση με τα νέα όρια που θεσπίζει η οδηγία 1999/30/ΕΚ, δεν παρατηρήθηκε καμία υπέρβαση της ωριαίας οριακής συγκέντρωσης για την προστασία της ανθρώπινης υγείας των 270 μg/m3 (Πίνακας 4.15 σελ. 84) ενώ παρατηρήθηκε υπέρβαση της ετήσιας οριακής τιμής για την προστασία της ανθρώπινης υγείας των 54 μg/m^3 (Πίνακας 4.15 σελ. 84) στον σταθμό της Πλ. Αγίας Σοφίας και Πλ. Δημοκρατίας.

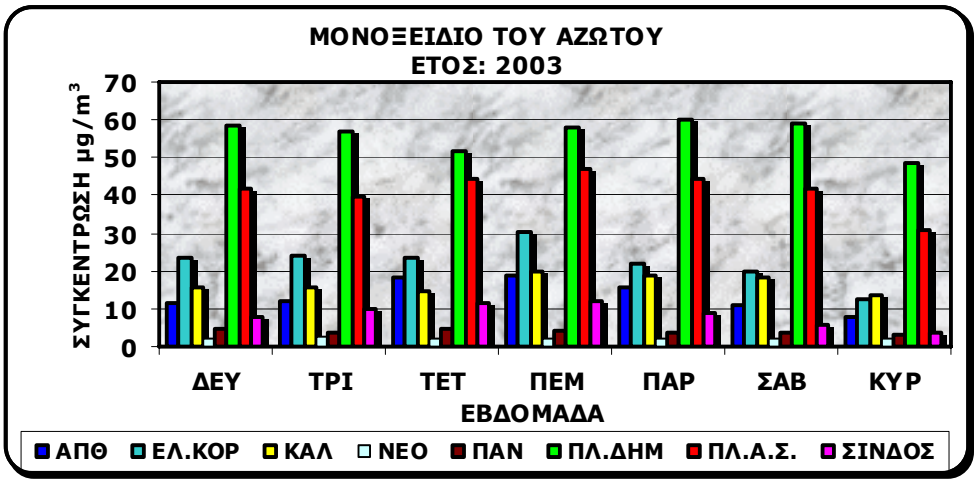
4.4.2.3 Μονοξείδιο του αζώτου (NO)

Οι μέσες μηνιαίες συγκεντρώσεις του μονοξειδίου του αζώτου σε όλους τους σταθμούς παρουσιάζονται στο Σχήμα 4.16. Οι υψηλότερες από αυτές καταγράφονται στον σταθμό της Πλ. Δημοκρατίας και οι χαμηλότερες στη Νεοχωρούδα. Κατά την διάρκεια του έτους έχουμε αυξημένες συγκεντρώσεις τους χειμερινούς μήνες.



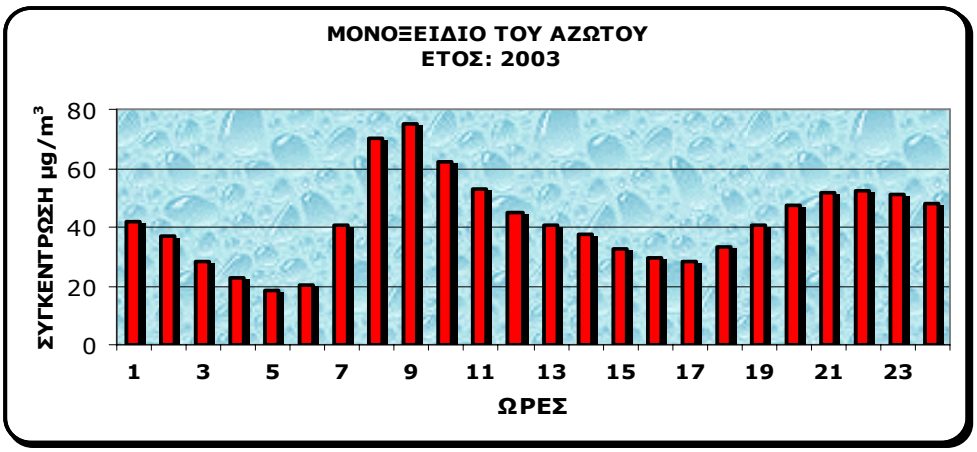
Σχήμα 4.16 : Ετήσια διακύμανση του μονοξειδίου του αζώτου σε όλους τους σταθμούς

Ανάμεσα στις ημέρες της εβδομάδας οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις καταγράφονται την Κυριακή, γεγονός το οποίο οφείλεται στην μείωση των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων (Σχήμα 4.17).

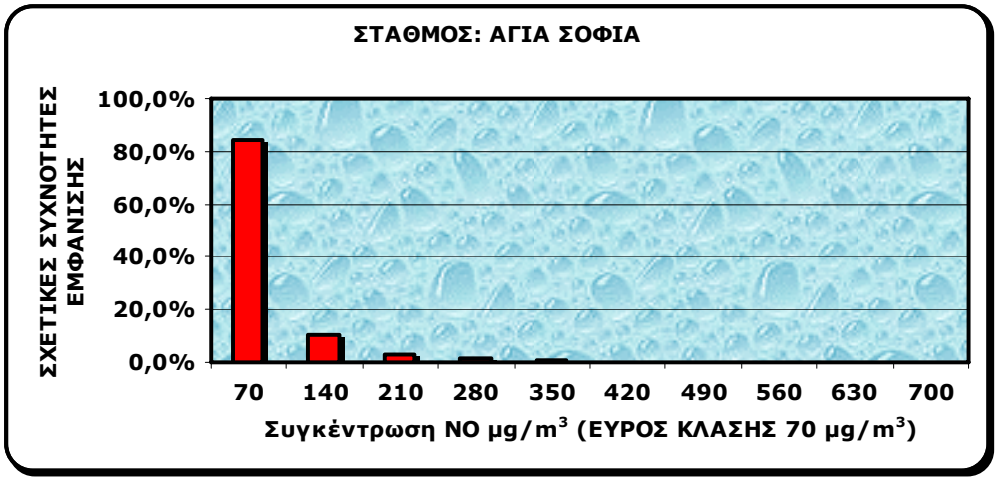


Σχήμα 4.17 : Μέσοι αριθμητικοί όροι συγκέντρωσης του μονοξειδίου του αζώτου για το έτος 2003, στις ίδιες κατά εβδομάδα ημέρες, σε όλους τους σταθμούς

Η διακύμανση της ωριαίας μεταβολής παρουσιάζει δύο μέγιστα, ένα μεταξύ 8:00-10:00 και ένα δεύτερο μεταξύ 21:00-23:00, ώρες αυξημένης κυκλοφοριακής κίνησης (Σχήμα 4.18). Η συγκέντρωση με την μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης ήταν των 70 μg/m^3 (Σχήμα 4.19).



Σχήμα 4.18 : Ωριαία μεταβολή του μονοξειδίου του αζώτου στον σταθμό Αγ. Σοφίας για το έτος 2003



Σχήμα 4.19 : Σχετικές συχνότητες εμφάνισης των ωριαίων τιμών μονοξειδίου του αζώτου στον σταθμό της Αγίας Σοφίας

Σταθμός	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ	ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΤΙΜΗ	98° εκατο-στημόριο (1)	Πληρότητα μετρήσεων (%)
Α.Π.Θ.	235	14	107	53.8
ΕΛ. ΚΟΡΔΕΛΙΟ	571	22	163	80.8
ΚΑΛΑΜΑΡΙΑ	375	17	110	88.0
ΝΕΟΧΩΡΟΥΔΑ	205	2	6	99.6
ΠΑΝΟΡΑΜΑ	353	4	12	73.4
ΠΛ. ΑΓ. ΣΟΦΙΑΣ	689	42	223	90.5
ΣΙΝΔΟΣ	703	56	292	75.4
ΠΛ.ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ	300	9	55	52.2

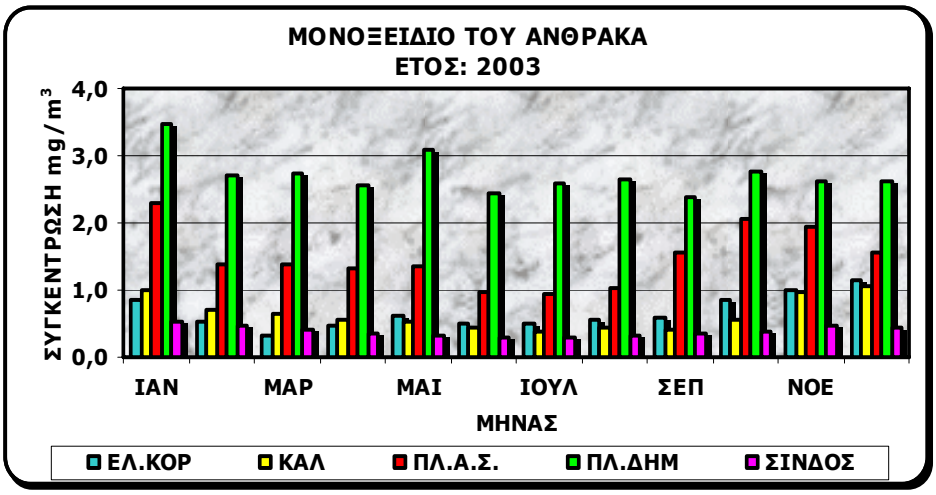
(1) : 98% όλων των ημερήσιων τιμών που μετρήθηκαν όλο το χρόνο

Πίνακας 4.7 : Μονοξείδιο του Αζώτου - τιμές σε ωριαία βάση (μg/m^3)

Στο Πίνακα 4.7 αναφέρονται οι μέγιστες τιμές που μετρήθηκαν σε ωριαία βάση, ο μέσος ετήσιος όρος, το 98ο εκατοστημόριο και η πληρότητα μετρήσεων ανά σταθμό. Η μέγιστη μέση ετήσια συγκέντρωση ΝΟ ήταν στην Σίνδο κι η ελάχιστη στη Νεοχωρούδα.

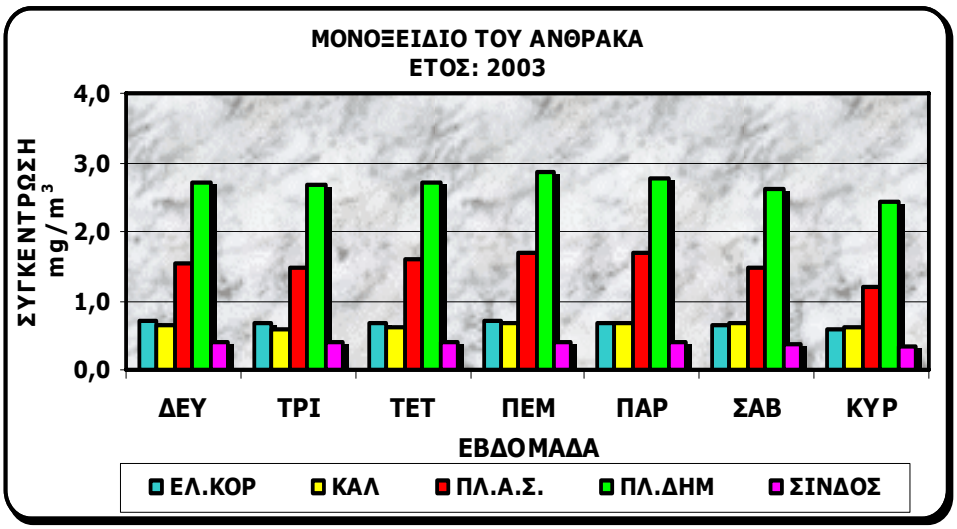
4.4.2.4. Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)

Οι μέσες μηνιαίες συγκεντρώσεις μονοξειδίου του άνθρακα στους πέντε σταθμούς μέτρησης παρουσιάζονται στο Σχήμα 4.20. Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις μετρήθηκαν στη Πλ. Δημοκρατίας κι αυτό αποδίδεται στην αυξημένη κυκλοφορία αυτοκινήτων στο κέντρο της πόλης. Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις μετρήθηκαν στη Σίνδο που χαρακτηρίζεται αγροτική/ βιομηχανική περιοχή.



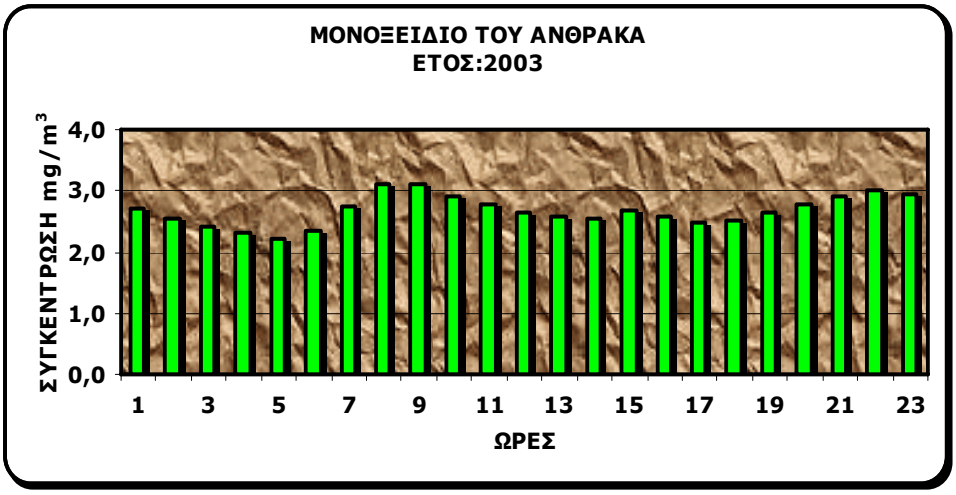
Σχήμα 4.20 : Ετήσια διακύμανση του μονοξειδίου του άνθρακα σε όλους τους σταθμούς

Η μέση ημερήσια συγκέντρωση μονοξειδίου του άνθρακα ήταν υψηλότερη τις εργάσιμες ημέρες από το Σαββατοκύριακο (Σχήμα 4.21) στη Πλ. Δημοκρατίας και Πλ.Αγ.Σοφίας, ενώ στους υπόλοιπους σταθμούς δεν παρατηρήθηκε ιδιαίτερη μεταβολή από μέρα σε μέρα.



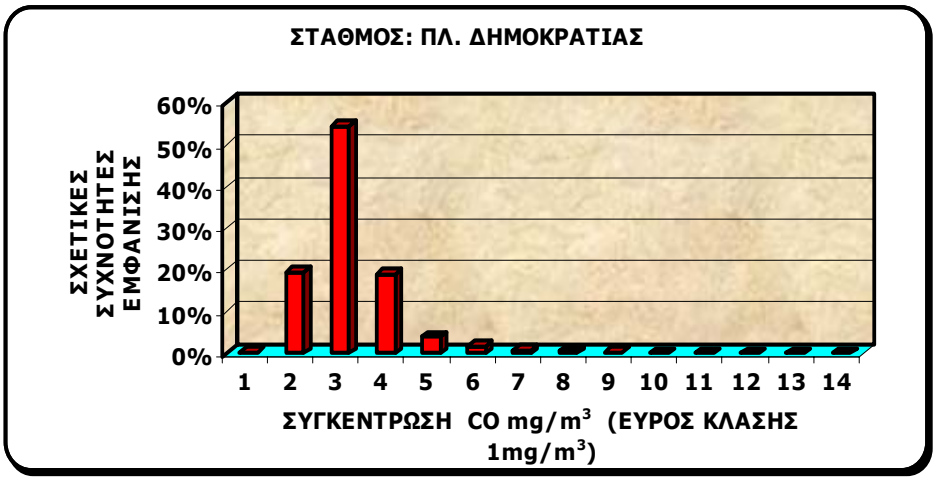
Σχήμα 4.21 : Μέσοι αριθμητικοί όροι συγκέντρωσης του μονοξειδίου του άνθρακα για το έτος 2003, στις ίδιες κατά εβδομάδα ημέρες, σε όλους τους σταθμούς

Η ωριαία μεταβολή του μονοξειδίου του άνθρακα κατά την διάρκεια της ημέρας στον σταθμό της Πλ. Δημοκρατίας φαίνεται στο Σχήμα 4.22. Αυξημένες συγκεντρώσεις παρατηρούνται μεταξύ των ωρών 8:00 και 10:00 και τις βραδινές ώρες. Στους σταθμούς Καλαμαριάς και Ελευθερίου Κορδελιού παρατηρούνται πάλι δύο μέγιστα ένα μεταξύ των ωρών 8:00 και 9:00 και ένα δεύτερο τις βραδινές ώρες μεταξύ 20:00 και 22:00.



Σχήμα 4.22 : Ωριαία μεταβολή του μονοξειδίου του άνθρακα στον σταθμό Πλ. Δημοκρατίας για το έτος 2003

Η σχετική συχνότητα εμφάνισης συγκεντρώσεων στο σταθμό Πλ. Δημοκρατίας δίνεται στο Σχήμα 4.23, όπου φαίνεται ότι η συγκέντρωση που παρουσιάζει την μεγαλύτερη συχνότητα (54,41%) είναι των 3 mg/m^3.



Σχήμα 4.23 : Σχετικές συχνότητες εμφάνισης των ωριαίων τιμών μονοξειδίου του άνθρακα στον σταθμό της Πλ.Δημοκρατίας

Σταθμός	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ	ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΤΙΜΗ	98° εκατο-στημόριο(1)	Πληρότητα μετρήσεων (%)
ΕΛ.ΚΟΡΔΕΛΙΟ	8.5	0.7	2.3	98.2
ΚΑΛΑΜΑΡΙΑ	5.9	0.6	2.0	98.6
ΠΛ. ΑΓ. ΣΟΦΙΑΣ	13.5	1.5	4.3	86.8
ΠΛ.ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ	10.6	2.7	5.4	94.8
ΣΙΝΔΟΣ	3.5	0.4	0.9	93.0

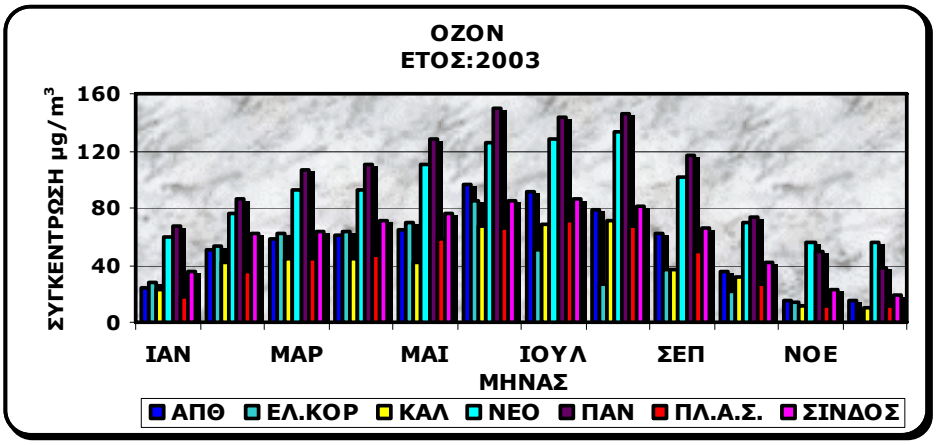
(1) : 98% όλων των ημερήσιων τιμών που μετρήθηκαν όλο το χρόνο

Πίνακας 4.8 : Μονοξείδιο του Άνθρακα - τιμές σε ωριαία βάση (mg/m^3)

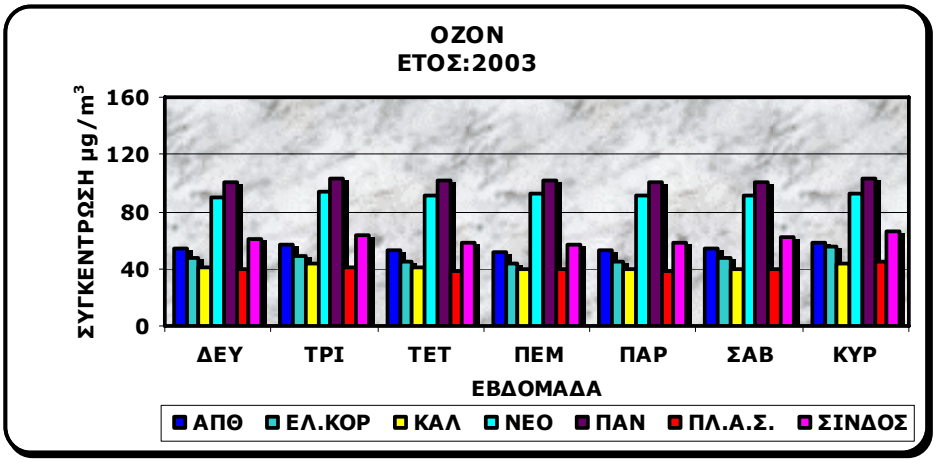
Η μέγιστη ωριαία τιμή, η μέση ετήσια τιμή το 98ο εκατοστημόριο κι η πληρότητα μετρήσεων ανά σταθμό μέτρησης δίνονται στο Πίνακα 4.8. Δεν παρατηρήθηκε υπέρβαση της οριακής συγκέντρωσης των 10 mg/m^3 σε κυλιόμενο 8ωρο σε κανένα σταθμό

4.4.2.5. Όζον (O_3)

Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις όζοντος μετρήθηκαν στους σταθμούς Πανοράματος και Νεοχωρούδας κατά τους θερινούς μήνες που υπάρχει αυξημένη ηλιοφάνεια. Γενικά, οι συγκεντρώσεις όζοντος είναι σημαντικά υψηλότερες τους θερινούς μήνες σε σχέση με τους χειμερινούς σε όλους τους σταθμούς.



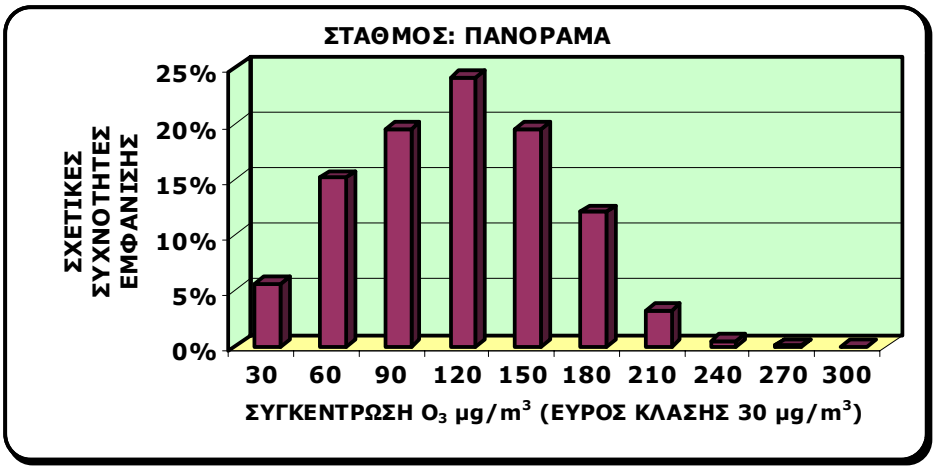
Σχήμα 4.24 : Ετήσια διακύμανση του όζοντος σε όλους τους σταθμούς



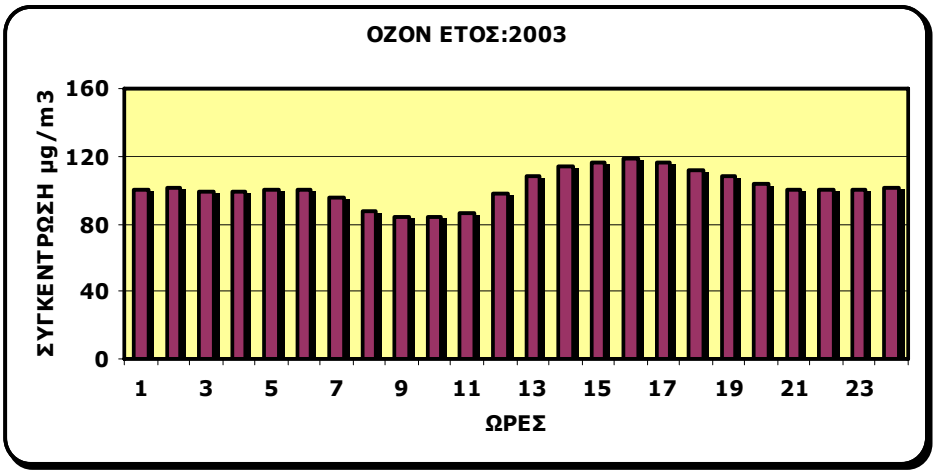
Σχήμα 4.25 : Μέσοι αριθμητικοί όροι συγκέντρωσης του όζοντος για το έτος 2003, στις ίδιες κατά εβδομάδα ημέρες, σε όλους τους σταθμούς

Οι συγκεντρώσεις όζοντος είναι ελαφρώς μεγαλύτερες το Σαββατοκύριακο σε σχέση με τις εργάσιμες στους περισσότερους σταθμούς.

Η σχετική συχνότητα εμφάνισης ωριαίων τιμών όζοντος στο σταθμό Πανοράματος (Σχήμα 5.26) προσομοιάζει εκείνη κανονικής κατανομής.

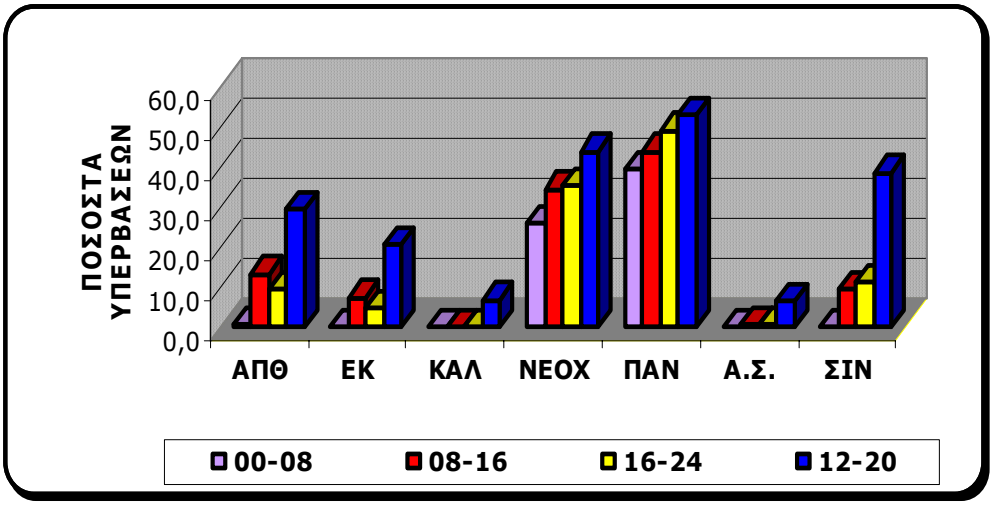


Σχήμα 4.26 : Σχετικές συχνότητες εμφάνισης των ωριαίων τιμών όζοντος στον σταθμό του Πανοράματος για το έτος 2003



Σχήμα 4.27 : Ωριαία μεταβολή του όζοντος στον σταθμό του Πανοράματος για το έτος 2003

Κατά την διάρκεια της ημέρας οι υψηλότερες τιμές καταγράφονται κυρίως μεταξύ των ωρών 12:00-17:00 (Σχήμα 4.27).



Σχήμα 4.27 : Ποσοστό των 8ώρων του O_3 που υπερβαίνουν το όριο της ΕΕ σε όλους τους σταθμούς μέτρησης για το έτος 2003

Από το σχήμα 4.27 παρατηρούμε ότι τα υψηλότερα ποσοστά υπερβάσεων σημειώθηκαν κυρίως το 4^{ο} 8ωρο.

Στον Πίνακα 5.1 αναφέρονται οι μέγιστες τιμές, οι μέσες ετήσιες τιμές, το 98^{ο} εκατοστημόριο και η πληρότητα μετρήσεων. Στον Πίνακα 4.9 δίνονται οι υπερβάσεις στα όρια ενημέρωσης (180 μg/m^3) και συναγερμού (360 μg/m^3) σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία.

Σταθμός	**ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ**	**ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΤΙΜΗ**	**98^{ο} εκατο-στημόριο(1)**	**Πληρότητα μετρήσεων (%)**
Α.Π.Θ.	215	54	151	99.7
ΕΛ.-ΚΟΡΔΕΛΙΟ	198	47	137	87.3
ΚΑΛΑΜΑΡΙΑ	149	42	113	98.7
ΝΕΟΧΩΡΟΥΔΑ	219	92	161	99.6
ΠΑΝΟΡΑΜΑ	277	101	189	99.8
ΠΛ. ΑΓ. ΣΟΦΙΑΣ	200	40	115	91.8
ΣΙΝΔΟΣ	173	60	137	94.3

(1) : 98% όλων των ημερήσιων τιμών που μετρήθηκαν όλο το χρόνο

Πίνακας 4.9 : Όζον - τιμές σε ωριαία βάση (μg/m^3)

Σταθμός	**180 μg/m^3**	**360 μg/m^3**
Α.Π.Θ.	8	0
ΕΛ.-ΚΟΡΔΕΛΙΟ	1	0
ΚΑΛΑΜΑΡΙΑ	0	0
ΝΕΟΧΩΡΟΥΔΑ	19	0
ΠΑΝΟΡΑΜΑ	62	0
ΠΛ. ΑΓ. ΣΟΦΙΑΣ	1	0
ΣΙΝΔΟΣ	0	0

Πίνακας 4.10 : Αριθμός ημερών που τουλάχιστον για μία ώρα η συγκέντρωση του O_3 ήταν μεγαλύτερη από 180 ή 360 μg/m^3

4.4.3 Πίνακες Ορίων Συγκεντρώσεων Αερίων Ρύπων

Στους Πίνακες 4.11-4.14 δίνονται οι οριακές συγκεντρώσεις αερίων ρύπων σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία. Οι τιμές αυτές χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό των υπερβάσεων για το 2003

Περίοδος αναφοράς	**Τιμές ορίων για αιωρούμενα σωματίδια**
ΕΤΟΣ (1 ΑΠΡ.-31 ΜΑΡΤ)	**80** (διάμεσος ημερησίων μέσων τιμών από όλο το έτος)
ΧΕΙΜΩΝΑΣ (1 ΟΚΤ.-31ΜΑΡΤ)	**130** (διάμεσος ημερησίων μέσων τιμών από όλο το χειμώνα)
ΕΤΟΣ (αποτελείται από μονάδες 24ωρων περιόδων μετρήσεως)	**250** (98% όλων των ημερησίων μέσων τιμών που λήφθηκαν όλο το έτος)

Πίνακας 4.11 : Οριακές τιμές για αιωρούμενα σωματίδια όπως μετρήθηκαν με την μέθοδο μαύρου καπνού εκφρασμένες σε $\mu g/m^3$

Περίοδος αναφοράς	Τιμή ορίου για το διοξείδιο του θείου	Συνδυασμένη τιμή για αιωρούμενα σωματίδια
ΕΤΟΣ	**80** (διάμεσος ημερησίων μέσων τιμών από όλο το έτος)	**>40** (διάμεσος ημερησίων μέσων τιμών από όλο το έτος)
	120 (διάμεσος ημερησίων μέσων τιμών από όλο το ετος)	**<=40** (διάμεσος ημερησίων μέσων τιμών από όλο το έτος)
ΧΕΙΜΩΝΑΣ	**130** (διάμεσος ημερησίων μέσων τιμών από όλο το χειμώνα)	**>60** (διάμεσος ημερησίων μέσων τιμών από όλο το χειμώνα)
	180 (διάμεσος ημερησίων μέσων τιμών από όλο το χειμώνα)	**<=60** (διάμεσος ημερησίων μέσων τιμών από όλο το χειμώνα)
ΕΤΟΣ	**250** (98% όλων των ημερησίων μέσων τιμών που λήφθηκαν όλο το έτος)	**>150** (98% όλων των ημερησίων μέσων τιμών που λήφθηκαν όλο το έτος)
(αποτελείται από μονάδες 24ωρων περιόδων μετρήσεως)	**350** (98% όλων των ημερησίων μέσων τιμών που λήφθηκαν όλο το έτος)	**<=150** (98% όλων των ημερησίων μέσων τιμών που λήφθηκαν όλο το έτος)

Πίνακας 4.12 : Οριακές τιμές για το διοξείδιο του θείου εκπεφρασμένες σε $\mu g/m^3$ με τις συνδυασμένες τιμές για τα αιωρούμενα σωματίδια

οριακές τιμές για ρύπους σύμφωνα με πρόσφατη οδηγία της ΕΕ και την εναρμονισμένη με αυτήν Ελληνική νομοθεσία. Όπως φαίνεται από τον τελευταίο πίνακα, η χρονολογία συμμόρφωσης προς την οριακή τιμή ξεκινά από 1/1/2005 μέχρι και 1/1/2010. Στο ενδιάμεσο χρονικό διάστημα δίνονται περιθώρια ανοχής που ποικίλουν ανά ρύπο. Στην τελευταία στήλη του Πίνακα Δ.5 δίνονται οι οριακές συγκεντρώσεις για το έτος 2003. Αυτές οι οριακές τιμές χρησιμοποιήθηκαν, επίσης, στον υπολογισμό των υπερβάσεων.

Περίοδος αναφοράς	Οριακή τιμή για το διοξείδιο του αζώτου
ΕΤΟΣ	**200**
(1η Ιανουαρίου έως 31 Δεκεμβρίου του ημερολογιακού έτους)	98ο εκατοστημόριο υπολογιζόμενο βάσει των μέσων τιμών ανά ώρα οι οποίες λαμβάνονται καθ΄όλη την διάρκεια του έτους

Σχόλιο [ÄÐ1]:

Πίνακας 4.13 : Οριακή τιμή για το διοξείδιο του αζώτου (Οι τιμές εκφράζονται σε μg/m^3)

Τιμή στόχος για την προστασία της ανθρώπινης υγείας για το 2010	Μέγιστη ημερήσια οκτάωρη μέση τιμή	**120 μg/m^3**
Όριο ενημέρωσης του πληθυσμού	Μέσος όρος 1 ώρας	**180 μg/m^3**
Όριο συναγερμού του πληθυσμού	Μέσος όρος 1 ώρας μετρούμενος για 3 συνεχόμενες ώρες	**240 μg/m^3**
Τιμή στόχος για την προστασία της βλάστησης για το 2010	AOT 40, υπολογισμένο βάσει ωριαίων τιμών από το Μάιο ως τον Ιούλιο (1)	**18 000 μg/m^3 h,** κατά μέσο όρο σε διάστημα 5 ετών

(1) : Ως AOT40 (εκφρασμένου σε μg/m^{3}h) ορίζεται το άθροισμα της διαφοράς μεταξύ ωριαίων συγκεντρώσεων άνω των 80 μg/m^3 και των 80 μg/m^3 σε μια δεδομένη χρονική περίοδο χρησιμοποιώντας μόνο τις ωριαίες τιμές που μετρήθηκαν μεταξύ της 8ης π.μ. και 8ης Ώρα Κεντρικής Ευρώπης καθημερινά

Πίνακας 4.14 : Όρια συγκέντρωσης του όζοντος στον αέρα (Οι τιμές εκφράζονται σε μg/m^3)

Ρύπος	Οριακή τιμή κι επιτρεπτές υπερβάσεις	Έτος ισχύος οριακής τιμής	Οριακή τιμή για έτος 2003
Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	**10 mg/m^3** Μέγιστη ημερήσια οκτάωρη μέση τιμή	1/1/2005	**14 mg/m^3**
Διοξείδιο του θείου (SO_2)	**350 μg/m^3** Μέση ωριαία τιμή, των οποίων δεν πρέπει να σημειώνεται υπέρβαση περισσότερες από **24 φορές** το χρόνο	1/1/2005	**410 μg/m^3**
	125 μg/m^3 Μέση ημερήσια τιμή, των οποίων δεν πρέπει να σημειώνεται υπέρβαση περισσότερες από **3 φορές** ανά έτος	1/1/2005	**125 μg/m^3**
Διοξείδιο του αζώτου (NO_2)	**200 μg/m^3** Μέση ωριαία τιμή, των οποίων δεν πρέπει να σημειώνεται υπέρβαση περισσότερες από **18 φορές** το χρόνο	1/1/2010	**270 μg/m^3**
	40 μg/m^3 μέση ετήσια τιμή	1/1/2010	**54 μg/m^3**
Αιωρούμενα σωματίδια (PM10)	**50 μg/m^3** μέση ημερήσια τιμή, των οποίων δεν πρέπει να σημειώνεται υπέρβαση περισσότερες από **35 φορές** ανά έτος	1/1/2005	**60 μg/m^3**
	40 μg/m^3 μέση ετήσια τιμή	1/1/2005	**43.2 μg/m^3**
Όζον (O_3)	**120 μg/m^3** μέση οκτάωρη τιμή, των οποίων δεν πρέπει να σημειώνεται υπέρβαση περισσότερες από **25 φορές** ανά έτος για διάστημα **3 ετών**	1/1/2010	**120 μg/m^3**

Πίνακας 4.15 : Οριακές τιμές συγκεντρώσεων αερίων ρύπων σύμφωνα με το ΦΕΚ Α' 125/2002 (οδηγία 1999/30/ΕΚ), την οδηγία 2002/3/ΕC και την οδηγία 2000/69/ΕC

4.4.4. Συμπεράσματα

Η ατμοσφαιρική ρύπανση στο Πολεοδομικό Συγκρότημα Θεσσαλονίκης για το 2003 κυμάνθηκε στα ίδια με το 2002, χαμηλά επίπεδα. Ο σταθμός της Πλ. Αγ. Σοφίας που βρίσκεται στο κέντρο της πόλης κι ο σταθμός Ελευθερίου-Κορδελιού που βρίσκεται στις δυτικές συνοικίες κοντά στη περιφερειακή οδό και την βιομηχανική περιοχή παρουσίασαν τις υψηλότερες συγκεντρώσεις αερίων ρύπων.

