

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΜΕΛΕΤΗ ΑΕΡΙΣΜΟΥ & ΠΥΡΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΟΔΙΚΗΣ
ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΔΙΠΛΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ ΜΗΚΟΥΣ 700m**



**ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΕΣ:
ΓΕΩΡΓΑΛΗ ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ
ΔΗΜΗΤΡΟΠΟΥΛΟΥ ΣΟΦΙΑ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ:
ΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ ΑΝΔΡΕΑΣ
ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΚΡΟΥΣΤΑΛΛΗ ΑΝΘΟΥΛΑ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΣΥΝΕΡΓΑΤΙΔΑ**

ΠΑΤΡΑ 2012

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την Πτυχιακή Εργασία που εκπονήθηκε στο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πατρών, στο Τμήμα της Μηχανολογίας, και περιγράφει την μελέτη αερισμού και πυροπροστασίας Οδικής Σήραγγας συνολικού μήκους 700m.

Στην αρχή της Πτυχιακής Εργασίας αναφέρονται τα είδη των σήραγγων, με ιδιαίτερη έμφαση στις οδικές σήραγγες καθώς επίσης αναλύονται οι τρόποι αερισμού αυτών. Στην συνέχεια, με τις κατάλληλες παραδοχές παρατίθεται η μελέτη της σήραγγας των 700m, λαμβάνοντας υπόψιν κανονισμούς που ίσχυαν μέχρι σήμερα σε άλλες αντίστοιχες κατασκευές.

Ευχαριστούμε θερμά τους επιβλέποντες καθηγητές μας κ. Ανδρέα Γιαννόπουλο, Αναπληρωτή Καθηγητή του Τμήματος Μηχανολογίας και την κα Ανθούλα Κρουστάλλη, Εργαστηριακή Συνεργάτιδα του Τμήματος Μηχανολογίας για την πολύτιμη βοήθειά τους και που μας καθοδήγησαν για την ολοκλήρωση της Πτυχιακής Εργασίας, καθώς επίσης τον κ. Ευάγγελο Γαρμπή, Πολιτικό Μηχανικό της κατασκευαστικής εταιρείας IONION, για το υλικό που μας παρέθεσε και την ξενάγηση που μας έκανε σε οδική σήραγγα της Εγνατίας Οδού.

Οι σπουδάστριες

Γεωργαλή Αναστασία

&

Δημητροπούλου Σοφία

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα Πτυχιακή Εργασία περιγράφει την μελέτη Αερισμού και Πυροπροστασίας μιας Οδικής Σήραγγας συνολικού μήκους 700m. Σε αυτήν την μελέτη έγινε μια προσπάθεια να ληφθούν υπόψιν όσον το δυνατόν περισσότερη παράμετροι, για μία αναλυτική και σε μεγάλο ποσοστό ολοκληρωμένη μελέτη, ενός τόσο μεγάλου έργου.

Η ανάπτυξη του θέματος γίνεται σε τρία Κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο αναφέρονται γενικά τα είδη των σήραγγων και οι αντίστοιχες λεπτομέριές τους, με περισσότερο εκτενή ανάλυση στις οδικές σήραγγες. Επίσης αναφέρονται και αναλύονται οι κυριότερες ολοκληρωμένες σήραγγες στην Ελλάδα.

Στο δεύτερο κεφάλαιο ο αναγνώστης έχει την δυνατότητα να διαβάσει αρκετούς κανονισμούς και νόμους που υπάρχουν για τον αερισμό και την πυροπροστασία των οδικών σήραγγων, αλλά και όχι μόνο. Αναφέρονται κανονισμοί που ισχύουν για τον φωτισμό, τον έλεγχο κ.α.. Επίσης γίνεται αναφορά σε μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί και στους κανονισμούς που ισχύουν για την κατασκευή μιας οδικής σήραγγας.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρατίθεται η μελέτη αερισμού και πυροπροστασίας της οδικής σήραγγας των 700m με αναφορά των παραδοχών και των τύπων που χρησιμοποιήθηκαν μέχρι την ολοκλήρωση της μελέτης. Τέλος με μία σειρά από κατασκευαστικά σχέδια της σήραγγας και με το Παράρτημα των Πινάκων που χρησιμοποιήθηκαν, ολοκληρώνεται η Πτυχιακή Εργασία μας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

| | |
|---------------------------|----|
| 1. ΣΗΡΑΓΓΕΣ | 5 |
| 1.1 ΕΙΔΗ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΕΡΓΩΝ | 5 |
| 1.2 ΣΗΡΡΑΓΓΕΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ | 10 |

2^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

| | |
|---|----|
| 2.1 ΑΕΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΠΥΡΑΣΦΑΛΕΙΑ ΟΔΙΚΩΝ ΣΗΡΑΓΓΩΝ | 35 |
| 2.2.1 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΑΕΡΙΣΜΟΥ ΣΗΡΑΓΓΩΝ | 36 |
| 2.2.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΕΡΙΣΜΟΥ | 37 |
| 2.2.3 ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΜΗΚΟΥΣ ΑΕΡΙΣΜΟΥ | 37 |
| 2.2.4 ΣΥΣΤΗΜΑ ΗΜΙΕΓΚΑΡΣΙΟΥ ΑΕΡΙΣΜΟΥ | 38 |
| 2.2.5 ΣΥΣΤΗΜΑ ΗΜΙΕΓΚΑΡΣΙΟΥ – ΕΓΚΑΡΣΙΟΥ ΑΕΡΙΣΜΟΥ | 38 |
| 2.2.6 ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΛΗΡΩΣ ΕΓΚΑΡΣΙΟΥ ΑΕΡΙΣΜΟΥ | 39 |
| 2.2.7 ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΕΡΙΣΜΟΥ | 41 |
| 2.2.8.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ | 42 |
| 2.2.8.2 ΣΥΝΘΕΣΗ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ | 43 |
| 2.2.8.3 ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ | 44 |
| 2.2.8.4 ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ ΣΤΙΣ ΣΗΡΑΓΓΕΣ | 45 |
| 2.2.9 ΠΥΡΚΑΓΙΑ ΣΕ ΣΗΡΑΓΓΑ | 46 |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

| | |
|---------------------------------------|----|
| 3. ΜΕΛΕΤΗ ΣΗΡΑΓΓΑΣ | 50 |
| 3.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΑΕΡΙΣΜΟΥ ΣΗΡΑΓΓΑΣ | 50 |
| 3.1.1 ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΗΡΑΓΓΑΣ | 50 |
| 3.1.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ ΑΕΡΙΣΜΟΥ | 51 |
| 3.1.3 ΕΠΙΛΟΓΗ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΩΝ | 61 |
| 3.1.4 ΑΝΑΡΤΗΣΗ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΩΝ | 63 |
| 3.2 ΠΥΡΑΣΦΑΛΕΙΑ | 65 |

| | |
|----------------------------------|----|
| ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ ΣΗΡΑΓΓΑΣ | 75 |
| ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ | 78 |
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ | 90 |

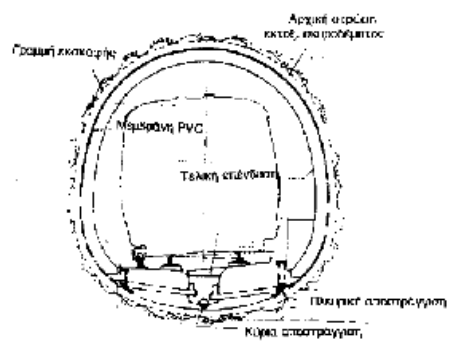
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

1. ΣΗΡΑΓΓΕΣ

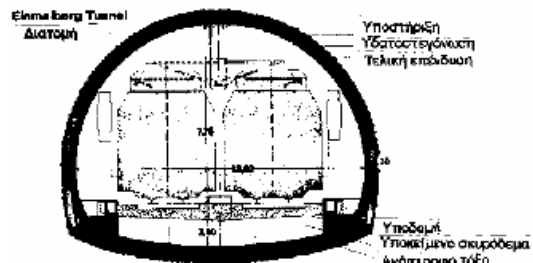
1.1 ΕΙΔΗ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΕΡΓΩΝ

Η γεωμετρική διαμόρφωση των υπόγειων έργων εξαρτάται κυρίως από το είδος τους. Από πλευράς σκοπού, διακρίνονται σε μεταλλευτικά και σε τεχνικά έργα. Τα μεταλλευτικά υπόγεια έργα, όπως τα φρέατα, οι ράμπες και οι στοές, εξυπηρετούν την εξόρυξη και αποκόμιση του μεταλλεύματος κατά τη λειτουργία του μεταλλείου, και η μορφή τους προσαρμόζεται στις επί τόπου ανάγκες και συνθήκες. Αντίθετα, τα τεχνικά υπόγεια έργα εξυπηρετούν πληθώρα συγκεκριμένων αναγκών της πολιτείας, για κάθε μία από τις οποίες προδιαγράφεται αυστηρά η μορφή (διατομή, μηκοτομή, κλπ) χρήσης. Ανάλογα με τη χρήση τους τα τελευταία διακρίνονται σε:

- α. Συγκοινωνιακά, όπως π.χ. σήραγγες σιδηροδρομικές (Σχ. 1), αστικού σιδηροδρόμου ΜΕΤΡΟ (Σχ. 2), οδικές (Σχ. 3), πεζών, ναυσιπλοΐας, κλπ.
- β. Μεταφοράς, όπως π.χ. σήραγγες ύδρευσης, αποχέτευσης, εκτροπής, εκκένωσης πυθμένα, προσαγωγής, φυγής, καλωδίων, εκτόνωσης πίεσης, μεταφοράς υγρών ή αερίων, μεταφορικών ιμάντων, κλπ.
- γ. Στάθμευσης, όπως π.χ. πολυώροφα υπόγεια γκαράζ.
- δ. Αποθήκευσης υλικών.
- ε. Διαμονής, όπως τα καταφύγια, τα υπόγεια αθλητικά κέντρα, κλπ.
- στ. Παραγωγής, όπως σταθμοί παραγωγής ενέργειας, χώροι μετασχηματιστών κλπ.
- ζ. Φρέατα, όπως π.χ. προσπέλασης και αερισμού.
- η. Βοηθητικά, τσιμεντενέσεων, αποστραγγίσεων, κλπ.

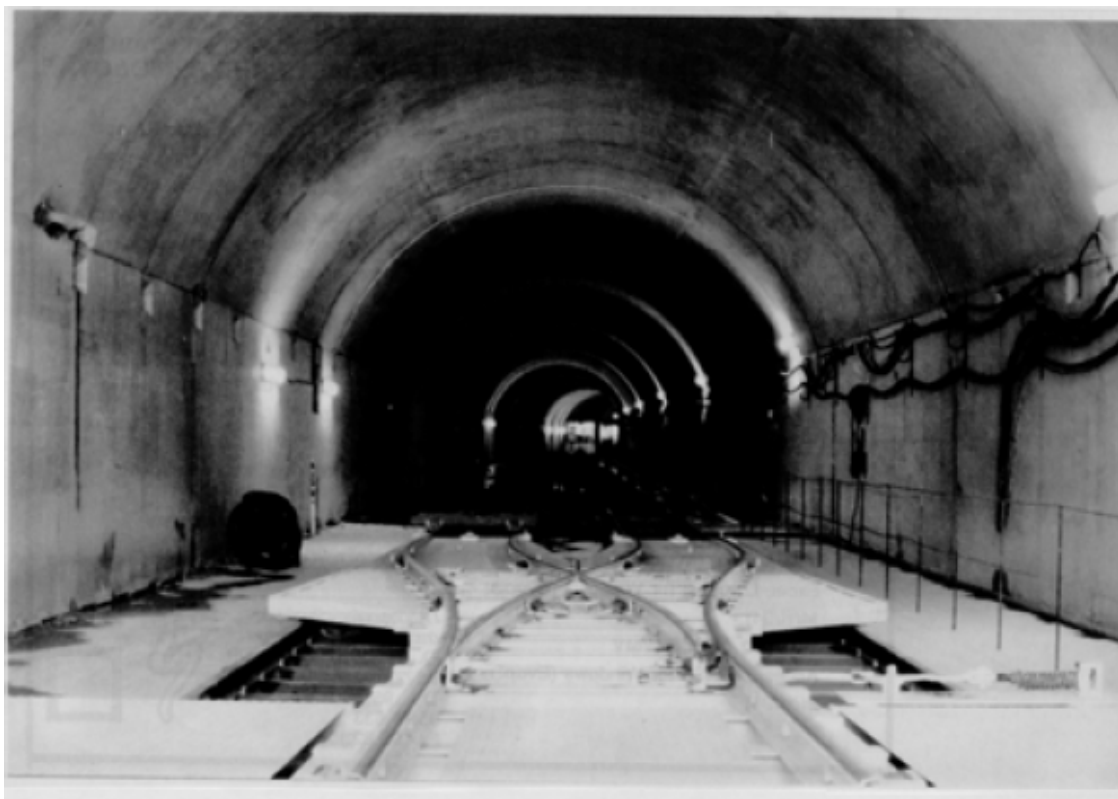


(α)



(β)

Σχήμα 1: Σιδηροδρομική σήραγγα. α. Μιας λωρίδας. β. Δύο λωρίδων



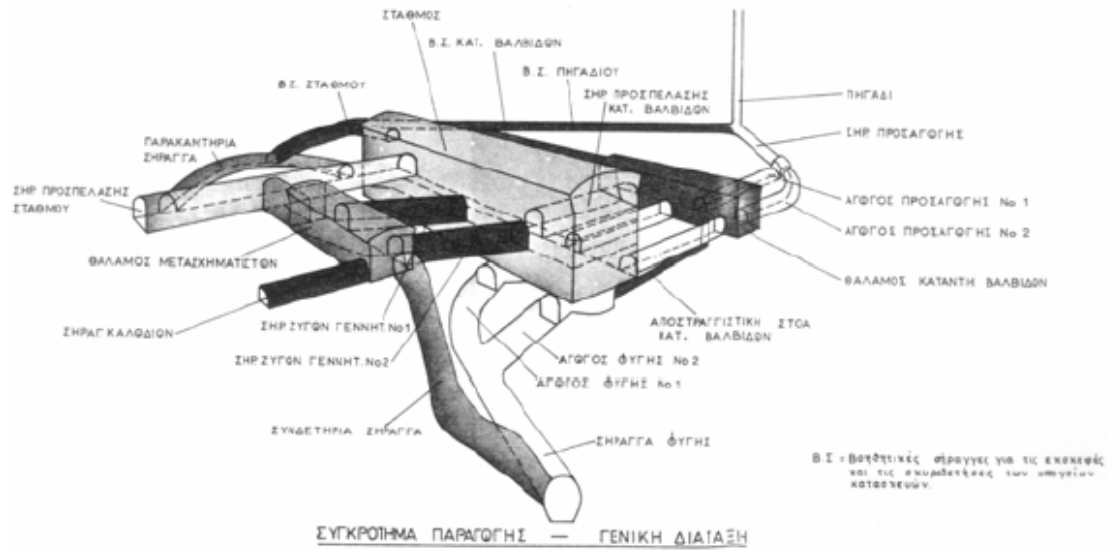
Σχήμα 2: Μετρό Αθηνών



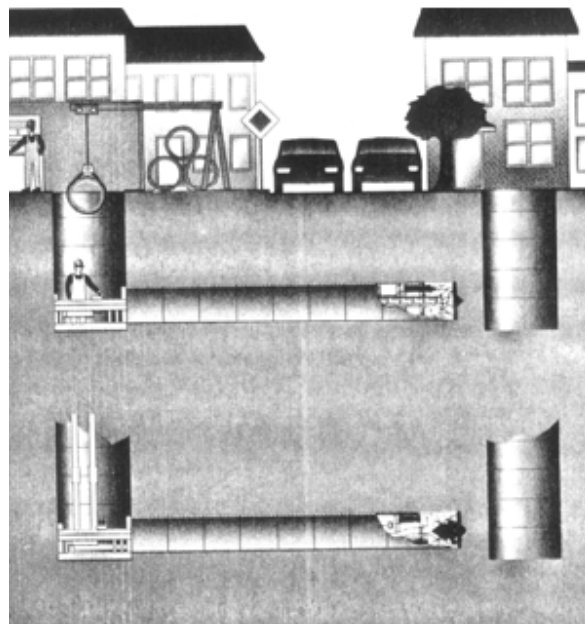
Σχήμα 3:.. Οδική σήραγγα Εγνατίας Οδού (Άγιος Νικόλαος-Κουμαριά)

Ανάλογα με τη μορφή τους, τα υπόγεια τεχνικά έργα διακρίνονται ως εξής :

- Θάλαμοι ή Καβέρνες (Σχ. 4). Είναι χωρικά ανοίγματα μεγάλων διαστάσεων.
- Σήραγγες. Είναι επιμήκη οριζόντια ή παρα-οριζόντια ανοίγματα εμβαδού διατομής έως και 300 m^2 ή και περισσότερο, που γενικά καταλήγουν σε δύο στόμια.
- Στοές. Αυτές είναι επιμήκη (μεταλλευτικά συνήθως) ανοίγματα, μικρού εμβαδού διατομής μέχρι 30 m^2 , και μικρής κλίσης, δηλ. έως 10° , που γενικά καταλήγουν μόνον στο ένα άκρο τους σε στόμιο. Για κλίσεις από 10° έως 45° ονομάζονται επικλινείς στοές. Οι στοές γενικά δεν έχουν μόνιμη λειτουργία.
- Σήραγγες μικρής διαμέτρου. Είναι επιμήκη οριζόντια ανοίγματα μικρότερης διατομής με διάμετρο από 0.90 έως 3.0 m.
- Μικροσήραγγες (Σχ. 5). Είναι επιμήκη οριζόντια ανοίγματα, με ύψος μικρότερο από 0.90 μέτρα, μέσα στα οποία δεν μπορεί να κινηθεί άνετα άνθρωπος.
- Φρέατα. Είναι επιμήκη κατακόρυφα ορύγματα. Για κλίσεις μεταξύ 90° και 45° ονομάζονται επικλινή φρέατα.



Σχήμα 4: Υπόγειος υδροηλεκτρικός σταθμός του φράγματος πηγών Αώου



Σχήμα 5: Μικροσήραγγα

Οι σήραγγες διακρίνονται ανάλογα με τη χάραξή τους σε:

- α. Εγκάρσιες, όταν προσβάλουν κάθετα το ορεινό αντέρεισμα.
- β. Κορυφής, όταν ο ορεινός σχηματισμός διατέμνεται εγκάρσια σε ανώτερο σημείο του.
- γ. Βάσης, όταν ο ορεινός σχηματισμός διατέμνεται εγκάρσια στο ύψος της πεδιάδας.