Υπερβάσεις στις οριακές συγκεντρώσεις των αερίων ρύπων παρατηρήθηκαν κυρίως στα αναπνεύσιμα αιωρούμενα σωματίδια (ΑΣ10) σε σταθμούς που βρίσκονται σε αστικές περιοχές (Πλ. Αγ. Σοφίας και Ελευθέριο-Κορδελιό) και, σε μικρότερη έκταση, στο σταθμό της Σίνδου. Επίσης, σχετικά αυξημένες ήταν οι συγκεντρώσεις όζοντος σε σταθμούς που βρίσκονται σε περιαστικές περιοχές. Πιο συγκεκριμένα οι υπερβάσεις ανά ρύπο ανακεφαλαιώνονται παρακάτω:

Διοξείδιο του θείου (SO_2)
Δεν σημειώθηκε καμία υπέρβαση των ορίων που δίνονται στους Πίνακες 4.12 και 4.15 σε κανένα σταθμό.

Διοξείδιο του αζώτου (NO_2)

Σημειώθηκαν λίγες υπερβάσεις του ορίου που δίνεται στον Πίνακα 4.13 στο σταθμό Πλ.Αγ.Σοφίας (0.13%), Ελ.Κορδελιού (0.01%) και Πλ.Δημοκρατίας (0.03%). Δεν σημειώθηκε υπέρβαση στα όρια που δίνονται στον Πίνακα 4.15.

Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)

Δεν σημειώθηκε καμία υπέρβαση της οριακής συγκέντρωσης των 10 mg/m^3 στο κυλιόμενο 8ωρο (Πίνακας 4.15) σε κανένα σταθμό κατά το έτος 2003.

Όζον (O_3)

Σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία η συγκέντρωση του όζοντος δεν ξεπέρασε το όριο συναγερμού των 360 $\mu g/m^3$ σε κανέναν σταθμό. Παρατηρήθηκαν υπερβάσεις στο όριο ενημέρωσης του πληθυσμού στο σταθμό Πανοράματος για 62 ημέρες, στο σταθμό Νεοχωρούδας για 19 ημέρες, και στο σταθμό ΑΠΘ για 8 ημέρες και από μία ημέρα στους σταθμούς Ελ.Κορδελιού και Πλ.Αγ.Σοφίας. Υπερβάσεις των 8ώρων ορίων σημειώθηκαν κυρίως κατά το 4° οκτάωρο, ενώ

στους περιφερειακούς σταθμούς (Νεοχωρούδας και Πανοράματος) υπερβάσεις σημειώθηκαν σε όλα τα οκτάωρα.

Αναπνεύσιμα αιωρούμενα σωματίδια (ΑΣ10)

Η συγκέντρωση των ΑΣ10 στους 3 από τους 4 σταθμούς που γίνονται μετρήσεις ήταν πολλές φορές υψηλότερη από το όριο που δίνεται στο Πίνακα 4.15. Συγκεκριμένα, η συγκέντρωση των ΑΣ10 ξεπέρασε την οριακή μέση ημερήσια συγκέντρωση στον σταθμό του Ελ. Κορδελιού 128 ημέρες το χρόνο, στον σταθμό της Πλ. Αγίας Σοφίας 168 ημέρες και στον σταθμό της Σίνδου 92 ημέρες. Επιπλέον, η μέση ετήσια συγκέντρωση των ΑΣ10 ήταν μεγαλύτερη από το όριο που δίνεται στον Πίνακα Δ.5 στους σταθμούς Ελ.Κορδελιού, Πλ.Αγίας Σοφίας και Σίνδου.

4.5 Εισπνεύσιμα σωματίδια στη Θεσσαλονίκη

4.5.1 Γενικά

Ο σχεδιασμός και η χάραξη περιβαλλοντικής πολιτικής στα μεγάλα αστικά κέντρα δεν μπορεί να καταλήξει σε μέτρα περιορισμού της αέριας ρύπανσης αν δεν υπάρχει μια διαρκής, τεκμηριωμένη και συστηματική ερευνητική προσπάθεια για τον εντοπισμό των ρυπογόνων πηγών.

Η εμβέλεια και η αποτελεσματικότητα των μέτρων για τον περιορισμό των εκπομπών αιωρούμενων σωματιδίων κρίνονται τελικά από την επάρκεια των μοντέλων που « μεταφράζουν» σε ποσοστά τη συμμετοχή κάθε πηγής εκπομπής εισπνεύσιμων σωματιδίων. Μόνον έτσι μπορεί να υπάρξει η ευρύτερη δυνατή κοινωνική συναίνεση στην εφαρμογή των μέτρων.

Έτσι, λοιπόν, για την ταυτοποίηση και την ποσοστοποίηση των πηγών εκπομπής εισπνεύσιμων αιωρούμενων σωματιδίων στην ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλονίκης χρησιμοποιήθηκε / το μοντέλο ισοστάθμισης χημικής μάζας (CMB). Για την εφαρμογή του μοντέλου αυτού κατασκευάστηκε το χημικό αποτύπωμα των εισπνεύσιμων αιωρούμενων σωματιδίων (PM_{10}) σε τρεις περιοχές του πολεοδομικού συγκροτήματος της Θεσσαλονίκης (Ελευθέριο-Κορδελιό, Πλατεία Δημοκρατίας, οδός 25 ^{ης} Μαρτίου). Παράλληλα κατασκευάστηκαν τα χημικά αποτυπώματα των κυριότερων πηγών εκπομπής σωματιδίων στην ευρύτερη περιοχή Θεσσαλονίκης (βιομηχανίες, οχήματα, καύση πετρελαίου, σκόνη δρόμου-εδάφους).

4.5.2 Τι εισπνέουμε στη Θεσσαλονίκη :

Η χημική σύσταση των αιωρούμενων σωματιδίων της ατμόσφαιρας διαφέρει ανάλογα με την πηγή εκπομπής τους και καθορίζεται από το είδος των διεργασιών και των μηχανισμών που οδηγούν στο σχηματισμό σωματιδίων ή σταγονιδίων.

Η αιωρούμενη σωματιδιακή ύλη της ατμόσφαιρας περιλαμβάνει σωματίδια που εκπέμπονται από μία μεγάλη ποικιλία φυσικών και ανθρωπογενών πηγών (σκόνη εδάφους, θαλάσσια αεροζόλ, βιομηχανικές δραστηριότητες, κεντρική θέρμανση, κυκλοφορία οχημάτων κ.τ.λ.).

Επιπλέον, σωματίδια σχηματίζονται στην ατμόσφαιρα και ως αποτέλεσμα φυσικοχημικών μετατροπών διαφόρων αερίων συστατικών. Γενικά, με τον όρο «αιωρούμενα σωματίδια» χαρακτηρίζονται τα στερεά ή τα υγρά σωματίδια (σταγονίδια) που βρίσκονται σε διασπορά στην ατμόσφαιρα και καλύπτουν ένα

ευρύ φάσμα μεγεθών, με αεροδυναμική διάμετρο d από < 0.1 μm μέχρι > 100μm.

4.5.3 Συγκεντρώσεις σωματιδίων

Η συγκέντρωση των ολικών αιωρούμενων σωματιδίων σε καθαρή ατμόσφαιρα είναι της τάξης των 10 μg/m^3 κοντά σε αστικά κέντρα αυξάνεται σε 50-70 μg/m^3 , ενώ μέσα σε μεγάλα αστικά κέντρα φθάνει ή και υπερβαίνει τα 100-200 μg/m^3 και αποδίδεται κατά κύριο λόγο σε ανθρωπογενείς δραστηριότητες.

Ανάλογα με το μέγεθός τους, τα αιωρούμενα σωματίδια διακρίνονται σε διάφορες κατηγορίες :

- Ολικά αιωρούμενα σωματίδια (Total Suspended Particlew, TSP), με διάμετρο συνήθως μέχρι 50 μm. Αποτελούν θεσμοθετημένο ρύπο.

- Εισπνεύσιμα σωματίδια (inhalable particles), με διάμετρο < 10 μm (PM_{10}).

- Μικρά εισπνεύσιμα (fine inhalable particles) ή αναπνεύσιμα σωματίδια (respirable particles), με διάμετρο < 2.5 μm ($PM_{2.5}$).

- Μεγάλα εισπνεύσιμα σωματίδια (coarse inhalable particles), με διάμετρο 2.5-10 μm.

- Θωρακικά σωματίδια (thoracic particles), με διάμετρο < 7.0 μm.

Τα σωματίδια με διάμετρο μεγαλύτερη των 10 μm καθιζάνουν γρήγορα λόγω βαρύτητας (πίπτουσα σκόνη), με αποτέλεσμα ο χρόνος παραμονής τους στην ατμόσφαιρα να είναι σχετικά μικρός. Έτσι, το περιβαλλοντικό ενδιαφέρον επικεντρώνεται κυρίως στα εισπνεύσιμα σωματίδια (PM_{10}), τα οποία είναι σε μεγάλο ποσοστό ανθρωπογενούς προέλευσης, έχουν μεγάλο χρόνο παραμονής στην ατμόσφαιρα και είναι δυνατή η μεταφορά και η διασπορά τους σε μεγάλες αποστάσεις από την πηγή εκπομπής.

4.5.4 Οι επιπτώσεις στην υγεία

Τα αιωρούμενα σωματίδια περιέχουν διάφορα συστατικά πολλά από τα οποία είναι τοξικά και επικίνδυνα. Ανάλογα με την πηγή από την οποία προέρχονται είναι πιθανό να περιέχουν τοξικά μέταλλα όπως π.χ. κάδμιο, μόλυβδο, νικέλιο, αρσενικό κ.λ.π. ή καρκινογόνες ενώσεις όπως π.χ. πολυαρωματικούς υδρογονάνθρακες (PAHs).

Οι επιπτώσεις στην υγεία από την εισπνοή αιωρούμενων σωματιδίων συνδέονται άμεσα- πέρα από το μέγεθος τους- με τη χημική τους σύσταση, τη συνολική εισπνεόμενη μάζα και τη διαλυτότητά τους. Στο αναπνευστικό σύστημα εισέρχονται σωματίδια με διάμετρο < 10 μm. Τα μεγαλύτερα από αυτά αποτίθενται στη ρινική κοιλότητα, ενώ όσο μικραίνει η διάμετρος τους εισχωρούν βαθύτερα στους αεραγωγούς και τις κυψελίδες. Τα θωρακικά σωματίδια διαπερνούν το ανώτερο τμήμα της αναπνευστικής οδού (ρινοφάρυγγας), ενώ τα μικρά εισπνεύσιμα σωματίδια (αναπνεύσιμα) διεισδύουν βαθύτερα και φθάνουν μέχρι τις κυψελίδες των πνευμόνων (περιοχή ανταλλαγής οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα μεταξύ αέρα και αίματος). Εκεί απαιτούνται περισσότερο πολύπλοκοί μηχανισμοί απομάκρυνσης από ότι για τα μεγάλα εισπνεύσιμα σωματίδια που αποτίθενται κατά προτίμηση στο ανώτερο τμήμα της αναπνευστικής οδού. Όλες οι κατηγορίες σωματιδίων, ιδιαίτερα όμως τα μικρά σωματίδια, μπορούν να έχουν μακροχρόνιες επιπτώσεις στην υγεία, όπως άσθμα και καρκινογένεση ή/ και βραχυχρόνιες (οξείες) επιπτώσεις, όπως ερεθισμοί και αλλεργίες.

Τα αιωρούμενα σωματίδια είναι από τους ατμοσφαιρικούς ρύπους για τους οποίους έχουν θεσμοθετηθεί ανώτατες επιτρεπτές τιμές. Στην περιοχή της Θεσσαλονίκης μακροχρόνιες μετρήσεις των ολικών αιωρούμενων σωματιδίων (TSP) και των εισπνεύσιμων (PM_{10}) έδειξαν ότι υπάρχουν συχνές υπερβάσεις των ανώτατων επιτρεπτών ορίων.

4.5.5 Το μοντέλο ισοστάθμισης

Για την επίτευξη του στόχου χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο Ισοστάθμισης Χημικής Μάζας (Chemical Mass Balance, CMB). Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό γίνεται σύγκριση του χημικού αποτυπώματος των σωματιδίων που συλλέγονται από την ατμόσφαιρα σε συγκεκριμένο σημείο (αποδέκτης) με τα χημικά αποτυπώματα των σωματιδίων που εκπέμπονται από τις διάφορες πηγές της περιοχής.

Αποδέκτες :

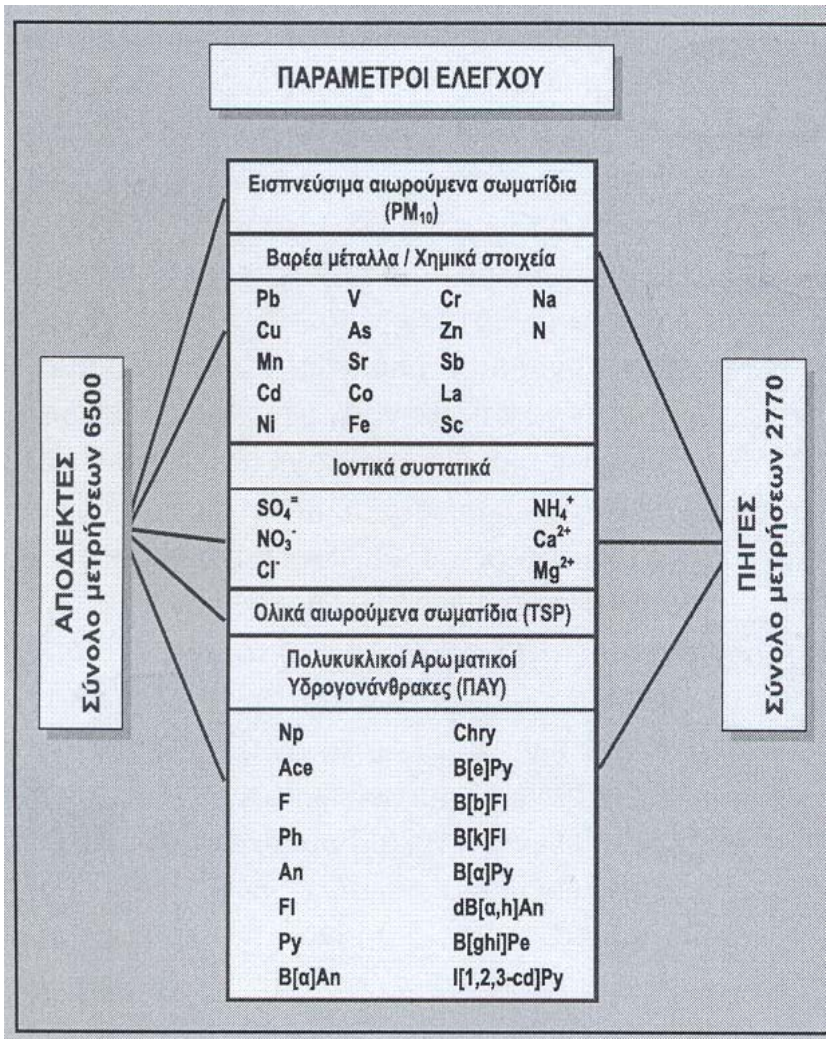
Το χημικό αποτύπωμα των εισπνεύσιμων σωματιδίων εξετάσθηκε σε τρεις αντιπροσωπευτικούς αποδέκτες της ευρύτερης περιοχής της Θεσσαλονίκης : στο Ελευθέριο-Κορδελιό στη δυτική Θεσσαλονίκη, στην Πλατεία Δημοκρατίας στο κέντρο της πόλης και στην περιοχή 25^{ης} Μαρτίου στην ανατολική Θεσσαλονίκη (σχήμα 4.28). Στους αποδέκτες αυτούς έγιναν δειγματοληψίες εισπνεύσιμων αιωρούμενων σωματιδίων κατά τη χρονική περίοδο Ιούνιος 97 – Ιούνιος 98.

Τα δείγματα των αιωρούμενων σωματιδίων (PM_{10}) υποβλήθηκαν σε χημική ανάλυση για τον προσδιορισμό 38 χημικών συστατικών : ιχνοστοιχείων (Pb, Cu, Mn, Cd, Ni, V, As, Sr, Co, Fe, Cr, Zn, Sb, La, Sc, Na, K), ιόντων (SO_4^{2-}, NO_3^-, Cl^-, NH_4^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}) και 13 πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων (σχήμα2). Για τη χημική ανάλυση των ιχνοστοιχείων χρησιμοποιήθηκαν οι μέθοδοι της νετρονικής ενεργοποίησης (INAA) και της φασματομετρίας ατομικής απορρόφησης (AAS), τα ιοντικά συστατικά προσδιορίστηκαν με ιοντική χρωματογραφία (IC), ενώ οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες προσδιορίστηκαν με υγρή χρωματογραφία υψηλής πίεσης με φθορισμομετρική ανίχνευση (HP-LC/FLD).

Πηγές :

Τα χημικά αποτυπώματα των κύριων τύπων πηγών, οι οποίες μόνιμα ή περιστασιακά εκπέμπουν σωματίδια στην ατμόσφαιρα της Θεσσαλονίκης, προέκυψαν από δειγματοληψία βιομηχανικών, αστικών ή φυσικών πηγών και χημική ανάλυση των δειγμάτων. Ίδιες μέθοδοι ανάλυσης χρησιμοποιήθηκαν για τα δείγματα πηγών και αποδεκτών (σχήμα 4.29).

Σχήμα 4.28 : Χάρτης της ευρύτερης περιοχής Θεσσαλονίκης με τις θέσεις δειγματοληψίας των αιωρούμενων σωματιδίων



Σχήμα 4.29 : Παράμετροι ελέγχου

4.5.6 Αποτελέσματα

Τα χημικά αποτυπώματα των εισπνεύσιμων αιωρούμενων σωματιδίων στους τρεις αποδέκτες δίνονται στο σχήμα 4.30. Στο σχήμα 4.31 δίνονται ενδεικτικά τα χημικά αποτυπώματα των σωματιδίων που εκπέμπονται από τέσσερις διαφορετικούς τύπους οχημάτων.

Το μοντέλο CMB έδειξε αρχικά ότι τα χημικά αποτυπώματα ορισμένων πηγών συσχετίζονται ισχυρά μεταξύ τους με αποτέλεσμα να μην μπορούν να διακριθούν. Για το λόγο αυτό, οι αλληλοσυσχετιζόμενες πηγές ομαδοποιήθηκαν ως εξής :

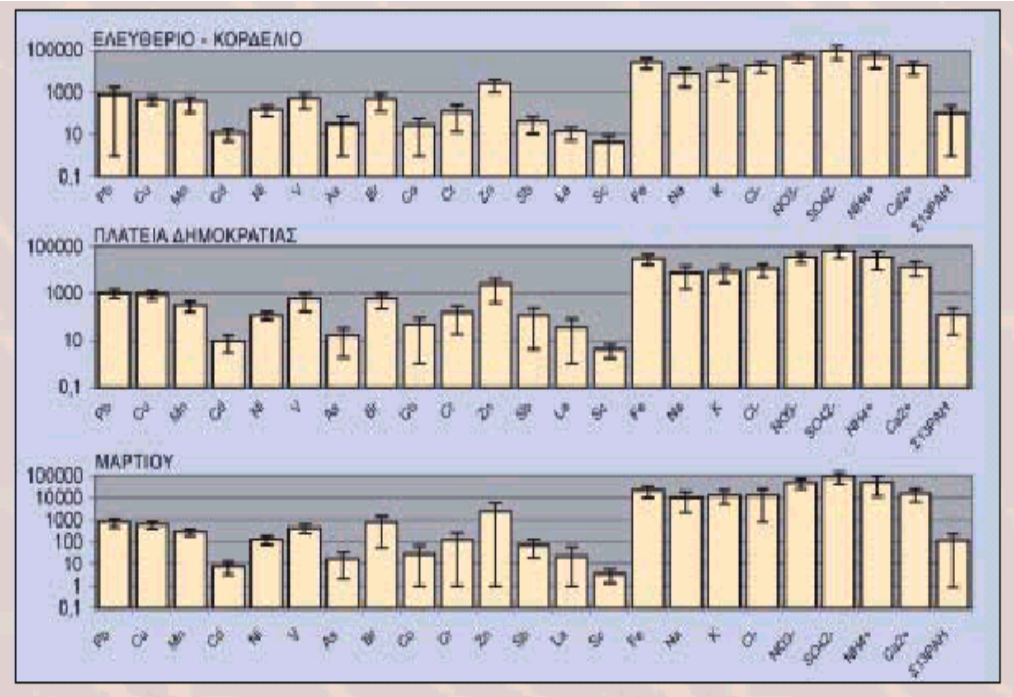
- Τσιμεντοβιομηχανίες-λατομεία αδρανών,
- Τήξη σιδερικών-ηλεκτροσυγκολλήσεις,
- Συμβατικά αυτοκίνητα-χυτήρια μολύβδου,
- Πετρελαιοκίνητα αυτοκίνητα- χαλυβουργεία,
- Καύση πετρελαίου-θεϊκή αμμωνία,
- Σκόνη δρόμου-σκόνη εδάφους.

Οι τύποι των πηγών που βρέθηκαν να έχουν σημαντική συνεισφορά στα εισπνεύσιμα αιωρούμενα σωματίδια των αποδεκτών δίνονται στο σχήμα 4.32. Στα σχήματα 4.33 και 4.34 δίνονται οι συνεισφορές των πηγών στις συγκεντρώσεις μολύβδου και πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων.

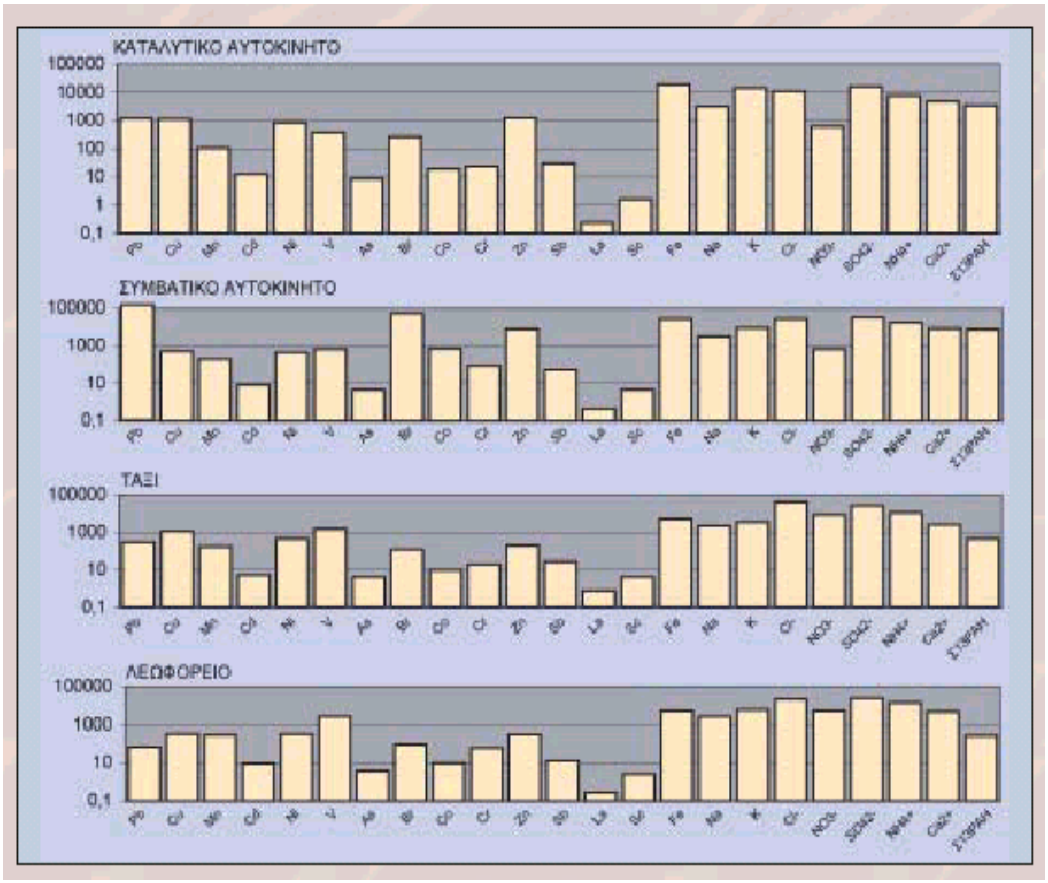
- Στο Ελευθέριο – Κορδελιό, τη μεγαλύτερη συνεισφορά στα εισπνεύσιμα αιωρούμενα σωματίδια έχει η καύση πετρελαίου (28.0%), ενώ ακολουθούν η σκόνη δρόμου(19.0%), τα πετρελαιοκίνητα αυτοκίνητα (18.7%), τα συμβατικά (15.4%) και τα καταλυτικά (12.6%). Μικρή είναι η συμμετοχή των μεταλλουργιών (6.8%). Ο μόλυβδος προέρχεται κατά 45.0% από τα συμβατικά αυτοκίνητα κατά 20.1% από μεταλλουργικές δραστηριότητες. Τέλος, η καύση πετρελαίου ευθύνεται για το 48.0% των πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων.

- Στην πλατεία Δημοκρατίας, τη μεγαλύτερη συνεισφορά στα εισπνεύσιμα αιωρούμενα σωματίδια έχουν τα πετρελαιοκίνητα αυτοκίνητα (38.4%) και ακολουθούν κατά σειρά η σκόνη δρόμου (21.2%), τα συμβατικά (13.1%), τα καταλυτικά (11.3%) και η καύση πετρελαίου (9.7%). Μικρή συμμετοχή διαπιστώθηκε από οικοδομικά υλικά (τσιμεντοβιομηχανίες-λατομεία 7.3%). Ο μόλυβδος προέρχεται κατά 53.0% από συμβατικά αυτοκίνητα και κατά 33.2% από καταλυτικά, ενώ το μεγαλύτερο ποσοστό των πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων (42.6%) προέρχεται από πετρελαιοκίνητα οχήματα.

- Η περιοχή της οδού 25^{ης} Μαρτίου παρουσιάζει παρόμοια ταυτοποίηση και ποσοστοποίηση πηγών με την Πλατεία Δημοκρατίας με ελαφρώς διαφοροποιημένες σχετικές συμμετοχές.

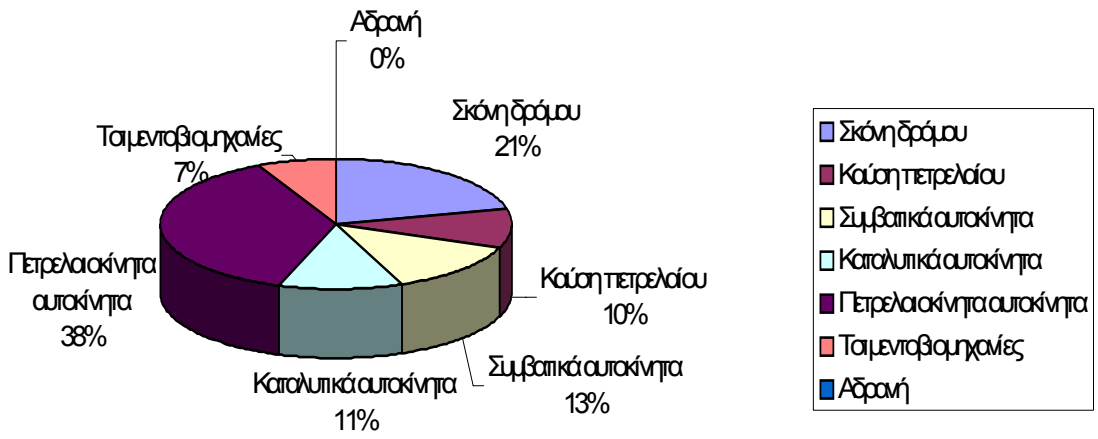


Σχήμα 4.30 : Χημικά αποτυπώματα των εισπνεύσιμων αιωρούμενων σωματιδίων (PM_{10}) στους αποδέκτες

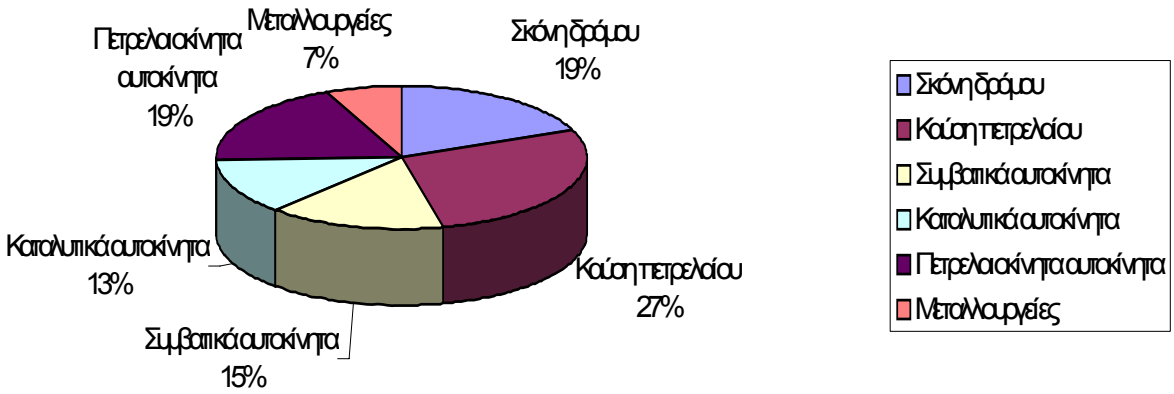


Σχήμα 4.31 : Αποτυπώματα πηγών εκπομπής αιωρούμενων σωματιδίων (PM_{10})

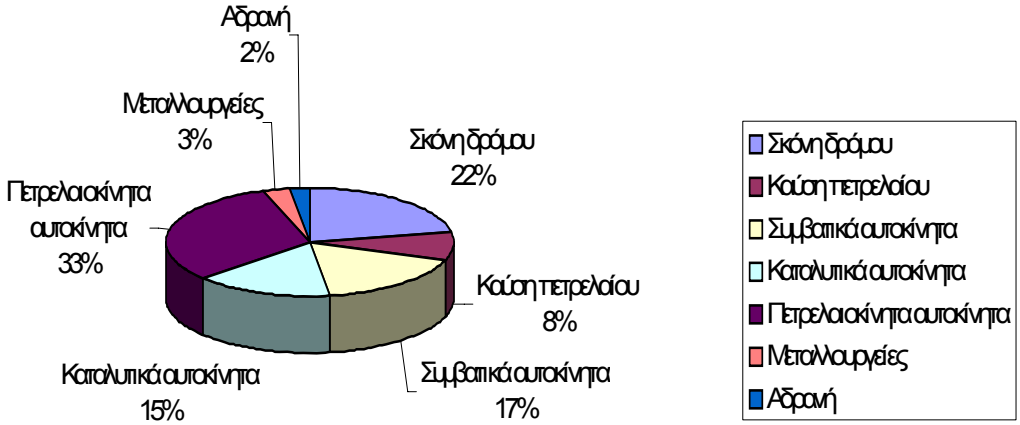
ΠΛΑΤΕΙΑ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ



ΕΛΕΥΘΕΡΙΟ - ΚΟΡΔΕΛΙΟ

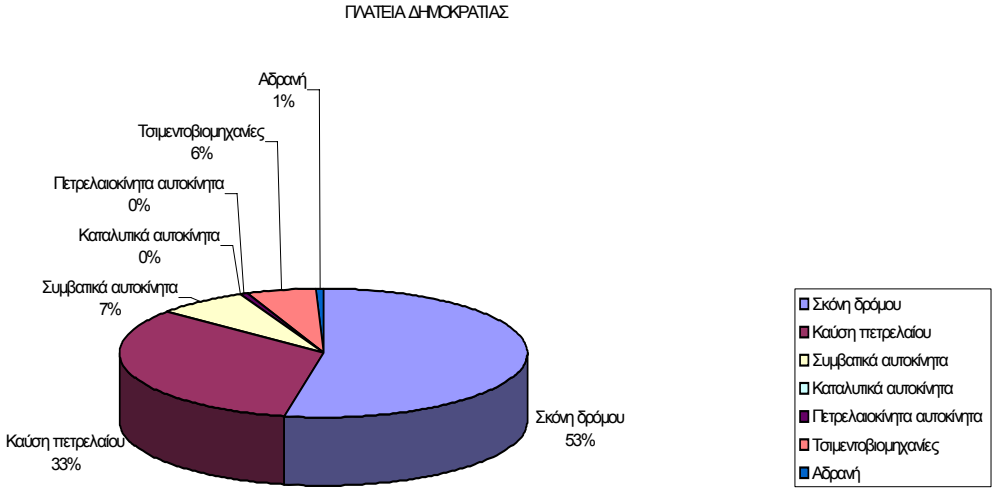


ΜΑΡΤΙΟΥ

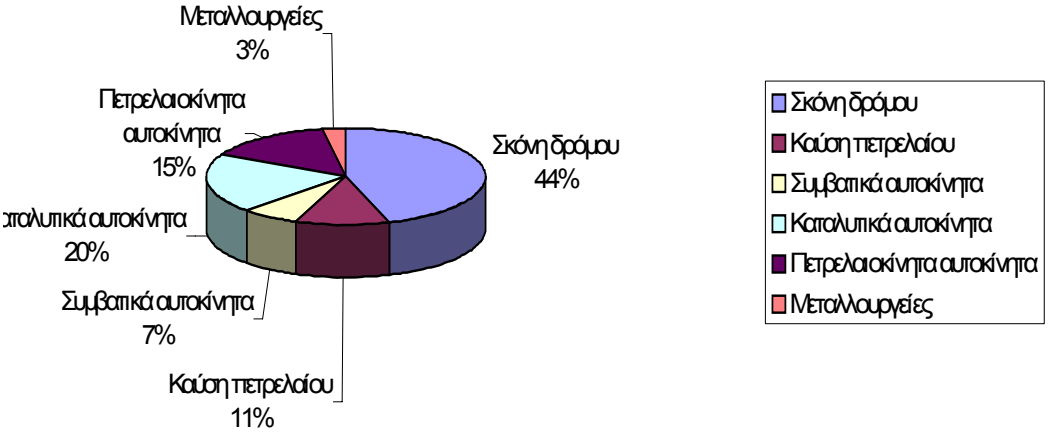


Σχήμα 4.32 : Ποσοστιαία (%) συμμετοχή πηγών στις ατμοσφαιρικές συγκεντρώσεις των εισπνεύσιμων αιωρούμενων σωματιδίων (PM_{10}) στην ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλονίκης.

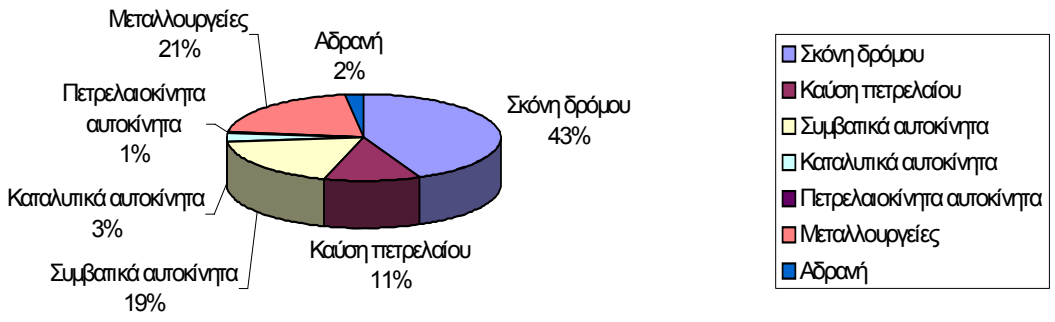
ΠΛΑΤΕΙΑ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ



ΕΛΕΥΘΕΡΙΟ - ΚΟΡΔΕΛΙΟ

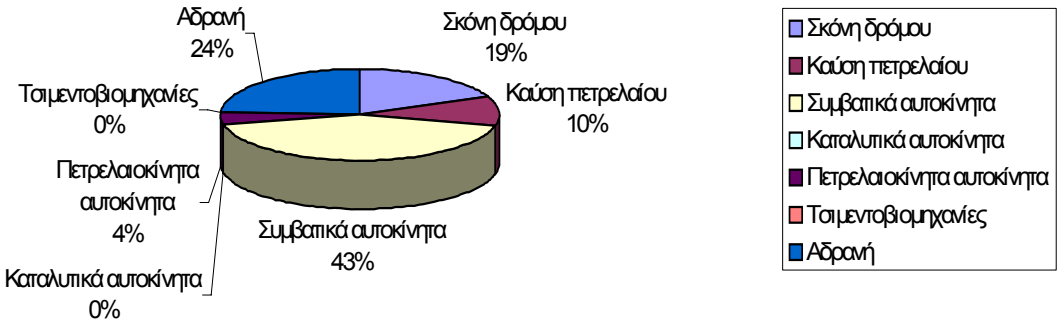


ΜΑΡΤΙΟΥ

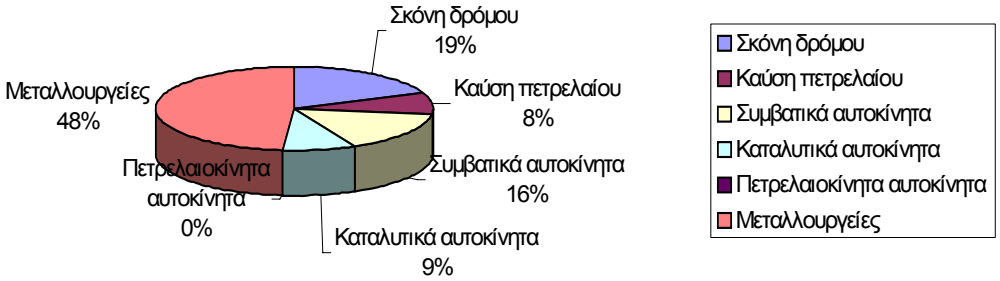


Σχήμα 4.33 : Ποσοστιαία (%) συμμετοχή πηγών στις ατμοσφαιρικές συγκεντρώσεις μολύβδου (Pb) στην ατμόσφαιρα της ευρύτερης περιοχής Θεσσαλονίκης.