δ. Κλιτύων, όταν ο ορεινός σχηματισμός διατέμνεται σχετικά παράλληλα με την παράταξη του αντερείσματος.

ε. Σήραγγες με παράθυρα (Σχ. 6), που είναι σήραγγες κλιτύος με πολλά παράθυρα προς αυτή.

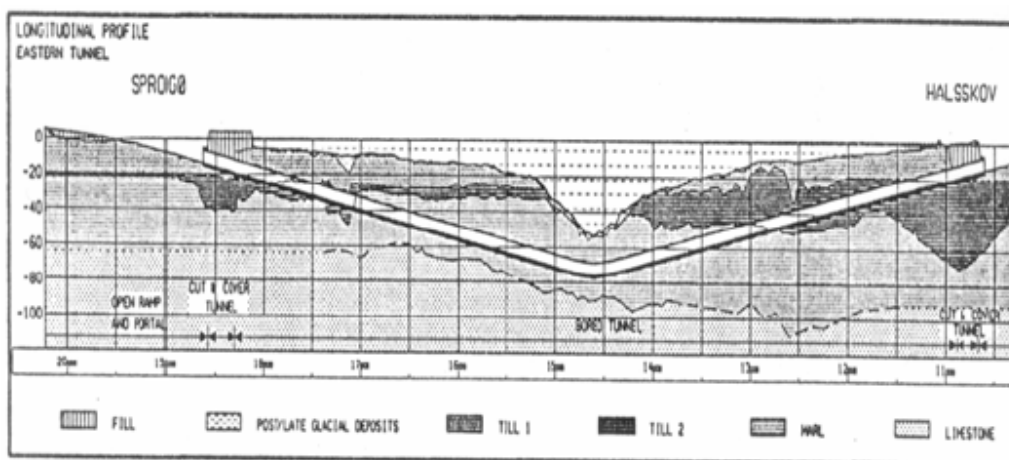
στ. Σήραγγες υποποτάμιες, κάτω από την κοιλάδα.

ζ. Σήραγγες υποθαλάσσιες, που μπορεί να είναι υποπυθμένες (Σχ. 7), ποντιζόμενες επιπυθμένες, και πλωτές στηριζόμενες από σύλους ή αγκύρια.

η. Ελικοειδείς ή ράμπες.



Σχήμα 6: Οδική σήραγγα με παράθυρα



Σχήμα 7: Μόνιμα υπό τον υδροφόρο ορίζοντα σήραγγα του Storebaelt

Τα υπόγεια τεχνικά έργα διακρίνονται ανάλογα με τη μηχανική λειτουργία τους σε:

- α. Εξωτερικής πίεσης πετρώματος ή ύδατος
- β. Εσωτερικής πίεσης υγρού, διαρκούς ή διακοπτόμενης
- γ. Στεγανά διήθησης νερού από το πέτρωμα προς το άνοιγμα
- δ. Στεγανά διήθησης υγρού ή αερίου από το άνοιγμα προς το πέτρωμα

Μία σήραγγα σύμφωνα με το σχήμα της διατομής της ονομάζεται: κυκλική, πολυγωνική, ορθογωνική, αψιδωτή, πεταλοειδής, διπλή, δίδυμη, διώροφη, κλπ. Τα υπόγεια έργα διακρίνονται ανάλογα με τον τρόπο υποστήριξης τους σε ανυποστήρικτα, ηλωμένα, υποστηριγμένα με πλαίσια, οπισθογεμισμένα, με αψίδα και βάθρο, σκυροδετημένα, ανοικτού δαπέδου, κλειστού σωλήνα, δύσκαμπτου σωλήνα, εύκαμπτου σωλήνα, σωλήνα ενός ή δύο κελυφών, κλπ.

Τα υπόγεια έργα διακρίνονται σύμφωνα με το υλικό της υποστήριξής τους σε επιλεκτικά (σποραδικά) υποστηριγμένα, υποστηριγμένα με ξυλοδεσιά, επενδυμένα με σκυρόδεμα, επενδυμένα με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα ή κονίαμα, επενδυμένα με οπλισμένο σκυρόδεμα, λιθόκτιστα, επενδυμένα με προκατασκευασμένα στοιχεία σκυροδέματος, κλπ.

1.2 ΣΗΡΡΑΓΓΕΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Σε αυτήν την παράγραφο, παρατίθενται κάποιες από τις κυριότερες σήραγγες που έχουν υλοποιηθεί, με όλες τις κατασκευαστικές τους λεπτομέρειες, όπως ονομασία, περιοχή, χρονοδιάγραμμα, κόστος κατασκευής, περιγραφή λειτουργίας, κατασκευαστής ακόμη και γεωλογία και μέθοδος όρυξης.

Σήραγγα Αυτοκινητόδρομου Σήραγγα Αηλίου Εγνατία Οδός, Τμήμα 3.3 Βόρεια Ελλάδα

Έργο
Σήραγγα Αυτοκινητόδρομου

Κόστος Κατασκευής
Συνολικό κόστος: περίπου € 88 εκ.

Χρονοδιάγραμμα Έργου
Σχεδιασμός: 2001-2003
Κατασκευή: 2001-2006

Περιγραφή Έργου
Δίδυμη σήραγγα αυτοκινητόδρομου
Μήκος: 2 x 1917m
Διατομή: 105m²

Μέθοδος όρυξης
NATM – Χρήση εκρηκτικών και μηχανικών μέσων

Τελική Επένδυση
Οπλισμένο σκυρόδεμα C20/25

Γεωλογία
Σχηματισμός φλύσχη αποτελούμενος από εναλλαγές ψαμμών και ασθενών ιλυολίθων
Τεκτονικό μίγμα αποτελούμενο κυρίως από ασθενείς και μαλακούς ιλυολίθους
Μέγιστα υπερκείμενα: 250m

Περιγραφή Εργασιών
• Λεπτομερής Οριστική Μελέτη γεωτεχνικών & στατικών υπόγειων εργασιών
• Επίβλεψη κατασκευής
• Οι στατικές μελέτες και η επίβλεψη εκπονήθηκαν από κοινού από την ΟΜΙΚΡΟΝ ΚΑΠΑ ΜΕΛΕΤΗΤΙΚΗ Ε.Π.Ε. & την INGENIEURBUREAU EDR GmbH, Μόναχο

Λεπτομέρειες Κατασκευής
• Εύκαμπτη υποστήριξη με τη χρήση δικτυωτών ολισθαινόντων πλαισίων στα τμήματα της σήραγγας με έντονες συνθήκες σύνθλιψης της βραχώμαζας
• Λύσεις κλειστών διατομών

Εργοδότες
• ΣΩΤΗΡΟΠΟΥΛΟΣ & ΣΥΝΕΡΓΑΤΕΣ Α.Ε.
• ΑΚΤΩΡ Α.Τ.Ε.



Στόμιο εισόδου



Στόμιο εξόδου



Υπόγειο τμήμα

Σήραγγα Αυτοκινητόδρομου Σήραγγα Ανθοχωρίου Εγνατία Οδός, Τμήμα 3.2 Βόρεια Ελλάδα

Έργο
Σήραγγα Αυτοκινητοδρόμου

Κόστος Κατασκευής
Συνολικό κόστος: περίπου € 14,6 εκ.

Χρονοδιάγραμμα Έργου
Σχεδιασμός: 2001-2003
Κατασκευή: 2001-2005

Περιγραφή Έργου
Δίδυμη σήραγγα αυτοκινητοδρόμου
Μήκος: 2 x 673m
Διατομή: 105m²

Μέθοδος Όρυξης
NATM – Χρήση μηχανικών μέσων με παροδική χρήση εκρηκτικών

Τελική Επένδυση
Οπλισμένο σκυρόδεμα C20/25 και C30/37

Γεωλογία
Πολύ ασθeneis τεκτονισμένοι πηλites με δομή τεκτονικού μίγματος
Λεπτά στρώματα ψαμμιτών και ιλυολιθών υπό μορφή χαλίκων
Μέγιστα υπερκείμενα: 90m

Περιγραφή Εργασιών

- Λεπτομερής Οριστική Μελέτη μέτρων αποκατάστασης
- Επανασχεδιασμός εκκαφής, προσωρινής υποστήριξης και τελικής επένδυσης
- Επιτόπου αξιολόγηση μετακινήσεων
- Επιβλεψη κατά τη διάρκεια της κατασκευής
- Ο σχεδιασμός του έργου εκπονήθηκε από κοινού από την ΟΜΙΚΡΟΝ ΚΑΠΑ ΜΕΛΕΤΗΤΙΚΗ Ε.Π.Ε. και την INGENIEURBUREAU EDR GmbH, Μόναχο

Λεπτομέρειες Κατασκευής

- Καθαίρεση και αποκατάσταση του υπάρχοντος παραμορφωμένου κελύφους προσωρινής υποστήριξης
- Ενδάμηση επένδυση

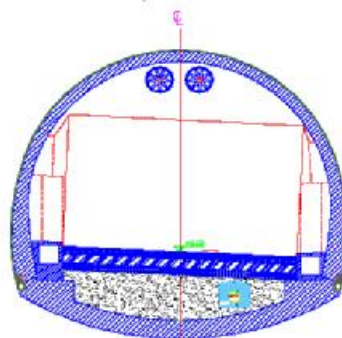
Εργοδότης
ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Α.Ε.