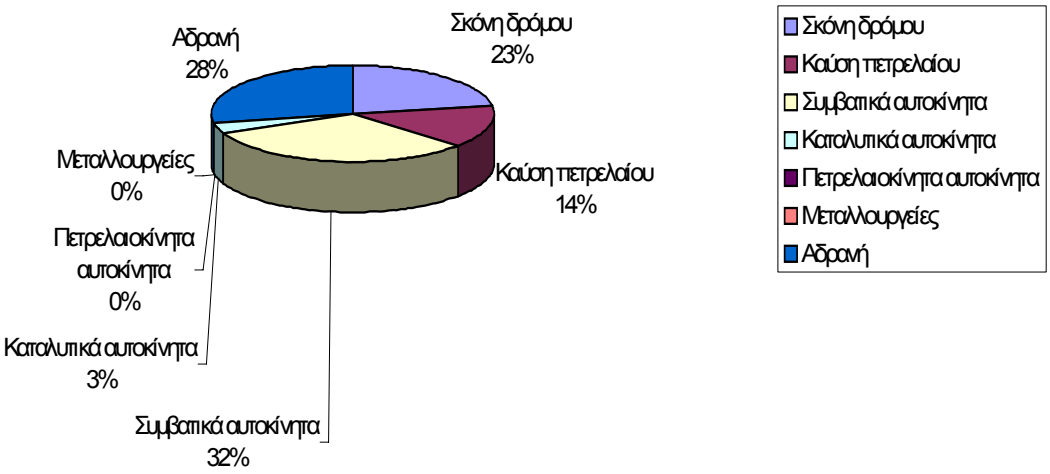
ΜΑΡΤΙΟΥ



ΕΛΕΥΘΕΡΙΟ - ΚΟΡΔΕΛΙΟ



ΜΑΡΤΙΟΥ



Σχήμα 4.34 : Ποσοστιαία (%) συμμετοχή πηγών στις συγκεντρώσεις των πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων (PAHs) στην ατμόσφαιρα της ευρύτερης περιοχής Θεσσαλονίκης.

4.5.7 Συμπεράσματα

Είναι γεγονός ότι και στους τρεις αποδέκτες, τη μεγαλύτερη συμμετοχή στα εισπνεύσιμα αιωρούμενα σωματίδια έχει η κυκλοφορία αυτοκινήτων, η συνολική συμμετοχή της οποίας φθάνει το 62.8% στην Πλατεία Δημοκρατίας, το 46.7% στο Ελευθέριο – Κορδελιό και το 64.5% στην περιοχή της 25^{ης} Μαρτίου. Σημαντική, επίσης είναι η συμμετοχή της καύσης πετρελαίου στο Ελευθέριο –Κορδελιό.

Ο ατμοσφαιρικός μόλυβδος προέρχεται κυρίως από τα συμβατικά αυτοκίνητα, ενώ ένα σημαντικό ποσοστό του Ελευθέριο-Κορδελιό προέρχεται και από μεταλλουργικές δραστηριότητες, Τέλος, οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες στις άλλες δύο περιοχές προέρχονται από τα αυτοκίνητα (κυρίως πετρελαιοκίνητα) σε ποσοστό 71.6% (πλατεία Δημοκρατίας) και 68.4% (οδός 25 ^{ης} Μαρτίου) αντίστοιχα, ενώ στο Ελευθέριο –Κορδελιό η καύση πετρελαίου έχει περίπου ίδια συμμετοχή με τα αυτοκίνητα (48.0% και 43.7% αντίστοιχα).

Τα αποτελέσματα αυτά είναι χρήσιμα τόσο για την αξιολόγηση των μελετών περιβαλλοντικών επιπτώσεων, όσο και για τη βελτιστοποίηση των χρησιμοποιούμενων μοντέλων διασποράς των ατμοσφαιρικών ρύπων.

Κεφάλαιο 5 :Το Σύστημα Δημόσιων Αστικών Συγκοινωνιών Θεσσαλονίκης

5.1 Γενικά

Στο Πολεοδομικό Συγκρότημα Θεσσαλονίκης και την Περιαστική Ζώνη πραγματοποιούνται καθημερινά 1.600.000 μετακινήσεις με όλα τα μέσα μεταφοράς. Το 40,6 % των μετακινήσεων αυτών πραγματοποιείται με Ι.Χ. επιβατικό αυτοκίνητο και το 27,5 % με Δημόσιες Συγκοινωνίες (Δ.Σ.) ενώ το υπόλοιπο ποσοστό καλύπτουν οι μετακινήσεις πεζή, με δίκυκλα, με ταξί κλπ. Διαπιστώνεται μείωση του ποσοστού χρήσης των Δ.Σ. κατά 25 % στη δεκαετία 1988- 1998 και αύξηση του ποσοστού χρήσης των Ι.Χ. κατά 20 % στην ίδια περίοδο.

Οι Δημόσιες Συγκοινωνίες στην ευρύτερη περιοχή Θεσσαλονίκης εκτελούνται από τον Οργανισμό Αστικών Συγκοινωνιών Θεσσαλονίκης – Ο.Α.Σ.Θ. Ο Ο.Α.Σ.Θ. διαθέτει 488 λεωφορεία εκ των οποίων τα 285 είναι απλά με μεταφορική ικανότητα περίπου 100 επιβατών και τα υπόλοιπα 203 αρθρωτά, με μεταφορική ικανότητα 150 επιβατών περίπου. Σε ώρες τυπικής εργάσιμης αιχμής (Δευτέρα – Παρασκευή) κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου, ο Ο.Α.Σ.Θ. οφείλει να έχει σε κίνηση τουλάχιστον 430 λεωφορεία, που αντιστοιχούν σε 52.000 περίπου θέσεις μεταφοράς επιβατών.

Υπάρχουν 56 λεωφορειακές γραμμές οι οποίες εξυπηρετούν περίπου 132.600.000 επιβάτες ετησίως. Αυτό σημαίνει 11.050.000 επιβάτες το μήνα ή περίπου 363.000 επιβάτες ημερησίως. Το δίκτυο των αστικών συγκοινωνιών περιλαμβάνει τις καθαρά αστικές γραμμές, που ανήκουν στο Πολεοδομικό Συγκρότημα Θεσσαλονίκης (Π.Σ.Θ.) και τις περιαστικές που συνδέουν το Πολεοδομικό Συγκρότημα Θεσσαλονίκης με Δήμους ή Κοινότητες που συνορεύουν με αυτό ή και πιο απομακρυσμένους δήμους που πρόσφατα (2003) εντάχθηκαν στη ζώνη εξυπηρέτησης του Ο.Α.Σ.Θ. μετά την επέκτασή της.

Ορισμένες βασικές λεωφορειακές γραμμές αναπτύσσονται γραμμικά σε όλο το μήκος της πόλης. Οι περισσότερες όμως συνδέουν απευθείας τους γύρω Δήμους ή Κοινότητες με το κέντρο, με αποτέλεσμα την έντονη συσσώρευση λεωφορειακών γραμμών, αφετηριών και τερμάτων στο κέντρο της πόλης.

Πρόσφατα έχουν γίνει προσπάθειες αλλαγής της μορφής του δικτύου, με απομάκρυνση τερμάτων από το κέντρο της πόλης, με μεταβίβαση (τερματικοί σταθμοί στον χώρο του Σιδηροδρομικού Σταθμού και στην περιοχή του Φοίνικα). Η φιλοσοφία της αναδιάρθρωσης στοχεύει στη δημιουργία μικρού

αριθμού βασικών γραμμών (γραμμών κορμού) κατά μήκος των οδικών αξόνων της πόλης, οι οποίες θα πρέπει να κινούνται – στο μεγαλύτερο μήκος τους – σε λεωφορειολωρίδες. Οι υπόλοιπες γραμμές θα πρέπει να περικοπούν, ώστε να μετατραπούν σε τροφοδοτικές των βασικών γραμμών κυρίως στα δύο άκρα τους. Σημειώνεται ότι σήμερα λειτουργούν τέσσερις λεωφορειολωρίδες στις οδούς Μητροπόλεως, Βασιλίσσης Όλγας, Τσιμισκή και Εγνατίας (κατά χρονολογική σειρά εφαρμογής). Υπάρχουν σχέδια για επέκταση του μέτρου και σε άλλους οδικούς άξονες που συνδέουν το κέντρο με την αστικά περιφέρεια (π.χ. Λεωφόρος Στρατού και οδός Παπαναστασίου, οδός Γ. Παπανδρέου και οδός Αδριανουπόλεως).

Για το σκοπό αυτό η ίδρυση Ενιαίου Φορέα Αστικών Συγκοινωνιών αποτελούσε κατά τις τελευταίες δεκαετίες πάγια διεκδίκηση των Ειδικών αλλά και Πολιτικών εκπροσώπων της Θεσσαλονίκης.

Η πολιτεία το 2001 προχώρησε στην σύσταση του Συμβουλίου Αστικών Συγκοινωνιών Θεσσαλονίκης, με στόχο την ολοκληρωμένη θεώρηση των προβλημάτων των Δημόσιων Αστικών Συγκοινωνιών στα πλαίσια του γενικότερου αστικού συγκοινωνιακού σχεδιασμού.

5.2 Δομή, οργάνωση και προσωπικό του ΟΑΣΘ

Η δομή, η οργάνωση και η λειτουργία των υπηρεσιών του ΟΑΣΘ καθώς και οι σχέσεις του Οργανισμού με τους εργαζομένους καθορίζονται από τον Γενικό Οργανισμό και τον Γενικό Κανονισμό Προσωπικού του ΟΑΣΘ, που εγκρίθηκαν πρόσφατα από το Υπουργείο Μεταφορών και Επικοινωνιών [ΦΕΚ 1124, τεύχος Β 28-8-2002 και ΦΕΚ 1125, τεύχος Β 28-8-2002].

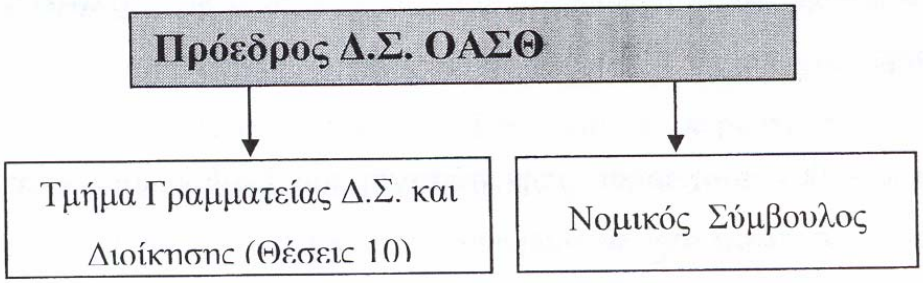
Ο ΟΑΣΘ διοικείται από Διοικητικό Συμβούλιο το οποίο ασκεί το σύνολο των αρμοδιοτήτων που ορίζονται στα εκδοθέντα προεδρικά διατάγματα ή υπουργικές αποφάσεις και στον Γενικό Οργανισμό ενώ διευθύνεται από τον Γενικό Διευθυντή, ο οποίος προΐσταται όλων των υπηρεσιών του ΟΑΣΘ εκτός εκείνων που με τον Γενικό Οργανισμό υπάγονται στο Διοικητικό Συμβούλιο ή στον πρόεδρο του.

Οι υπηρεσίες του ΟΑΣΘ γενικά διαρθρώνονται στα εξής επίπεδα:

- Διεύθυνση
- Τμήμα
- Γραφείο

Ανάλογα με το εύρος των αρμοδιοτήτων και των δραστηριοτήτων κάθε υπηρεσία μπορεί να αναπτυχθεί είτε ως αυτοτελές τμήμα ή γραφείο είτε να έχει μικρότερο αριθμό διοικητικών επιπέδων.

Η διάρθρωση των υπηρεσιών του ΟΑΣΘ καθώς και το σύνολο των οργανικών θέσεων ανά διεύθυνση, τμήμα ή γραφείο δίνονται στα **Σχήματα 5.1 και 5.2**. Όλες οι διευθύνσεις, τα τμήματα και τα γραφεία υπάγονται στον Γενικό Διευθυντή με εξαίρεση το τμήμα Γραμματείας Διοικητικού Συμβουλίου και Διοίκησης και τον Νομικό Σύμβουλο που υπάγονται απευθείας στον πρόεδρο του Δ.Σ. του ΟΑΣΘ.



Σχήμα 5.1: Υπηρεσίες που υπάγονται στον πρόεδρο του Δ.Σ. του ΟΑΣΘ.

Το προσωπικό στις Διευθύνσεις Κίνησης και Συντήρησης, λόγω των ιδιαίτεροι χαρακτηριστικών οργάνωσης και λειτουργίας των συγκεκριμένων υπηρεσιών, εντάσσεται και εξελίσσεται, εκτός των προαναφερθέντων διοικητικών επιπέδων (διεύθυνση, τμήμα, γραφείο), στις παρακάτω οργανικές θέσεις :

Διεύθυνση Κίνησης

Επόπτης (6 θέσεις)

Σταθμάρχης (78 θέσεις)

Ελεγκτής (91 θέσεις)

Οδηγός (1.462 θέσεις)

Λοιπό προσωπικό κίνησης

Διεύθυνση Συντήρησης

Υπεύθυνος Συντονισμού Αρχιτεχνίτων (2 θέσεις)

Αρχιτεχνίτης (14 θέσεις)

Τεχνίτης (170 θέσεις)

Βοηθός τεχνίτης (20 θέσεις)

Ελιγμοδηγός (40 θέσεις)

Λοιπό εργατικό προσωπικό

Το σύνολο των προβλεπομένων οργανικών θέσεων, σύμφωνα με τον Γενικό Οργανισμό, όλων των υπηρεσιών του ΟΑΣΘ είναι 2.007 θέσεις εκ των οποίων 1.462 θέσεις οδηγών, 244θέσεις τεχνικού προσωπικού (συμπεριλαμβανομένων και των ελιγμοδηγών), 129 θέσεις διοικητικού προσωπικού και 172 θέσεις λοιπού προσωπικού κίνησης [ΦΕΚ 1124, τεύχος Β, 2002].

Στον **Πίνακα 5.1** παρουσιάζεται η κατανομή του προσωπικού του Οργανισμού σε σύγκριση με τις προβλέψεις του Γενικού Οργανισμού.

ΠΡΟΣΩΠΙΚΟ	2000	2001	2002	Γενικός Οργανισμός
Διοικητικό	**96**	**90**	**85**	**129**
Τεχνικό και Λοιπό Βοηθητικό	**300**	**284**	**259**	
Βοηθητικό	**27**	**24**	**24**	**244**
Οδηγοί	**1.617**	**1.582**	**1.510**	**1.462**
Λοιπό προσωπικό κίνησης	**333**	**274**	**254**	**172**
ΣΥΝΟΛΟ	**2.373**	**2.254**	**2.132**	**2.007**

Πίνακας 5.1: Διαχρονική μεταβολή του προσωπικού του ΟΑΣΘ ανά κατηγορία προσωπικού (2000-2002) και προβλεπόμενες οργανικές θέσεις σύμφωνα με τον Γενικό Οργανισμό.

Καθώς παρατηρούνται αποκλίσεις από την προβλεπόμενη διάρθρωση και τον συνολικό αριθμό προσωπικού, η διοίκηση του ΟΑΣΘ καταβάλλει προσπάθεια σύγκλισης με τον απαιτούμενο αριθμό οργανικών θέσεων εντός του 2003, γεγονός που διαπιστώνεται από την χρονική μεταβολή της διάρθρωσης του προσωπικού. Σημειώνεται ότι η διοίκηση του Οργανισμού εκτιμά ότι οι υπάρχουσες θέσεις οδηγών δεν επαρκούν για την κάλυψη των αναγκών, καθώς αναμένεται επέκταση του δικτύου του ΟΑΣΘ.

5.3 Ο στόλος αστικών λεωφορείων του ΟΑΣΘ

Ο ΟΑΣΘ διαθέτει και εκμεταλλεύεται 488 πετρελαιοκίνητα λεωφορεία, εκ των οποίων 203 είναι αρθρωτά και 285 είναι απλά λεωφορεία. Τα χαρακτηριστικά στοιχεία των αστικών λεωφορείων του ΟΑΣΘ δίνονται στον **Πίνακα 2** και αφορούν λεωφορεία που λειτουργούν (Ιούλιος 2003). Στο μεταξύ ο Ο.Α.Σ.Θ. έχει ήδη δρομολογήσει (2003) και 22 μικρά λεωφορεία (mini - buses).

Σύμφωνα με την διοίκηση του Οργανισμού, βρίσκεται ήδη σε εξέλιξη διαγωνισμός προμήθειας 54 απλών λεωφορείων, η παραλαβή των οποίων θα ολοκληρωθεί στις αρχές του 2004. Τα οχήματα αυτά θα αντικαταστήσουν την πλειοψηφία των λεωφορείων MERCEDES 11-90 (βλ. Πίνακα 2). Τα 22 μικρά λεωφορεία, αντικαθιστούν έναν αριθμό λεωφορείων MERCEDES U-90 κατά τρόπο ώστε οι συνολικά προσφερόμενες θέσεις επιβατών να παραμείνουν στο ίδιο επίπεδο. Τα μικρά λεωφορεία είναι τύπου IRISBUS EUROPOLIS 200 E8.17.

Στα αμέσως μελλοντικά σχέδια του ΟΑΣΘ είναι η προκήρυξη διαγωνισμού για την προμήθεια 56 αρθρωτών λεωφορείων (για την αντικατάσταση αντίστοιχων παλαιών) ενώ είναι σε εξέλιξη και το σημαντικό θέμα της επέκτασης των γραμμών του Οργανισμού στην ευρύτερη περιοχή του νομού Θεσσαλονίκης με την προσθήκη 48 νέων λεωφορείων για την εξυπηρέτηση των νέων γραμμών.

ΤΥΠΟΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ	ΤΥΠΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ	ΚΥΒΙΣΜΟΣ (σε πι^5)	ΙΠΠΟΔΥΝΑΜΗ (σκ Ρ8)	ΕΤΟΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ	ΑΡΙΘΜΟ ΕΠΙΒΑΤΩΝ
VOLVO B10M	20	THD 101 GD	9.603	273	1989	100
VOLVO B7KEE	20	D7 C275		267	2003	
MERCEDES 11-90	98	OM447	11.967	250	1991-1992	100
VOLVO B1OM	12	THD102KF	9.603	245	1993	85
MAN SS500	50	D 2866 UH	11.967	240	1993	100
VOLVO B10M (Αρθρωτά)	66	THD 102 KB	9.603	286	1993-1994	143
VOLVO B1OM (Αρθρωτά)	17	THD 102 KB	9.603	286	1994-1995	143
VOLVO B10M (Αρθρωτά)	60	DHD 102KB	9.603	286	1995	150
SCANIA L 113CLL	40	DSC 1171	11.020	234	1995	100
VOLVO B10M (Αρθρωτά)	15	DHD 102KB	9.603	286	1995	150
VOLVO B1O M (Αρθρωτά)	45	DH 10	9.603	286	1997-1998	162
SCANIA L 113	45	DCS 1124	11.020	260	1997-1999	100
ΣΥΝΟΛΟ	488					

Πίνακας 5.2: Στοιχεία του στόλου αστικών λεωφορείων του ΟΑΣΘ (Ιούλιος 2003).

Τα 291 λεωφορεία διαθέτουν κλιματισμό (186 αρθρωτά και 105 απλά) ενώ προβλέπεται η τοποθέτηση συστήματος κλιματισμού και σε 17 ακόμη αρθρωτά λεωφορεία (VOLVO B1O M, κυκλοφορίας 1994-95). Τα 85 λεωφορεία SCANIA L, 1130CLL διαθέτουν σύστημα επιγονάτισης (λεωφορεία χαμηλού δαπέδου). Τέλος, τα 45 λεωφορεία VOLVO B1O M κυκλοφορίας 1997-98 διαθέτουν ράμπα για την εξυπηρέτηση ατόμων με ειδικές ανάγκες.

Όλα τα νέα ετοιμοπαράδοτα ή επί παραγγελία λεωφορεία διαθέτουν σύστημα κλιματισμού και σύστημα επιγονάτισης.

5.4 Μηχανολογικός εξοπλισμός και κτιριακές υποδομές του ΟΑΣΘ

Το έργο της τεχνικής υποστήριξης των λεωφορείων του ΟΑΣΘ υλοποιείται σε δυο πλήρως εξοπλισμένα αμαξοστάσια.

Αμαξοστάσιο Φοίνικα.

Το οικόπεδο έχει έκταση περίπου 25.000 m^2 ενώ η καλυμμένη επιφάνεια ανέρχεται σε 8.000 m^2 και περιλαμβάνει:

- Χώρους συντήρησης λεωφορείων
- Πλυντήρια
- Σταθμαρχείο
- Αίθουσα εκπαίδευσης οδηγών
- Γραφεία Διεύθυνσης Συντήρησης και Κίνησης
- Αποθήκες

Αμαξοστάσιο Σταυρούπολης

Το οικόπεδο έχει έκταση περίπου 45.000 m^2 και η καλυμμένη επιφάνεια που ανέρχεται σε 10.000 m^2 περιλαμβάνει:

- Χώρους συντήρησης λεωφορείων
- Πλυντήρια
- Σταθμαρχείο
- Γραφεία Διεύθυνσης Συντήρησης και Κίνησης
- Αποθήκες

Ο μηχανολογικός εξοπλισμός των αμαξοστασίων αποτελείται από μηχανήματα ελέγχου όλων των μερών του λεωφορείου, μηχανήματα ποιοτικού ελέγχου, μηχανές μηχανουργικής κατεργασίας, βαφεία ετοίμων λεωφορείων καθώς και συγκροτημάτων, ταμπουροτόρνους, τόρνους λείανσης φερμούιτ κ.λπ.

Τα σταθμαρχεία που εξυπηρετούν τα δρομολόγια των αστικών λεωφορείων είναι συνολικά 23 (δυο εκ των οποίων λειτουργούν στα δυο αμαξοστάσια) και δίνονται στον **Πίνακα 5.3**. Τρία μεγάλης κίνησης σταθμαρχεία (ΙΚΕΑ και Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ) λειτουργούν και ως σταθμοί μετεπιβίβασης διαφόρων γραμμών ενώ περιορισμένη μετεπιβίβαση (1-2 γραμμές) γίνεται και σε δυο άλλα σταθμαρχεία.

Α.Σ. ΙΚΕΑ	ΣΙΝΔΟΣ	ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ
Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ Α'	ΝΕΑΠΟΛΗ	ΑΝΩ ΤΟΥΜΠΑ
Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ Β'	ΜΕΝΕΜΕΝΗ	ΚΑΤΩ ΤΟΥΜΠΑ
ΚΤΕΛ	ΠΟΛΙΧΝΗ	ΠΥΛΑΙΑ
ΑΓ. ΙΩΑΝΝΗΣ - ΚΑΛΑΜΑΡΙΑ	ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ-ΕΥΟΣΜΟΣ	ΕΥΑΓΓΕΛΙΣΤΡΙΑ
ΝΕΑ ΚΡΗΝΗ	ΤΡΙΑΝΔΡΙΑ	ΑΜΑΞΟΣ. ΦΟΙΝΙΚΑ
ΒΟΥΛΓΑΡΗ	ΚΗΦΙΣΙΑ-ΑΓ. ΠΑΝΤΕΛΕΗΜΩΝ	ΑΜΑΞΟΣ. ΣΤΑΥΡΟΥΠΟΛΗΣ
ΔΙΑΣΤΑΥΡΩΣΗ ΧΟΡΤΙΑΤΗ	ΧΑΡΙΛΑΟΥ	

Πίνακας 5.3: Σταθμαρχεία του ΟΑΣΘ.

Η διοίκηση του ΟΑΣΘ στεγάζεται, στα κεντρικά γραφεία του Οργανισμού (Παπαναστασίου-Μπότσαρη), σε σύγχρονους και πλήρως εξοπλισμένους χώρους. Σημειώνεται ότι ο Οργανισμός δεν διαθέτει ιδιόκτητες εγκαταστάσεις και τόσο τα αμαξοστάσια όσο και τα κεντρικά γραφεία είναι μισθωμένοι χώροι.

5.5 Λειτουργικά στοιχεία του συστήματος δρομολόγησης αστικών λεωφορείων του ΟΑΣΘ

Τα 488 λεωφορεία δρομολογούνται σε 56 λεωφορειακές γραμμές, οι οποίες εξυπηρετούν όλο το Πολεοδομικό Συγκρότημα Θεσσαλονίκης καθώς επίσης και την ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλονίκης (Καλοχώρι, Σίνδος, Περαία, Μηχανιώνα, Επανομή, Χορτιάτης, Θέρμη κλπ).

Τις καθημερινές λειτουργούν σε μόνιμη βάση για την εξυπηρέτηση όλων των γραμμών 440 λεωφορεία, δηλαδή 10 περισσότερα του συμβατικού maximum, ενώ αυτός ο αριθμός για την ανάγκη κυρίως της επέκτασης που παρουσιάζεται πιο κάτω έφθασε τα 457 οχήματα, (τα υπόλοιπα 48 παραμένουν κατά μέσο όρο στα αμαξοστάσια για επισκευές και προληπτική συντήρηση) ενώ τα Σαββατοκύριακα ο αντίστοιχος αριθμός λεωφορείων είναι 394 λεωφορεία τα Σάββατα και 340 λεωφορεία τις Κυριακές. Στον **πίνακα 5.4** δίνονται οι λεωφορειακές γραμμές, ο αριθμός των απαιτούμενων λεωφορείων για την

εξυπηρέτηση της γραμμής καθώς επίσης και τα εβδομαδιαία δρομολόγια ανά γραμμή.

Γρσμ.	ΟΝΟΜΑΣΙΑ	Αριθμός λεωφορείων"			Αριθμός δρομολογίων		
		Καθημερινές	Σάββατα	Κυριακές	Καθημερινές	Σάββατα	Κυριακ
1	ΚΤΕΛ-Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ	3	3	3	96	96	96
2	Α.Σ. ΙΚΕΑ -Ν. Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ (ΜΕΣΩ ΕΓΝΑΤ.)	10	8	7	84	64	56
3	Α.Σ. ΙΚΕΑ- Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ	20	18	13	160	144	104
4	ΝΕΑ ΚΡΗΝΗ - ΚΟΙΜΗΤΗΡΙΑ	1	1	1	11	11	11
5	ΝΕΑ ΚΡΗΝΗ - ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ	14	14	14	150	150	140
6	ΚΑΛΑΜΑΡΙΑ - ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ	11	11	8	120	120	80
7[1]	ΑΓ. ΙΩΑΝΝΗΣ - ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ	8	8	7	80	80	80
8	<\.Σ. ΙΚΕΑ - Ν.Σ.ΣΤΑΘΜΟΣ (ΜΕΣΩ ΟΛΓΑΣ)	7	6	5	56	48	40
9	Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ - ΛΑΧΑΝΑΓΟΡΑ	4	3	3	56	42	42
10	ΧΑΡΙΛΑΟΥ - Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ	17	15	10	175	160	100
11	ΠΥΛΑΙΑ- Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ	12	10	9	96	80	90
12	ΚΑΤΩ ΤΟΥΜΠΑ - Π.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ	14	12	11	140	124	110
14	ΑΝΩ ΤΟΥΜΠΑ - Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ	16	12	12	165	130	120
15	ΣΑΡΑΝΤΑ ΕΚΚΛΗΣΙΕΣ	7	6	5	116	104	91
16	ΕΥΑΓΓΕΛΙΣΤΡΙΑ	4	4	4	92	92	100
17	ΤΡΙΑΝΔΡΙΑ - Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ	10	8	7	120	102	98
18	ΕΛΕΥΘΕΡΙΟ/ΚΟΡΔΕΛΙΟ - ΑΓ. ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	4	4	4	32	32	32
19	Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ - ΕΛΕΥΘΕΡΙΟ/ΚΟΡΔΕΛΙΟ	6	5	4	114	105	84
20	ΜΕΝΕΜΕΝΗ - ΕΡΜΟΥ	10	10	6	140	140	96
21	ΕΥΟΣΜΟΣ - ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΟΥΣ	9	8	7	95	85	84
23	ΠΛ. ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ -ΑΚΡΟΠΟΛΗ	8	8	6	119	119	88
24	ΠΛ. ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ -ΧΙΛΙΑ ΔΕΝΔΡΑ	3	3	3	48	48	48
25	ΝΕΑΠΟΛΗ - ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ	12	10	8	181	147	112
26	ΚΑΛΛΙΘΕΑ - ΠΛ. ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ	9	9	6	137	137	87
27	ΣΤΑΥΡΟΥΠΟΛΗ - ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ	11	9	7	120	90	70
28	ΣΥΚΙΕΣ-ΠΛ. ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ	8	7	7	126	111	112
29	ΠΟΛΙΧΝΗ - ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΟΥΣ	8	8	7	110	110	112
30	ΤΡΙΑΝΔΡΙΑ - ΑΠΟΘΗΚΗ	10	9	8	89	90	80
31[2]<[3]	ΒΟΥΛΓΑΡΗ - ΚΤΕΛ	18	18	14	181	181	160
32	ΚΑΤΩ ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ - ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΟΥΣ	15	14	10	160	140	120
33	ΑΓ. ΠΑΝΤΕΛΕΗΜΩΝ - ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ	9	9	7	95	95	70
34	ΑΝΩ ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ - ΠΛ. ΔΙΚΑΣΤΗΡ.	11	9	8	110	90	96
35	ΜΕΤΕΩΡΑ - ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ	7	7	5	90	90	60
37	Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ - ΚΡΥΟΝΕΡΙ	6	5	4	72	60	48
38	Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ -ΕΥΚΑΡΠΙΑ	7	7	5	77	77	55
39	ΚΗΦΙΣΙΑ - ΝΕΑ ΔΙΚΑΣΤΗΡΙΑ	11	9	9	110	90	91
40	Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ - ΚΑΛΟΧΩΡΙ	5	4	4	70	64	64
41	ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ ΠΑΠΑΓΕΩΡΠΟΥ	2	2	2	65	65	65
42	ΕΛΕΥΘΕΡΙΟ/ΚΟΡΔΕΛΙΟ - ΚΟΙΜΗΤΗΡΙΑ	1	1	1	14	14	14

Πίνακας5.4 : Αριθμός λεωφορείων και δρομολογίων ανά λεωφορειακή γραμμή του ΟΑΣΘ (2003).

Γραμ.	ΟΝΟΜΑΣΙΑ	Αριθμός λεωφορείων			Αριθμός δρομολόγια»		
51	ΣΙΝΔΟΣ-Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ	7	7	5	75	75	'
52[4]	Τ.Ε.Ι. - ΝΕΑ ΔΙΚΑΣΤΗΡΙΑ	12	2	2	126	26	
53	ΤΟΠΙΚΟ ΣΙΝΔΟΥ	1	1	1	24	24	
54	Ν. Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ - ΙΩΝΙΑ	8	6	5	85	60	
56	Ν. Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ - ΩΡΑΙΟΚΑΣΤΡΟ	9	9	7	82	82	
57	ΔΙΑΣΤ. ΧΟΡΤΙΑΤΗ - ΝΕΑΠΟΛΗ -ΕΡΜΟΥ	10	10	8	81	81	'
58	ΔΙΑΣΤ. ΧΟΡΤΙΑΤΗ -ΠΑΝΟΡΑΜΑ -ΒΕΝΙΖ.	10	10	8	86	86	

		Καθημερινές	Σάββατα	Κυριακές	^Καθημερινές	Σάββατα	Κ
60	ΟΙΚΙΣΜ. Ν. 751 -ΟΙΚΙΣΜ. ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ	2	2	2	30	30	
61	ΧΟΡΤΙΑΤΗΣ - ΔΙΑΣΤΑΥΡ. ΧΟΡΤΙΑΤΗ	1	1	1	81	81	
64	Ν. Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ - ΦΙΛΥΡΟ	3	3	3	30	30	
66	ΧΑΡΙΛΑΟΥ -ΘΕΡΜΗ	4	4	3	81	81	
67	Α.Σ. ΙΚΕΑ-ΤΡΙΑΔΙ	3	3	3	61	61	
69	Α.Σ. ΙΚΕΑ- ΕΠΑΝΟΜΗ	5	5	5	64	64	
72	Α.Σ. ΙΚΕΑ - ΝΕΑ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ	10	10	9	100	100	
76	Α.Σ. ΙΚΕΑ - ΑΓΓΕΛΟΧΩΡΙ	2	2	2	20	22	
77	ΝΕΑ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ - ΕΠΑΝΟΜΗ	1	1	1	14	14	
78	ΚΤΕΛ- ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΟ	4	4	4	32	32	
56 ΓΡΑΜΜΕΣ		440	394	330[12]	5.144	4.676	\
ΘΕΡΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ		365	324	291[3]	4.311	3.801	ί

Πίνακας 5.4 (συνέχεια): Αριθμός λεωφορείων και δρομολογίων ανά λεωφορειακή γραμμή του ΟΑΣΘ (2003).

1 Τις Κυριακές στη β' βάρδια δρομολογείται 1 ακόμη λεωφορείο
2 Τις Κυριακές στη β' βάρδια δρομολογούνται 4 ακόμη λεωφορεία
3 Τη θερινή περίοδο τις Κυριακές στη β' βάρδια δρομολογούνται 2 ακόμη λεωφορεία
4 Τις καθημερινές στη β' βάρδια δρομολογούνται 6 λεωφορεία αντί 12 που είναι για την α' βάρδια

Το πρόγραμμα δρομολογίων του **Πίνακα 5.4** ισχύει την χειμερινή, εαρινή και φθινοπωρινή περίοδο (10 μήνες το χρόνο) ενώ την θερινή περίοδο, δηλ. τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο, διαφοροποιείται σημαντικά με ελάττωση του συνόλου των δρομολογίων κατά 12%-18% (16% μείωση τις καθημερινές, 18% μείωση τα Σάββατα και 12% μείωση τις Κυριακές) και αντίστοιχη μείωση του απαιτούμενου ημερήσιου αριθμού λεωφορείων (17% μείωση τις καθημερινές, 18% μείωση τα Σάββατα και 12% μείωση τις Κυριακές). Το ποσοστό μείωσης των δρομολογίων διαφοροποιείται ανά γραμμή ανάλογα με την επιβατική κίνηση κάθε γραμμής. Για παράδειγμα η γραμμή 3 με μεγάλη επιβατική κίνηση σε όλη τη διάρκεια του χρόνου, που εξυπηρετεί τμήμα της ανατολικής Θεσσαλονίκης (ιδιαίτερα πυκνοκατοικημένες περιοχές) και το εμπορικό κέντρο

της πόλης, έχει μόλις 10% μείωση δρομολογίων τις καθημερινές, η γραμμή 19 που εξυπηρετεί το Δήμο Ελευθερίου-Κορδελιού (Δυτική Θεσσαλονίκη) έχει 8% μείωση των δρομολογίων τις καθημερινές ενώ η γραμμή 52 που εξυπηρετεί τα ΤΕΙ της Σίνδου έχει 80% μείωση των δρομολογίων τις καθημερινές λόγω μη λειτουργίας των ΤΕΙ τη θερινή περίοδο. Σε αντίθεση η γραμμή 78 του αεροδρομίου αλλά και η γραμμή 72 της Νέας Μηχανιώνας (τουριστική ημιαστική περιοχή) έχουν αύξηση 75% και 20% αντίστοιχα των δρομολογίων τους τις καθημερινές. Για τις αργίες (επίσημες) ισχύει το πρόγραμμα της Κυριακής.

Το σύστημα δρομολόγησης υλοποιείται με βάρδιες που ξεκινούν σταδιακά από τις 4:30 (αφετηρία) και λήγουν επίσης σταδιακά μέχρι τις 2.00. Η έναρξη και η λήξη εξαρτώνται από τη γραμμή, την ημέρα (καθημερινές ή Σαββατοκύριακα) και την περίοδο (χειμερινή - θερινή).

Τα λεωφορεία παραλαμβάνονται από τους οδηγούς στο αμαξοστάσιο (είσοδο αμαξοστασίου) και οδηγούνται στο σταθμαρχείο για την εκκίνηση του ωραρίου (έναρξη της α' βάρδιας) και στο τέλος του ωραρίου (λήξη της β' βάρδιας) οδηγούνται από το σταθμαρχείο στο αμαξοστάσιο (είσοδο αμαξοστασίου). Η μετακίνηση εντός του αμαξοστασίου (για το πλύσιμο και την στάθμευση) γίνεται από τους ελιγμοδηγούς.

Το αμαξοστάσιο του Φοίνικα εξυπηρετεί 16 γραμμές στις οποίες δρομολογούνται σε καθημερινή βάση 140 λεωφορεία (87 αρθρωτά και 53 απλά) ενώ το αμαξοστάσιο της Σταυρούπολης εξυπηρετεί 40 γραμμές στις οποίες δρομολογούνται σε καθημερινή βάση 300 λεωφορεία (99 αρθρωτά και 201 απλά). Από τις 56 γραμμές οι 14 γραμμές εξυπηρετούνται με αρθρωτά λεωφορεία ενώ 42 γραμμές εξυπηρετούνται με απλά λεωφορεία.

Στον **Πίνακα 5.5** δίνεται ο τύπος λεωφορείου που εξυπηρετεί κάθε γραμμή, το σταθμαρχείο και το αμαξοστάσιο που αντιστοιχεί στη γραμμή καθώς και τα «κενά» ή «νεκρά» χιλιόμετρα κάθε γραμμής, δηλ. τα χλμ μεταξύ σταθμαρχείου και αμαξοστασίου που καλείται να καλύψει κάθε λεωφορείο στην αρχή και το τέλος του ωραρίου. Με βάση τα στοιχεία του **Πίνακα 5.5** γίνεται αντιληπτό ότι υπάρχουν λεωφορειακές γραμμές με ιδιαίτερα μεγάλο αριθμό «κενών» χιλιομέτρων, δηλ. εξυπηρετούνται από αμαξοστάσιο που βρίσκεται σε μεγάλη απόσταση από το σταθμαρχείο τους. Συγκεκριμένα, οι λεωφορειακές γραμμές 2, 69 και 72, οι οποίες εξυπηρετούνται σε καθημερινή βάση (χειμερινή περίοδο) στο σύνολο τους από 25 λεωφορεία, εκκινούν και λήγουν από το αμαξοστάσιο της Σταυρούπολης το οποίο βρίσκεται περίπου 21 χλμ από το σταθμαρχείο των συγκεκριμένων γραμμών (Α.Σ. ΙΚΕΑ), το οποίο αντίστοιχα βρίσκεται σε μικρή

απόσταση από το αμαξοστάσιο του Φοίνικα (μόλις 4 χλμ). Επιπρόσθετα, και οι λεωφορειακές γραμμές 12 και 14, που εξυπηρετούν την ευρύτερη περιοχή της Τούμπας με 30 συνολικά λεωφορεία (καθημερινές), διανύουν επίσης γύρω στα 11 «κενά» χιλιόμετρα τόσο κατά την εκκίνηση όσο και κατά τη λήξη του ωραρίου για το αμαξοστάσιο της Σταυρούπολης ενώ τόσο οι γραμμές 57 και 58 (Πανόραμα) όσο και οι γραμμές 17 και 30 (Τριανδρία) έχουν το ίδιο πρόβλημα με 12,5 «κενά» χλμ και 9,90 «κενά» χλμ αντίστοιχα. Το γεγονός αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό καθώς συνεπάγεται επιπλέον κατανάλωση καυσίμου και αντίστοιχη περιβαλλοντική επιβάρυνση.

Πίνακας 5.5: Στοιχεία εξυπηρέτησης των λεωφορειακών γραμμών και «κενές» χιλιομετρικές αποστάσεις (εκτός διαδρομής) του ΟΑΣΘ.

Γραμμές.	ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΤΥΠΟΣ ΔΕΟΦ	Σταθμαρχείο /Αμαξοστάσιο	«κενά»
1	ΚΤΕΛ-Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ	Απλό	ΚΤΕΛ / Σταυρ.	1,40
2	Α.Σ. ΙΚΕΑ- Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ (ΜΕΣΩ ΕΓΝΑΤ.)	Αρθρωτό	Α.Σ. ΙΚΕΑ/ Σταυρ.	21,11
3	Α.Σ. ΙΚΕΑ- Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ	Αρθρωτό	Α.Σ. ΙΚΕΑ/ Φοιν.	4,20
4	ΝΕΑ ΚΡΗΝΗ - ΚΟΙΜΗΤΗΡΙΑ	Απλό	ΝΕΑ ΚΡΗΝΗ / Φοιν.	2,90
5	ΝΕΑ ΚΡΗΝΗ - ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ	Αρθρωτό	ΝΕΑ ΚΡΗΝΗ / Φοιν.	2,90
6	ΚΑΛΑΜΑΡΙΑ - ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ	Αρθρωτό	ΑΓ. ΙΩΑΝΝΗΣ -ΚΑΛΑΜΑΡΙΑ / Φοιν.	2,90
7	ΑΓ. ΙΩΑΝΝΗΣ - ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ	Απλό	ΑΓ. ΙΩΑΝΝΗΣ -ΚΑΛΑΜΑΡΙΑ / Φοιν.	2,90
8	Α.Σ. ΙΚΕΑ - Ν.Σ.ΣΤΑΘΜΟΣ (ΜΕΣΩ ΟΛΓΑΣ)	Αρθρωτό	Α.Σ. ΙΚΕΑ /Φοιν.	4,20
9	Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ - ΛΑΧΑΝΑΓΟΡΑ	Απλό	Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ Α' / Σταυρ.	6,90
10	ΧΑΡΙΛΑΟΥ - Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ	Αρθρωτό	ΧΑΡΙΛΑΟΥ / Φοιν.	3,30
11	ΠΥΛΑΙΑ - Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ	Απλό	ΠΥΛΑΙΑ / Φοιν.	5,50
12	ΚΑΤΩ ΤΟΥΜΠΑ - Π. Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ	Αρθρωτό	ΚΑΤΩ ΤΟΥΜΠΑ / Σταυρ.	11,21
14	ΑΝΩ ΤΟΥΜΠΑ - Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ	Αρθρωτό	ΑΝΩ ΤΟΥΜΠΑ / Σταυρ.	11,41
15	ΣΑΡΑΝΤΑ ΕΚΚΛΗΣΙΕΣ	Μικρό	ΕΥΑΓΓΕΛΙΣΤΡΙΑ / Σταυρ.	9,10
16	ΕΥΑΓΓΕΛΙΣΤΡΙΑ	Μικρό	ΕΥΑΓΓΕΛΙΣΤΡΙΑ / Σταυρ.	8,40
17	ΤΡΙΑΝΔΡΙΑ- Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ	Απλό	ΤΡΙΑΝΔΡΙΑ /Σταυρ.	9,90
18	ΕΛΕΥΘΕΡΙΟ/ΚΟΡΔΕΛΙΟ - ΑΓ. ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	Απλό	ΑΜΑΞ. ΣΤΑΥΡΟΥΠΟΛΗ Σ / Σταυρ.	0
19	Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ- ΕΛΕΥΘΕΡΙΟ/ΚΟΡΔΕΛΙΟ	Αρθρωτό	Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ Β' / Σταυρ.	8,10
20	ΜΕΝΕΜΕΝΗ -ΕΡΜΟΥ	Απλό	ΜΕΝΕΜΕΝΗ / Σταυρ.	7,90
21	ΕΥΟΣΜΟΣ - ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΟΥΣ	Απλό	ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ - ΕΥΟΣΜΟΣ / Σταυρ.	7,30
23	ΠΛ. ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ - ΑΚΡΟΠΟΛΗ	Απλό	ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ / Σταυρ.	6,90
24	ΠΛ. ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ - ΧΙΛΙΑ ΔΕΝΔΡΑ	Απλό	ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ / Σταυρ.	6,91
25	ΝΕΑΠΟΛΗ - ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ	Απλό	ΝΕΑΠΟΛΗ / Σταυρ.	6,40
26	ΚΑΛΛΙΘΕΑ - ΠΛ. ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ	Απλό	ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ / Σταυρ.	8,6!
27	ΣΤΑΥΡΟΥΠΟΛΗ - ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ	Αρθρωτό	ΑΜΑΞ. ΣΤΑΥΡΟΥΠΟΛΗΣ / Σταυρ.	0
28	ΣΥΚΙΕΣ - ΠΛ. ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ	Απλό	ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ /Σταυρ.	7,1(1
29	ΠΟΛΙΧΝΗ - ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΟΥΣ	Απλό	ΠΟΛΙΧΝΗ / Σταυρ.	5,81
30	ΤΡΙΑΝΔΡΙΑ -ΑΠΟΘΗΚΗ	Απλό	ΤΡΙΑΝΔΡΙΑ /Σταυρ.	9,91
31	ΒΟΥΛΓΑΡΗ - ΚΤΕΛ	Αρθρωτό	ΒΟΥΛΓΑΡΗ / Φοιν.	2,71
32	ΚΑΤΩ ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ - ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΟΥΣ	Αρθρωτό	ΕΥΟΣΜΟΣ / Σταυρ.	7,31
33	ΑΓ. ΠΑΝΤΕΛΕΗΜΩΝ - ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ	Απλό	ΚΗΦΙΣΙΑ-ΑΓ. ΠΑΝΤΕΛΕΗΜ / Φοιν.	1,51
34	ΑΝΩ ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ - ΠΛ. ΔΙΚΑΣΤΗΡ.	Απλό	ΑΜΑΞ. ΣΤΑΥΡΟΥΠΟΛΗΣ / Σταυρ.	0
35	ΜΕΤΕΩΡΑ - ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ	Απλό	ΑΜΑΞ. ΣΤΑΥΡΟΥΠΟΛΗΣ / Σταυρ.	0
37	Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ - ΚΡΥΟΝΕΡΙ	Απλό	Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ Α· / Σταυρ.	6,61
38	Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ - ΕΥΚΑΡΠΙΑ	Απλό	Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ Β' / Σταυρ.	4,31
39	ΚΗΦΙΣΙΑ - ΝΕΑ ΔΙΚΑΣΤΗΡΙΑ	Απλό	ΚΗΦΙΣΙΑ -ΑΓ. ΠΑΝΤΕΛΕΗΜ / Φοιν.	1,5í
40	Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ - ΚΑΛΟΧΩΡΙ	Απλό	Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ Α· / Σταυρ.	6,61
41	ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ ΠΑΠΑΓΕΩΡΓΙΟΥ	Απλό	ΝΕΑΠΟΛΗ / Σταυρ.	6,41
42	ΕΛΕΥΘΕΡΙΟ/ΚΟΡΔΕΛΙΟ - ΚΟΙΜΗΤΗΡΙΑ	Απλό	ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ - ΕΥΟΣΜΟΣ / Σταυρ.	7,31

51	ΣΙΝΔΟΣ-Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ	Απλό	ΣΙΝΔΟΣ / Σταυρ.	í
52	Τ.Ε,Ι. - ΝΕΑ ΔΙΚΑΣΤΗΡΙΑ	Αρθρωτό	ΣΙΝΔΟΣ / Σταυρ.	€
53	ΤΟΠΙΚΟ ΣΙΝΔΟΥ	Απλό	ΣΙΝΔΟΣ / Σταυρ.	€
54	Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ - ΙΩΝΙΑ	Απλό	Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ Β' / Σταυρ.	6
56	Ν. Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ - ΩΡΑΙΟΚΑΣΤΡΟ	Απλό	Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ Β' / Σταυρ.	8
57	ΔΙΑΣΤ. ΧΟΡΤΙΑΤΗ - ΝΕΑΠΟΛΗ -ΕΡΜΟΥ	Απλό	ΔΙΑΣΤΑΥΡ. ΧΟΡΤΙΑΤΗ / Σταυρ.	ι·
58	ΔΙΑΣΤ. ΧΟΡΤΙΑΤΗ -ΠΑΝΟΡΑΜΑ -ΒΕΝΙΖ.	Απλό	ΔΙΑΣΤΑΥΡ. ΧΟΡΤΙΑΤΗ / Σταυρ.	1í
60	ΟΙΚΙΣΜΟΣ Ν. 751 - ΟΙΚΙΣΜ. ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ	Απλό	ΑΜΑΞΟΣΤ. ΦΟΙΝΙΚΑ / Φοιν.	
61	ΧΟΡΤΙΑΤΗΣ - ΔΙΑΣΤΑΥΡ. ΧΟΡΤΙΑΤΗ	Απλό	ΔΙΑΣΤΑΥΡΩΣΗ ΧΟΡΤΙΑΤΗ / Σταυρ.	1£
64	Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ - ΦΙΛΥΡΟ	Απλό	Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ Β' / Σταυρ.	6,
66	ΧΑΡΙΛΑΟΥ -ΘΕΡΜΗ	Απλό	ΧΑΡΙΛΑΟΥ / Φοιν.	3,
67	Α.Σ. ΙΚΕΑ-ΤΡΙΑΔΙ	Απλό	Α.Σ. ΙΚΕΑ /Φοιν.	4,
69	Α.Σ. ΙΚΕΑ- ΕΠΑΝΟΜΗ	Αρθρωτό	Α.Σ. ΙΚΕΑ /Σταυρ.	21
72	Α.Σ. ΙΚΕΑ - ΝΕΑ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ	Αρθρωτό	Α.Σ. ΙΚΕΑ /Σταυρ.	21
76	Α.Σ. ΙΚΕΑ - ΑΓΓΕΛΟΧΩΡΙ	Απλό	Α.Σ. ΙΚΕΑ /Φοιν.	4,:
77	ΝΕΑ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ - ΕΠΑΝΟΜΗ	Απλό	ΑΜΑΞΟΣΤ. ΦΟΙΝΙΚΑ / Φοιν.	(
78	ΚΤΕΛ - ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΟ	Απλό	ΚΤΕΛ / Σταυρ.	5,!

Το πρόβλημα εντοπίζεται στην έλλειψη χώρων στα υπάρχοντα αμαξοστάσια και ιδιαίτερα στο αμαξοστάσιο του Φοίνικα που είναι παλιότερο του αμαξοστασίου της Σταυρούπολης, με σημαντικά μικρότερους χώρους (μισή έκταση σε σχέση με τη Σταυρούπολη) και δεν έχει δυνατότητα επέκτασης για την εξυπηρέτηση και άλλων γραμμών της ανατολικής Θεσσαλονίκης. Κρίνεται απαραίτητη η δημιουργία νέου αμαξοστασίου στην ευρύτερη περιοχή της ανατολικής Θεσσαλονίκης για την εξυπηρέτηση τουλάχιστον των προαναφερθέντων γραμμών, που εξυπηρετούνται από το αμαξοστάσιο της Σταυρούπολης (δυτική πλευρά της πόλης), και την σημαντική μείωση των διανυόμενων «κενών» χιλιομέτρων με συνεπαγόμενο επακόλουθο την σημαντική μείωση της κατανάλωσης καυσίμου και του κόστους συντήρησης των λεωφορείων. Για τις προαναφερόμενες εννιά γραμμές (95 λεωφορεία για την καθημερινή εξυπηρέτηση των γραμμών) η συνολική ημερήσια διανυόμενη απόσταση των λεωφορείων ως προς τα «κενά» χιλιόμετρα είναι περίπου 2.630 χλμ.

Στον **Πίνακα 5.6** δίνονται τα χιλιόμετρα της συνολικής διαδρομής-δρομολογίου (μετάβαση και επιστροφή) όλων των λεωφορειακών γραμμών του ΟΑΣΘ, τα ετήσια χιλιόμετρα που διανύονται σε κάθε γραμμή, με βάση το πρόγραμμα δρομολόγησης των δυο περιόδων (χειμερινή-θερινή) για το 2003, καθώς και τα ετήσια «κενά» χιλιόμετρα ανά λεωφορειακή γραμμή. Να σημειωθεί ότι ο διαχωρισμός των χιλιομέτρων σε χιλιόμετρα δρομολογίου και σε «κενά» χιλιόμετρα είναι σημαντικός αφενός για την ακριβέστερη εκτίμηση της κατανάλωσης καυσίμου και αφετέρου για την εξαγωγή συμπερασμάτων και την διαμόρφωση προτάσεων για την αποδοτικότερη διαχείριση και οργάνωση του στόλου των λεωφορείων.

Ο **Πίνακας 5.6** με τα ετήσια εκτιμώμενα οχηματοχιλιόμετρα για κάθε λεωφορειακή γραμμή καταρτίστηκε με βάση το σχεδιαζόμενο πρόγραμμα δρομολογίων για το 2003 από τη Διεύθυνση Κίνησης. Τα πραγματικά οχηματοχιλιόμετρα για τους 5 πρώτους μήνες του 2003 που δόθηκαν από τη Διεύθυνση Οικονομικών Υπηρεσιών και το Τμήμα Λογιστηρίου, όπου αποστέλλονται όλα τα δελτία κίνησης και εισάγονται στο μηχανογραφικό σύστημα, είναι μειωμένα κατά 2% περίπου (13.873.082 οχηματοχιλιόμετρα) σε σχέση με τα αντίστοιχα εκτιμώμενα βάσει των στοιχείων της Διεύθυνσης κίνησης (14.163.627 οχηματοχιλιόμετρα). Η διαφορά αυτή προκύπτει κυρίως από τους μήνες Απρίλιο και Μάιο όπου υπήρξε μια απόκλιση από τα σχεδιαζόμενα δρομολόγια (2,8% για τον Απρίλιο και 3,5% για τον Μάιο) λόγω των συσσωρευμένων αδειών εργασίας του προσωπικού που δόθηκαν τους συγκεκριμένους δυο μήνες (δεν δόθηκαν άδειες εργασίας στο προσωπικό κίνησης τους μήνες Ιανουάριο, Φεβρουάριο και Μάρτιο), γεγονός που καταδεικνύει και την υφιστάμενη έλλειψη οδηγών των λεωφορείων για την εξυπηρέτηση των αναγκών του Οργανισμού.

Τέλος, διανύεται και κάποιος αριθμός χιλιομέτρων για υπηρεσιακούς λόγους (υπηρεσιακό λεωφορείο) που είναι γύρω στα 640.000 χλμ ετησίως (περίπου 54.000 χλμ μηνιαίως) και συνεπώς το σύνολο των ετήσιων οχηματοχιλιομέτρων εκτιμάται για το 2003 σε 34.144.000 χλμ. με το 92,3% να είναι χιλιόμετρα πραγματικών διαδρομών και το 5,8% να είναι «κενά» χιλιόμετρα.

Το σύνολο των στάσεων του δικτύου του ΟΑΣΘ είναι περίπου 1700, σύμφωνα με τη Διεύθυνση κίνησης.

Γραμμ	ΟΝΟΜΑΣ1Α	Χλμ διαδρομής	ΕΤΗΣ1Α Χλμ	ΕΤΗΣΙΑ «κενά» χλμ	ΕΤΗΣΙΑ ΟΧΗΜΑΤΟΧΛΜ
1	ΚΤΕΛ-Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ	6,35	222.504	3.058	225.562
2	Α.Σ. ΙΚΕΑ- Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ (ΜΕΣΩ ΕΓΝΑΤ.)	27,5	744.370	138.078	882.448
3	Α.Σ. ΙΚΕΑ -Ν. Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ	25,93	1.372.838	55.490	1.428.328
4	ΝΕΑ ΚΡΗΝΗ - ΚΟΙΜΗΤΗΡΙΑ	24,72	99.251	2.111	101.362
5	ΝΕΑ ΚΡΗΝΗ - ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ	22,9	1.192.174	28.443	1.220.617
6	ΚΑΛΑΜΑΡΙΑ - ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ	20,72	822.688	21.419	844.107
7	ΑΓ. ΙΩΑΝΝΗΣ - ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ	18,92	535247	16.066	551.313
8	Α.Σ. ΙΚΕΑ- Ν.Σ.ΣΤΑΘΜΟΣ (ΜΕΣΩ ΟΛΓΑΣ)	26,8	515.632	20.143	535.775
9	Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ - ΛΑΧΑΝΑΓΟΡΑ	18,95	345.421	17.926	363.347
10	ΧΑΡΙΛΑΟΥ -Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ	14,7	824.156	35.706	859.862
11	ΠΥΛΑΙΑ -Ν. Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ	20,4	665.774	43.307	709.081
12	ΚΑΤΩ ΤΟΥΜΠΑ - Π. Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ	15,05	705.815	104.496	810.311
14	ΑΝΩ ΤΟΥΜΠΑ -Ν. Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ	14,8	788.766	117.032	905.798
15	ΣΑΡΑΝΤΑ ΕΚΚΛΗΣΙΕΣ	8,4	330.960	42.206	373.166
16	ΕΥΑΓΓΕΛΙΣΤΡΙΑ	5,2	174.938	24.158	199.097
17	ΤΡΙΑΝΔΡΙΑ - Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ	11,5	461.610	64.251	525.861
18	ΕΛΕΥΘΕΡΙΟ/ΚΟΡΔΕΛΙΟ -ΑΓ. ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	29,55	345.144	0	345.144
19	Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ -ΕΛΕΥΘΕΡΙΟ/ΚΟΡΔΕΛΙΟ	11,75	454.196	31.671	485.867
20	ΜΕΝΕΜΕΝΗ -ΕΡΜΟΥ	10,7	499.711	51.745	551.456
21	ΕΥΟΣΜΟΣ - ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΟΥΣ	16	514.176	43.464	557.640
23	ΠΛ. ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ - ΑΚΡΟΠΟΛΗ	8,9	355.902	36.887	392.790
24	ΠΛ. ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ - ΧΙΛΙΑ ΔΕΝΔΡΑ	10,15	177.828	15.070	192.898
25	ΝΕΑΠΟΛΗ - ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ	11,1	636.618	49.382	686.001
26	ΚΑΛΛΙΘΕΑ - ΠΛ. ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ	10,5	476.501	51.308	527.808
27	ΣΤΑΥΡΟΥΠΟΛΗ - ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ	17,07	643.368	0	643.368
28	ΣΥΚΙΕΣ - ΠΛ. ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ	10,05	434.451	38.738	473.189
29	ΠΟΛΙΧΝΗ - ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΟΥΣ	11,7	458.231	32.132	490.363
30	ΤΡΙΑΝΔΡΙΑ -ΑΠΟΘΗΚΗ	16,2	499.754	66.152	565.906
31	ΒΟΥΛΓΑΡΗ - ΚΤΕΛ	21,7	1.336.373	32.605	1.368.978
32	ΚΑΤΩ ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ - ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΟΥΣ	15,75	826.875	71.073	897.948
33	ΑΓ. ΠΑΝΤΕΛΕΗΜΩΝ - ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ	18,15	577.170	9.057	586.227
34	ΑΝΩ ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ - ΠΛ. ΔΙΚΑΣΤΗΡ.	18,1	672.668	0	672.668

Πίνακας 5.6 : Ετήσια εκτιμώμενα οχηματοχιλιόμετα των λεωφορειακών γραμμών του ΟΑΣΘ για το 2003.

35	ΜΕΤΕΩΡΑ -ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ	13,25	399.408	0	399.408
37	Ν. Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ - ΚΡΥΟΝΕΡΙ	12,55	296.381	25.925	322.306
38	Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ - ΕΥΚΑΡΠΙΑ	16,65	434.981	20.382	455.363
39	ΚΗΦΙΣΙΑ - ΝΕΑ ΔΙΚΑΣΤΗΡΙΑ	17,7	647.183	10.935	658.118
40	Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ - ΚΑΛΟΧΩΡΙ	19,15	464.541	21.952	486.492
41	ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ ΠΑΠΑΓΕΩΡΠΟΥ	8,5	201.663	9.318	210.981
42	ΕΛΕΥΘΕΡΙΟ/ΚΟΡΔΕΛΙΟ - ΚΟΙΜΗΤΗΡΙΑ	18,6	95.046	5.314	100.360
51	ΣΙΝΔΟΣ-Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ	32,5	817.603	31.165	848.768
52	Τ.Ε.Ι. - ΝΕΑ ΔΙΚΑΣΤΗΡΙΑ	29,55	892.115	38.612	930.727
53	ΤΟΠΙΚΟ ΣΙΝΔΟΥ	11,7	102.492	5.023	107.515
54	Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ - ΙΩΝΙΑ	24,65	660.004	33.911	693.915
56	Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ - ΩΡΑΙΟΚΑΣΤΡΟ	29,3	803.113	48.908	852.021
57	ΔΙΑΣΤ. ΧΟΡΤΙΑΤΗ - ΝΕΑΠΟΛΗ -ΕΡΜΟΥ	30	833.130	84.800	917.930
58	ΔΙΑΣΤ. ΧΟΡΤΙΑΤΗ -ΠΑΝΟΡΑΜΑ -ΒΕΝΙΖ.	33,85	982.192	86.157	1.068.348
60	ΟΙΚΙΣΜΟΣ Ν. 751 -ΟΙΚΙΣΜ. ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ	16,1	176.295	0	176.295
61	ΧΟΡΤΙΑΤΗΣ - ΔΙΑΣΤΑΥΡ. ΧΟΡΤΙΑΤΗ	8,2	227.427	11.211	238.638
64	Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ - ΦΙΛΥΡΟ	23,25	254.588	14.414	269.002
66	ΧΑΡΙΛΑΟΥ - ΘΕΡΜΗ	16,25	444.048	8.851	452.898
67	Α. Σ. ΙΚΕΑ-ΤΡΙΑΔΙ	21,6	479.542	9.173	488.714
69	Α.Σ. ΙΚΕΑ- ΕΠΑΝΟΜΗ	42,5	988.380	79.758	1.068.138
72	Α.Σ. ΙΚΕΑ - ΝΕΑ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ	43,8	1.629.360	156.478	1.785.838
76	Α.Σ. ΙΚΕΑ-ΑΓΓΕΛΟΧΩΡΙ	40,3	306.925	6.115	313.040
77	ΝΕΑ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ - ΕΠΑΝΟΜΗ	28,4	146.885	0	146.885
78	ΚΤΕΛ- ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΟ	39,45	519.478	18.029	537.507
	ΣΥΝ ΟΛΟ		31.513.885	1.989.607	33.503.49

Πίνακας5.6 (συνέχεια): Ετήσια εκτιμώμενα οχηματοχιλιόμετα των λεωφορειακών γραμμών του ΟΑΣΘ για το 2003

5.6 Επέκταση των λεωφορειακών γραμμών του ΟΑΣΘ

Με απόφαση των Υπουργών Οικονομικών και Μεταφορών και Επικοινωνιών, και μετά από εισήγηση του Σ.Α.Σ.Θ. και με βάση τις^ απόψεις του ΟΑΣΘ και του υπεραστικού ΚΤΕΛ Νομού Θεσσαλονίκης, η περιοχή εκτέλεσης αστικής συγκοινωνίας από τον ΟΑΣΘ επεκτείνεται περιμετρικά της Θεσσαλονίκης σε απόσταση περίπου 50 χιλιομέτρων (βλ. Σχήμα 3) καλύπτοντας τα κέντρα και τους κυριότερους οικισμούς των δήμων κατά μήκος βασικών οδικών αξόνων του Νομού Θεσσαλονίκης.

Σχήμα 5.3 : Ζώνες εξυπηρέτησης του Ο.Α.Σ.Θ. (ΣΑΣΘ, 2001)

Τα λειτουργικά χαρακτηριστικά του συστήματος επέκτασης της αστικής συγκοινωνίας είναι:

- 9 βασικές λεωφορειακές γραμμές σύνδεσης με την πόλη της Θεσσαλονίκης σε 4 άξονες συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης βάσει της γεωγραφικής θέσης των δήμων και των οδικών αξόνων εξυπηρέτησης των οικισμών.

- 2 τοπικές γραμμές για την εξυπηρέτηση διαδημοτικών συγκοινωνιακών αναγκών 319 χλμ. συνολικό μήκος δικτύου.

- 48 (και 5 εφεδρικά) λεωφορεία μοναδιαίας χωρητικότητας 85 επιβατών 4.080 θέσεις επιβατών.

- 354 δρομολόγια ημερησίως.

- 21.363 διανυόμενα οχηματοχιλιόμετρα ημερησίως.
- 200 εργαζόμενοι απαιτούμενο προσωπικό.

Η λειτουργία των λεωφορειακών γραμμών της επέκτασης ολοκληρώθηκε σταδιακά εντός του 2003.

5.7 Οικονομικά στοιχεία του ΟΑΣΘ

Σύμφωνα με τα στοιχεία των ισολογισμών του ΟΑΣΘ των τελευταίων δυο ετών, οι δαπάνες λειτουργίας των λεωφορείων που περιλαμβάνουν τις δαπάνες καυσίμων, λιπαντικών και ελαστικών καθώς επίσης και την προμήθεια ανταλλακτικών και υλικών για την συντήρηση των λεωφορείων φαίνονται στον **Πίνακα 5.7.**

Με βάση τα ετήσια οχηματοχιλιόμετρα για το 2002 και το 2001 που είναι 33.114.920 χλμ (92% χιλιόμετρα διαδρομών, 6% «κενά» χιλιόμετρα και 2% χιλιόμετρα για υπηρεσιακούς λόγους) και 33.534.386 χλμ (92,4% χιλιόμετρα διαδρομών, 6% «κενά» χιλιόμετρα και 1,6% χιλιόμετρα για υπηρεσιακούς λόγους) αντίστοιχα, επιμερίζονται οι προαναφερθείσες λειτουργικές δαπάνες ανά χιλιόμετρο.

Στον επιμερισμό του κόστους συνυπολογίζεται και το κόστος προσωπικού για την λειτουργία των λεωφορείων που αντιστοιχεί στο προσωπικό κίνησης (οδηγοί και λοιπό προσωπικό της υπηρεσίας κίνησης) και το τεχνικό προσωπικό της Διεύθυνσης συντήρησης (**Πίνακα 5.1**). Στο σύνολο τους οι δαπάνες προσωπικού (σύμφωνα με το τμήμα μισθοδοσίας), περιλαμβανομένων και του διοικητικού και βοηθητικού προσωπικού, ανέρχονται σε 61.157.923 € για το 2001, δηλ. μέσες ετήσιες αποδοχές 27.133 € ανά εργαζόμενο, και 63.992.920 € για το 2002, δηλ. μέσες ετήσιες αποδοχές 30.015 € ανά εργαζόμενο. Αναλυτικότερα, οι δαπάνες ανά κατηγορία προσωπικού για τα τελευταία τρία έτη δίνονται στον **Πίνακα 5.8**.

ΔΑΠΑΝΕΣ	2001		2002	
	Σύνολο (€)	€/χλμ	Σύνολο (€)	€/χλμ
Καύσιμα	8.358.852	0,249	7.928.662	0,239
Λιπαντικά	67.042	0,002	75.534	0,002
Ελαστικά	269.920	0,008	342.610	0,01
Συντήρηση και επισκευή	1.436.187	0,043	1.497.606	0,045
ΣΥΝΟΛΟ	**10.132.001**	**0,302**	**9.844.412**	**0,297**
Προσωπικό*	57.021.138	1,700	59.825.103	1,807
ΣΥΝΟΛΟ	**67.153.139**	**2,003**	**69.669.515**	**2,104**

* περιλαμβάνει το προσωπικό κίνησης και το τεχνικό- βοηθητικό προσωπικό της υπηρεσίας συντήρησης (2.140 εργαζόμενοι για το 2001 και 2.023 για το 2002).

Πίνακας 5.7: Λειτουργικές δαπάνες των λεωφορείων του ΟΑΣΘ.

Να σημειωθεί ότι, σύμφωνα με την υπηρεσία συντήρησης, ο μέσος αριθμός ελαστικών που αντικαθίστανται είναι γύρω στα 700 ετησίως.

Η προμήθεια καυσίμων γίνεται από την εταιρεία ΕΛ.ΠΕ. για το αμαξοστάσιο του Φοίνικα και από την εταιρεία SHELL για το αμαξοστάσιο της Σταυρούπολης μέσω συμβάσεων μεταξύ εταιρειών και του Οργανισμού.

Η προμήθεια λιπαντικών, ελαστικών, ανταλλακτικών και διαφόρων υλικών γίνεται συστηματικά σε τακτά χρονικά διαστήματα με δημόσιους οργανισμούς ή με πρόχειρους διαγωνισμούς ανάλογα με το ύψος της δαπάνης και τις εκάστοτε ανάγκες του Οργανισμού.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	2000	2001	2002
Διοικητικό	3.630.140	3.513.458	3.578.651
Τεχνικό και λοιπό βοηθητικό	8.719.383	8.674.983	8.955.049
Βοηθητικό	553.990	623.327	589.167
Οδηγοί	38.844.435	39.328.108	41.817.705
Λοιπό προσωπικό κίνησης	10.393.259	9.018.047	9.052.348
ΣΥΝΟΛΟ *(ποσά σε ευρώ)	**62.141.207**	**61.157.923**	**63.992.920**

Πίνακας 5.8 : Δαπάνες ανά κατηγορία προσωπικού του ΟΑΣΘ (2000-2002)

	Σύστημα μέτρησης	**CO**	**HC**	**Non-methane HC**	**NO_x**	**PM**	**Χρόνος εφαρμογής**
Euro1	13 mode (ECE-R49)	4,5	1,1	-	8	0,612(<85kW) 0,36(>85kW)	1/10/1993
Euro2	13 mode (ECE-R49)	4	1,1	-	7	0,15	1/10/1996
Euro3	ESC	2,1	0,66	-	5	0,1	1/1/2000
	ETC	5,5	0,78	1,6	5	0,16	
Euro4	ESC	1,5	0,46	-	3,5	0,02	1/10/2005
	ETC	4	0,55	1,1	3,5	0,03	
Euro5	ESC	1,5	0,46	-	2	0,02	1/10/2008
	ETC	4	0,55	1,1	2	0,03	

Πίνακας 5.8.1 : Όρια εκπομπών του συστήματος EURO για βαρέα οχήματα (g/kWh).

Με βάση τη μέση κατανάλωση 0,51 lt/ χλμ των λεωφορείων του ΟΑΣΘ, όπως προκύπτει από τον **Πίνακα 5.8.1,** και το μέσο βαθμό απόδοσης ενός πετρελαιοκινητήρα λεωφορείου που είναι περίπου 40%, τα όρια εκπομπών euro σε gr/χλμ δίνονται στον **Πίνακα 5.8.2**. Η θερμογόνος δύναμη του πετρελαίου είναι περίπου 10 KWh/ lt.

	Σύστημα μέτρησης	**CO**	**HC**	**Non-methane HC**	**NO_x**	**PM**	**Χρόνος εφαρμογής (από)**
Euro1	ECE-R49	9,18	2,24	-	16,32	0,73	1/10/1993
Euro2	ECE-R49	8,16	2,24	-	14,28	0,31	1/10/1996
Euro3	ESC	4,28	1,35	-	10,2	0,2	1/10/200
	ETC	11,2	1,59	3,26	10,2	0,33	
Euro4	ESC	3,06	0,94	-	7,14	0,04	1/10/2005
	ETC	8,16	1,12	2,24	7,14	0,06	
Euro5	ESC	3,06	0,94	-	4,08	0,04	1/10/2008
	ETC	8,16	1,12	2,24	4,08	0,06	

Πίνακας 5.8.2 : Όρια εκπομπών του συστήματος euro σε gr/χλμ με βάση τη μέση κατανάλωση και τον βαθμό απόδοσης των λεωφορείων του ΟΑΣΘ.

Επειδή οι εκπομπές κατά μέσο όρο είναι CO : 8,018 gr/χλμ, NO_x : 22,037 gr/χλμ, VOC : 2,815 gr/χλμ και PM : 1,093 gr/χλμ προκύπτει ότι οι εκπομπές των λεωφορείων του ΟΑΣΘ είναι αυξημένες σε σχέση τόσο με τα όρια του Euro 2 όσο και με τα όρια του Euro 3.

5.8 Προβλεπόμενη κατάσταση για το 2004

Με βάση την υπάρχουσα κατάσταση του στόλου οχημάτων (Δεκέμβριος 2003) και τους υπό εξέλιξη διαγωνισμούς προμήθειας νέων οχημάτων (προμήθεια 48 απλών λεωφορείων επέκτασης και προμήθεια 56 αρθρωτών λεωφορείων), ο στόλος αστικών λεωφορείων του ΟΑΣΘ στα τέλη του 2004 θα αποτελείται από 536 λεωφορεία. Η σύνθεση του στόλου θα είναι 225 αρθρωτά, 289 απλά και 22

μικρά λεωφορεία. Στον **Πίνακα 5.9** δίνονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά των λεωφορείων του στόλου του ΟΑΣΘ με βάση τα διαθέσιμα στοιχεία.

Ο αριθμός και ο τύπος οχημάτων καθώς και τα ετήσια χιλιόμετρα ανά λεωφορειακή γραμμή έχουν μεταβληθεί σε σχέση με τα δεδομένα των **Πινάκων 5.4 και 5.5.** Οι μεταβολές των οχημάτων αφορούν την προσθήκη 3 οχημάτων στην γραμμή 27 και την προσθήκη της γραμμής Νο 55 με ένα όχημα για την εξυπηρέτηση της. Ταυτόχρονα, στο στόλο των αστικών λεωφορείων του ΟΑΣΘ έχουν προστεθεί 22 μικρά λεωφορεία τα οποία δρομολογούνται στις γραμμές 4, 15, 16 και 42 και ο αριθμός των οχημάτων εξυπηρέτησης της γραμμής έχει μεταβληθεί αντίστοιχα. Στον **Πίνακα 5.10** δίνεται ο ενημερωμένος αριθμός των οχημάτων και των δρομολογίων ανά λεωφορειακή γραμμή για τον Δεκέμβριο του 2003 καθώς επίσης και τα δεδομένα της επέκτασης της αστικής συγκοινωνίας εκτός ΠΣΘ.