Στόμιο εξόδου



Στόμιο εισόδου



Τυπική διατομή

Σήραγγες Αυτοκινητόδρομου Σήραγγες Σ1 & Σ2 Εγνατία Οδός, Τμήμα 1.1.6 Βόρεια Ελλάδα

Έργο
Σήραγγες Αυτοκινητόδρομου

Κόστος Κατασκευής
Συνολικό κόστος: περίπου € 29,3 εκ.

Χρονοδιάγραμμα Έργου
Σχεδιασμός: 2000-2002
Κατασκευή: 2000-2006

Περιγραφή Έργου
Δίδυμες σήραγγες αυτοκινητοδρόμου
Μήκος: 3108m
Διατομή: 105m²

Μέθοδος Όρυξης
NATM – Χρήση εκρηκτικών με σποραδική χρήση μηχανικών μέσων

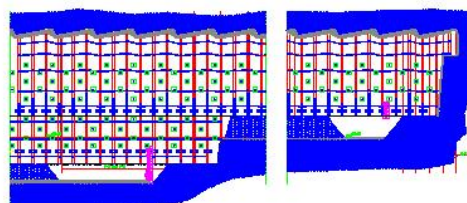
Τελική Επένδυση
Οπλισμένο σκυρόδεμα C20/25

Γεωλογία
Λατυποπαγείς και κατακλαστικοί ασβεστόλιθοι
Εβαπορίτες
Μεγάλη ρηξιγενής ζώνη
Μέγιστα υπερκείμενα: 120m

Περιγραφή Εργασιών
• Λεπτομερής Οριστική Γεωτεχνική Μελέτη σιράγγων
• Επίβλεψη κατασκευής

Λεπτομέρειες Κατασκευής
• Χρήση forepiles και spiles
• Μικροπιάσσαλοι με τιμμεντέμα για την ευστάθεια του μετώπου

Εργοδότης
ΠΑΝΤΕΧΝΙΚΗ Α.Ε.



Μηκτομή κατηγορίας εκσκαφής και προσωρινής υποστήριξης με χρήση forepiling



Σήραγγα Σ1



Σήραγγα Σ2

Σήραγγα Αυτοκινητόδρομου
Σήραγγα Αγίου Νικολάου
Εγνατία Οδός, Τμήμα 3.3
Βόρεια Ελλάδα

Έργο
Σήραγγα αυτοκινητόδρομου

Κόστος Κατασκευής
Συνολικό κόστος: περίπου € 14,6 εκ.

Χρονοδιάγραμμα Έργου
Σχεδιασμός: 2000-2003
Κατασκευή: 2001-2006

Περιγραφή Έργου
Δίδυμη σήραγγα αυτοκινητόδρομου
Μήκος: 2 x 241m
Διατομή: 105m²

Μέθοδος Όρυξης
NATM – Χρήση εκρηκτικών με σποραδική χρήση μηχανικών μέσων

Τελική Επένδυση
Οπλισμένο σκυρόδεμα C20/25

Γεωλογία
Φλύσκη αποτελείμενος κυρίως από παχυστρωματώδεις ψαμμίτες, εναλλαγές λεπτοστρωματωδών ιλυολίθων και ψαμμιτών και πηλίτες
Σημαντικές εισροές υπογείων υδάτων
Μέγιστα υπερκείμενα: 160m

Περιγραφή Εργασιών

- Λεπτομερής Οριστική Μελέτη γεωτεχνικών και στατικών εργασιών
- Επίβλεψη κατασκευής
- Οι στατικές μελέτες και η επίβλεψη εκπονήθηκαν από κοινού από την ΟΜΙΚΡΟΝ ΚΑΠΛΑ ΜΕΛΕΤΗΤΙΚΗ Ε.Π.Ε. & την INGENIEURBURO EDR GmbH, Μόναχο

Λεπτομέρειες Κατασκευής

- Χρήση forepoles και spiles
- Ειδικά μέτρα αποστράγγισης

Εργοδότης
ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Α.Ε.



Στόμια εισόδου



Υπόγειο τμήμα



Φορέας Cut & Cover στομίων εισόδου

Σήραγγα Αυτοκινητοδρόμου

Σήραγγα Καλαμιών

Εγνατία Οδός, Τμήμα 3.2

Βόρεια Ελλάδα

Έργο

Σήραγγα αυτοκινητοδρόμου

Κόστος Κατασκευής

Συνολικό κόστος: περίπου € 23,5 εκ.

Χρονοδιάγραμμα Έργου

Σχεδιασμός: 2000-2002
Κατασκευή: 2001-2005

Περιγραφή Έργου

Δίδυμη σήραγγα αυτοκινητοδρόμου

Μήκος: 2 x 783m
Διατομή: 105-150m²

Μέθοδος Όρυξης

NATM – χρήση εκρηκτικών με σποραδική χρήση μηχανικών μέσων

Τελική Επένδυση

Οπλισμένο σκυρόδεμα C20/25

Γεωλογία

Φλύσχος αποτελούμενος κυρίως από παχυστρωματώδεις ψαμμίτες
Εναλλαγές λεπτοστρωματωδών ιλυόλιθων, ψαμμιτών και πηλίτες
Σημαντικές εισροές υπογείων υδάτων
Μέγιστα υπερκείμενα: 95m

Περιγραφή Εργασιών

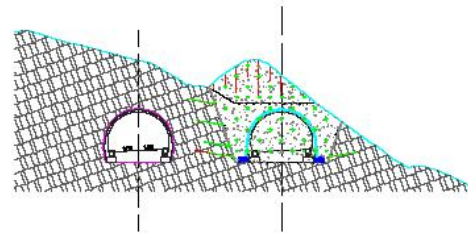
- Λεπτομερής Οριστική Μελέτη γεωτεχνικών και στατικών εργασιών

Εργοδότης

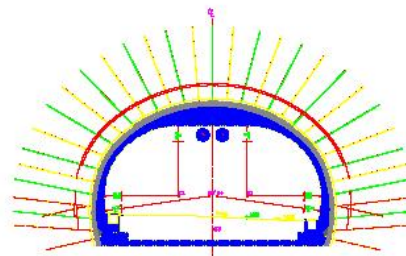
ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Α.Ε.



Στόμια εξόδου



Σχεδιασμός στομίων εισόδου



Τρίκχη διατομή σήραγγας

Σήραγγα Αυτοκινητόδρομου

Σήραγγα Σ4

Εγνατία Οδός, Τμήμα 5.2

Βόρεια Ελλάδα

Έργο
Σήραγγα αυτοκινητόδρομου

Κόστος Κατασκευής
Συνολικό κόστος: περίπου € 13,2 εκ.

Χρονοδιάγραμμα Έργου
Σχεδιασμός: 1998-2001
Κατασκευή: 2000-2003

Περιγραφή Έργου
Δίδυμη σήραγγα αυτοκινητοδρόμου
Μήκος: 2 x 272m
Διατομή: 105m²

Μέθοδος Όρυξης
NATM – Χρήση μηχανικών μέσων

Τελική Επένδυση
Οπλισμένο σκυρόδεμα C20/25

Γεωλογία
Λεπτοστρωματώδη μάρμαρα, γνεύσιοι και αποσθρωμμένοι σχιστόλιθοι με χαοτική δομή
Μέγιστα υπερκείμενα: 50m

Περιγραφή Εργασιών

- Λεπτομερής Οριστική Μελέτη γεωτεχνικών και στατικών εργασιών
- Επανασχεδιασμός στομίου εισόδου λόγω μεγάλης ενεργού κατολίθησης

Λεπτομέρειες Κατασκευής

- Forerolling στο μέτωπο της άνω ημιδιατομής και της βαθμίδας
- Εκτεταμένη υποστήριξη μετώπου
- Άκαμπτο κέλυφος προσωρινής υποστήριξης

Εργοδότης
ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Α.Ε.



Στόμια εξόδου



Κατασκευή τελικής επένδυσης



Στόμια εισόδου

Σήραγγα Αυτοκινητοδρόμου
Σήραγγα Ραψομμάτη
Ε.Ο. Τρίπολης - Καλαμάτας
Νότια Ελλάδα

Έργο
Σήραγγα Αυτοκινητοδρόμου

Κόστος Κατασκευής
Συνολικό κόστος: περίπου € 29,3 εκ.

Χρονοδιάγραμμα Έργου
Σχεδιασμός: 2000-2001
Κατασκευή: 2000-2003

Περιγραφή Έργου
Μήκος: 1300m
Διατομή: 104m²

Μέθοδος Όρυξης
NATM – Χρήση εκρηκτικών μέσων

Τελική Επένδυση
Οπλισμένο σκυρόδεμα C20/25

Γεωλογία
Λεπτοστρωματώδεις ασβεστόλιθοι, φυλλίτες και σχιστόλιθοι
Μέγιστα υπερκείμενα: 127m

Περιγραφή Εργασιών
• Λεπτομερής Οριστική Μελέτη γεωτεχνικών και στατικών εργασιών

Εργοδότης
ΑΚΤΩΡ Α.Τ.Ε.



Στόμια εισόδου



Υπόγειο τμήμα



Στόμιο εξόδου αριστερού κλάδου

Οδική Σήραγγα Σήραγγα Ναυπάκτου Παράκαμψη Ναυπάκτου Κεντρική Ελλάδα

Έργο

Οδική σήραγγα

Κόστος Κατασκευής

Συνολικό κόστος: περίπου € 8 εκ.