ΟΧΗΜΑ	ΤΥΠΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ	ΙΣΧΥΣ	ΕΤΟΣ ΚΥΚΛΟΦ.	ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΠΙΒΑΤ.
IRISBUSEUROPOLIS (μικρά λεωφορεία)	NEF TECTOR F4AEO 482	22	125 KW	2003	100
VOLVO B7L	D7 C275	54	275HP(199KW)	2003-2004	100
VOLVO B7RLE	D7 C275	40	275HP(199KW)	2003	105
VOLVOB10M	THD 102KP	12	245	1993	85
MAN SS500	D 2866 UH	50	240	1993	100
VOLVO B10M(Αρθρω)	THD102KB	66	286	1993-1994	143
VOLVO B10M((Αρθρω)	THD 102 KB	17	286	1994-1995	143
VOLVO B10M(Αρθρω)	DHD102KB	60	286	1995	150
SCANIAL113CLL	DSC 1171	40	234	1995	100
VOLVO B10M(Αρθρω)	DHD 102 KB	15	286	1995	150
VOLVO B10M (Αρθρω)	DH 10	45	286	1997-1998	162
SCANIAL113CLL	DSC 1124	45	260	1997-1999	100
Λεωφορεία της επέκτασης (απλά)	48			2004	85
Νέα Αρθρωτά	22			2004	
ΣΥΝΟΛΟ	**536**				

Πίνακας 5.9: Στοιχεία του στόλου αστικών λεωφορείων του ΟΑΣΘ (Δεκέμβριος 2004)

|Γραμ,	ΟΝΟΜΑΣΙΑ	Αριθμός λεωφορείων			Αριθμός δρομολογίων		
		Καθημερινές	Σάββατα	Κυριακές^	Καθημερινές	Σάββατα	Κύριο
1	ΚΤΕΛ-Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ	3	3	3	96	96	96
2	Α.Σ. ΙΚΕΑ-Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ (ΜΕΣΩ ΕΓΝΑΤ.)	10	8	7	84	64	56
3	Α.Σ. ΙΚΕΑ-Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ	20	18	13	160	144	104
4	ΝΕΑ ΚΡΗΝΗ - ΚΟΙΜΗΤΗΡΙΑ	1	1	1	11	11	11
5	ΝΕΑ ΚΡΗΝΗ - ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ	14	14	14	150	150	140
6	ΚΑΛΑΜΑΡΙΑ - ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ	11	11	8	120	120	80
7	ΑΓ. ΙΩΑΝΝΗΣ - ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ	8	8	7	80	80	80
8	Α.Σ. ΙΚΕΑ - Ν.Σ.ΣΤΑΘΜΟΣ (ΜΕΣΩ ΟΛΓΑΣ)	7	6	5	56	48	40
9	Ν. Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ -ΛΑΧΑΝΑΓΟΡΑ	4	3	3	56	42	42
10	ΧΑΡΙΛΑΟΥ - Ν. Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ	17	15	10	175	160	10ί
11	ΠΥΛΑΙΑ - Ν. Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ	12	10	9	96	80	90
12	ΚΑΤΩ ΤΟΥΜΠΑ - Π. Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ	14	12	11	140	124	111
14	ΑΝΩ ΤΟΥΜΠΑ - Ν. Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ	16	12	12	165	130	12(
15	ΣΑΡΑΝΤΑ ΕΚΚΛΗΣΙΕΣ	12	10	8	266	235	211
16	ΕΥΑΓΓΕΛΙΣΤΡΙΑ	6	6	5	132	117	10ί
17	ΤΡΙΑΝΔΡΙΑ - Ν. Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ	10	8	7	120	102	98
18	ΕΛΕΥΘΕΡΙΟ/ΚΟΡΔΕΛΙΟ - ΑΓ. ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	4	4	4	32	32	32
19	Ν. Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ - ΕΛΕΥΘΕΡΙΟ/ΚΟΡΔΕΛΙΟ	6	5	4	114	105	84
20	ΜΕΝΕΜΕΝΗ -ΕΡΜΟΥ	10	10	6	140	140	96
21	ΕΥΟΣΜΟΣ - ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΟΥΣ	9	8	7	95	85	84
23	ΠΛ. ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ - ΑΚΡΟΠΟΛΗ	8	8	6	103	103	78
24	ΠΛ. ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ - ΧΙΛΙΑ ΔΕΝΔΡΑ	3	3	3	48	48	48
25	ΝΕΑΠΟΛΗ - ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ	12	10	8	181	147	112
26	ΚΑΛΛΙΘΕΑ - ΠΛ. ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ	9	9	6	137	137	87
27	ΣΤΑΥΡΟΥΠΟΛΗ - ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ	14	12	10	152	122	100
28	ΣΥΚΙΕΣ- ΠΛ. ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ	8	7	7	126	111	112
29	ΠΟΛΙΧΝΗ - ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΟΥΣ	8	8	7	110	110	112
30	ΤΡΙΑΝΔΡΙΑ - ΑΠΟΘΗΚΗ	10	9	8	89	90	80
31	ΒΟΥΛΓΑΡΗ - ΚΤΕΛ	18	18	14	181	181	160
32	ΚΑΤΩ ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ - ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΟΥΣ	15	14	10	160	140	120
33	ΑΓ. ΠΑΝΤΕΛΕΗΜΩΝ - ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ	9	9	7	95	95	70
34	ΑΝΩ ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ - ΠΛ. ΔΙΚΑΣΤΗΡ.	11	9	8	110	90	96
35	ΜΕΤΕΩΡΑ - ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ	7	7	5	90	90	60
37	Ν. Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ- ΚΡΥΟΝΕΡΙ	6	5	4	72	60	48
38	Ν. Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ - ΕΥΚΑΡΠΙΑ	7	7	5	77	77	55
39	ΚΗΦΙΣΙΑ - ΝΕΑ ΔΙΚΑΣΤΗΡΙΑ	11	9	9	110	90	91
40	Ν. Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ- ΚΑΛΟΧΩΡΙ	5	4	4	70	64	64
41	ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ ΠΑΠΑΓΕΩΡΓΙΟΥ	2	2	2	65	65	65
42	ΕΛΕΥΘΕΡΙΟ/ΚΟΡΔΕΛΙΟ - ΚΟΙΜΗΤΗΡΙΑ	1	1	1	14	14	14
51	ΣΙΝΔΟΣ - Ν. Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ	7	7	5	75	75	50
52	Τ.Ε.Ι. -ΝΕΑΔΙΚΑΣΤΗΡΙΑ	12	2	2	126	26	26
53	ΤΟΠΙΚΟ ΣΙΝΔΟΥ	1	1	1	24	24	24
54	Ν. Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ -ΙΩΝΙΑ	8	6	5	85	60	50
55	ΣΤΑΥΡΟΥΠΟΛΗ-ΩΡΑΙΟΚΑΣΤΡΟ	1	1	1	16	16	16
56	Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ-ΩΡΑΙΟΚΑΣΤΡΟ	9	9	7	82	82	61
57	ΔΙΑΣΤ..ΧΟΡΤΙΑΤΗ-ΝΕΑΠΟΛΗ-ΕΡΜΟΥ	10	10	8	81	81	67
58	ΔΙΑΣΤ. ΧΟΡΤΙΑΤΗ-ΠΑΝΟΡΑΜΑ-ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ	10	10	8	86	86	67
60	ΟΙΚΙΣΜ.Ν. 751 – ΟΙΚΙΣΜ. ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ	2	2	2	30	30	30

Γραμ-	ΟΝΟΜΑΣΙΑ	Αριθμός λεωφορείων			|Αριθμός δρομολογίων		
		Καθημερινές	Σάββατα	Κυριακές	Καθημερινές	Σάββατα	Κυριακές
61	ΧΟΡΤΙΑΤΗΣ - ΔΙΑΣΤΑΥΡ. ΧΟΡΤΙΑΤΗ	1	1	1	81	81	55
64	Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ - ΦΙΛΥΡΟ	3	3	3	30	30	30
66	ΧΑΡΙΛΑΟΥ - ΘΕΡΜΗ	4	4	3	81	81	60
67	Α.Σ. ΙΚΕΑ-ΤΡΙΑΔΙ	3	3	3	61	61	60
69	Α.Σ. Ι ΚΕΑ -ΕΠΑΝΟΜΗ	5	5	5	61	61	59
72	Α.Σ. ΙΚΕΑ - ΝΕΑ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ	10	10	9	100	100	90
76	Α.Σ. ΙΚΕΑ - ΑΓΓΕΛΟΧΩΡΙ	2	2	2	20	22	22
77	ΝΕΑ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ - ΕΠΑΝΟΜΗ	1	1	1	14	14	14
78	ΚΤΕΛ- ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΟ	4	4	4	32	32	32
57 ΓΡΑΜΜΕΣ		451	404	338	5.363	4.861	4.173
ΕΠΕΚΤΑΣΗ (9 ΒΑΣΙΚΕΣ ΚΑΙ 2 ΤΟΠΙΚΕΣ ΓΡΑΜΜΕΣ)		*46*	*44*	39	385	*373*	335
ΣΥΝΟΛΟ		*497*	*448*	*377*	5.748	*5.234*	4.508

Πίνακας 5.10 (συνέχεια): Αριθμός λεωφορείων και δρομολόγιων ανά λεωφορειακή γραμμή του ΟΑΣΘ (Δεκέμβριος 2003)

Γραμ.	ΟΝΟΜΑΣΙΑ	Τύττος οχήματος	Ετήσια Οχήματα χλμ	Κατανάλωση. (Ιί/χλμ)	Ετήσια Κατανάλωση. (λίτρα)
1	ΚΤΕΛ-Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ	απλό	219.069	0,457	100.200
2	Α.Σ. ΙΚΕΑ-Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ (ΕΓΝΑΤ)	αρθρωτό	890.910	0,527	469.883
3	Α.Σ. ΙΚΕΑ-Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ	αρθρωτό	1.431.848	0,546	781.719
4	ΝΕΑ ΚΡΗΝΗ - ΚΟΙΜΗΤΗΡΙΑ	μίνι	98.446	0,350	34.456
5	ΝΕΑ ΚΡΗΝΗ - ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ	αρθρωτό	1.234.826	0,529	653.044
6	ΚΑΛΑΜΑΡΙΑ - ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ	αρθρωτό	861.143	0,549	472.579
7	ΑΓ. ΙΩΑΝΝΗΣ - ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ	απλό	552.989	0,567	313.293
8	Α.Σ. ΙΚΕΑ-Ν.Σ.ΣΤΑΘΜΟΣ (ΟΛΓΑΣ)	αρθρωτό	518.999	0,532	275.894
9	Ν. Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ - ΛΑΧΑΝΑΓΟΡΑ	απλό	367.474	0,466	171.122
10	ΧΑΡΙΛΑΟΥ - Ν. Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ	αρθρωτό	881.668	0,626	551 .608
11	ΠΥΛΑΙΑ - Ν. Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ	απλό	715.493	0,561	401.061
12	ΚΑΤΩ ΤΟΥΜΠΑ- Π.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ	αρθρωτό	817.325	0,644	526.633
14	ΑΝΩ ΤΟΥΜΠΑ - Ν. Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ	αρθρωτό	925.760	0,613	567.779
15	ΣΑΡΑΝΤΑ ΕΚΚΛΗΣΙΕΣ	μίνι	929.173	0,350	325.211
16	ΕΥΑΓΓΕΛΙΣΤΡΙΑ	μίνι	492.008	0,350	172.203
17	ΤΡΙΑΝΔΡΙΑ- Ν. Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ	απλό	531.062	0,619	328.777
18	ΕΛΕΥΘΕΡΙΟ/ΚΟΡΔΕΛ-ΑΓ. ΑΝΑΡΓΥΡ	απλό	335.196	0,502	168.419

Πίνακας 5.11 : Εκτιμώμενα οχηματοχιλιόμετρα και κατανάλωση ανά λεωφορειακή γραμμή του ΟΑΣΘ για το 2004.

Γραμ.	ΟΝΟΜΑΣΙΑ	Τύπος οχήματος	Ετήσια Οχηματχλμ	<ατανάλ. ΜΙΓ	Ετήσια Κατανάλ (λίτρα)
19	Ν. Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ- ΕΛΕΥΘΕΡΙΟ/ΚΟΡΔ	αρθρωτό	483.615	0,459	221.849
20	ΜΕΝΕΜΕΝΗ - ΕΡΜΟΥ	απλό	559.977	0,603	337.876
21	ΕΥΟΣΜΟΣ - ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΟΥΣ	απλό	566.155	0,588	332.667
23	ΠΛ. ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ -ΑΚΡΟΠΟΛΗ	απλό	443.059	0,626	277.490
24	ΠΛ. ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ - ΧΙΛΙΑ ΔΕΝΔΡΑ	απλό	187.378	0,544	101.880
25	ΝΕΑΠΟΛΗ - ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ	απλό	704.848	0,594	418.599
26	ΚΑΛΛΙΘΕΑ - ΠΛ. ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ	απλό	535.594	0,579	309.988
27	ΣΤΑΥΡΟΥΠΟΛΗ - ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ	αρθρωτό	848.865	0,573	486.285
28	ΣΥΚΙΕΣ - ΠΛ. ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ	απλό	472.950	0,593	280.297
29	ΠΟΛΙΧΝΗ - ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΟΥΣ	απλό	489.709	0,588	287.923
30	ΤΡΙΑΝΔΡΙΑ - ΑΠΟΘΗΚΗ	απλό	571.705	0,604	345.026
31	ΒΟΥΛΓΑΡΗ - ΚΤΕΛ	αρθρωτό	1.403.670	0,565	792.774
32	ΚΑΤΩ ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ - ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΟΥΣ	αρθρωτό	918.630	0,616	565.641
33	ΑΓ. ΠΑΝΤΕΛΕΗΜΩΝ - ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ	απλό	597.501	0,551	329.423
34	ΑΝΩ ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ - ΠΛ. ΔΙΚΑΣΤΗΡ.	απλό	674.606	0,546	368.542
35	ΜΕΤΕΩΡΑ - ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ	απλό	402.588	0,584	234.947
37	Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ - ΚΡΥΟΝΕΡΙ	απλό	323.498	0,610	197.286
38	Ν. Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ - ΕΥΚΑΡΠΙΑ	απλό	456.380	0,552	251.706
39	ΚΗΦΙΣΙΑ - ΝΕΑ ΔΙΚΑΣΤΗΡΙΑ	απλό	666.306	0,573	381.859
40	Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ - ΚΑΛΟΧΩΡΙ	απλό	485.602	0,456	221.609
41	ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ ΠΑΠΑΓΕΩΡΓΙΟΥ	απλό	204.925	0,403	82.642
42	ΕΛΕΥΘΕΡΙΟ/ΚΟΡΔΕΛ- ΚΟΙΜΗΤΗΡΙΑ	απλό	97.482	0,427	41.640
51	ΣΙΝΔΟΣ - Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ	απλό	854.317	0,416	355.074
52	Τ.Ε.Ι. - ΝΕΑ ΔΙΚΑΣΤΗΡΙΑ	αρθρωτό	1.061.085	0,415	440.748
53	ΤΟΠΙΚΟ ΣΙΝΔΟΥ	μίνι	104.430	0,350	36.550
54	Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ - ΙΩΝΙΑ	απλό	701.919	0,475	333.613
55	ΣΤΑΥΡΟΥΠΟΛΗ-ΩΡΑΙΟΚΑΣΤΡΟ	απλό	95.284	0,465	44.313
56	Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ - ΩΡΑΙΟΚΑΣΤΡΟ	απλό	870.557	0,485	422.245
57	ΔΙΑΣΤ. ΧΟΡΤΙΑΤΗ-ΝΕΑΠΟΛΗ-ΕΡΜΟΥ	απλό	926.206	0,469	434.139
58	ΔΙΑΣΤ. ΧΟΡΤΙΑΤΗ -ΠΑΝΟΡ - ΒΕΝΙΖ.	απλό	1.086.823	0,454	493.652
60	ΟΙΚΙΣΜ.Ν. 751 -ΟΙΚΙΣΜ. ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ	απλό	171.214	0,468	80.157
61	ΧΟΡΤΙΑΤΗΣ - ΔΙΑΣΤΑΥΡ. ΧΟΡΤΙΑΤΗ	απλό	235.567	0,400	94.261
64	Ν.Σ. ΣΤΑΘΜΟΣ - ΦΙΛΥΡΟ	απλό	261.287	0,517	135.187
66	ΧΑΡΙΛΑΟΥ -ΘΕΡΜΗ	απλό	458.327	0,402	184.335
67	Α.Σ. ΙΚΕΑ-ΤΡΙΑΔΙ	απλό	474.902	0,356	168.856
69	Α.Σ. ΙΚΕΑ- ΕΠΑΝΟΜΗ	απλό	1.023.870	0,350	358.741
72	. Α.Σ. ΙΚΕΑ - ΝΕΑ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ	αρθρωτό	1.775.972	0,383	680.404
76	Α.Σ. ΙΚΕΑ - ΑΓΓΕΛΟΧΩΡΙ	απλό	312.618	0,354	110.583
77	ΝΕΑ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ - ΕΠΑΝΟΜΗ	απλό	146.953	0,385	56.570
78	ΚΤΕΛ -ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΟ	απλό	501.135	0,439	219.974
	ΣΥΝΟΛΟ / Μ.Ο.		34.960.898	0,502	17.544.143
	ΕΠΕΚΤΑΣΗ	απλό	7.846.714	0,366	2.871.897
	ΣΥΝΟΛΟ		42.807.612		20.416.040

Πίνακας 5.11(συνέχεια) : Εκτιμώμενα οχηματοχιλιόμετρα και κατανάλωση ανά λεωφορειακή γραμμή του ΟΑΣΘ για το 2004.

Η περαιτέρω ανάλυση εκτιμώμενων εκπομπών ρύπων και κατανάλωσης διεξάγεται ανά **τύπο λεωφορείου**, δηλαδή αρθρωτών, απλών και μίνι και όχι ανά λεωφορειακή γραμμή, όπως έγινε για το 2003. Η επιλογή αυτή κρίνεται σκόπιμη εξαιτίας της αδυναμίας πρόβλεψης της δρομολόγησης των νέων λεωφορείων σε συγκεκριμένες γραμμές και φυσικά εξαιτίας των συνεχών μεταβολών που διεξάγονται το τελευταίο χρονικό διάστημα με τα δρομολόγια του ΟΑΣΘ. Η ανάλυση αυτή είναι βασική και για την μετέπειτα διερεύνηση των εναλλακτικών σεναρίων διαφόρων τεχνολογιών.

Στον **Πίνακα 5.12** δίνονται τα δεδομένα κατανάλωσης ανά τύπο οχήματος ως προβλεπόμενες μέσες ετήσιες τιμές για το 2004. Όπως προκύπτει από τα στοιχεία του **Πίνακα 5.11**, η μέση κατανάλωση ανά τύπο οχήματος είναι αρκετά χαμηλότερη από αυτή των μετρήσεων τον Μάιο του 2003. Οι παράγοντες της ηλικίας του οχήματος (τα περισσότερα από τα λεωφορεία που καταγράφηκαν είναι ηλικίας 8-10 ετών, δηλ. Euro ή Euro 1), του τρόπου οδήγησης τους και της σωστής συντήρησης τους παίζουν καθοριστικό ρόλο στην ενεργειακή κατανάλωση. Σε κάθε περίπτωση δεν είναι δυνατόν να εξαχθούν ακριβή συμπεράσματα ως προς την κατανάλωση του καυσίμου και απαιτείται οργανωμένο πρόγραμμα μετρήσεων με συνεκτίμηση όλων των παραπάνω παραγόντων. Πάντως, η μέση κατανάλωση του **Πίνακα 5.11** συγκλίνει (ελαφρώς μειωμένη) και με τα περισσότερα από τα αποτελέσματα μετρήσεων δρόμου για οχήματα τύπου Euro 1 και Euro 2. Να σημειωθεί επίσης ότι το 2004, το 25% των αρθρωτών λεωφορείων και το 50% των απλών λεωφορείων θα είναι Euro 3 με συνεπαγόμενη μειωμένη κατανάλωση και εκπομπές έναντι των αντιστοίχων\ δεδομένων των παλαιότερων λεωφορείων.

Τύπος λεωφορείου	Αριθμός λεωφορείον	Ετήσια χιλιόμετρα ανά όχημα	Ετήσια οχηματοχλμ	Μέση κατανάλωση (lt/χλμ/ όχημα)	Ετήσια κατανάλωση
Αρθρωτό	225	62.464	14.054.315	0,541	7.603.384
Απλό	289	93.873	27.129.240	0,505	13.700.266
Μίνι	22	73.821	1.624.057	0,350	568.420
ΣΥΝΟΛΟ	536		42.807.612		21.872.071*

Πίνακας 5.12: Δεδομένα κατανάλωσης ανά τύπο λεωφορείου του ΟΑΣΘ για το 2004.

Στη μέση κατανάλωση των απλών λεωφορείων δεν συνεκτιμήθηκε η μέση κατανάλωση των λεωφορείων της επέκτασης (χαμηλή κατανάλωση λόγω μεγάλης μέσης ταχύτητας) για την αποφυγή υποεκτιμήσεων στη συνολική κατανάλωση. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με τα παραπάνω, και συνυπολογίζοντας και την μικρή κατανάλωση από τα «υπηρεσιακά» χιλιόμετρα (650.000 περίπου ετησίως) που δεν έχουν συμπεριληφθεί, δίνει μια καλή προσέγγιση της αναμενόμενης συνολικής ετήσιας κατανάλωσης για το 2004.

5.9 Τι είναι το Σ.Α.Σ.Θ.

Το Συμβούλιο Αστικών Συγκοινωνιών Θεσσαλονίκης αποτελεί σύμφωνα με τον ιδρυτικό του νόμο (2898/2001, ΦΕΚ.71/10-04-2001) μια Δημόσια αυτοτελή Διοικητική Αρχή που αναλαμβάνει την ευθύνη οργάνωσης και λειτουργίας των δημόσιων αστικών συγκοινωνιών στην ευρύτερη περιοχή Θεσσαλονίκης.

Η σύσταση του Σ.Α.Σ.Θ. αποτελεί μια θεσμική πρωτοβουλία αποκέντρωσης εξουσιών περί την αστική συγκοινωνία προς όργανο τοπικό και κοινωνικά ελεγχόμενο. »

Με την πρωτοβουλία αυτή εκχωρείται ένα πλαίσιο αρμοδιοτήτων χωρίς αναφορές σε συγκεκριμένα συστήματα αστικών συγκοινωνιών - με εξαίρεση τη σύμβαση του Ο.Α.Σ.Θ. - αλλά είναι επίσης γεγονός ευδιάκριτο ότι το πλαίσιο της λειτουργίας του δεν θέτει περιορισμούς σε ό,τι αφορά στα πιθανά μέσα δημόσιων συγκοινωνιών και κυρίως στους στόχους του συγκοινωνιακού σχεδιασμού, ενώ παρέχονται πόροι για τη σχετική οικονομική του αυτονομία.

5.10 Σύνθεση του Σ.Α.Σ.Θ.

Η δύναμη του Σ.Α.Σ.Θ. είναι ενδεκαμελής. Το απαρτίζουν εκπρόσωποι από τους πιο σημαντικούς θεσμικούς φορείς της Θεσσαλονίκης. Συγκεκριμένα το Συμβούλιο Αστικών Συγκοινωνιών Θεσσαλονίκης αποτελείται από εκπροσώπους των εξής φορέων :

α. Έναν εκπρόσωπο του Υπουργού Μεταφορών και Επικοινωνιών, ως Πρόεδρο, που ορίζεται με την απόφαση συγκρότησης του Σ.Α.Σ.Θ.

β. Έναν εκπρόσωπο του Υπουργού Οικονομικών.

γ. Έναν εκπρόσωπο του Υπουργού Μακεδονίας – Θράκης.

δ. Έναν εκπρόσωπο του Γενικού Γραμματέα της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας.

ε. Το Νομάρχη ή εκπρόσωπο του.

στ. Το Δήμαρχο Θεσσαλονίκης και εκπρόσωπο της Τοπικής Ένωσης Δήμων και Κοινοτήτων του Νομού Θεσσαλονίκης (Τ.Ε.Δ.Κ.Θ.) με τους αναπληρωτές τους

ζ. Έναν εκπρόσωπο του Κοσμήτορα της Πολυτεχνικής Σχολής του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης με τον αναπληρωτή του η. Έναν εκπρόσωπο του Οργανισμού Ρυθμιστικού Σχεδίου Θεσσαλονίκης (Ο.Ρ.Θ.) με τον αναπληρωτή του.

θ. Τον Διευθυντή της Αστυνομικής Διεύθυνσης Θεσσαλονίκης, με αναπληρωτή του τον Διοικητή της Υπηρεσίας Τροχαίας Θεσσαλονίκης.

ι. Έναν εκπρόσωπο του Εργατικού Κέντρου Θεσσαλονίκης με τον αναπληρωτή του.

Σημειώνονται επίσης τα εξής σχετικά με τη συγκρότηση του Σ.Α.Σ.Θ.:

- Το Σ.Α.Σ.Θ. διορίζεται με απόφαση του Υπουργού Μεταφορών και Επικοινωνιών.

- Στις συνεδριάσεις του μπορούν να συμμετέχουν (χωρίς δικαίωμα ψήφου) εκπρόσωποι του Ο.Α.Σ.Θ. και του Κ.Τ.Ε.Λ. Ν. Θεσσαλονίκης.

- Η θητεία του Σ.Α.Σ.Θ. είναι τριετής.

- Εκλέγεται ως αντιπρόεδρος ένας εκ των εκπροσώπων του Υπουργείου οικονομικών ή του Υπουργείου Μακεδονίας-Θράκης.

5.11 Αρμοδιότητες και καθήκοντα του Σ.Α.Σ.Θ. σχετικά με την εκτέλεση δημόσιων αστικών συγκοινωνιών στο Ν. Θεσσαλονίκης

Στο Σ.Α.Σ.Θ. έχουν εκχωρηθεί με το Ν.2898/2001 πολύ σημαντικές αποφασιστικές αρμοδιότητες σε θέματα που αφορούν:

- στο σχεδιασμό, προγραμματισμό, εποπτεία, έλεγχο και λήψη μέτρων βελτίωσης του επιπέδου εξυπηρέτησης του επιβατικού κοινού.

- εγκαταστάσεις εξυπηρέτησης του κοινού, νέες γραμμές, αλλαγή διαδρομών και συχνότητας δρομολογίων, αφετηριών και τερμάτων, περιοχής εξυπηρέτησης ή και κατάργηση γραμμών.

- σε ανάθεση, υπό όρους, συγκοινωνιακού έργου σε Ο.Τ.Α. Α' βαθμού.

Ειδικότερα για το θέμα αυτό σημειώνονται τα εξής :

Οι οργανισμοί τοπικής αυτοδιοίκησης (Ο.Τ.Α.) πρώτης βαθμίδας, που βρίσκονται στην περιοχή, όπου ο Ο.Α.Σ.Θ. εκτελεί αστική συγκοινωνία, μπορούν να εκτελούν συγκοινωνιακό έργο με αστικά λεωφορεία, μέσα στα όρια τους, είτε αυτοτελώς είτε σε συνεργασία με άλλους όμορους Ο.Τ.Α. πρώτης βαθμίδας , για την ανάπτυξη τροφοδοτικών γραμμών προς το βασικό δίκτυο του Ο.Α.Σ.Θ. ή για την εκτέλεση συγκοινωνίας εντός των δημοτικών διαμερισμάτων και τη σύνδεση τους με το κέντρο του αντίστοιχου Ο.Τ.Α. πρώτης βαθμίδας ή και άλλα υπερτοπικά κέντρα.

Η ανάθεση εκτέλεσης του έργου αυτού γίνεται με απόφαση του Σ.Α.Σ.Θ., ύστερα από αίτηση των ενδιαφερόμενων Ο.Τ.Α. πρώτης βαθμίδας και συγκοινωνιακή μελέτη. Το Σ.Α.Σ.Θ., αν συμφωνεί με το αίτημα, υποβάλλει έγγραφο ερώτημα προς τον Ο.Α.Σ.Θ., για το αν προτίθεται να εκτελέσει το συγκεκριμένο έργο. Ο Ο.Α.Σ.Θ. υποχρεούται να απαντήσει μέσα σε αποκλειστική προθεσμία ενός μηνός. Αν ο Ο.Α.Σ.Θ. απαντήσει αρνητικά ή δεν απαντήσει μέσα στην προθεσμία αυτή, το Σ.Α.Σ.Θ. αναθέτει το έργο στους ενδιαφερόμενους Ο.Τ.Α. Το ίδιο εφαρμόζεται και στην περίπτωση που ο Ο.Α.Σ.Θ. δεν υλοποιεί το έργο που του ανατίθεται με την ως άνω διαδικασία.

Δεν επιτρέπεται η ανάθεση στους Ο.Τ.Α. πρώτης βαθμίδας της εκτέλεσης συγκοινωνιακού έργου:

Α) Σε γραμμές που συνδέουν, απευθείας ή με σύστημα τοπικών τροφοδοτικών και γραμμών κορμού, τους Ο.Τ.Α. πρώτης βαθμίδας με το κέντρο του Δήμου Θεσσαλονίκης,

Β) Σε άξονες που συνδέουν τα κέντρα των Ο.Τ.Α. πρώτης βαθμίδας, αν το συγκοινωνιακό έργο στους άξονες αυτούς παρέχεται από τον Ο.Α.Σ.Θ.

- στην τήρηση των συμβατικών υποχρεώσεων του Ο.Α.Σ.Θ. και στην επιβολή κυρώσεων σε περιπτώσεις απόκλισης από τη σύμβαση του με το Ελληνικό Δημόσιο.

Προβλέπονται επίσης ουσιαστικές εισηγητικές και γνωμοδοτικές αρμοδιότητες που μαζί με τις προηγούμενες καλύπτουν όλες σχεδόν τις πλευρές της οργάνωσης και της εποπτείας των αστικών συγκοινωνιών στο Νομό Θεσσαλονίκης.

Στα ειδικότερα καθήκοντα και υποχρεώσεις του Σ.Α.Σ.Θ. περιλαμβάνονται τα εξής:

- Σύνταξη μελέτης και προετοιμασία εφαρμογής της για εξοικονόμηση ενέργειας από τα οχήματα δημοσίων αστικών συγκοινωνιών Θεσσαλονίκης.

- Έγκριση του Χάρτη Υποχρεώσεων προς τον Καταναλωτή (Χ.Υ.Κ.) του Ο.Α.Σ.Θ.

- Εισήγηση τροποποιήσεων στους συντελεστές προσωπικού / μέσων παραγωγής (λεωφορείων).

Σημειώνεται ότι το Σ.Α.Σ.Θ. επιλαμβάνεται των ανωτέρω θεμάτων είτε αυτεπαγγέλτως είτε μετά από παραπομπή τους σ' αυτό από :

- Τους Υπουργούς Οικονομικών, Μεταφορών και Επικοινωνιών ή Μακεδονίας -Θράκης.

- Το Νομάρχη Θεσσαλονίκης ή το Νομαρχιακό Συμβούλιο.

- Το Δ.Σ. της Τοπικής Ένωσης Δήμων και Κοινοτήτων Νομού Θεσσαλονίκης ήτο Δήμαρχο Θεσσαλονίκης.

- Τον Ο.Α.Σ.Θ.

- Προβλέπεται διαδικασία προσφυγής του Ο.Α.Σ.Θ. κατά αποφάσεων του Σ.Α.Σ.Θ. στον Γ.Γ.Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας.

- Οι δαπάνες του Σ.Α.Σ.Θ. (αποζημιώσεις συνεργατών, τεχνική και γραμματειακή υποστήριξη , μελέτες) καλύπτονται από ειδικό λογαριασμό του Ο.Α.Σ.Θ. σύμφωνα με την παράγραφο 11 του άρθρου 1 του νόμου2898.

- Ειδικότερα για την μεταβολή της περιοχής λειτουργίας του Ο.Α.Σ.Θ., αυτή γίνεται κατόπιν εισήγησης του Σ.Α.Σ.Θ., που στηρίζεται σε μελέτη (συγκοινωνιακή και τεχνικοοικονομική). Η εισήγηση υποβάλλεται εντός εξαμήνου από συστάσεως του Σ.Α.Σ.Θ. Ανάλογες εισηγήσεις είναι δυνατές στη συνέχεια μετά την παρέλευση της πρώτης τριετούς θητείας του Σ.Α.Σ.Θ. και ανά τρία χρόνια.

Σχετικά με το θέμα της μεταβολής της περιοχής λειτουργίας του Ο.Α.Σ.Θ. σημειώνονται αναλυτικότερα τα εξής:

Με κοινή απόφαση των Υπουργών Οικονομικών και Μεταφορών και Επικοινωνιών, που εκδίδεται κατόπιν εισήγησης του Σ.Α.Σ.Θ. και γνώμης του Ο.Α.Σ.Θ. και του υπεραστικού Κ.Τ.Ε.Λ. Νομού Θεσσαλονίκης, μπορεί να μεταβάλλεται η περιοχή εκτέλεσης αστικής συγκοινωνίας. Με όμοια απόφαση καθορίζονται:

- Τα όρια των προς εξυπηρέτηση νέων περιοχών .
- Οι γραμμές, οι διαδρομές και τα δρομολόγια εξυπηρέτησης των νέων περιοχών .
- Ο απαραίτητος αριθμός λεωφορείων και ο τύπος τους .
- Οι ειδικότητες και ο αριθμός του αναγκαίου προσωπικού, σύμφωνα με τις ρυθμίσεις του άρθρου 8 (βλ. άρθρο 8 : Οικονομική Συμφωνία Ελληνικού Δημοσίου -Ο.Α.Σ.Θ.) και του άρθρου 5 του Ν.2898/2001 (άρθρο 5: μεταβολή περιοχής εκτέλεσης αστικής συγκοινωνίας από τον Ο.Α.Σ.Θ.) , καθώς και οι προϋποθέσεις, οι όροι και η διαδικασία μεταφοράς προσωπικού του Κ.Τ.Ε.Λ. και ένταξης στον Ο.Α.Σ.Θ.
- Η αναμενόμενη επιβατική κίνηση και το προσήκον κόμιστρο, όπως προσδιορίζεται στην οικονομική συμφωνία του άρθρου 8.
- Κάθε άλλο σχετικό θέμα.

5.12 Η ανάθεση συγκοινωνιακού έργου και καθήκοντα του Ο.Α.Σ.Θ.

Μεταξύ του Ελληνικού Δημοσίου, εκπροσωπουμένου δια των Υπουργών Οικονομικών και Μεταφορών και Επικοινωνιών και του Ο.Α.Σ.Θ. υφίσταται σύμβαση ανάθεσης, εκτέλεσης και εκμετάλλευσης αστικής συγκοινωνίας στην περιοχή Θεσσαλονίκης, που έχει ισχύ νόμου από 1ης Ιανουαρίου 2001 μέχρι 31ης Δεκεμβρίου 2009.

Ο Ο.Α.Σ.Θ. είναι ανώνυμη εταιρία που διοικείται από εκλεγμένο από τους μετόχους Διοικητικό Συμβούλιο, των τεχνικών, οικονομικών, διοικητικών υπηρεσιών και του προσωπικού εκμετάλλευσης (οδηγοί, ελεγκτές) προΐσταται Γενικός Διευθυντής βάσει σύμβασης κατόπιν απόφασης του Δ.Σ.

Στον Ο.Α.Σ.Θ. ανατίθεται:

- Η εκτέλεση του συγκοινωνιακού έργου, όπως περιγράφεται στον νόμο 2898.

- Η προμήθεια και εκμετάλλευση του απαιτούμενου τροχαίου υλικού και η δημιουργία και χρησιμοποίηση των αναγκαίων εγκαταστάσεων για τη συντήρηση και επισκευή αυτού.

- Η κατασκευή, συντήρηση και αξιοποίηση των εγκαταστάσεων εξυπηρέτησης του συγκοινωνιακού έργου.

- Η είσπραξη και ο έλεγχος είσπραξης του κομίστρου και η επιβολή προστίμων στους παραβάτες.

- Η εκμετάλλευση και αξιοποίηση των περιουσιακών στοιχείων που διαχειρίζεται.

- Η οργάνωση, κατασκευή και εκμετάλλευση σταθμών μετεπιβίβασης.

Επίσης ο Ο.Α.Σ.Θ.:

- Προτείνει προς το Σ.Α.Σ.Θ. τον καθορισμό νέων γραμμών, την κατάργηση λειτουργουσών, αλλαγές επί των διαδρομών, της συχνότητας δρομολογίων, των αφετηριών και των τερμάτων και των σταθμών μετεπιβίβασης, με την επιφύλαξη των διατάξεων της παραγράφου 3 του άρθρου 3 και της παραγράφου 6 του άρθρου 1 του νόμου 2898/2001.

- Προτείνει προς το Σ.Α.Σ.Θ. τον τύπο και τη μορφή των στεγάστρων που τοποθετούνται στις στάσεις των αστικών συγκοινωνιών. Διατίθεται επαρκής επιφάνεια επί των στεγάστρων για την ανάρτηση, με δική του ευθύνη, έντυπου ή ηλεκτρονικού πληροφοριακού υλικού που αφορά τη λειτουργία του Ο.Α.Σ.Θ.

- Ενημερώνει εγγράφως και αποστέλλει στο Σ.Α.Σ.Θ. οποιοδήποτε στοιχείο σχετικά με την εκτελεσθείσα από αυτόν αστική συγκοινωνία κατόπιν έγγραφης αιτήσεως του Σ.Α.Σ.Θ.

Ο Ο.Α.Σ.Θ. αναλαμβάνει την εκτέλεση ετησίως, κατ' ελάχιστο, του συγκοινωνιακού έργου, που εκτελεί κατά την έναρξη ισχύος του παρόντος νόμου, το οποίο ανέρχεται σε τριάντα τέσσερα εκατομμύρια εκατόν σαράντα τέσσερις χιλιάδες εννιακόσια ογδόντα τρία (34.144.983) οχηματοχιλιόμετρα, όπως ειδικότερα αναλύεται κατωτέρω:

- Οι διαδρομές, που κατ' ελάχιστον οφείλει να εκτελεί ο Ο.Α.Σ.Θ. είναι αποτυπωμένες σε Χάρτη που προσαρτάται στη σύμβαση.

- Η συχνότητα εκτέλεσης των δρομολογίων στις λεωφορειακές γραμμές παραμένει κατ'ελάχιστο η ίδια με τη διενεργούμενη κατά τη δημοσίευση του παρόντος νόμου.

Για την εκτέλεση της ανατεθείσας στον Ο.Α.Σ.Θ. αστικής συγκοινωνίας, αυτός πρέπει να διαθέτει 488 λεωφορεία εκ των οποίων 285 διαξονικά (κανονικά) και 203 αρθρωτά. Εξ αυτών υποχρεούται να δρομολογεί κατ' ελάχιστο τα 430 στις ώρες της πρωινής και της μεσημβρινής αιχμής της χειμερινής περιόδου (Σεπτέμβριος-Ιούνιος).

Το σύνολο των διατιθέμενων θέσεων μεταφοράς επιβατών που για τα 488 λεωφορεία ανέρχονται σε 59.344 δεν δύναται να μειώνεται λόγω μεταβολών του αριθμού και του τύπου λεωφορείων (mini bus κλπ).