Χρονοδιάγραμμα Έργου

Σχεδιασμός: 1999-2001

Κατασκευή: 1999-2003

Περιγραφή Έργου

Μήκος: 110m

Διατομή: 113m²

Μέθοδος Όρυξης

NATM – Χρήση μηχανικών μέσων

Τελική Επένδυση

Οπλισμένο σκυρόδεμα C20/25

Γεωλογία

Φλύσκις αποτελούμενος από ιλυόλιθους και μάργες

Μέγιστα υπερκείμενα: 14m

Περιγραφή Εργασιών

- Λεπτομερής Οριστική Μελέτη γεωτεχνικών & στατικών εργασιών
- Η Μελέτη εκπονήθηκε από κοινού από την ΟΜΙΚΡΟΝ ΚΑΓΙΑ ΜΕΛΕΤΗΤΙΚΗ Ε.Π.Ε. & την INGENIEURBURO EDR GmbH, Μόναχο

Λεπτομέρειες Κατασκευής

- Χρήση foreroples
- Λύσεις κλειστών διατομών

Εργοδότης

ΤΡΙΤΩΝ Α.Ε.



Στόμιο εισόδου



Υπόγειο τμήμα



Στόμιο εξόδου

Υδραυλική Σήραγγα

Σήραγγα Yacambu – Quibor

Βενεζουέλα

Έργο
Υδραυλική σήραγγα

Χρονοδιάγραμμα Έργου
Σχεδιασμός: 2003
Κατασκευή: 2003-2004

Περιγραφή Έργου
Υδραυλική σήραγγα διερχόμενη από τις Άνδεις
Μήκος: 25000m
Διατομή: 30m²

Μέθοδος Όρυξης
NATM – Χρήση εκρηκτικών και μηχανικών μέσων

Τελική Επένδυση
Οπλισμένο σκυρόδεμα

Γεωλογία
Ψαμμίτες, φυλλίτες και ασβεστόλιθοι
Συνθήκες έντονης σύνθλιψης βραχώμαζας
Μέγιστα υπερκείμενα: 1200m

Περιγραφή Εργασιών

- Λεπτομερής Οριστική Μελέτη τελικής επένδυσης σε συγκεκριμένα τμήματα της σήραγγας
- Οι μελέτες εκπονήθηκαν σε συνεργασία με τον Δρ Evert Hoek

Λεπτομέρειες Κατασκευής

- Ολισθαίνοντα πλαίσια για την αντιμετώπιση της έντονης σύνθλιψης βραχώμαζας

Εργοδότης
SISTEMA HYDRAULICO YACAMBU – QUIBOR S.A.



Σήραγγα Yacambu – Quibor



Άποψη του υπογείου μετώπου εκσκαφής



Στόμιο εισόδου

Σήραγγα Αυτοκινητόδρομου Σήραγγα Δρίσκου Εγνατία Οδός, Τμήμα 2.3 Βόρεια Ελλάδα

Έργο

- Σήραγγα αυτοκινητόδρομου
- Φρέαρ αερισμού

Κόστος Κατασκευής

Συνολικό κόστος: περίπου € 129 εκ.

Χρονοδιάγραμμα Έργου

Σχεδιασμός: 1999-2001
Κατασκευή: 1999-2005

Περιγραφή Έργου

- Δίδυμη σήραγγα αυτοκινητόδρομου
Μήκος: 2 x 4500m
Διατομή: 105m²
- Φρέαρ αερισμού
Υψος: 186m
Διατομή: 22.4m²

Μέθοδος Όρυξης

NATM – Χρήση εκρηκτικών και μηχανικών μέσων

Τελική Επένδυση

Οπλισμένο σκυρόδεμα C20/25

Μέθοδος Όρυξης Φρέατος

Κατασκευή Top down εκτός από τα τελευταία μέτρα τα οποία θα ορυχτούν μέσα από τη σήραγγα

Γεωλογία

Εναλλαγές ψαμμιτών και ιλυολιθων με ζώνες διάτμησης και ρήγματα

Μέγιστα υπερκείμενα: 230m

Περιγραφή Εργασιών

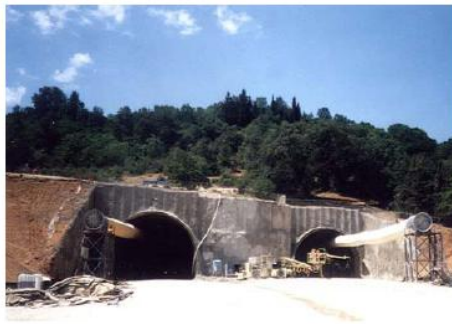
- Λεπτομερής Οριστική Μελέτη γεωτεχνικών και στατικών υπογείων εργασιών
- Λεπτομερής Οριστική Μελέτη γεωτεχνικών και στατικών εργασιών για το φρέαρ αερισμού
- Οι μελέτες εκπονήθηκαν από κοινού από την ΟΜΙΚΡΟΝ ΚΑΠΑ ΜΕΛΕΤΗΤΙΚΗ Ε.Π.Ε. & την INGENIEURBURO EDR GmbH, Μόναχο

Λεπτομέρειες Κατασκευής

- Τοιμενενέσεις σταθεροποίησης
- Προεντεταμένα αγκύρια

Εργοδότες

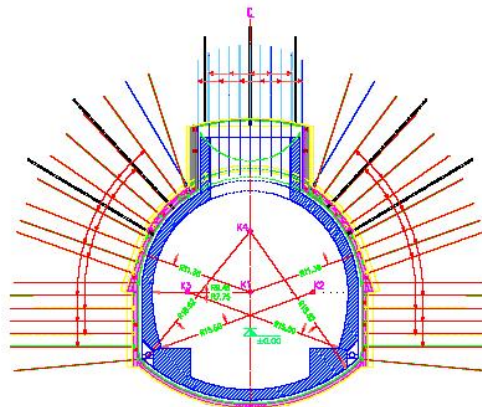
- ΑΚΤΩΡ Α.Τ.Ε.
- ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Α.Ε.



Στόμα εισόδου



Σήραγγα κατά την σ' φάση εκσκαφής



Τυπική διατομή σήραγγας στη θέση του φρέατος αερισμού

Σήραγγα Αυτοκινητόδρομου

Σήραγγα Σ3

Εγνατία Οδός, Τμήμα 5.2-5.3

Βόρεια Ελλάδα

Έργο

Σήραγγα αυτοκινητόδρομου

Κόστος Κατασκευής

Συνολικό κόστος: περίπου € 88,1 εκ.

Χρονοδιάγραμμα Έργου

Σχεδιασμός: 2000-2004

Κατασκευή: 1999-2005

Περιγραφή Έργου

Δίδυμη σήραγγα αυτοκινητόδρομου

Μήκος: 2 x 230m

Διατομή: 105m²

Μέθοδος Όρυξης

NATM – Μηχανικά μέσα

Τελική Επένδυση

Οπλισμένο σκυρόδεμα C20/25

Γεωλογία

Φυλλίτες, σχιστόλιθοι και εδαφικά υλικά σε περιοχή ενεργούς κατολίθησης

Μέγιστα υπερκείμενα: 35m

Περιγραφή Εργασιών

- Γενική Οριστική Μελέτη γεωτεχνικών & στατικών εργασιών
- Σχεδιασμός μέτρων αποκατάστασης και σταθεροποίησης σήραγγας χωρικά κινούμενης
- Η Στατική Μελέτη εκπονήθηκε από κοινού από την ΟΜΙΚΡΟΝ ΚΑΠΑ ΜΕΛΕΤΗΤΙΚΗ Ε.Π.Ε. & την INGENIEURBURO EDR GmbH, Μόναχο

Λεπτομέρειες Κατασκευής

- Αγκυρωμένοι πασσαλότοιχοι
- Μόνιμα προεντεταμένα αγκύρια εφαρμοζόμενα από το εσωτερικό της σήραγγας στη περιοχή του ρωγματομένου ανάστροφου τόξου
- Τσιμεντενώσεις σταθεροποίησης εφαρμοζόμενες από το εσωτερικό της σήραγγας

Εργοδότης

ΑΕΓΕΚ Α.Ε.



Στόμια εισόδου



Σήραγγα μετά την πλήρη εκσκαφή



Σήραγγα με μόνιμη επένδυση

Σήραγγες Αυτοκινητοδρόμου Σήραγγες Σ1 & Σ2 Εγνατία Οδός, Τμήμα 5.2 - 5.3 Βόρεια Ελλάδα

Έργο

Σήραγγες αυτοκινητόδρομου

Κόστος Κατασκευής

Συνολικό κόστος: περίπου € 82,2 εκ.

Χρονοδιάγραμμα Έργου

Σχεδιασμός: 1999-2001

Κατασκευή: 1999-2003

Περιγραφή Έργου

Δίδυμες σήραγγες αυτοκινητοδρόμου

Μήκος: 2x840m & 2x315m

Διατομή: 105m²

Μέθοδος Όρυξης

NATM – Χρήση εκρηκτικών και μηχανικών μέσων

Τελική Επένδυση

Οπλισμένο σκυρόδεμα C20/25

Γεωλογία

Φυλλίτες, ψαμμίτες

Υπόγεια ύδατα

Μέγιστα υπερκείμενα: 120m

Περιγραφή Εργασιών

- Λεπτομερής Οριστική Μελέτη γεωτεχνικών & στατικών εργασιών
- Η Στατική Μελέτη εκπονήθηκε από κοινού από την ΟΜΙΚΡΟΝ ΚΑΠΑ ΜΕΛΕΤΗΤΙΚΗ Ε.Π.Ε. & την INGENIEURBURO EDR GmbH, Μόναχο

Λεπτομέρειες Κατασκευής

- Στήριξη μετώπου με spiles
- Ειδικές τεχνικές αποστράγγισης και αγκύρωσης

Εργοδότης

ΑΚΤΩΡ Α.Τ.Ε.