Ο αριθμός των διατιθέμενων λεωφορείων του Ο.Α.Σ.Θ. μπορεί να αυξάνεται ανά τριετία με κοινή απόφαση των Υπουργών Οικονομικών και Μεταφορών και Επικοινωνιών, που εκδίδεται ύστερα από μελέτη και εισήγηση του Σ.Α.Σ.Θ και γνώμη του Ο.Α.Σ.Θ. (σύμφωνα με το άρθρο 4 : Συμμετοχή των εργαζομένων στην αύξηση του αριθμού των λεωφορείων του Ο. Α.Σ. Θ του Ν. 2898/2001).

5.13 Έργο του Σ.Α.Σ.Θ. από την ίδρυση του έως σήμερα

Στον προγραμματισμό του Σ.Α.Σ.Θ. είναι φυσικό να δοθεί άμεση προτεραιότητα στην προσπάθεια άμεσης βελτίωσης της συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης των πολιτών και σε ένα δεύτερο επίπεδο, στις απαιτούμενες αναδιαρθρώσεις του συστήματος συγκοινωνίας και στις διαχειριστικές βελτιώσεις της κυκλοφορίας, έτσι ώστε οι Δημόσιες Συγκοινωνίες να κερδίζουν σταθερά έδαφος στην προτίμηση του επιβατικού κοινού σε σχέση με το Ι.Χ. επιβατικό αυτοκίνητο.

Η στελέχωση του Σ.Α.Σ.Θ. με συγκοινωνιολόγους μηχανικούς κρίθηκε απαραίτητη για την υποστήριξη του έργου του. Ως εκ τούτου το Σ.Α.Σ.Θ. συνεργάζεται συστηματικά με τέσσερις συγκοινωνιολόγους μηχανικούς, το έργο των οποίων συνίσταται στην παροχή υποστήριξης και την επιστημονική τεκμηρίωση θεμάτων αρμοδιότητας του Συμβουλίου. Παράλληλα υλοποιήθηκε πρόγραμμα προμήθειας Η/Υ και κατάλληλων προγραμμάτων λογισμικού ενώ σταδιακά συγκροτείται θεματική βιβλιοθήκη.

Υλοποιείται επίσης με ταχείς ρυθμούς η συγκέντρωση όλων των μελετών που αφορούν στον συγκοινωνιακό σχεδιασμό της πόλης, έτσι ώστε να δημιουργηθεί μια πλήρως βάση δεδομένων, απαραίτητη για την υποστήριξη του έργου του Σ.Α.Σ.Θ. Το Σ.Α.Σ.Θ. είναι εγκατεστημένο και λειτουργεί σε χώρους που

παραχώρησε ο Οργανισμός Ρυθμιστικού Σχεδίου και Προστασίας Περιβάλλοντος Θεσσαλονίκης.

Για την άμεση προώθηση των στόχων του Σ.Α.Σ.Θ. εκπονήθηκαν μελέτες:

- Επέκτασης των αποκλειστικών λωρίδων κυκλοφορίας των λεωφορείων στην πόλη.

- Διεύρυνσης της ζώνης αστικών συγκοινωνιών.

Σημειώνεται ότι, όπως ήδη γράφουμε πιο πάνω, η επέκταση με τις αντίστοιχες γραμμές έχει ήδη υλοποιηθεί.

- Εξοικονόμησης ενέργειας στα λεωφορεία

- Οργάνωσης σταθμών μετεπιβίβασης στο Νέο Σιδηροδρομικό Σταθμό και στην περιοχή του πολυκαταστήματος ΙΚΕΑ. Οι δυο αυτοί σταθμοί λειτουργούν ήδη από το 2002.

- Τέλος, το Σ.Α.Σ.Θ. παρακολουθεί ενεργά τη διαδικασία υλοποίησης συστήματος μέσων σταθερής τροχιάς (μετρό και tramway) που με πρόσφατο νόμο (Δεκέμβριος 2003) ανατέθηκαν στην εταιρία Αττικό Μετρό Α.Ε.

5.14 Μετρήσεις συχνότητας διέλευσης λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. από τους λεωφορειόδρομους

- **ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΔΙΕΛΕΥΣΗΣ ΛΕΩΦΟΡΕΙΩΝ Ο.Α.Σ.Θ ΑΠΟ ΤΗΝ ΟΔΟ ΜΟΝΑΣΤΗΡΙΟΥ**

Οι Μετρήσεις Έγιναν την Πέμπτη 17 - 3 - 2005.

Θέση Απαρατήρητου:Στάση Επταλόφου με Κατεύθυνση την έξοδο Πόλης.

Από τις **08:00 έως τις 08:30** καταγράφηκαν **22** διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήταν ένα Λεωφορείο ανά 82 Δευτερόλεπτα.**

Από τις **08:30 έως τις 09:00** καταγράφηκαν **16** διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήταν ένα Λεωφορείο ανά 112,5 Δευτερόλεπτα.**

Από τις **09:00 έως τις 09:30** καταγράφηκαν **18** διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήταν ένα Λεωφορείο ανά 100 Δευτερόλεπτα.**

Από τις **09:30 έως τις 10:00** καταγράφηκαν **19** διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήτοι ένα Λεωφορείο ανά 95 Δευτερόλεπτα.**

Από τις **10:00 έως τις 10:30** καταγράφηκαν **17** διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ **Ήταν ένα Λεωφορείο ανά 106 Δευτερόλεπτα.**

Από τις **17:15 έως τις 17:45** καταγράφηκαν **14** διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήτοι ένα Λεωφορείο ανά 128 Δευτερόλεπτα.**

Από τις **17:45 έως τις 18:15** καταγράφηκαν **13** διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήταν ένα Λεωφορείο ανά 138 Δευτερόλεπτα.**

Από τις **18:15 έως τις 18:45** καταγράφηκαν **17** διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήταν ένα Λεωφορείο ανά 106 Δευτερόλεπτα.**

Από την **Οδό Μοναστηρίου** διέρχονται οι κάτωθι Λεωφορειακές Γραμμές.
No. 1 ΚΤΕΛ Μακεδονία-Ν.Σ.Σταθμός
No. 8 Α.ΣΙκέα-ΚΤΕΛ Μακεδονία.
No. 9 Ν.Σ.Σταθμός-Λαχαναγορά
No. 19 Ν.Σ.Σταθμός-Ελευθέρια - Κορδελιό
No. 51 Σίνδος- Ν.Σ.Σταθμός
No. 52 Τ.Ε.Ι-Ν.Σ.Σταθμός
No. 54 Ιωνία - Ν.Σ.Σταθμός
No. 78 ΚΤΕΛ Μακεδονία - Αεροδρόμιο

- **ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΔΙΕΛΕΥΣΗΣ ΛΕΩΦΟΡΕΙΩΝ Ο.Α.Σ.Θ ΑΠΟ ΤΗΝ ΟΔΟ ΜΟΝΑΣΤΗΡΙΟΥ**

Οι Μετρήσεις Έγιναν την Δευτέρα 21 - 3 - 2005.

Θέση Απαρατήρητου: Στάση Εττταλόφου με Κατεύθυνση προς Κέντρο.

Από τις **08:00** **έως τις 08:30** καταγράφηκαν 19 διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήταν ένα Λεωφορείο ανά 95 Δευτερόλεπτα.**

Από τις **08:30** **έως τις 09:00** καταγράφηκαν 18 διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήταν ένα Λεωφορείο ανά 100 Δευτερόλεπτα.**

Από τις **09:00** **έως τις 09:30** καταγράφηκαν 16 διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήταν ένα Λεωφορείο ανά 112,5 Δευτερόλεπτα.**

Από τις **09:30** **έως τις 10:00** καταγράφηκαν 15 διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήταν ένα Λεωφορείο ανά 120 Δευτερόλεπτα.**

Από τις 10:00 **έως τις 10:30** καταγράφηκαν 15 διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ. Θ. **Ήταν ένα Λεωφορείο ανά 120 Δευτερόλεπτα.**

Από τις 17:15 **έως τις** 17:45 καταγράφηκαν 16 διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α Σ.Θ. **Ήτοι ένα Λεωφορείο ανά 112,5 Δευτερόλεπτα.**

Από τις **17:45** **έως τις 18:15** καταγράφηκαν 15 διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήταν ένα Λεωφορείο ανά 120 Δευτερόλεπτα.**

Από τις **18:15** **έως τις 18:45** καταγράφηκαν 14 διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήταν ένα Λεωφορείο ανά 128 Δευτερόλεπτα.**

- **ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΔΙΕΛΕΥΣΗΣ ΛΕΩΦΟΡΕΙΩΝ Ο.Α.Σ.Θ ΑΠΟ ΤΟΝ ΛΕΩΦΟΡΕΙΟΔΡΟΜΟ ΤΗΣ ΟΔΟΥ ΕΓΝΑΤΙΑ**

Οι Μετρήσεις Έγιναν την Παρασκευή 28 - 5 - 2004.

Θέση Παρατηρητού: Καμάρα με κατεύθυνση την Πλ. Δημοκρατίας.

Από τις **07:00 έως τις 07:30** καταγράφηκαν 31 διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήταν ένα Λεωφορείο ανά 58 Δευτερόλεπτα.**

Από τις **07:30 έως τις 08:00** καταγράφηκαν 30 διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήταν ένα Λεωφορείο ανά 60 Δευτερόλεπτα.**

Από τις **08:00 έως τις 08:30** καταγράφηκαν 29 διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήταν ένα Λεωφορείο ανά 62 Δευτερόλεπτα.**

Από τις **08:30 έως τις 09:00** καταγράφηκαν 35 διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήταν ένα Λεωφορείο ανά 51 Δευτερόλεπτα.**

Από τις **09:00 έως τις 09:30** καταγράφηκαν 31 διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήταν ένα Λεωφορείο ανά 58 Δευτερόλεπτα.**

Από τις **09:30 έως τις 10:00** καταγράφηκαν 32 διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήταν ένα** Λεωφορείο **ανά 56 Δευτερόλεπτα.**

Από τις **10:00 έως τις 10:30** καταγράφηκαν 28 διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήταν ένα Λεωφορείο ανά 64 Δευτερόλεπτα.**

Από τις **10:30 έως τις 11:00** καταγράφηκαν **24** διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήταν ένα Λεωφορείο ανά 75 Δευτερόλεπτα.**

Από τις **11:00 έως τις 11:30** καταγράφηκαν **26** διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήταν ένα Λεωφορείο ανά 69 Δευτερόλεπτα.**

Από τις **11:30 έως τις 12:00** καταγράφηκαν 25 διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήταν ένα Λεωφορείο ανά 72 Δευτερόλεπτα.**

Από την οδό **Εγνατία** διέρχονται οι κάτωθι Λεωφορειακές Γραμμές.
Νο. 2 Α.Σ. Ικέα - Ν.Σ. Σταθμός. Νο. 8 Α.Σ Ικέα - ΚΤΕΛ Μακεδονία. Νο. 10 Χαριλάου - Ν.Σ. Σταθμός. Νο. 11 Πυλαία- Ν. Σ. Σταθμός. Νο. 14 Άνω Τούμπα - Ν.Σ. Σταθμός. Νο. 17 Τριανδρία - Ν.Σ. Σταθμός. Νο. 27 Σταυρούπολη - Πανεπιστήμιο. Νο. 31 Βούλγαρη - ΚΤΕΛ Μακεδονίας. Νο. 37 Κρυονέρι - Ν.Σ. Σταθμός.

- **ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΔΙΕΛΕΥΣΗΣ ΛΕΩΦΟΡΕΙΩΝ Ο.Α.Σ.Θ ΑΠΟ ΤΟΝ ΛΕΩΦΟΡΕΙΟΔΡΟΜΟ ΤΗΣ ΟΔΟΥ ΕΓΝΑΤΙΑ**

Οι Μετρήσεις Έγιναν την Παρασκευή 1 - 6 - 2004.

Θέση Παρατηρητού: Κολόμβου με κατεύθυνση την Πλ. Συντριβανίου.

Από τις **07:00** **έως τις 07:30** καταγράφηκαν 65 διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήταν ένα Λεωφορείο ανά 28 Δευτερόλεπτα.**

Από τις **07:30** **έως τις 08:00** καταγράφηκαν 71 διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήταν ένα Λεωφορείο ανά 25 Δευτερόλεπτα.**

Από τις **08:00** **έως τις 08:30** καταγράφηκαν 74 διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήταν ένα Λεωφορείο ανά 24 Δευτερόλεπτα.**

Από τις **08:30** **έως τις 09:00** καταγράφηκαν **66** διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήταν ένα Λεωφορείο ανά 27 Δευτερόλεπτα.**

Από τις **09:00** **έως τις 09:30** καταγράφηκαν **67** διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήταν ένα Λεωφορείο ανά 27 Δευτερόλεπτα.**

Από τις **09:30** **έως τις 10:00** καταγράφηκαν **72** διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήταν ένα Λεωφορείο ανά 25 Δευτερόλεπτα.**

Από τις **10:00** **έως τις 10:30** καταγράφηκαν 71 διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήταν ένα Λεωφορείο ανά 25 Δευτερόλεπτα.**

Από τις **10:30** **έως τις 11:00** καταγράφηκαν 65 διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήταν ένα Λεωφορείο ανά 28 Δευτερόλεπτα.**

Από τις **11:00** **έως τις 11:30** καταγράφηκαν 67 διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήταν ένα Λεωφορείο ανά 27 Δευτερόλεπτα.**

Από τις **11:30** **έως τις 12:00** καταγράφηκαν **72** διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήταν ένα Λεωφορείο ανά 25 Δευτερόλεπτα.**

- **ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΔΙΕΛΕΥΣΗΣ ΛΕΩΦΟΡΕΙΩΝ Ο.Α.Σ.Θ ΑΠΟ ΤΟΝ ΑΕΩΦΟΡΕ1ΟΔΡΟΜΟ ΤΗΣ ΛΕΩΦ. ΒΑΣ. ΟΛΓΑΣ**

Οι Μετρήσεις Έγιναν την Τρίτη 8 - 6 - 2004.

Θέση Παρατηρητού: Μετά Την Δ/ση Των Οδών Μ. Μπότσαρη - Βασ. **Όλγας.**

Από τις **07:00** **έως τις 07:30** καταγράφηκαν 18 διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήταν ένα Λεωφορείο ανά 100 Δευτερόλεπτα.**

Από τις **07:30** **έως τις 08:00** καταγράφηκαν 18 διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήταν ένα Λεωφορείο ανά 100 Δευτερόλεπτα.**

Από τις **08:00** **έως τις 08:30** καταγράφηκαν 15 διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήταν ένα Λεωφορείο ανά 120 Δευτερόλεπτα.**

Από τις **08:30** **έως τις 09:00** καταγράφηκαν 14 διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήταν ένα Λεωφορείο ανά 129 Δευτερόλεπτα.**

Από τις **09:00** **έως τις 09:30** καταγράφηκαν 15 διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήταν ένα Λεωφορείο ανά 120 Δευτερόλεπτα.**

Από τις **09:30** **έως τις 10:00** καταγράφηκαν 14 διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήταν ένα Λεωφορείο ανά 129 Δευτερόλεπτα.**

Από τις **10:00** έως τις **10:30** καταγράφηκαν 15 διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήταν ένα Λεωφορείο ανά 120 Δευτερόλεπτα.**

Από τις **10:30** **έως τις 11:00** καταγράφηκαν 12 διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήταν ένα Λεωφορείο ανά 150 Δευτερόλεπτα.**

Από τις **11:00** **έως τις 11:30** καταγράφηκαν 13 διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήταν ένα Λεωφορείο ανά 138 Δευτερόλεπτα.**

Από τις **11:30** **έως τις 12:00** καταγράφηκαν 11 διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήταν ένα Λεωφορείο ανά 164 Δευτερόλεπτα.**

Από την **Λεωφ. Βας. Όλγας** διέρχονται οι κάτωθι Λεωφορειακές Γραμμές.
No. 3 Α.Σ Ικέα - Ν.Σ. Σταθμός.
No.5 Ν. Κρήνη - Βενιζέλου.
No. 6 Καλαμαριά - Βενιζέλου.
No. 8 Α.Σ Ικέα - ΚΤΕΛ Μακεδονία. No. 78
ΚΤΕΛ Μακεδονία - Αεροδρόμιο.

- **ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΔΙΕΛΕΥΣΗΣ ΛΕΩΦΟΡΕΙΩΝ Ο.Α.Σ.Θ ΑΠΟ ΤΟΝ ΛΕΩΦΟΡΕΙΟΔΡΟΜΟ ΤΗΣ ΟΔΟΥ ΤΣΙΜ1ΣΚΗ**

Οι Μετρήσεις Έγιναν την **Τρίτη 8 - 6 - 2004.**

Θέση Παρατηρητού: Πλατεία Αριστοτέλους.

Από τις **07:00** έως **τις** 07:30 καταγράφηκαν 22 διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήταν ένα Λεωφορείο ανά 82 Δευτερόλεπτα.**

Από τις **07:30 έως τις 08:00** καταγράφηκαν 27 διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήταν ένα Λεωφορείο ανά 67** Δευτερόλεπτα.

Από τις **08:00 έως τις 08:30** καταγράφηκαν 23 διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήταν ένα Λεωφορείο ανά 78 Δευτερόλεπτα.**

Από τις **08:30 έως τις 09:00** καταγράφηκαν 26 διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήταν ένα Λεωφορείο ανά 69 Δευτερόλεπτα.**

Από τις **09:00 έως τις 09:30** καταγράφηκαν 25 διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήταν ένα Λεωφορείο ανά 72** Δευτερόλεπτα.

Από τις **09:30 έως τις 10:00** καταγράφηκαν 24 διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήταν ένα Λεωφορείο ανά 75 Δευτερόλεπτα.**

Από τις **10:00** έως τις 10:30 καταγράφηκαν 26 διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήταν** ένα Λεωφορείο ανά 69 Δευτερόλεπτα.

Από τις **10:30 έως τις 11:00** καταγράφηκαν 25 διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήταν ένα Λεωφορείο ανά 72 Δευτερόλεπτα.**

Από τις **11:00 έως τις 11:30** καταγράφηκαν 21 διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήταν ένα Λεωφορείο ανά 86 Δευτερόλεπτα.**

Από τις **11:30 έως τις 12:00** καταγράφηκαν 27 διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήταν ένα Λεωφορείο ανά 67 Δευτερόλεπτα.**

Από την οδό **Τσιμισκή** διέρχονται οι κάτωθι Λεωφορειακές Γραμμές.
No. 3 Α.Σ Ικέα- Ν.Σ. Σταθμός. V
No. 5 Ν. Κρήνη - Βενιζέλου.
No. 6 Καλαμαριά - Βενιζέλου.
No. 12 Κ. Τούμπα - Π.Σ. Σταθμός.
No. 33 Αγ. Παντελεήμων - Βενιζέλου.
No. 39 Κηφισιά - Ν. Δικαστήρια.
No. 58 Χορτιάτης - Βενιζέλου.
No. 78 ΚΤΕΛ Μακεδονία - Αεροδρόμιο.

- **ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΔΙΕΛΕΥΣΗΣ ΛΕΩΦΟΡΕΙΩΝ Ο.Α.Σ.Θ ΑΠΟ ΤΟΝ ΛΕΩΦΟΡΕΙΟΔΡΟΜΟ ΤΗΣ ΟΔΟΥ ΜΗΤΡΟΠΟΛΕΩΣ**

Οι Μετρήσεις Έγιναν την Τρίτη 15-6-2004

Θέση Παρατηρητού: Πλατεία Αριστοτέλους.

Από τις **07:00 έως τις 07:30** καταγράφηκαν 24 διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήταν ένα Λεωφορείο ανά 75 Δευτερόλεπτα.**

Από τις **07:30 έως τις 08:00** καταγράφηκαν 24 διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήταν ένα Λεωφορείο ανά 75 Δευτερόλεπτα.**

Από τις **08:00 έως τις 08:30** καταγράφηκαν 27 διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήταν ένα Λεωφορείο ανά 67 Δευτερόλεπτα.**

Από τις **08:30 έως τις 09:00** καταγράφηκαν **25** διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήταν ένα Λεωφορείο ανά 72 Δευτερόλεπτα.**

Από τις **09:00 έως τις 09:30** καταγράφηκαν 24 διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήταν ένα Λεωφορείο ανά 75 Δευτερόλεπτα.**

Από τις **09:30 έως τις 10:00** καταγράφηκαν 23 διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήταν ένα Λεωφορείο ανά 78 Δευτερόλεπτα.**

Από τις **10:00 έως τις 10:30** καταγράφηκαν 27 διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήταν ένα Λεωφορείο ανά 67 Δευτερόλεπτα.**

Από τις **10:30 έως τις 11:00** καταγράφηκαν **22** διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήτοι ένα Λεωφορείο ανά 82 Δευτερόλεπτα.**

Από τις **11:00 έως τις 11:30** καταγράφηκαν 17 διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήταν ένα Λεωφορείο ανά 106 Δευτερόλεπτα.**

Από τις **11:30 έως τις 12:00** καταγράφηκαν **26** διελεύσεις λεωφορείων Ο.Α.Σ.Θ. **Ήταν ένα Λεωφορείο ανά 67 Δευτερόλεπτα.**

Από την οδό **Μητροπόλεως** διέρχονται οι κάτωθι Λεωφορειακές Γραμμές.

No. 3 Α.Σ Ικέα - Ν.Σ. Σταθμός.
No. 5 Ν. Κρήνη - Βενιζέλου.
No. 6 Καλαμαριά - Βενιζέλου. '
No. 12 Κ. Τούμπα - Π.Σ. Σταθμός.
No. 33 Αγ. Παντελεήμων - Βενιζέλου.
No. 39 Κηφισιά - Ν. Δικαστήρια.
No. 78 ΚΤΕΛ Μακεδονία - Αεροδρόμιο.

Κεφάλαιο 6 : Μητροπολιτικός Σιδηρόδρομος (ΜΕΤΡΟ)

6.1 Ορισμός

Το μετρό ή μητροπολιτικός σιδηρόδρομος ανήκει στα σιδηροδρομικά αστικά μέσα μεταφοράς. Κινείται ηλεκτρικά, στο μεγαλύτερο μήκος της διαδρομής του υπόγεια, σε αποκλειστικό διάδρομο κυκλοφορίας, σε συμβατική ή σταθερή επιδομή.

Χαρακτηρίζεται από μεγάλη μεταφορική ικανότητα και μεγάλο κόστος κατασκευής.

6.2 Βασικά τεχνικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά

Στον παρακάτω πίνακα δίδονται τα βασικά τεχνικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά ενός συστήματος μετρό.

Μήκος διαδρομής	10-30km
Εύρος γραμμής	Κανονικό και μετρικό
Αριθμός τροχιοσειρών	Διπλή γραμμή
Απόσταση μεταξύ στάσεων	500-1000 km
Επιδομή	Συμβατική (με έρμα) ή σταθερή επιδομή
Ένταξη ως προς το έδαφος	Υπόγεια διαδρομή. Σε μικρό ποσοστό επίγεια ή εναέρια τμήματα
Ένταξη ως προς το χώρο	100% αποκλειστικός διάδρομος κυκλοφορίας
Κατά μήκος κλίσεις	0-5%

Σύνθεση συρμών	4- 10 οχήματα
Μέγιστο επιβατικό έργο	45.000 άτομα/ώρα/κατεύθυνση
Συχνότητα δρομολογίων	<20' (2'-10')
Σηματοδότηση	Στο θάλαμο οδήγησης
Σύστημα έλξης	Ηλεκτροκίνηση
Μέγιστη ταχύτητα	80km/h
Μέση ταχύτητα εκμετάλλευσης	30-40km/h

6.3 Ιδιαιτερότητα κατασκευής

Ένα βασικό χαρακτηριστικό στα δίκτυα του Μετρό είναι ότι στο μεγαλύτερο μήκος της διαδρομής τους είναι υπόγεια. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το κόστος κατασκευής τους να είναι ιδιαίτερα μεγάλο (100εκ. Ευρώ/km).

Μια υπόγεια κατασκευή μετρό μπορεί να γίνει:

- Με εκσκαφή, στην περίπτωση που το έργο βρίσκεται σε μικρό βάθος από την επιφάνεια της οδού. Η διάνοιξη σήραγγας με εκσκαφή προϋποθέτει τη μετακίνηση των δικτύων κοινής ωφέλειας που βρίσκονται κατά μήκος και κάθετα προς το έργο.

- Με διάτρηση. Μια γενική αρχή είναι ότι το ανώτερο όριο της διανοιγόμενης οπής πρέπει να βρίσκεται σε απόσταση από την επιφάνεια του εδάφους όση περίπου και η διάμετρος του διατρήματος. Έτσι η κατασκευή τμήματος του έργου με διάτρηση σημαίνει ότι η πάνω στάθμη του έργου δεν μπορεί να βρίσκεται σε βάθος μικρότερο από 6 m. περίπου. Με τον τρόπο αυτό δεν θίγονται τα δίκτυα κοινής ωφέλειας καθώς και αρχαιότητες που υφίστανται κάτω από το έδαφος και δεν προκαλείται καμία όχληση στην οδική κυκλοφορία και γενικότερα στην πόλη.

Οι μέθοδοι κατασκευής, που χρησιμοποιούνται είναι:

- Η μέθοδος **ανοιχτού ορύγματος** όπου η εκσκαφή γίνεται από την επιφάνεια του εδάφους

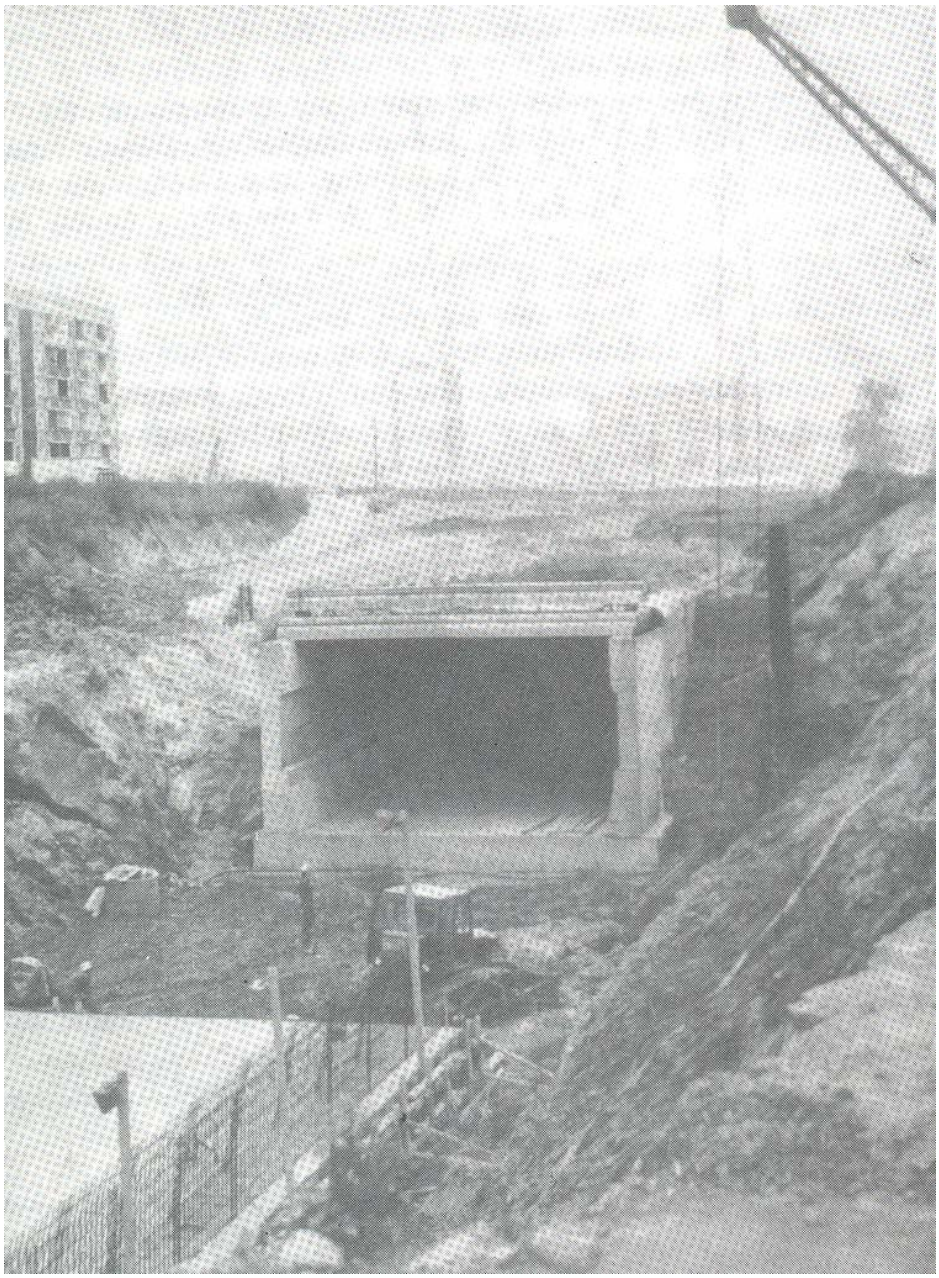
- Η μέθοδος **κλειστής διάνοιξης** όπου το έργο κατασκευάζεται με υπόγεια εκσκαφή χωρίς να διαταραχθεί η επιφάνεια και

- Η μέθοδος **NATM,**

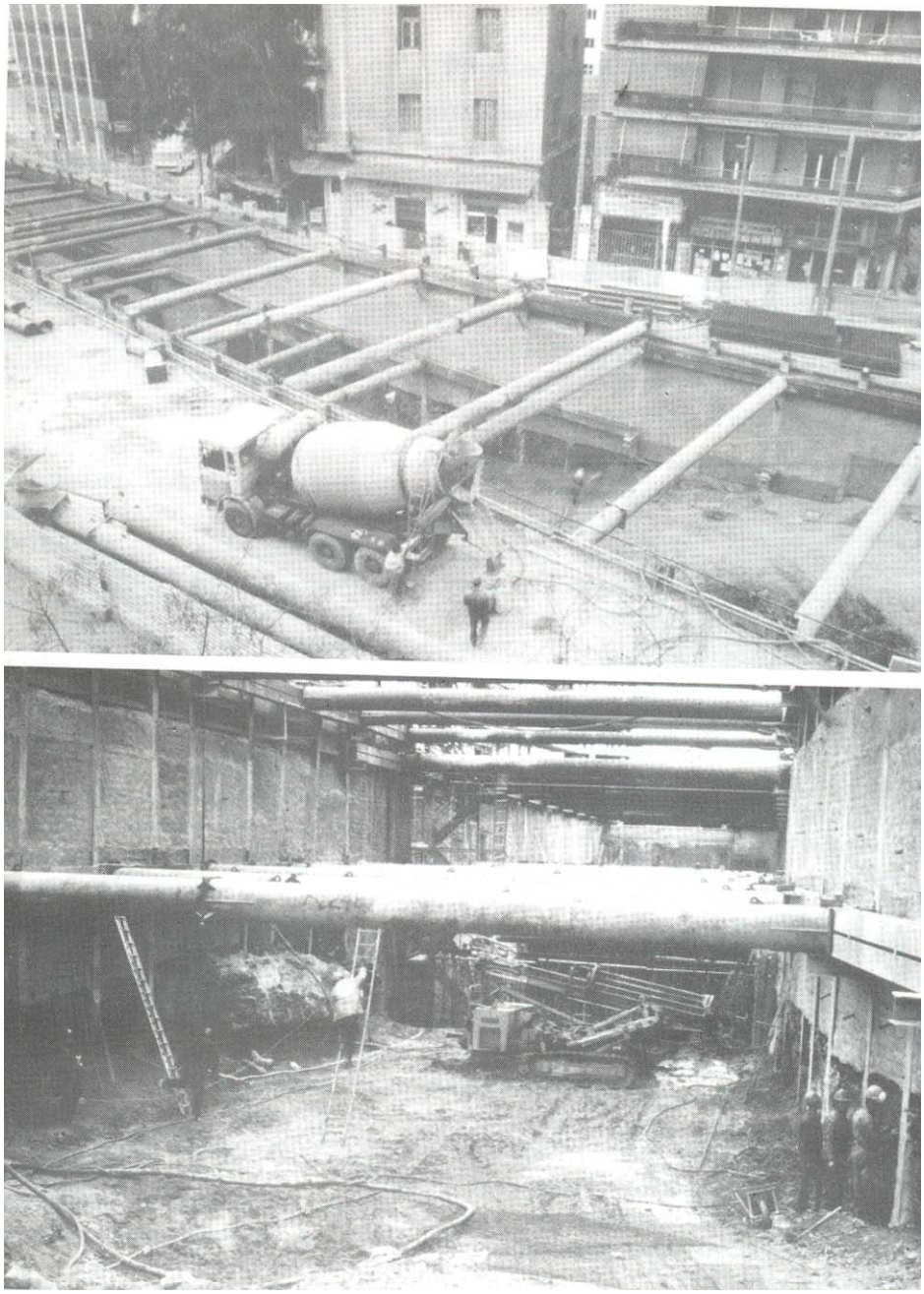
6.3.1 Η μέθοδος ανοικτού ορύγματος (Cut and Cover·)

Εφαρμόζεται σε εδαφικούς σχηματισμούς όταν το έργο είναι σε μικρό βάθος. Η μέθοδος ανοικτού ορύγματος εφαρμόζεται διαφορετικά σε ακατοίκητες και διαφορετικά σε κατοικημένες περιοχές. Σε ακατοίκητες περιοχές δεν αντιμετωπίζουμε προβλήματα. Η εκσκαφή γίνεται σε όλο της το εύρος από την επιφάνεια του εδάφους μέχρι το βάθος στο οποίο θα εδρασθεί το έργο δεν γίνεται αντιστήριξη των παρειών της εκσκαφής οι οποίες διαμορφώνονται με την κλίση που επιτρέπει το έδαφος. Όταν υπάρχουν υπόγεια νερά η στάθμη υποβιβάζεται μέχρις ότου κατασκευαστεί το έργο.

Δυσκολίες παρουσιάζονται σε κατοικημένες περιοχές επειδή η κατασκευή των έργων δεν πρέπει αφενός να προκαλέσει προβλήματα στην κυκλοφορία και αφετέρου ζημιές στις γειτονικές κατασκευές: οικοδομές, υπόγειους αγωγούς, υπόγεια καλώδια.



Σχήμα 6.1 : Μέθοδος ανοικτού ορύγματος. Έργα μετρό στο Βερολίνο (Stiegler,1993)



Σχήμα 6.2 : Κατασκευή έργων μετρό στην Αθήνα Οδός Λιοσίων. Κατασκευή της σήραγγας με τη μέθοδο ανοικτού ορύγματος. Κατασκευή – από πάνω προς τα κάτω – των διαφραγματικών τοίχων. Δύο σειρές αντιρίδων εφαρμόζονται σε οριζόντιες δοκούς στήριξης. Πρόσθετη ενίσχυση της στήριξης με την εφαρμογή συστήματος αγκυριών (Φωτ. Αρχείο Αττικό Μετρό Α.Ε.)

Ανάλογα με τα πολεοδομικά χαρακτηριστικά της περιοχής στην οποία θα γίνει το έργο εφαρμόζονται οι παρακάτω λύσεις:

- Αντιστηριζόμενη εκσκαφή χωρίς κάλυψη

Κατασκευάζεται αρχικά η μισή διατομή ώστε να είναι δυνατή η κυκλοφορία στο άλλο ήμισυ της οδού. Η εκσκαφή αντιστηρίζεται -με διαφραγματικούς τοίχους ή με πασσαλοσανίδες- ώστε να αποφευχθούν ζημιές στις γειτονικές κατασκευές. Προσοχή χρειάζεται στη σύνδεση των δύο τμημάτων της διατομής.

- Διάνοιξη υπό την προστασία κάλυψης

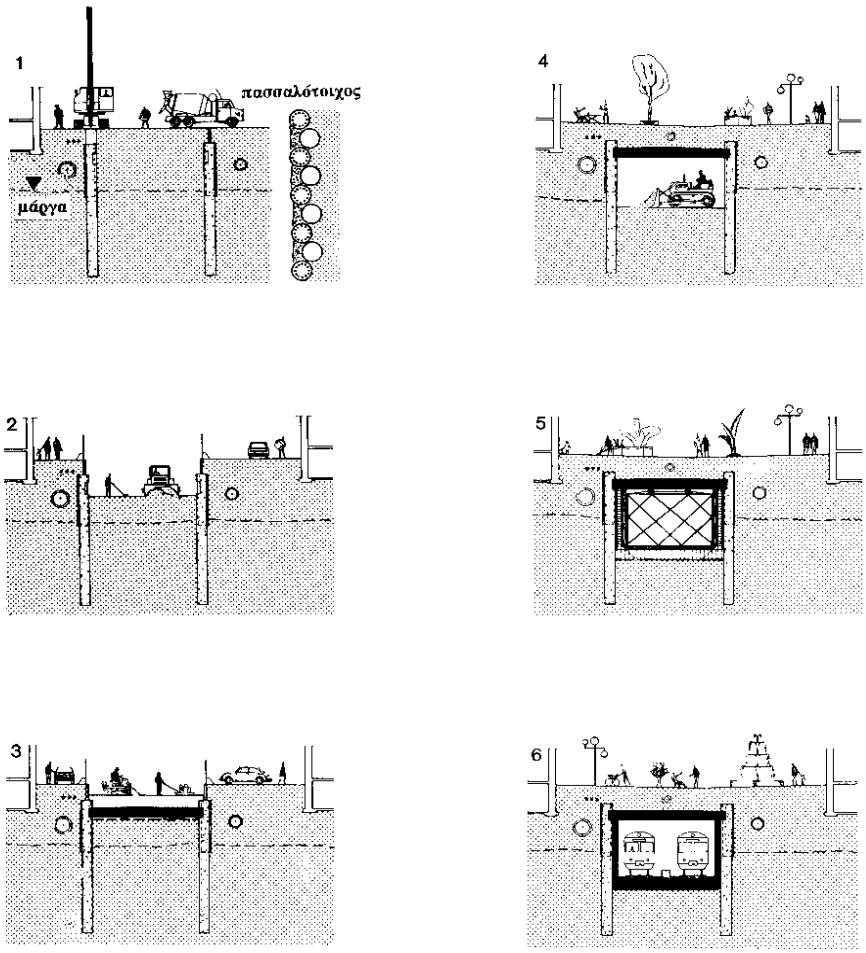
Κατασκευάζεται αρχικά η αντιστήριξη (διαφραγματικοί τοίχοι, πασσαλοσανίδες, πασσαλοσυστοιχίες) πάνω στην οποία τοποθετείται προσωρινή κάλυψη ή μόνιμη πλάκα κάλυψης για την γρήγορη αποκατάσταση της κυκλοφορίας. Η εκσκαφή γίνεται κάτω και υπό την προστασία της κάλυψης.

Ο σχεδιασμός υπόγειων έργων με τη μέθοδο ανοικτού ορύγματος δεν παρουσιάζει δυσκολίες. Οι διαφραγματικοί τοίχοι προστατεύουν σχεδόν απόλυτα τις υπάρχουσες κατασκευές. Οι παραμορφώσεις του εδάφους πίσω από διαφραγματικούς τοίχους έχουν αποτελέσει αντικείμενο συστηματικής έρευνας· τα εμπειρικά στοιχεία από μετρήσεις σε πραγματικές κατασκευές είναι πλούσια: Οι καθιζήσεις εκτείνονται σε απόσταση 1 έως 2 μέτρα πίσω από τους τοίχους και είναι συνάρτηση του ολικού βάθους της εκσκαφής. Σε αργιλικά εδάφη μπορεί να είναι σχετικά μεγάλες, της τάξης του 1 έως 2% του ολικού βάθους της εκσκαφής· σε αμμώδη εδάφη ανέρχονται στο ήμισυ των παραπάνω τιμών ενώ σε πυκνές άμμους είναι αμελητέες (Βαλαλάς, 1984). Αν ληφθούν όλα τα κατάλληλα μέτρα αντιστήριξης των διαφραγματικών τοίχων και οι εκσκαφές γίνουν με φροντίδα, οι καθιζήσεις του εδάφους έχουν ασήμαντες επιπτώσεις στη συμπεριφορά των θεμελιώσεων των γειτονικών κατασκευών. Εντούτοις είναι απαραίτητο πριν από την έναρξη των έργων να γίνεται αποτύπωση της κατάστασης των παρακείμενων οικοδομών και είναι καλό ο εργολάβος να καλύπτεται από ασφαλιστική εταιρεία.

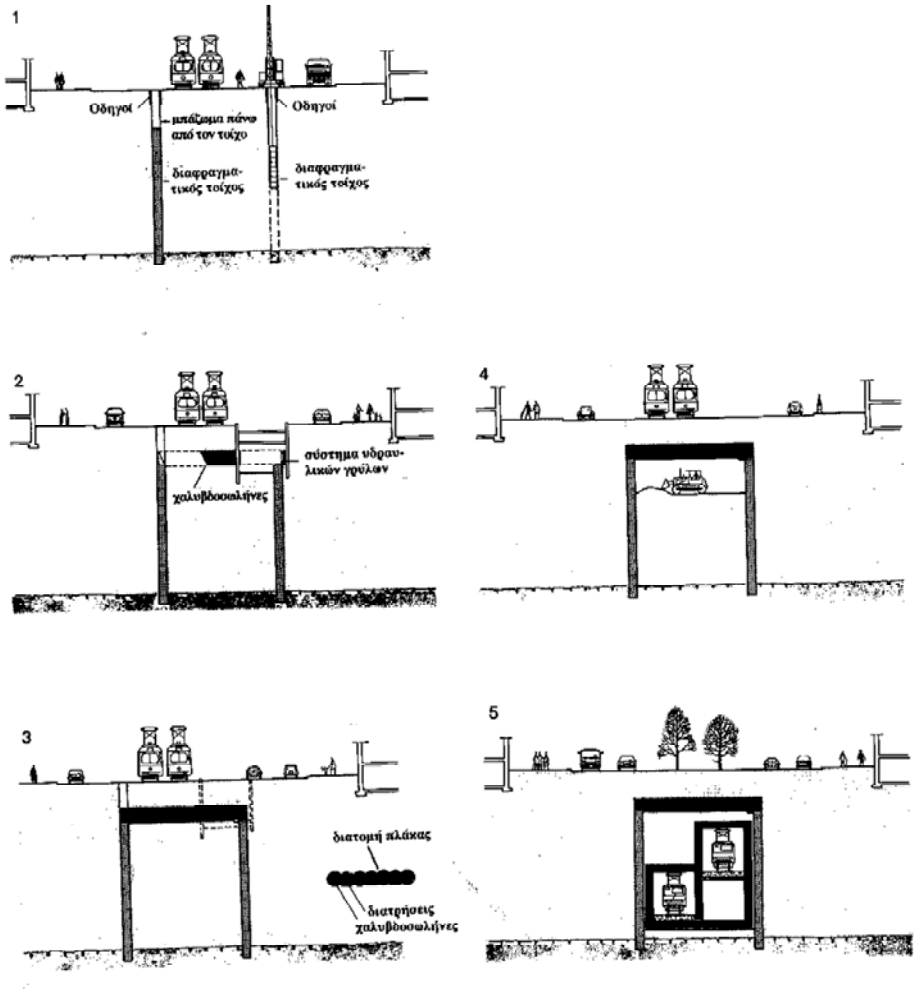
Η διατομή της σήραγγας είναι ορθογωνική και κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα. Το πάχος της πλάκας οροφής είναι της τάξης των 60-80 εκατοστών τοποθετείται συνήθως σε βάθος 1 έως 1,5 μέτρο από την επιφάνεια ώστε η κατανομή των επιφανειακών φορτίων πάνω της να είναι καλή (μειώνονται οι ροπές και οι διατμητικές τάσεις, Βαλαλάς, 1984). Προβλήματα θεμελίωσης δεν υπάρχουν επειδή τα φορτία που υπήρχαν πριν αφαιρεθεί το έδαφος ήταν μεγαλύτερα από τα φορτία που μεταφέρει στο έδαφος η σήραγγα. Το δάπεδο αποτελεί πλάκα θεμελίωσης και προστατεύει τη σήραγγα από την εισροή υπόγειων

νερών. Οι κατακόρυφοι τοίχοι δέχονται τις ωθήσεις του εδάφους και της κυκλοφορίας που δεν είναι σημαντικές. Για λόγους στεγανότητας γίνεται επίστρωση με ασφαλτικό υλικό για λόγους αισθητικής και ηχητικής προστασίας η κατασκευή επενδύεται εσωτερικά.

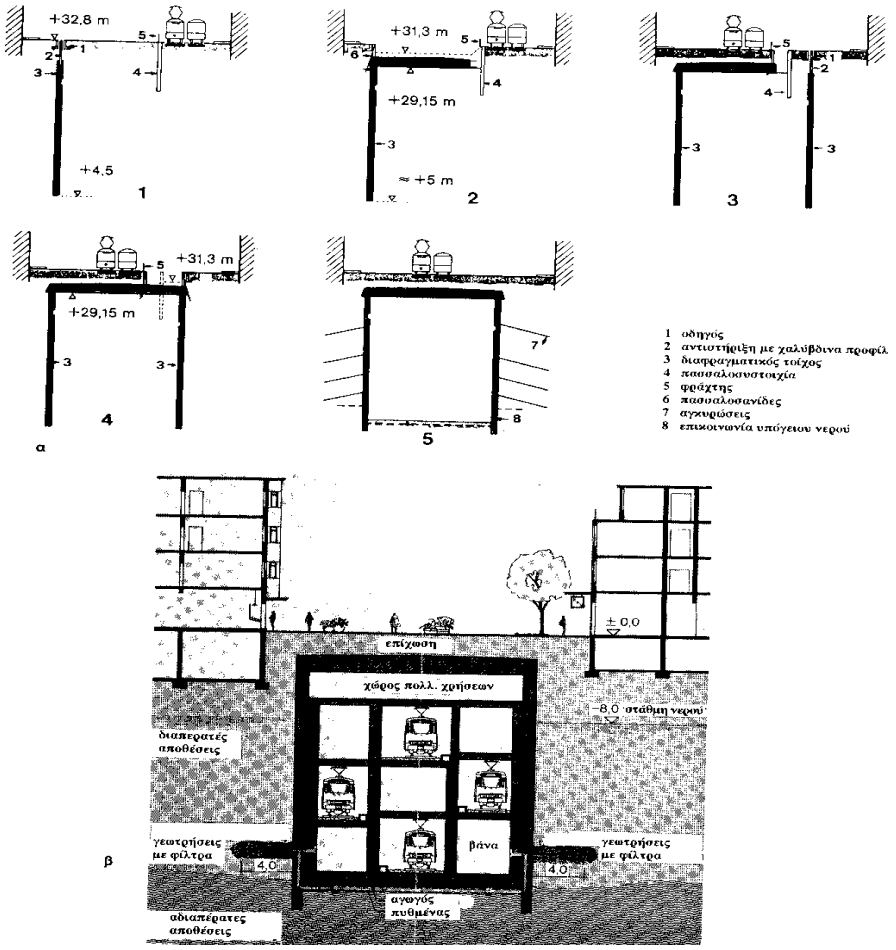
Στα Σχήματα 6.3 έως 6.5 παρουσιάζονται λύσεις που εφαρμόστηκαν κατά την κατασκευή έργων μετρό.



Σχήμα 6.3 : Εφαρμογή της μεθόδου ανοικτού ορύγματος κατά την κατασκευή έργων μετρό στην πόλη Herne, Γερμανία. 1-6: Φάσεις κατασκευής: 1. Κατασκευή των πασσαλότοιχων αντιστήριξης. Οι πάσσαλοι κατασκευάζονται με αφαίρεση (μέσω γεωτρύπανου) του εδαφικού υλικού και σκυροδέτηση κάθε δεύτερος πάσσαλος είναι άοπλος και εισχωρεί 1,5 μέτρο μέσα στη σκληρή μάργα. 2. Εκσκαφή μέχρι το βάθος στο οποίο θα εδρασθεί η πλάκα κάλυψης. Ισοπέδωση, διάστρωση του μπετόν καθαριότητας. 3. Σκυροδέτηση της πλάκας. Πλήρωση της εκσκαφής (μπάζωμα) πάνω από την πλάκα. Κατασκευή έργων πεζοδρόμησης. 4. Εκσκαφή υπό την προστασία της πλάκας κάλυψης και των πασσαλότοιχων. Με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα εξομαλύνονται οι επιφάνειες των πασσαλοσυστοι-χιών. Διάστρωση του μπετόν καθαριότητας. 5. Κατασκευή του δαπέδου και των κατακόρυφων τοίχων με υδατοστεγές μπετόν σε μπλοκ των 10 μέτρων. 6. Ολοκλήρωση της σήραγγας (Χοβ/ΐ, 1983).



Σχήμα 6.4 : Φάσεις κατασκευής σε εργοτάξιο του μετρό του Duisburg. 1.Κατασκευή των διαφραγματικών τοίχων. 2. Διάνοιξη μιας τάφρου η οποία χρησιμοποιείται για την κατασκευή της πλάκας κάλυψης· η πλάκα δημιουργείται με την προώθηση (μέσω υδραυλικών γρύλων) χαλύβδινων σωλήνων οι οποίοι εναλλάσσονται με οριζόντιες διατρήσεις ίδιας διαμέτρου με τους σωλήνες. Σωλήνες και διατρήσεις θα σκυροδετηθούν για να συνθέσουν την πλάκα κάλυψης. 3. Σκυροδέτηση των σωλήνων και των διατρήσεων. Κατασκευή της πλάκας στην περιοχή της τάφρου και κλείσιμο (μπάζωμα) της τάφρου. 4. Εκσκαφή υπό την προστασία της πλάκας. 5. Διατομή της σήραγγας μετά την αποπεράτωση της (Loers, 1983).



Σχήμα 6.5 : α) Κατασκευαστικές φάσεις 1 έως 5 σε εργοτάξιο του μετρό του Duisburg. β) Διατομή της σήραγγας μετά την αποπεράτωση. Το μεγαλύτερο τμήμα της σήραγγας βρίσκεται μέσα στο φρεάτιο ορίζοντα· η έδραση της όμως γίνεται πάνω σε αδιαπέρατο στρώμα. Οριζόντιες γεωτρήσεις -εξοπλισμένες με φίλτρο- οι οποίες επικοινωνούν με αγωγούς που βρίσκονται στη βάση της διατομής εξασφαλίζουν τη διατήρηση ίδιας στάθμης νερού εκατέρωθεν της σήραγγας (Loers, 1983).

6.3.2 Η μέθοδος κλειστής διάνοιξης

Εφαρμόζεται σε όλους τους τύπους εδαφών όταν το βάθος είναι σχετικά μεγάλο και σχεδόν πάντοτε όταν η διάνοιξη πρέπει να γίνει σε βραχώδες υλικό. Βασικά διακρίνουμε δυο διαφορετικούς τρόπους κατασκευής: το συμβατικό τρόπο κατασκευής και την κατασκευή του έργου με μηχανές ολομέτωπης διάνοιξης.

6.3.2.1 Συμβατικός τρόπος

Η διάνοιξη της εκσκαφής γίνεται με μηχανικά μέσα (εδαφικοί σχηματισμοί, μαλακός ή αποσαθρωμένος βράχος, έντονα διακλασμένος βράχος) ή με εκρηκτικές ύλες όταν η διάνοιξη με μηχανικά μέσα δεν είναι δυνατή (σκληρός βράχος που χαρακτηρίζεται από ατελώς διαμορφωμένα ή μεγάλα στοιχεία κατάτμησης)· αμέσως μετά τη διάνοιξη ενός τμήματος (η έκταση του εξαρτάται από την ευστάθεια του ανοίγματος) τοποθετείται προσωρινή υποστήριξη. Η οριστική υποστήριξη γίνεται μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής ή και πριν από την ολοκλήρωση της ανάλογα με το γενικότερο σχεδιασμό του έργου. Όταν το έδαφος είναι κακής ποιότητας είναι δυνατόν να προηγηθεί βελτίωση του εδάφους με σιμεντενέσεις ή με πάγωμα του εδάφους που περιβάλλει την εκσκαφή.

6.3.2.2 Κατασκευή του έργου με μηχανές ολομέτωπης διάνοιξης (TBM)

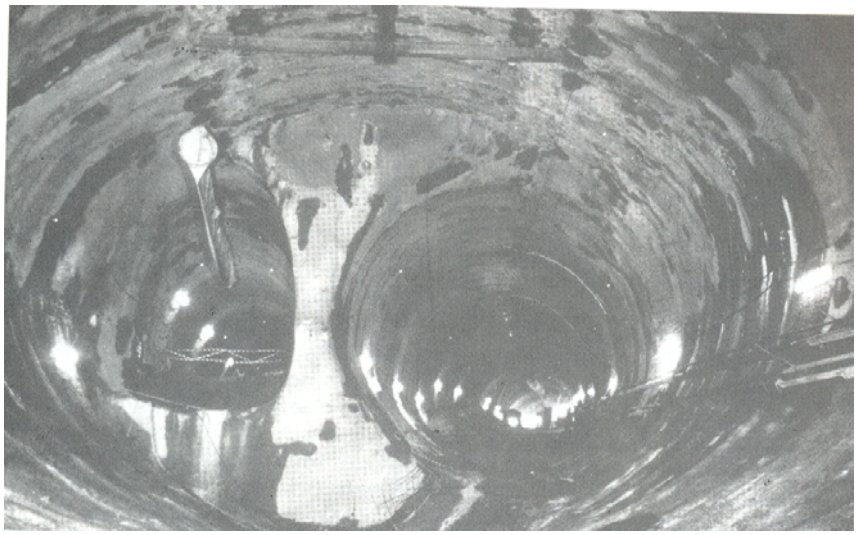
Οι μηχανές ολομέτωπης διάνοιξης χρησιμοποιούνται για την κατασκευή σηράγγων κυκλικής διατομής. Με τις μηχανές αυτές εκτελούνται ταυτόχρονα η διάνοιξη, η υποστήριξη του μετώπου και των τοιχωμάτων της σήραγγας και η τοποθέτηση της οριστικής υποστήριξης.

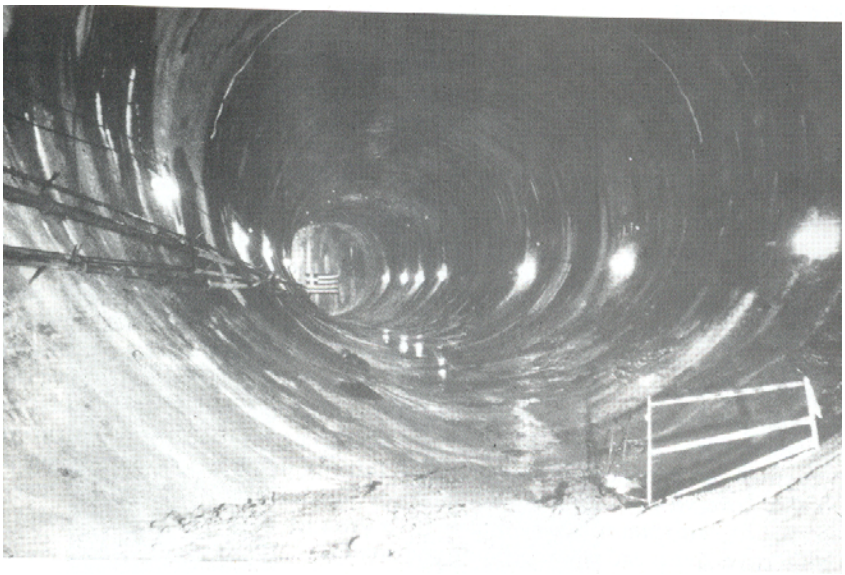
Οι μηχανές ολομέτωπης διάνοιξης περιλαμβάνουν :

- Μία ολομέτωπη κοπτική κεφαλή (τύμπανο προώθησης) εφοδιασμένη με διάφορα είδη κοπτικών (σιαγώνες σύνθλιψης για εδάφη και κυλιόμενοι κοπτικοί δίσκοι για σκληρά πετρώματα). Στο τύμπανο προώθησης το οποίο εκτός από τη διάνοιξη εξασφαλίζει και τη στήριξη του μετώπου της σήραγγας υπάρχουν μεταβλητά ανοίγματα ώστε να είναι δυνατή η αλλαγή των κοπτήρων υπό ασφαλείς συνθήκες. Η κοπτική κεφαλή έχει τη δυνατότητα να περιστρέφεται και στις δύο διευθύνσεις ώστε οι σιαγώνες να μπορούν να καθαρίσουν από μόνες τους όταν τρυπούν μαλακά εδάφη. Στο τύμπανο υπάρχουν ανθρωποθυρίδες οι οποίες παρέχουν τη δυνατότητα να επιθεωρείται το μέτωπο με την είσοδο ειδικών στο χώρο μεταξύ του μετώπου και του τύμπανου (γίνεται μικρή οπισθοχώρηση της μηχανής) ώστε να προλαμβάνονται ζημιές σε αρχαιολογικά ευρήματα. Όταν το έδαφος το

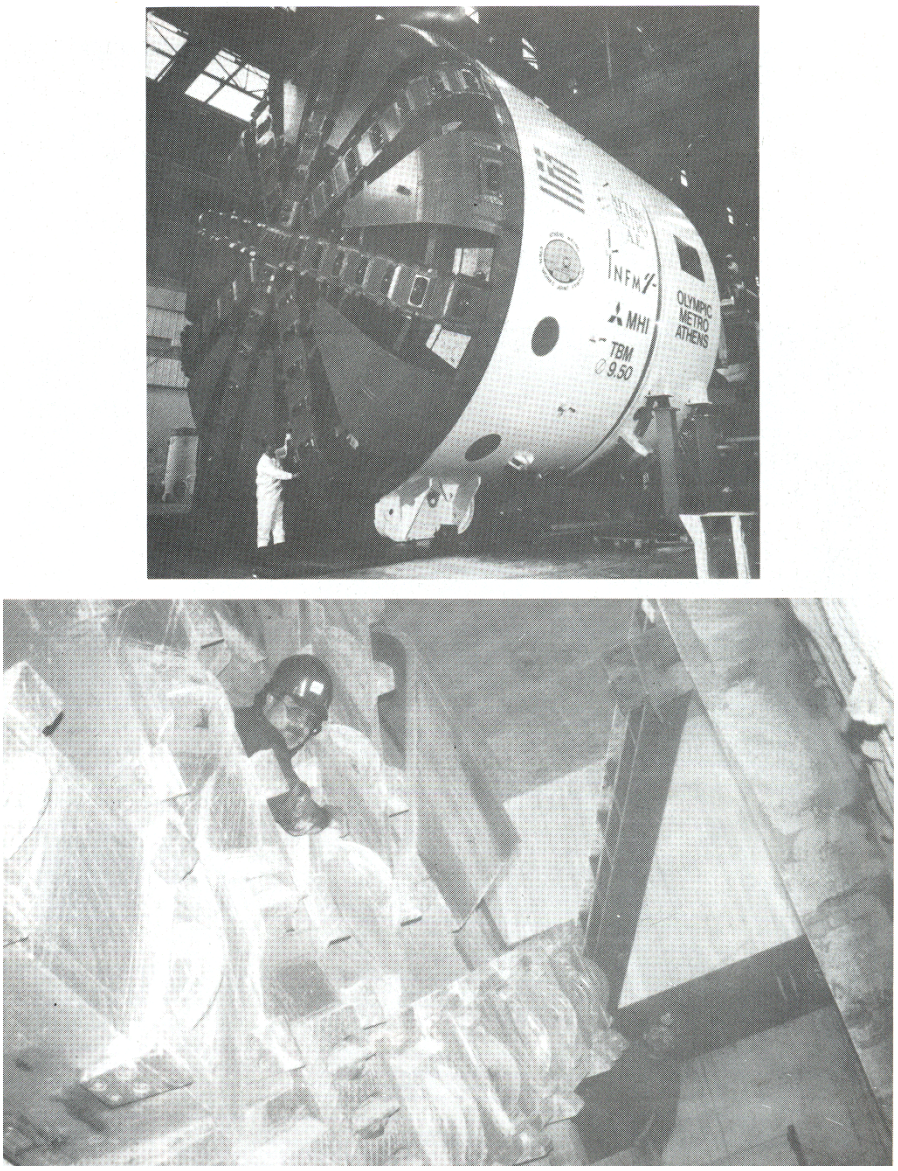
επιτρέπει η διάνοιξη μπορεί να γίνει με εκσκαπτικά μηχανήματα τα οποία εργάζονται υπό την προστασία της ασπίδας.

- Μια μεταλλική κυλινδρική ασπίδα για την ακτινική υποστήριξη της σήραγγας. Όταν δεν υπάρχουν προβλήματα καταπτώσεων η ασπίδα δε χρησιμοποιείται.

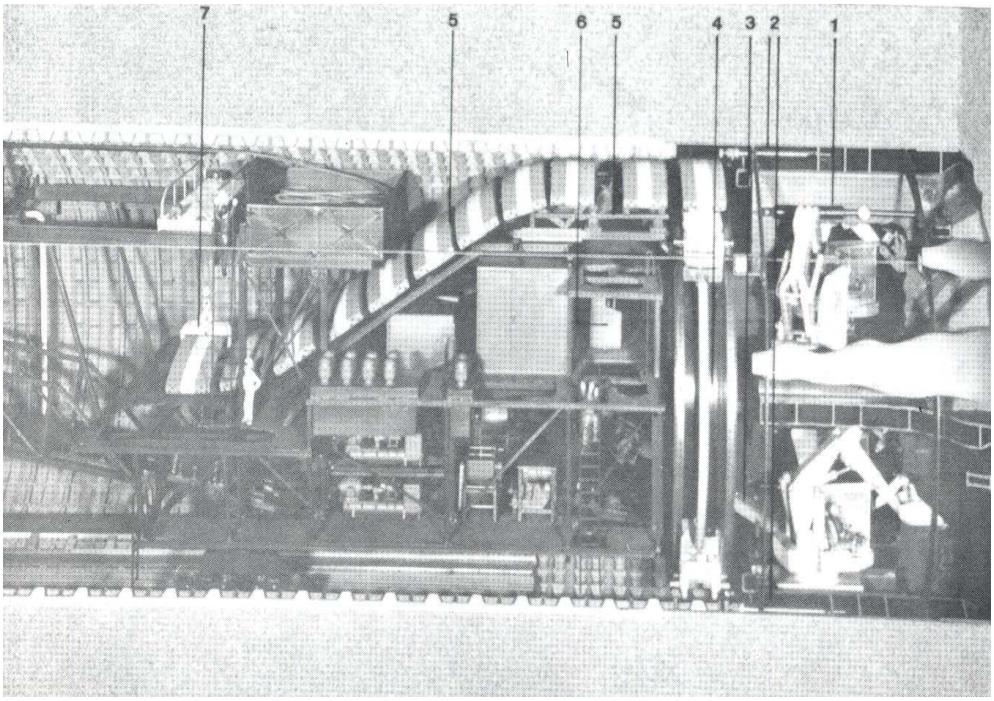




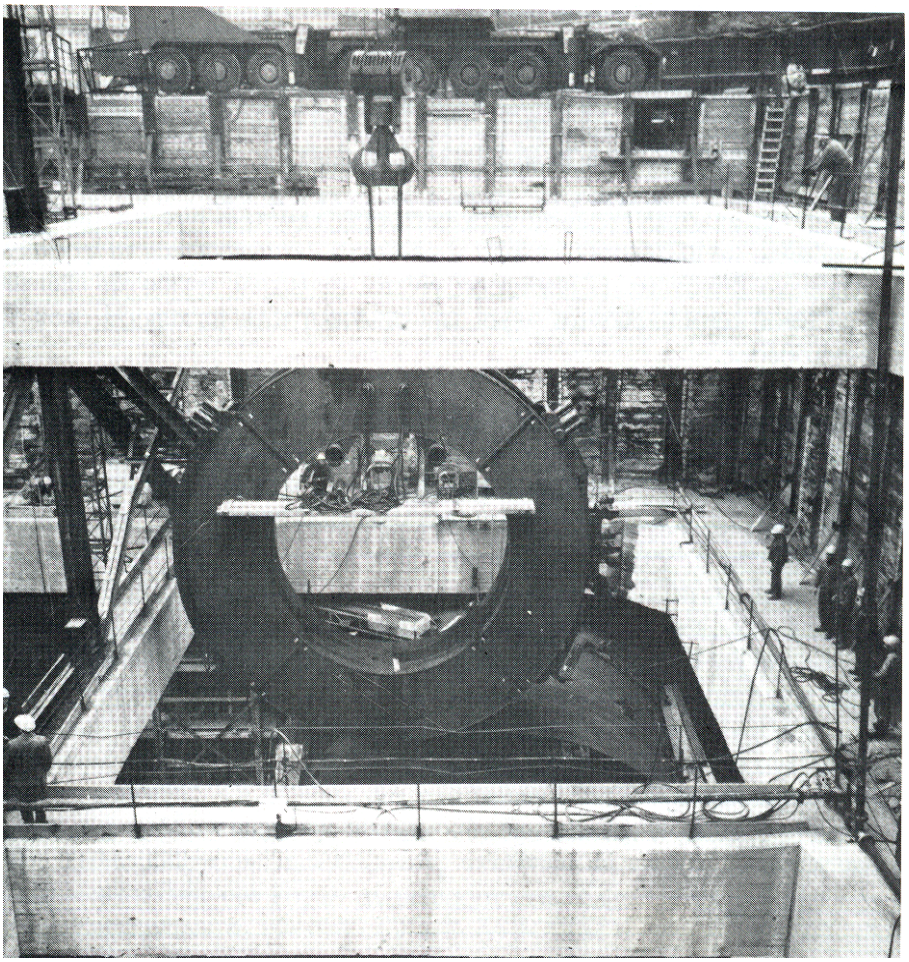
Σχήμα 6.6 : Έργα μετρό στην Αθήνα. Εργοτάξιο Συντάγματος. Κλειστή διάνοιξη. **Πάνω :** Σημείο σύνδεσης βοηθητικής σήραγγας μήκους 400 μέτρων με τη σήραγγα της γραμμής 2. **Κάτω :** Ολοκληρωμένη διατομή μετά την κατασκευή της οριστικής επένδυσης. (Φωτ, Αρχείο Αττικό Μετρό Α.Ε.).



Σχήμα 6.7 : Μηχανή Ολομέτωπης διάνοιξης που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή του μετρό Αθηνών. Εργοστάσιο κατασκευής : Mitsubishi. Η κοπτική κεφαλή είναι εξοπλισμένη με σιαγώνες σύνθλιψης και κυλιόμενους δίσκους κοπής λόγω της ποικιλίας των σχηματισμών που χαρακτηρίζουν την περιοχή των έργων. Ανθρωποθυρίδες παρέχουν τη δυνατότητα να ελέγχεται το μέτωπο και να προστατεύονται με τον τρόπο αυτόν τα αρχαιολογικά ευρήματα (Φωτ. Αρχείο Αττικό Μετρό Α.Ε.).



Σχήμα 6.8 : Μηχανή ολομέτωπης διάταξης της εταιρείας Westfalia Lunen Germany. Η εκσκαφή γίνεται με εσκαπτικά μηχανήματα υπό την προστασία της ασπίδας και του συστήματος στήριξης (1) του μετώπου. Σύστημα 40 υδραυλικών γρύλων (2) ικανότητας καθενός 3MN προωθούν την ασπίδα. 20 υδραυλικοί γρύλοι ικανότητας καθενός 1,4 MN (1) εξασφαλίζουν τη στήριξη του μετώπου (Prospectus Westfalia Linen, Germany).



Σχήμα 6.9 : Μεταφορά στο εργοτάξιο των εξαρτημάτων μηχανής ολομέτωπης διάνοιξης. Ο δακτύλιος τοποθέτησης της υποστήριξης κατεβάζεται με γερανό στη βάση κατακόρυφου σκάμματος το οποίο αποτελεί την αφετηρία της διάνοιξης. Στο πάνω μέρος της φωτογραφίας διακρίνονται τα οχήματα μεταφοράς του εξοπλισμού (Prospectus Westfalia Linen, Germany).

- Ένα θάλαμο εργασίας πίσω από την κοπτική κεφαλή.

- Μία ανυψωτική μηχανή η οποία μεταφέρει και τοποθετεί την επένδυση στο πίσω μέρος της ασπίδας. Η επένδυση αποτελείται από προκατασκευασμένα θολωτά στοιχεία από μπετόν ή από χυτοσίδηρο (θολίτες) τα οποία συνδεόμενα το ένα με το άλλο με κοχλίες σχηματίζουν ένα δακτύλιο (συνήθως οκτώ θολίτες συνθέτουν ένα δακτύλιο·οι θολίτες έχουν πλάτος της τάξης του ενός μέτρου). Σύνδεση γίνεται και μεταξύ των δακτυλίων. Η μεταλλική ασπίδα και οι θολίτες είναι υδατοστεγείς νερό μπορεί να μπει μόνο στο μέτωπο της σήραγγας μέσα από τα μικρά ανοίγματα της κοπτικής κεφαλής, Το νερό αντλείται από το κάτω μέρος του θαλάμου εργασίας.

- Ένα σύστημα υδραυλικών προωθητικών γρύλων σε κυκλική διάταξη· εξασφαλίζει την προώθηση του τύμπανου με τη πίεση που ασκούν οι γρύλοι στο δακτύλιο της επένδυσης ο οποίος τοποθετήθηκε τελευταία.

- Μηχανή αποκομιδής των προϊόντων εκσκαφής. Τα προϊόντα απομακρύνονται από το μέτωπο με μεταφορική ταινία η οποία τα μεταφέρει και τα φορτώνει σε ανατρεπόμενα βαγονέτα. Η μεταφορά γίνεται σε θέσεις υποδοχής έξω από τη σήραγγα όπου αποθηκεύονται μέχρι την οριστική τους μεταφορά στον τελικό τόπο εναπόθεσης.

- Οι μηχανές ολομέτωπης διάνοιξης έχουν διάμετρο η οποία φτάνει μέχρι και 12 μέτρα. Η απόδοση τους κυμαίνεται από 15 έως 30 μέτρα την ημέρα. Στη σήραγγα της Μάγχης χρησιμοποιήθηκαν ταυτόχρονα 11 μηχανές ολομέτωπης διάνοιξης διαμέτρου 8,85 μέτρα. Στο μετρό της Αθήνας χρησιμοποιήθηκαν τρεις μηχανές διαμέτρου 9,5 μέτρων.

6.3.3 Η μέθοδος NATM (New Austrian Tunnelling Method)

Μέθοδος η οποία στηρίζεται στη θεωρία των πλαστικών ζωνών, στην αξιοποίηση πολυετών εμπειριών και στα αποτελέσματα μετρήσεων -αρχίζουν αμέσως και συνεχίζονται σε όλη τη διάρκεια που κατασκευάζεται η σήραγγα- είναι η μέθοδος NATM. Θεμελιώθηκε από το Rabcewicz και εξελίχθηκε με τη συνεργασία επιφανών γεωμηχανικών (Muller – Salzburg, Pacher, Seeber, κ.α.) σε μία από τις πιο σύγχρονες μεθόδους.

Η μέθοδος NATM προσφέρεται ιδιαίτερα για σήραγγες μεγάλης διατομής; με οξυμένα γεωτεχνικά προβλήματα, ενώ σε περιπτώσεις μεγάλων υπόγειων ανοιγμάτων~(υπόγειοι ενεργειακοί σταθμοί κ.λπ.) εφαρμόζεται σχεδόν αποκλειστικά. Ο εξωτερικός δακτύλιος αποτελείται από μία ή περισσότερες στρώσεις εκτοξευόμενου σκυροδέματος, πάχους κάθε μιας από 5 μέχρι 10 εκατοστά περίπου, ενισχυμένες με χαλύβδινο πλέγμα και χαλύβδινες ίνες, από ολισθαίνοντα χαλύβδινα τόξα και από σύστημα μη προεντεταμένων -φιλικών σε παραμορφώσεις- αγκυρίων. Ο εξωτερικός δακτύλιος, εύκαμπτος, κατασκευάζεται (στο σύνολο του) αμέσως μετά τη διάνοιξη ή ενισχύεται σταδιακά, με αύξηση του πάχους του εκτοξευόμενου σκυροδέματος και την κατασκευή συμπληρωματικών αγκυρίων. Διαμήκεις, παράλληλες στον άξονα της σήραγγας εγκοπές διαστολής στις στρώσεις του εκτοξευόμενου σκυροδέματος επιτρέπουν την απαιτούμενη για την εκτόνωση των πιέσεων μείωση της ακτίνας του δακτυλίου.

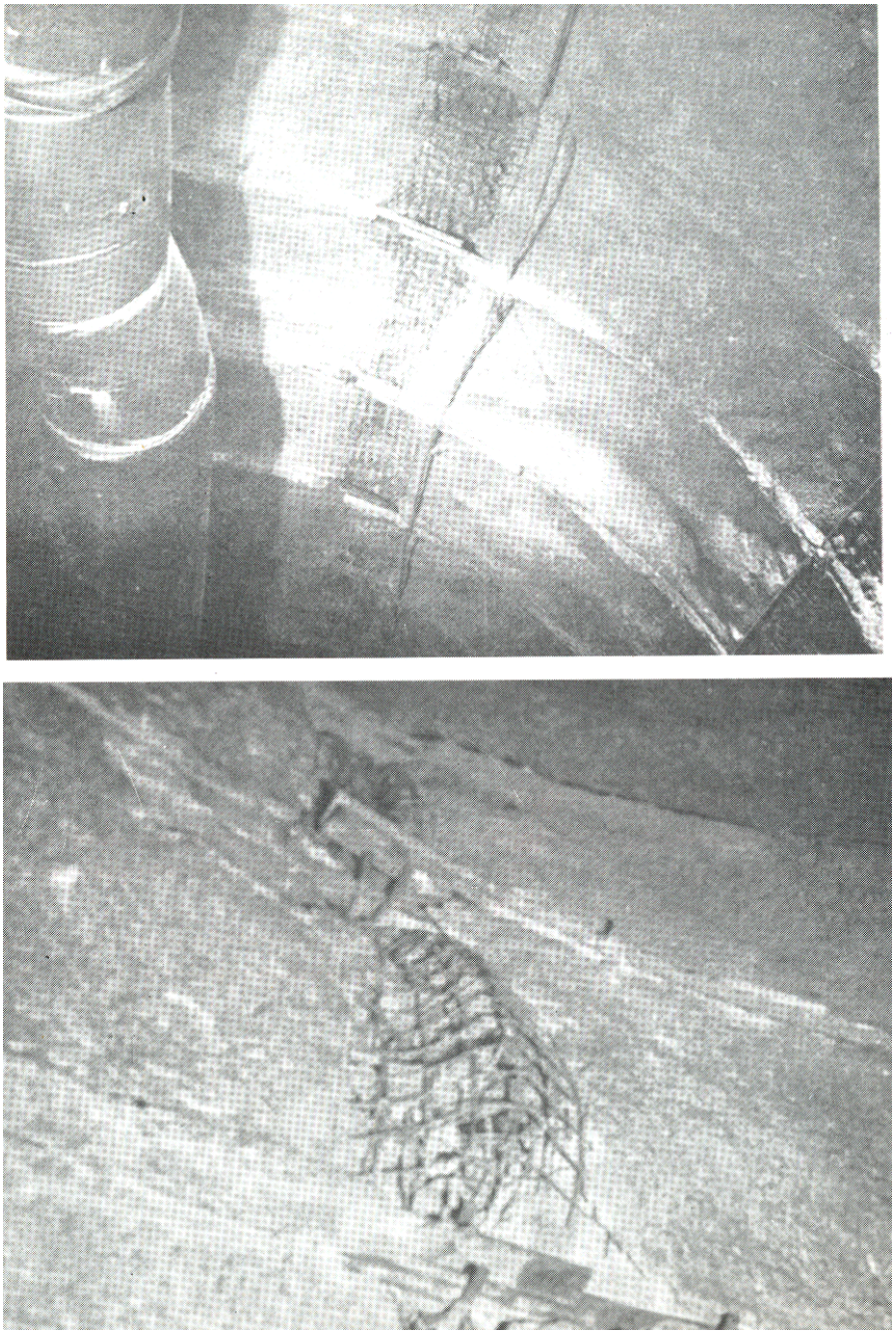
Μέχρις ότου οι διεισδύσεις σταματήσουν, ο εξωτερικός δακτύλιος παρουσιάζει λοιπόν μία δυναμική (αργών ρυθμών) η οποία πρέπει να ελέγχεται συνεχώς με μετρήσεις ώστε να παρέχεται επαρκής ασφάλεια στο προσωπικό που εργάζεται στο έργο. Το πρόβλημα επικεντρώνεται στο σχεδιασμό του εξωτερικού δακτυλίου. Ο δακτύλιος θα πρέπει να σχεδιαστεί και να εφαρμοστεί με τέτοιο τρόπο ώστε η κατασκευή να ισορροπήσει με τις ελάχιστες απαιτούμενες πιέσεις· το κόστος στην περίπτωση αυτή θα είναι χαμηλό και η κατασκευή μετά την αποπεράτωση της θα βρίσκεται υπό καθεστώς χαμηλών πιέσεων.