Φορέις Cut & Cover στοίμων εισόδου σήραγγας Σ1



Στόμα εξόδου σήραγγας Σ2



Κατασκευή τελικής επένδυσης στη σήραγγα Σ1

Σήραγγες Αυτοκινητόδρομου Σήραγγες ΑΣ1, ΑΣ2 & ΑΣ3 ΠΑΘΕ, Τμήμα Κακιά Σκάλα Κεντρική Ελλάδα

Έργο
Σήραγγες αυτοκινητόδρομου

Κόστος Κατασκευής
Συνολικό κόστος: περίπου € 97 εκ.

Χρονοδιάγραμμα Έργου
Σχεδιασμός: 2000-2003
Κατασκευή: 2000-2004

Περιγραφή Έργου
- Δίδυμες σήραγγες αυτοκινητόδρομου (ΑΣ1 & ΑΣ2)
Μήκος: 3050m
Διατομή: 192m²
- Μονή σήραγμα (ΑΣ3)
Μήκος: 1100m
Διατομή: 192m²

Μέθοδος Όρυξης
NATM – Χρήση εκρηκτικών

Τελική Επένδυση
Οπλισμένο σκυρόδεμα C20/25

Γεωλογία
Ασβεστόλιθοι, κορήματα
Περιοχή σεισμικά ενεργή
Μέγιστα υπερκείμενα: 200m

Περιγραφή Εργασιών

- Γενική Οριστική Μελέτη γεωτεχνικών & στατικών εργασιών
- Στατικές Μελέτες εκπονήθηκαν από κοινού από την ΟΜΙΚΡΟΝ ΚΑΠΛΑ ΜΕΛΕΤΗΤΙΚΗ Ε.Π.Ε. & την INGENIEURBURO EDR GmbH, Μόναχο

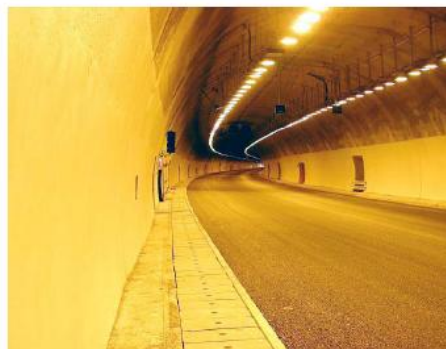
Λεπτομέρειες Κατασκευής

- Σχεδιασμός ειδικής κατασκευής με οπλισμένο σκυρόδεμα (RCS) και ειδικής κατασκευής από οπλισμένο σκυρόδεμα και πολυστερίνη (RCSP) για την συμπλήρωση της διατομής της σήραγγας ΑΣ1, λόγω της απότομης μορφολογίας και της γεινιάσης της σήραγγας στον υπάρχοντα αυτοκινητόδρομο

Εργοδότης
ΑΚΤΩΡ Α.Τ.Ε.



Σήραγμα ΑΣ1 (Γεράνεια)



Σήραγμα ΑΣ2 (Ευφράτινος)



Σήραγμα ΑΣ3 (Αίθρα)

Υδραυλική σήραγγα

Σήραγγα Ολυμπιακού Χωριού

Αθήνα

Έργο
Υδραυλική σήραγγα

Κόστος Κατασκευής
Συνολικό κόστος: περίπου € 4 εκ.

Χρονοδιάγραμμα Έργου
Σχεδιασμός: 2003
Κατασκευή: 2003-2004

Περιγραφή Έργου
Υδραυλική σήραγγα για την αντιπλημμυρική προστασία του Ολυμπιακού Χωριού
Μήκος: 320m
Διατομή: 20m²

Μέθοδος Όρυξης
Υδραυλική προώθηση σωλήνων (Pipe Jacking)

Γεωλογία
Μάργες, άργιλοι, χάλικες

Περιγραφή Εργασιών

- Λεπτομερής Οριστική Μελέτη γεωτεχνικών & στατικών εργασιών με τη μέθοδο της υδραυλικής προώθησης σωλήνων (pipe jacking)
- Λεπτομερής Οριστική Μελέτη φρεάτων για την έναρξη κατασκευής

Εργοδότης
ΑΚΤΩΡ Α.Τ.Ε.



Αποπεράτωση όρυξης



Είσοδος pipe jacking μέσω του φρέατος για την έναρξη κατασκευής

Οδική Σήραγγα Σήραγγα Αγίου Ηλία Παραϊόνιος Οδός Δυτική Ελλάδα

Έργο

Οδική σήραγγα

Κόστος Κατασκευής

Συνολικό κόστος: περίπου € 16 εκ.

Χρονοδιάγραμμα Έργου

Σχεδιασμός: 2000-2003
Κατασκευή: 2000-2005

Περιγραφή Έργου

Μήκος: 623m
Διατομή: 113m²

Μέθοδος Όρυξης

NATM – Χρήση εκρηκτικών με σποραδική χρήση μηχανικών μέσων

Τελική Επένδυση

Οπλισμένο σκυρόδεμα C20/25

Γεωλογία

Μάργες, άργιλοι, χάλικες, εβαπορίτες, ασβεστόλιθοι

Υπόγεια ύδατα

Μέγιστα υπερκείμενα: 75m

Περιγραφή Εργασιών

- Λεπτομερής Οριστική Μελέτη γεωτεχνικών & στατικών εργασιών
- Η Στατική Μελέτη εκπονήθηκε από κοινού από την ΟΜΙΚΡΟΝ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗΤΙΚΗ Ε.Π.Ε. & την INGENIEURBURO EDR GmbH, Μόναχο

Λεπτομέρειες Κατασκευής

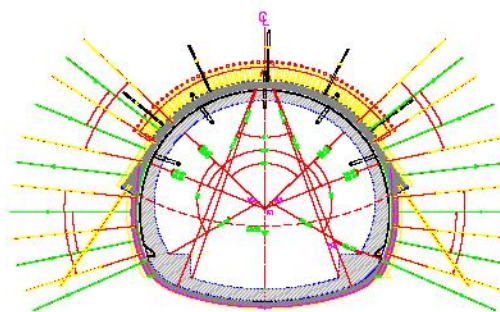
- Χρήση spiles
- Άκαμπτη επένδυση από σκυρόδεμα

Εργοδότης

ΕΥΚΛΕΙΔΗΣ Α.Τ.Ε.



Στόμιο εισόδου



Διατομή σήραγγας



Κατασκευή Cut & Cover στο στόμιο εξόδου

Σήραγγα Αυτοκινητόδρομου

Σήραγγα Σ2.1

Εγνατία Οδός, Τμήμα 5.2 - 5.3

Βόρεια Ελλάδα

Έργο
Σήραγγα αυτοκινητόδρομου

Κόστος Κατασκευής
Συνολικό κόστος: περίπου € 5 εκ.

Χρονοδιάγραμμα Έργου
Σχεδιασμός: 2001-2002
Κατασκευή: 2002-2005

Περιγραφή Έργου
Δίδυμη σήραγγα αυτοκινητόδρομου
Συνολικό μήκος: 2 x 287m
Διατομή: 105m²

Μέθοδος Όρυξης
NA1M – Χρήση εκρηκτικών & μηχανικών μέσων

Τελική Επένδυση
Οπλισμένο σκυρόδεμα C20/25

Γεωλογία
Φυλλίτες, ψαμμίτες
Μέγιστα υπερκείμενα: 25m

Περιγραφή Εργασιών

- Λεπτομερής Οριστική Μελέτη γεωτεχνικών & στατικών εργασιών
- Η Στατική Μελέτη εκπονήθηκε από κοινού από την ΟΜΙΚΡΟΝ ΚΑΠΑ ΜΕΛΕΤΗΤΙΚΗ Ε.Π.Ε. & την INGENIEURBURO EDR GmbH, Μόναχο

Εργοδότης
ΑΚΤΩΡ Α.Τ.Ε.



Στόμια εισόδου



Εργασίες τελικής αποκατάστασης στομίων εισόδου

Σήραγγα Αυτοκινητοδρόμου

Σήραγγα Νέστου

Εγνατία Οδός, Τμήματα 14.1.2 – 14.2.1

Βόρεια Ελλάδα

Έργο
Σήραγγα Αυτοκινητοδρόμου

Κόστος Κατασκευής
Συνολικό Κόστος: περίπου € 6 εκ.