6.3.3.1 Σχεδιασμός του εξωτερικού δακτυλίου

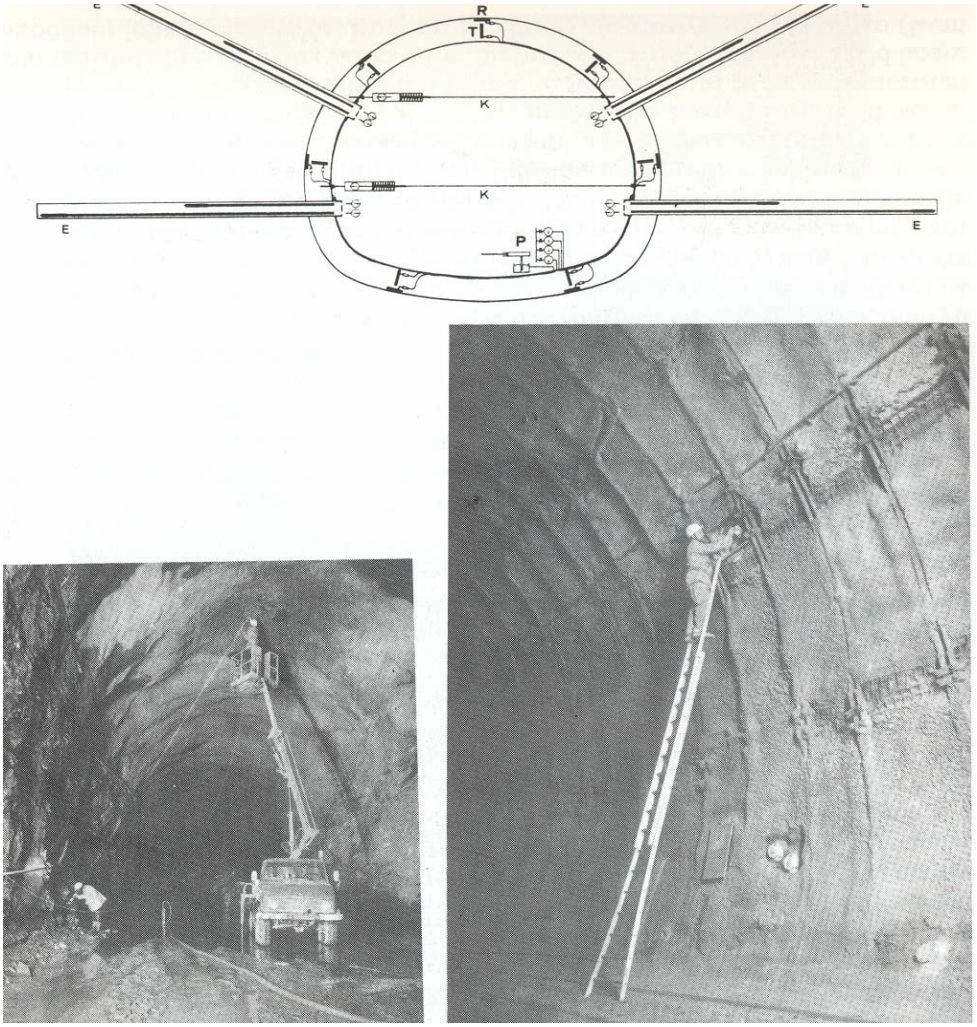
Καθοριστικό ρόλο για το σχεδιασμό του εξωτερικού δακτυλίου παίζει το πρωτογενές τασικό πεδίο. Για να είμαστε σε θέση να σχεδιάσουμε σωστά τον εξωτερικό δακτύλιο πρέπει να γνωρίζουμε τις συνθήκες τάσεων που επικρατούν στην περιοχή στην οποία θα κατασκευάσουμε το υπόγειο έργο. Όταν το πρωτογενές πεδίο είναι ισοτασικό τα προβλήματα είναι απλούστερα. Δυσκολίες συναντούμε όταν το πρωτογενές πεδίο είναι έντονα ανισοτασικό.

Η ανομοιόμορφη εξάπλωση των πλαστικών ζωνών στην περίπτωση αυτή υποδηλώνει ότι οι τιμές των πλαστικών διεισδύσεων στις διάφορες διευθύνσεις θα είναι διαφορετικές υποδηλώνει ότι, λόγω των περιορισμών στις μετατοπίσεις που θέτει η ζημιογόνος χαλάρωση, θα πρέπει να εφαρμόσουμε διαφορετικές αντιστάσεις στις διάφορες διευθύνσεις.

Σχήμα 6.10 : Εφαρμογή της NATM στην οδική σήραγγα Tauern της Αυστρίας. Εξωτερικός δακτύλιος στο θόλο της σήραγγας (τμηματική εκσκαφή) : Επένδυση εκτοξευόμενου σκυροδέματος (ενισχυμένη με δομικό πλέγμα), χαλύβδινα τόξα και σύστημα αγκυριών. Διαμήκεις εγκοπές στο σκυρόδεμα (βέλος) και ολισθαίνοντα τόξα επιτρέπουν την απαραίτητη για την εκτόνωση των πιέσεων μείωση της ακτίνας του εξωτερικού δακτυλίου. Φάση συμπληρωματικής ενίσχυσης του συστήματος αγκυριών. (Rabcewicz, Pachher, 1979).



Σχήμα 6.11 : Πάνω : Εξωτερικός δακτύλιος πριν από την εξέλιξη των παραμορφώσεων, οι εγκοπές διαστολής είναι ανοικτές. Κάτω : Ολισθήσεις των τόξων και κλείσιμο των εγκοπών διαστολής μετά την εξέλιξη των παραμορφώσεων (Pochhacker, 1975).



Σχήμα 6.12 : Πάνω: Διατομή στην οποία γίνονται μετρήσεις των πιέσεων που ασκούνται στον εξωτερικό δακτύλιο, μετρήσεις της παραμορφωσιακής συμπεριφοράς της διατομής και των ακτινικών μετατοπίσεων του βράχου που περιβάλλει τη σήραγγα. Κ=Κυψέλες που μετρούν τις πιέσεις στο όριο επαφής δακτυλίου-βράχου. Τ=Κυψέλες οι οποίες μετρούν τις εφαπτομενικές τάσεις (=τάσεις δακτυλίου) που ασκούνται στο δακτύλιο. Κ=Διατάξεις μέτρησης των συγκλίσεων. Συνήθως μετριούνται οι συγκλίσεις στην κατακόρυφη και σε άλλες τρεις διευθύνσεις. Ε=Μηκυνσιόμετρα τοποθετημένα σε δύο διαφορετικές περιοχές βάθους (βάθη ίσα με τ, και 2η)· συνήθως εξετάζονται επτά διαφορετικές διευθύνσεις. Ρ=Υδραυλική πρέσσα και μανόμετρα που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση των τάσεων. Κάτω αριστερά: Μέτρηση των συγκλίσεων. Κάτω δεξιά: Μέτρηση των ακτινικών μετατοπίσεων που πραγματοποιούνται στις δύο περιοχές βάθους (Rabcewicz,Pacher 1976).

6.4 Στοιχεία εκμετάλλευσης

Τα οχήματα του μετρό έχουν συνήθως μέση χωρητικότητα 600-1200 άτομα. Όλα τα δίκτυα μετρό που λειτουργούν σήμερα ηλεκτροκινούνται. Η διακύμανση της ζήτησης μπορεί να οδηγήσει στη πρόβλεψη κινήσεως συρμών που αποτελούνται από το μέγιστο αριθμό οχημάτων ή από το μικρότερο αριθμό οχημάτων. Γι' αυτό η ένωση 2 ή περισσοτέρων συρμών πρέπει να γίνεται απλά και γρήγορα.

Σε μερικά συστήματα έχει εξασφαλισθεί η πλήρης αυτοματοποίηση στην κίνηση των συρμών (η κίνηση γίνεται με απουσία προσωπικού).

Η μεταφορική ικανότητα του μετρό φτάνει μέχρι 45000 επιβάτες /κατεύθυνση / ώρα. Έχει εμπορική ταχύτητα 30-401αη/1ι, αρκετά μεγαλύτερη από τα υπόλοιπα μέσα μεταφοράς και αυτό γιατί το μετρό κινείται σε διάδρομο πλήρως απομονωμένο από" την υπόλοιπη κυκλοφορία. Ωστόσο η πυκνή πρόβλεψη σταθμών, που επιβάλλεται στα αστικά σιδηροδρομικά δίκτυα, δεν επιτρέπει τη διατήρηση υψηλών ταχυτήτων για μεγάλο διάστημα. Έτσι προτιμάται στα σύγχρονα οχήματα η εξασφάλιση μεγάλων επιταχύνσεων και όχι η διασφάλιση πολύ υψηλών ταχυτήτων.

Οι σταθμοί ενός δικτύου μετρό πρέπει να νοηθούν σαν κόμβοι αλλαγής μέσου, όπου το επόμενο ή προηγούμενο μέσο μεταφοράς είναι συνήθως:

- Διαδρομή πεζή
- Λεωφορειακή γραμμή
- Επιβατικό αυτοκίνητο
- Άλλη γραμμή μετρό
- Σιδηροδρομική γραμμή ή γραμμή τραμ

Η περίπτωση σύνδεσης του σταθμού του μετρό με τις λεωφορειακές γραμμές ή το σιδηροδρομικό δίκτυο επιβάλλει τη σωστή διαρρύθμιση σε χώρους στάθμευσης αλλά και ιδιαίτερη προσοχή στη λειτουργική σύνδεση των διαφορετικών αυτών μέσων μεταφοράς από την οποία πολλές φορές κρίνεται και η αποτελεσματικότητα του καθενός από αυτά στο επίπεδο εξυπηρέτησης.

Οι αναγκαίοι χώροι που πρέπει να έχει ένας σταθμός μετρό είναι:

- Οι αποβάθρες (ή κρηπιδώματα) των επιβατών
- Οι εγκαταστάσεις έκδοσης και ελέγχου των εισιτηρίων
- Οι πινακίδες πληροφόρησης των επιβατών

Οι αποβάθρες μπορεί να είναι είτε πλευρικές είτε κεντρικές. Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να εξασφαλίζουν την άνετη και ασφαλή κυκλοφορία των χρηστών του μετρό.

Το πλάτος των πλευρικών αποβάθρων καθορίζεται από την αναμενόμενη κυκλοφορία αιχμής των επιβατών. Το ελάχιστο πλάτος τους είναι 2,50m, ενώ το συνηθισμένο 3,50-4,00m. Μεγαλύτερα πλάτη προβλέπονται σε σημαντικούς σταθμούς.

Η διάταξη κεντρικής αποβάθρας είναι πιο οικονομική. Όμως προκαλεί πολλές φορές εμπλοκές στη ροή των επιβατών και ακόμα απαιτεί εξαιρετικά επιμελή σήμανση για τον προσανατολισμό των επιβατών.

Το ύψος των αποβάθρων εξαρτάται από το ύψος του δαπέδου των οχημάτων. Η εμπειρία έχει δείξει ότι το δάπεδο του οχήματος δεν πρέπει να είναι χαμηλότερο από την αποβάθρα, αλλιώς αυξάνεται ο κίνδυνος ατυχημάτων. Πρέπει να καθορίζεται έτσι ώστε το δάπεδο του σταθμευμένου οχήματος να είναι στο ίδιο επίπεδο ή λίγο ψηλότερα από το δάπεδο της αποβάθρας, ενώ το διάκενο μεταξύ δαπέδου οχήματος και αποβάθρας πρέπει να είναι το ελάχιστο δυνατό.

Στους σταθμούς του μετρό αντιμετωπίζεται πάντα το πρόβλημα της αλλαγής επιπέδων στην κυκλοφορία των επιβατών. Έτσι ακόμα και στον πιο απλό σταθμό, είναι αναγκαία η διάταξη κατάλληλων κλιμάκων. Οι καινούργιοι σταθμοί εξοπλίζονται κατά κανόνα με κυλιόμενες κλίμακες. Ωστόσο απαιτείται η περιοδική συντήρηση τους, η οποία προϋποθέτει την παύση λειτουργίας τους για όσο καιρό θα γίνεται η συντήρηση.

6.5 Το μετρό της Θεσσαλονίκης

6.5.1 Γενικά

Το μετρό αποτελεί πρωταρχικό έργο πνοής για την πόλη της Θεσσαλονίκης. Θα προσφέρει στους μετακινούμενους την δυνατότητα συντόμευσης του χρόνου διαδρομής τους με την χρήση των δημοσίων συγκοινωνιών, με ένα μέσο μεγάλης μεταφορικής ικανότητας, σύγχρονο, ταχύ, άνετο και αξιόπιστο. Η κύρια γραμμή κορμού, που σε πρώτη φάση θα συνδέει τον Νέο Σιδηροδρομικό Σταθμό με την Νέα Ελβετία, θα τροφοδοτείται σε διάφορα σημεία με λεωφορειακές γραμμές, που θα εξυπηρετούν όλες τις περιοχές της πόλης.

Η προμελέτη του μετρό, η οποία είχε εκπονηθεί από τον Δήμο Θεσσαλονίκης το 1988-89, περιήλθε στη συνέχεια στο ΥΠΕΧΩΔΕ, το οποίο προχώρησε στη σύνταξη των τευχών δημοπράτησης, στη διαμόρφωση χρηματο-οικονομικών σεναρίων και, τέλος, στη δημοπράτηση του έργου. Έχει επιλεγεί ο ανάδοχος του έργου από το 1997 και έχουν ολοκληρωθεί οι προκαταρκτικές γεωτεχνικές και αρχαιολογικές μελέτες, οι οποίες απαιτούνται για την έναρξη του. Παρ' όλα αυτά υπάρχει καθυστέρηση στην έναρξη κατασκευής του έργου καθόσον από τότε εκκρεμεί η διαδικασία έγκρισης χρηματοδότησης από την Ευρωπαϊκή τράπεζα Επενδύσεων. Ο Δήμος Θεσσαλονίκης θα συνεργασθεί με τους αρμόδιους συγκοινωνιολόγους της αναδόχου εταιρείας, για να αντιμετωπίσει τα επιμέρους κυκλοφοριακά προβλήματα, τα οποία θα δημιουργούνται κατά την εκτέλεση του έργου.

Η κατασκευή των σταθμών του δικτύου επιλέχθηκε να γίνει με τη μέθοδο επικάλυψης και εκσκαφής, προκειμένου να περιορισθεί αισθητά η όχληση τόσο στους διερχόμενους πεζούς όσο και στην κίνηση των οχημάτων στους κεντρικούς δρόμους της Θεσσαλονίκης. Με αυτή τη μέθοδο κατασκευής το μεγαλύτερο τμήμα των κατασκευαστικών εργασιών θα πραγματοποιηθεί υπογείως και η αναπόφευκτη όχληση από τις επιφανειακές εργασίες θα είναι σημαντικά μικρότερες σε σχέση με τη μέθοδο ανοιχτού ορύγματος που εφαρμόστηκε στους περισσότερους σταθμούς του Μετρό της Αθήνας.

Επίσης έχει ξεκινήσει και η μελέτη των επεκτάσεων του μετρό Θεσσαλονίκης προς Καλαμαριά και Σταυρούπολη (10,8 επιπλέον της γραμμής του μετρό με 10 νέους Σταθμούς).

6.5.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά του Μετρό

- 13 σύγχρονοί Σταθμοί με κεντρική αποβάθρα.

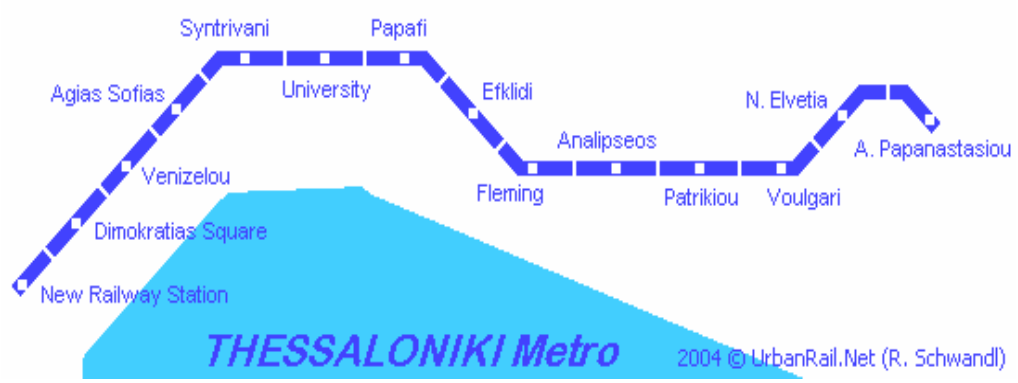
- 9.6 χιλιόμετρα (με 2 ανεξάρτητες σήραγγες μονής τροχιάς) που θα κατασκευαστεί στο μεγαλύτερο τμήμα της (7,7 χιλιόμετρα) από δύο μηχανήματα Ολομέτωπης Διάνοιξης. Το υπόλοιπο τμήμα της γραμμής θα κατασκευαστεί με τη μέθοδο του ανοιχτού ορύγματος.

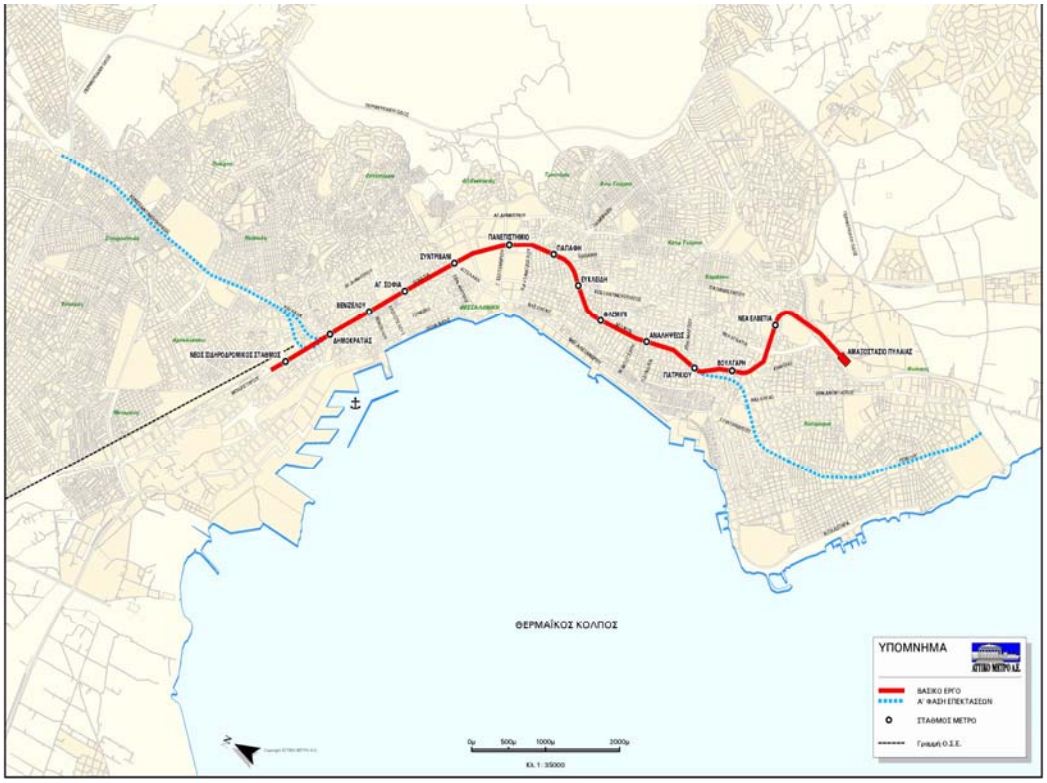
- 18 υπέρ – αυτόματοι συρμοί τελευταίας τεχνολογίας πλήρως κλιματιζόμενοι, οι οποίοι θα κινούνται χωρίς οδηγό αλλά με συνοδό.

- Αμαξοστάσιο στην περιοχή της Πυλαίας (Βότση) σε έκταση 50.000 τ.μ..

- Υπάρχουν δύο ανεξάρτητες σήραγγες (αντί της μιας σήραγγας διπλής τροχιάς στο μετρό της Αθήνας) καθώς και σύστημα θυρών επί των αποβάθρων κάθε σταθμού για μεγαλύτερη εξυπηρέτηση και τη μέγιστα ασφάλεια του επιβατικού κοινού.

Το μετρό της Θεσσαλονίκης όπως φαίνεται στον παρακάτω χάρτη ακολουθεί την εξής διαδρομή : Νέος Σιδηροδρομικός σταθμός, Πλατεία Δημοκρατίας, Βενιζέλου, Αγίας Σοφίας, Σιντριβάνι, Πανεπιστήμιο, Παπάφη, Ευκλείδη, Φλέμιγκ, Αναλήψεως, Πατρικίου, Βούλγαρη, Νέα Ελβετία, Αλεξάνδρου Παπαναστασίου.





ο : Οι σταθμοί μετρό

Κόκκινη γραμμή : Βασικό έργο μετρό

Μπλε διακεκομμένη γραμμή : Πρώτη φάση επεκτάσεων

Μαύρη διακεκομμένη γραμμή : Γραμμή Ο.Σ.Ε.

6.5.3 Εκπεμπόμενοι ρύποι από την κυκλοφορία για τα δύο βασικά σενάρια : (α) Χωρίς μετρό και (β) Με μετρό.

Παρακάτω γίνεται ο υπολογισμός των εκπεμπόμενων ρύπων από την κυκλοφορία για τα δύο βασικά σενάρια: Χωρίς μετρό (1) και Με μετρό (2).

Οι απαραίτητοι υπολογισμοί έγιναν με τη βοήθεια του λογισμικού COPERT (COmputer Programme to calculate Emissions from Road Transport) το οποίο αποτελεί ένα εργαλείο πρόβλεψης και εκτίμησης εκπομπών ρύπων από την οδική κυκλοφορία και παραχωρήθηκε από το Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Θερμοδυναμικής του ΑΠΘ. Το COPERT κάνει εκτιμήσεις εκπομπών όλων των νομοθετημένων ρύπων (CO, NO_x, VOC, PM) που εκπέμπονται από διάφορες κατηγορίες οχημάτων (επιβατικά οχήματα, ελαφρά και βαρέα φορτηγά, λεωφορεία, μοτοποδήλατα και μοτοσικλέτες) καθώς και εκπομπών CO_2 βασισμένων στην κατανάλωση καυσίμου. Επιπλέον, υπολογίζονται εκπομπές για ένα μεγάλο αριθμό μη νομοθετημένων ρύπων, μεταξύ των οποίων CH_4, N_2O, NH_3, SO_2, βαρέα μέταλλα, PAHs και POPs. Τέλος, το πρόγραμμα υπολογίζει εκπομπές υδρογονανθράκων (NMVOC) κατανεμημένων σε διάφορα στοιχεία.

Το λογισμικό COPERT αναπτύχθηκε για τη διενέργεια των εθνικών απογραφών ρύπων. Ωστόσο, έχει αποδειχθεί ότι η μεθοδολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί με αρκετά καλή ακρίβεια και για υψηλότερες αναλύσεις, δηλαδή για τη διενέργεια αστικών απογραφών με χωρικό πλέγμα έως 1x1 km^2 και χρονική ανάλυση 1 ώρας.

Οι εκπομπές που εκτιμώνται, διακρίνονται σε τρεις πηγές προέλευσης: εκπομπές που παράγονται κατά τη θερμικά σταθεροποιημένη φάση λειτουργίας του κινητήρα, εκπομπές κατά τη φάση ψυχρής εκκίνησης, και εκπομπές NMVOC από εξάτμιση καυσίμου. Οι ολικές εκπομπές υπολογίζονται ως γινόμενο δεδομένων δραστηριότητας που εισάγονται από το χρήστη και παραγόντων εκπομπής που υπολογίζονται από το λογισμικό.

Ο υπολογισμός και των εκπεμπόμενων ρύπων στηρίχθηκε στη βάση δεδομένων εισαγωγής στο COPERT που αναπτύχθηκε για τα Ελληνικά δεδομένα και παρέχει στοιχεία εισόδου στο πρόγραμμα που βασίζονται τόσο σε ιστορικά δεδομένα για παρελθόντα έτη όσο και σε επιστημονικές προβλέψεις για μελλοντικούς χρονικούς ορίζοντες. Για την αναγωγή στον αστικό χώρο του ΠΣΘ έγινε μια σειρά από αντιστοιχίσεις και λογικές παραδοχές ενώ ταυτόχρονα χρησιμοποιήθηκαν τα αποτελέσματα του κυκλοφοριακού μοντέλου που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο της παρούσης μελέτης. Πιο αναλυτικά, από το μοντέλο χρησιμοποιήθηκαν οι μέσες ταχύτητες κίνησης και τα συνολικά

διανυθέντα οχηματοχιλιόμετρα ανά κατηγορία μέσου μετακίνησης. Από τη βάση δεδομένων εισαγωγής στο COPERT για τα Ελληνικά δεδομένα, χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία σύνθεσης του στόλου των κινούμενων οχημάτων και αντίστοιχες διανυόμενες αποστάσεις, για ένα μεγάλο εύρος κατηγοριών οχημάτων. Οι κατηγορίες αυτές βασίζονται σε μια ομαδοποίηση ανάλογα με το είδος του οχήματος, τον κυβισμό, την τεχνολογία του (που συνδέεται άμεσα με το έτος κατασκευής του κάθε μοντέλου) κλπ.

Η αναγωγή από τον πίνακα σύνθεσης του στόλου οχημάτων που κινούνται σε όλη την Ελλάδα, στα αντίστοιχα δεδομένα μόνο για το ΠΣΘ έγινε με την αρχή της αναλογίας 1/10 ενώ επιπλέον χρησιμοποιήθηκαν ως στοιχεία ελέγχου τα δεδομένα της Γενικής Μελέτης Μεταφορών και Κυκλοφορίας για το ΠΣΘ. Τα αποτελέσματα της επεξεργασίας αυτής παρουσιάζονται στον Πίνακα που ακολουθεί.

Τύπος Οχήματος	Τύπος και Κυβισμός Κινητήρα	Τεχνολογία Κινητήρα	Αριθμός Οχημάτων στο ΠΣΘ το 2012	Αριθμός Οχημάτων στο ΠΣΘ το 2022
Passenger Cars	Gasoline <1,4 l	PRE ECE	3	0
Passenger Cars	Gasoline <1,4 l	ECE 15/00-01	1.702	0
Passenger Cars	Gasoline <1,4 l	ECE 15/02	6.837	31
Passenger Cars	Gasoline <1,4 l	ECE 15/03	23.230	1.322
Passenger Cars	Gasoline <1,4 l	ECE 15/04	54.835	17.131
Passenger Cars	Gasoline <1,4 l	Improved Conventional	0	0
Passenger Cars	Gasoline <1,4 l	Open Loop	1.359	710
Passenger Cars	Gasoline <1,4 l	Euro I - 91/441/EEC	90.502	65.242
Passenger Cars	Gasoline <1,4 l	Euro II - 94/12/EC	32.952	31.769
Passenger Cars	Gasoline <1,4 l	Euro III - 98/69/EC Stage2000	57.765	59.224
Passenger Cars	Gasoline <1,4 l	Euro IV - 98/69/EC Stage2005	113.206	287.831
Passenger Cars	Gasoline <1,4 l	Euro V (post 2005)	0	0
Passenger Cars	Gasoline 1,4 - 2,0 l	PRE ECE	0	0
Passenger Cars	Gasoline 1,4 - 2,0 l	ECE 15/00-01	245	0
Passenger Cars	Gasoline 1,4 - 2,0 l	ECE 15/02	984	4
Passenger Cars	Gasoline 1,4 - 2,0 l	ECE 15/03	3.342	190
Passenger Cars	Gasoline 1,4 - 2,0 l	ECE 15/04	7.888	2.464
Passenger Cars	Gasoline 1,4 - 2,0 l	Improved Conventional	0	0

Passenger Cars	Gasoline 1,4 - 2,0 l	Open Loop	196	102
Passenger Cars	Gasoline 1,4 - 2,0 l	Euro I - 91/441/EEC	13.208	9.553
Passenger Cars	Gasoline 1,4 - 2,0 l	Euro II - 94/12/EC	5.544	5.344
Passenger Cars	Gasoline 1,4 - 2,0 l	Euro III - 98/69/EC Stage2000	9.378	9.614
Passenger Cars	Gasoline 1,4 - 2,0 l	Euro IV - 98/69/EC Stage2005	17.778	44.196
Passenger Cars	Gasoline 1,4 - 2,0 l	Euro V (post 2005)	0	0
Passenger Cars	Gasoline >2,0 l	PRE ECE	0	0
Passenger Cars	Gasoline >2,0 l	ECE 15/00-01	44	0
Passenger Cars	Gasoline >2,0 l	ECE 15/02	176	1
Passenger Cars	Gasoline >2,0 l	ECE 15/03	598	34
Passenger Cars	Gasoline >2,0 l	ECE 15/04	1.020	261
Passenger Cars	Gasoline >2,0 l	Euro I - 91/441/EEC	2.644	1.778
Passenger Cars	Gasoline >2,0 l	Euro II - 94/12/EC	319	308
Passenger Cars	Gasoline >2,0 l	Euro III - 98/69/EC Stage2000	687	705
Passenger Cars	Gasoline >2,0 l	Euro IV - 98/69/EC Stage2005	1.548	4.273
Passenger Cars	Gasoline >2,0 l	Euro V (post 2005)	0	0
Passenger Cars	Diesel <2,0 l	Conventional	854	242
Passenger Cars	Diesel <2,0 l	Euro I - 91/441/EEC	346	233
Passenger Cars	Diesel <2,0 l	Euro II - 94/12/EC	232	187
Passenger Cars	Diesel <2,0 l	Euro III - 98/69/EC Stage2000	397	340

Passenger Cars	Diesel <2,0 l	Euro IV - 98/69/EC Stage2005	761	1.590
Passenger Cars	Diesel <2,0 l	Euro V (post 2005)	0	0
Buses - Coaches	Urban Buses	Conventional	235	113
Buses - Coaches	Urban Buses	Euro I - 91/542/EEC Stage I	60	49
Buses - Coaches	Urban Buses	Euro II - 91/542/EEC Stage II	39	37
Buses - Coaches	Urban Buses	Euro III - 2000 Standards	55	54
Buses - Coaches	Urban Buses	Euro IV - 2005 Standards	38	38
Buses - Coaches	Urban Buses	Euro V - 2008 Standards	43	183

Πίνακας 6.1: Σύνθεση στόλου οχημάτων για το ΠΣΘ

Από την παραπάνω σύνθεση του στόλου και με βάση τα ετήσια οχηματοχιλιόμετρα που προέκυψαν από το μοντέλο κυκλοφορίας, υπολογίστηκαν από το COPERT οι εκπεμπόμενοι ρύποι CO, CO_2 και NO_X για το 2012 και 2022 για την κατάσταση με και χωρίς μετρό.

Εκπεμπόμενος Ρύπος	**2012**		**2022**	
	Χωρίς Μετρό	**Με Μετρό**	**Χωρίς Μετρό**	**Με Μετρό**
CO σε τόνους	32.110,76	30.788,40	16.931,30	16.212,79
CO_2 σε τόνους	782.499,60	760.255,76	940.878,43	895.113,96
NOx σε τόνους	1.866,89	1.801,33	1.076,81	1.008,05

Πίνακας 6.2: Εκπεμπόμενοι ρύποι χωρίς και με μετρό για το 2012 και 2022

Από τα παραπάνω στοιχεία με γραμμική παρεμβολή υπολογίστηκαν για τα έτη 2012-2022 οι ποσότητες για κάθε εκπεμπόμενο ρύπο με και χωρίς μετρό και η μείωση τους ως αποτέλεσμα της λειτουργίας του μετρό. Για την περίοδο μετά το 2022 η μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων λήφθηκε σταθερή και ίση με αυτήν του 2022. Η διαχρονική εξέλιξη της μείωσης των εκπεμπόμενων ρύπων παρουσιάζεται αναλυτικά στον Πίνακα 6.3.

Έτη	CO σε τόνους		
	Χωρίς Μετρό	**Με Μετρό**	**Απόλυτη Μείωση**
2012	32.111	30.788	1.322
2013	30.592	29.331	1.261
2014	29.074	27.873	1.201
2015	27.556	26.416	1.140
2016	26.038	24.958	1.080
2017	24.520	23.501	1.020
2018	23.002	22.043	959
2019	21.484	20.585	899
2020	19.966	19.128	838
2021	18.448	17.670	778
2022	16.931	16.213	719
2023	16.931	16.213	719
2024	16.931	16.213	719
2025	16.931	16.213	719
2026	16.931	16.213	719
2027	16.931	16.213	719
2028	16.931	16.213	719
2029	16.931	16.213	719
2030	16.931	16.213	719
2031	16.931	16.213	719
2032	16.931	16.213	719
2033	16.931	16.213	719
2034	16.931	16.213	719
2035	16.931	16.213	719
2036	16.931	16.213	719
2037	16.931	16.213	719
2038	16.931	16.213	719
2039	16.931	16.213	719
2040	16.931	16.213	719
2041	16.931	16.213	719

Έτη	CO_2 σε τόνους		
	Χωρίς Μετρό	**Με Μετρό**	**Απόλυτη Μείωση**
2012	782.500	760.256	22.244
2013	798.337	773.742	24.596
2014	814.175	787.227	26.948
2015	830.013	800.713	29.300
2016	845.851	814.199	31.652
2017	861.689	827.685	34.004
2018	877.527	841.171	36.356
2019	893.365	854.656	38.708
2020	909.203	868.142	41.060
2021	925.041	881.628	43.412
2022	940.878	895.114	45.764
2023	940.878	895.114	45.764
2024	940.878	895.114	45.764
2025	940.878	895.114	45.764
2026	940.878	895.114	45.764
2027	940.878	895.114	45.764
2028	940.878	895.114	45.764
2029	940.878	895.114	45.764
2030	940.878	895.114	45.764
2031	940.878	895.114	45.764
2032	940.878	895.114	45.764
2033	940.878	895.114	45.764
2034	940.878	895.114	45.764
2035	940.878	895.114	45.764
2036	940.878	895.114	45.764
2037	940.878	895.114	45.764
2038	940.878	895.114	45.764
2039	940.878	895.114	45.764
2040	940.878	895.114	45.764
2041	940.878	895.114	45.764

Έτη	NO_X σε τόνους		
	Χωρίς Μετρό	**Με Μετρό**	**Απόλυτη Μείωση**
2012	1.867	1.801	66
2013	1.788	1.722	66
2014	1.709	1.643	66
2015	1.630	1.563	67
2016	1.551	1.484	67
2017	1.472	1.405	67
2018	1.393	1.325	67
2019	1.314	1.246	68
2020	1.235	1.167	68
2021	1.156	1.087	68
2022	1.077	1.008	69
2023	1.077	1.008	69
2024	1.077	1.008	69
2025	1.077	1.008	69
2026	1.077	1.008	69
2027	1.077	1.008	69
2028	1.077	1.008	69
2029	1.077	1.008	69
2030	1.077	1.008	69
2031	1.077	1.008	69
2032	1.077	1.008	69
2033	1.077	1.008	69
2034	1.077	1.008	69
2035	1.077	1.008	69
2036	1.077	1.008	69
2037	1.077	1.008	69
2038	1.077	1.008	69
2039	1.077	1.008	69
2040	1.077	1.008	69
2041	1.077	1.008	69

Οι παραπάνω τιμές απεικονίζονται παρακάτω με τη μορφή γραφικών παραστάσεων.