Χρονοδιάγραμμα Έργου
Σχεδιασμός: 2001-2002
Κατασκευή: 2006-2007

Περιγραφή Έργου
Δίδυμη Σήραγγα Αυτοκινητοδρόμου
Μήκος: 2 x 310m
Διατομή: 105m²

Μέθοδος Όρυξης
NATM – Χρήση μηχανικών μέσων, χρήση εκρηκτικών

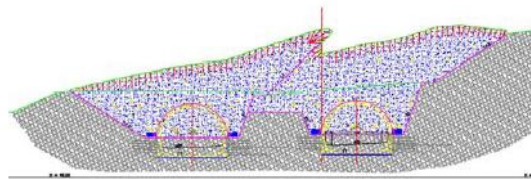
Τελική Επένδυση
Οπλισμένο Σκυρόδεμα C20/25

Γεωλογία
Μάρμαρα, σχιστόλιθοι, γεύσιοι
Μέγιστα Υπερκείμενα: 40m

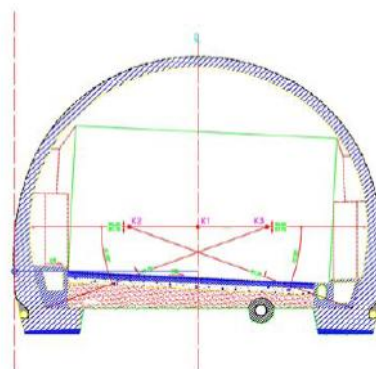
Περιγραφή Εργασιών

- Λεπτομερής Οριστική Μελέτη εκσκαφής, προσωρινής υποστήριξης και τελικής επένδυσης, συμπεριλαμβανομένων των συνοδών έργων (στόμια, εσοχές)
- Σχεδιασμός υδραυλικών διευθετήσεων
- Σχεδιασμός μέτρων αποκατάστασης τοπίου στα στόμια των σηράγγων

Εργοδότης
ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Α.Ε.



Σχεδιασμός εκσκαφών στομίων εξόδου



Τυπική Διατομή σήραγγας

Σήραγγα Αυτοκινητοδρόμου Σήραγγα Παναγιάς Εγνατία Οδός, Τμήμα 4.1.1s Βόρεια Ελλάδα

Έργο
Σήραγγα Αυτοκινητοδρόμου

Κόστος Κατασκευής
Συνολικό Κόστος: περίπου € 84,25 εκ.

Χρονοδιάγραμμα Έργου
Σχεδιασμός: 2003-2005
Κατασκευή: 2006-σήμερα

Περιγραφή Έργου
Δίδυμη Σήραγγα Αυτοκινητοδρόμου
Μήκος: 2 x 2670m
Διατομή: 105m²

Μέθοδος Όρυξης
NATM – Χρήση μηχανικών μέσων, χρήση εκρηκτικών

Τελική Επένδυση
Οπλισμένο Σκυρόδεμα C20/25

Γεωλογία
Ιλυόλιθοι, ψαμμίτες, περιδοσίτες, κερατόλιθοι, γάββροι, ερυθροπηλίτες, τεκτονικό μείγμα
Μέγιστα Υπερκείμενα: 250m

Περιγραφή Εργασιών

- Λεπτομερής Οριστική Μελέτη εκκαφής, προσωρινής υποστήριξης και τελικής επένδυσης, συμπεριλαμβανομένων των συνοδών έργων (στόμια, εσοχές, χώροι στάθμευσης, συνδετήριες σήραγγες, υδραυλικές διευθετήσεις)
- Επιβλεψη γεωτεχνικών ερευνών και γεωτεχνική αξιολόγηση κατά μήκος των δύο κλάδων
- Σύνταξη τευχών δημοπράτησης
- Ο σχεδιασμός του έργου εκπονήθηκε από κοινού από την ΟΜΙΚΡΟΝ ΚΑΠΑ ΜΕΛΕΤΗΤΙΚΗ Ε.Π.Ε. και την INGENIEURBURO EDR GmbH, Μόναχο

Λεπτομέρειες Κατασκευής

- Λύσεις κλειστών διατομών
- Άκαμπτο κέλυφος προσωρινής υποστήριξης
- Σχεδιασμός των στομιών εισόδου με τη μέθοδο Cover & Cut, λόγω υφιστάμενων επιφανειακών αστοχιών

Εργοδότης
ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Α.Ε.



Στόμια εισόδου



Στόμιο εξόδου Δεξιού Κλάδου

Σήραγγες & Τεχνικά Αυτοκινητοδρόμου

Κεντρική Ελλάδα

Έργο

Σήραγγες, ημιστέγαστρο και έλεγχος υφιστάμενων τεχνικών έργων αυτοκινητοδρόμου ΠΑΘΕ στο τμήμα από τον Πλαταμώνα έως την Κατερίνη

Κόστος Κατασκευής

Συνολικό κόστος: περίπου € 100 εκ.

Χρονοδιάγραμμα Έργου

Μελέτη Προσφοράς: 2004-2005

Κατασκευή: 2007-2012

Περιγραφή Έργου

Δίδυμες Σήραγγες Σ1 Τεμπών & Πλαταμώνα

Συνολικό Αθροιστικό Μήκος: 10.330m

Διατομή εκσκαφής: 106m² -195m²

Ωφέλιμη διατομή: 66m² -84m²

Στοές διαφυγής πεζών και οχημάτων

Συνολικό Μήκος: 420m

Διατομή εκσκαφής: 12,5m² -33,7m²

Ωφέλιμη διατομή: 7,5m² -24m²

Φρέαρ αερισμού σήραγγας Πλαταμώνα

Βάθος φρέατος: 35m

Διατομή: κυκλική ωφέλιμη διαμέτρου 5,3m

Μέθοδος Ορυξης

NATM – Χρήση εκρηκτικών & μηχανικών μέσων

Μόνιμη Επένδυση

Οπλισμένο σκυρόδεμα

Ημιστέγαστρο

• Μήκος 400m

• Διατομή: ανοικτή ορθογωνική με εσωτερικές διαστάσεις 10,5m(πλάτος) x 6,78m(ύψος)

• Ανοίγματα φορέα πλάτους 2,95m & ύψους 3,95m μέσω κωνοσώτσιαση από κολώνες Φ120 σε αξονικές αποστάσεις 4,15m

Έλεγχος στατικής επάρκειας

52 υφιστάμενων τεχνικών(γεφυρών, άνω διαβάσεων)

Γεωλογία

• Αλλούβια, κορήματα, ασβεστόλιθοι, σχιστόλιθοι, μάρμαρα, φυλλίτες, σερπεντινίτες, αμφιβολίτες

• Υπόγεια ύδατα

• Μέγιστο ύψος υπερκείμενων στις σήραγγες: 100m – 280m

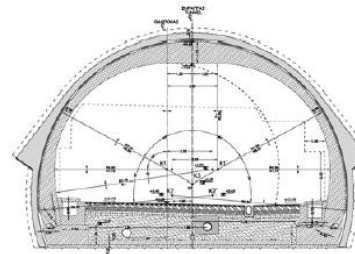
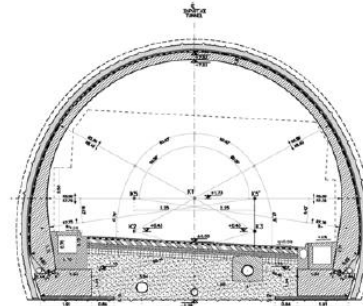
Περιγραφή Εργασιών

• Προμελέτες έργων και προετοιμασία Φακέλου Τεχνικών στοιχείων για την υποβολή της προσφοράς εκ μέρους του ομίλου ΟΛΥΜΠΙΑ ΟΔΟΣ

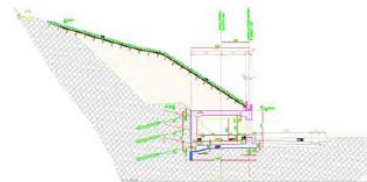
Εργοδότης

ΟΜΙΛΟΣ ΟΛΥΜΠΙΑ ΟΔΟΣ

ΙΕΛΛΗΝΙΚΗ ΤΕΧΝΟΔΟΜΙΚΗ Α.Ε. - ΤΕΒ Α.Ε. - ΑΚΤΟΡ Α.Τ.Ε. - J&P ΑΒΑΞ Α.Ε. - ΕΤΕΘ Α.Ε. - VINCI S.A. - VINCI CONSTRUCTION GRANDS PROJECTS



Τυπικές διατομές σήραγγας



Τυπική διατομή ημιστέγαστρου

Μελέτες Δημοπράτησης Μεγάλων Οδικών Έργων

Σήραγγες Αυτοκινητοδρόμου

Δυτική Ελλάδα

Έργο
Σήραγγες Αυτοκινητοδρόμου Ιόνιας Οδού

Κόστος Κατασκευής
Συνολικό κόστος: περίπου € 40 εκ.

Χρονοδιάγραμμα Έργου
Μελέτη Προσφοράς: 2005
Κατασκευή: 2007-2010

Περιγραφή Έργου
4 Δίδυμες Οδικές Σήραγγες
• Συνολικό Αθροιστικό Μήκος: 7.210m
• Διατομή εκσκαφής: 84m² -133m²
• Ωφέλιμη διατομή: 64m² -81m²

Στοές διαφυγής πεζών και οχημάτων
• Συνολικό Μήκος: 720m
• Διατομή εκσκαφής: 12,5m² -33,7m²
• Ωφέλιμη διατομή: 7,5m² -24m²

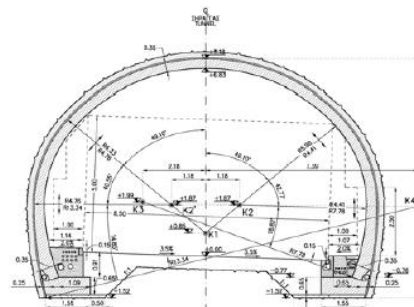
Μέθοδος Όρυξης
NATM – Χρήση εκρηκτικών & μηχανικών μέσων

Μόνιμη Επένδυση
Οπλισμένο Σκυρόδεμα B35

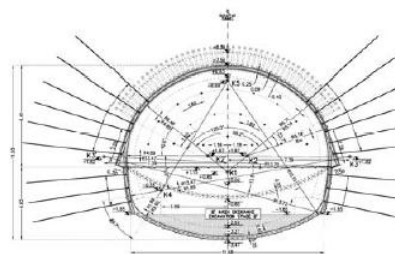
Γεωλογία
• Φλύσσης (εναλλαγές ψαμμιών, ιλυολίθων),
λεπτοπλακώδεις ασβεστόλιθοι
• Μέγιστο ύψος υπερκείμενων: 60m – 110m

Περιγραφή Εργασιών
• Προμελέτες σηράγγων και προετοιμασία Φακέλου
Τεχνικών στοιχείων για την υποβολή της προσφοράς

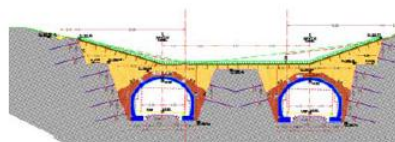
Εργοδότης
ΟΜΙΛΟΣ ΑΙΑΣ
(J&P ABAX A.E. – ΕΤΕΘ Α.Ε. – VINCI CONSTRUCTION HELLAS
A.E. – VINCI CONSTRUCTION GRANDS PROJECTS)



Τυπική διατομή σήραγγας



Τυπική διατομή εκσκαφής & προσωρινής υποστήριξης σήραγγας



Διατομή προσωρινής & τελικής διαμόρφωσης στομιών

Μελέτες Δημοπράτησης Μεγάλων Οδικών Έργων

Σήραγγες Αυτοκινητοδρόμου

Κεντρική Ελλάδα

Έργο
Σήραγγες Αυτοκινητοδρόμου Ε65

Κόστος Κατασκευής
Συνολικό κόστος: περίπου € 1.200 εκ.

Χρονοδιάγραμμα Έργου
Μελέτη Προσφοράς: 2006
Κατασκευή: 2007-2010

Περιγραφή Έργου

12 Δίδυμες Οδικές Σήραγγες

- Συνολικό Αθροιστικό Μήκος: 20.100m
- Διατομή εκσκαφής: 86m² -167m²
- Ωφέλιμη διατομή: 61m² -78m²

Στοές διαφυγής πεζών και οχημάτων

- Συνολικό Μήκος: 720m
- Διατομή εκσκαφής: 12,5m² -33,7m²
- Ωφέλιμη διατομή: 7,5m² -24m²

Μέθοδος Όρυξης

NATM – Χρήση εκρηκτικών & μηχανικών μέσων

Μόνιμη Επένδυση

Οπλισμένο Σκυρόδεμα B35

Γεωλογία

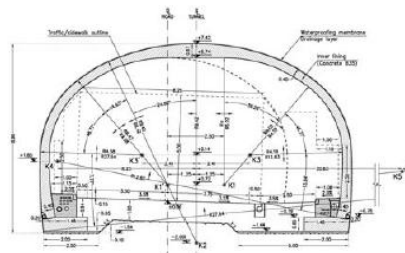
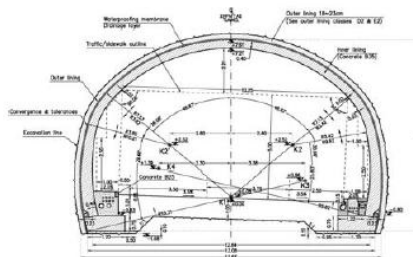
- Δολερίτες, περιδοίτες, σχιστοκερατόλιθοι, γάββροι, σχηματισμοί μάλσασας (κροκαλοπαγή, ψαμίτες, ιλυόλιθοι)
- Μέγιστο ύψος υπερκείμενων: 30m – 310m

Περιγραφή Εργασιών

- Προμελέτες σπράγγων και προετοιμασία Φακέλου Τεχνικών στοιχείων για την υποβολή της προσφοράς

Εργοδότης

ΟΜΙΛΟΣ ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΔΙΑΔΡΟΜΕΣ



Τυπικές διατομές σπράγγων

Μελέτες Δημοπράτησης Μεγάλων Οδικών Έργων Σήραγγες & Τεχνικά Αυτοκινητοδρόμου

Κεντρική & Νότια Ελλάδα

Έργο

Σήραγγες, ημιστέγαστρα, τεχνικά Cut & Cover και μόνιμα αντιστηριζόμενα ορύγματα
Αυτοκινητόδρομος Ελευσίνα – Κόρινθος – Πάτρα – Πύργος – Τσακώνα

Κόστος Κατασκευής

Συνολικό κόστος: περίπου € 300 εκ.

Χρονοδιάγραμμα Έργου

Μελέτη Προσφοράς: 2006
Κατασκευή: 2007-2011

Περιγραφή Έργου

Έργα κατά μήκος του υφιστάμενου λειτουργικού αυτοκινητοδρόμου Κορίνθου - Πατρών
14 Οδικές Σήραγγες (7 Μονές και 7 Δίδυμες)

- Συνολικό Αθροιστικό Μήκος: 18.790m
- Διατομή εκσκαφής: 84m² - 167m²
- Ωφέλιμη διατομή: 58,75m² - 82,00m²

Στοές διαφυγής πεζών και οχημάτων στις 7 σήραγγες

- Συνολικό Μήκος: 1.640m
- Διατομή εκσκαφής: 12,50m² - 33,7m²
- Ωφέλιμη διατομή: 7,5m² - 24,00m²

Φρέαρ αερισμού στη σήραγγα Παναγοπούλας

- Βάθος φρέατος: περίπου 200m
- Διατομή: κυκλική, διαμέτρου 5m

Μέθοδος Όρυξης

NATM – Χρήση εκρηκτικών & μηχανικών μέσων

Μόνιμη Επένδυση: Οπλισμένο σκυρόδεμα B 35

1 Cut & Cover διπλού κλάδου και 3 ημιστέγαστρα μονού κλάδου

- Συνολικό Αθροιστικό Μήκος 555m
- Διατομή: κλειστού κιβωτίου (C&C) και κολώνες διαμέτρου 1,2m σε αξονικές αποστάσεις (4,2m) στο τμήμα μεταξύ των δύο κλάδων οδοποιίας
- Χρήση πασσαλότοικων και προεντεταμένων αγκυρών για την αντιστήριξη των πρηνών

18 μόνιμα αντιστηριζόμενα ορύγματα

Συνολικό Μήκος 3.420m
Μέγιστο Ύψος: 5m - 20m

Αντιστήριξη με αγκυρωμένους πασσαλότοικους, γαλβανισμένα αγκύρια, πλέγματα συγκράτησης βροχοπτώσεων και αγκυρωμένα πλέγματα προστασίας πρηνών

Γεωλογία

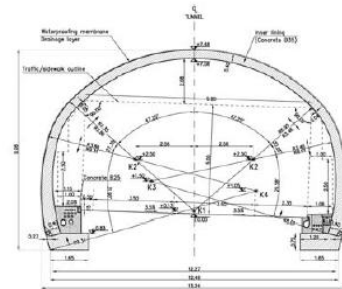
- Μάργες, ψαμμίτες, κροκαλοπαγή του νεογενούς, ασβεστόλιθοι, κερατόλιθοι, φλύσχης, κορήματα
- Υπόγεια ύδατα
- Περιοχή ενεργούς σεισμικότητας
- Κατολισθήσεις μεγάλης κλίμακας κατά θέσεις, επιφανειακοί ερπυσμοί, χαλαρά εδαφικά υλικά κατολισθήσεων
- Μέγιστο ύψος υπερκείμενων στις σήραγγες: 35m – 270m

Περιγραφή Εργασιών

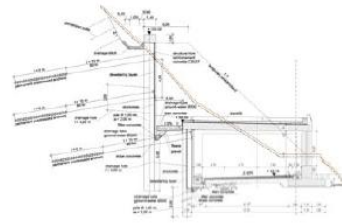
- Προμελέτες έργων και προετοιμασία Φακέλου Τεχνικών στοιχείων για την υποβολή της προσφοράς εκ μέρους του ομίλου ΑΠΙΟΝ ΚΛΕΟΣ
- Γεωλογική-γεωτεχνική αναγνώριση στις περιοχές των τεχνικών
- Αποτίμηση συνθηκών ασφαλείας υφιστάμενων σηράγγων Κακιάς Σκάλας & Παράκαμψης Πατρών
- Οι εργασίες εκπονήθηκαν από κοινού από την «ΟΜΙΚΡΟΝ ΚΑΠΑ ΜΕΛΕΤΗΤΙΚΗ Ε.Π.Ε.» και την «INGENIEURBURO EDR GmbH»

Έργοδότης

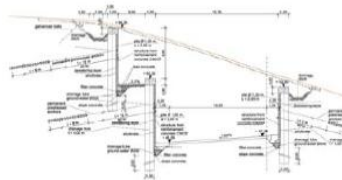
ΟΜΙΛΟΣ ΑΠΙΟΝ ΚΛΕΟΣ (ΑΚΤΩΡ Α.Τ.Ε. - J&P ΑΒΑΣ Α.Ε. - ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΤΕΧΝΟΔΟΜΙΚΗ Α.Ε. - VINCI CONSTRUCTION HELLAS Α.Ε.)



Τυπική διατομή σήραγγας



Τυπική διατομή ημιστέγαστρου



Τυπική διατομή μόνιμου αντιστηριζόμενου ορύγματος

Τεχνικό Έργο
Τεχνικό Cut&Cover Αν. Στομίου
Σήραγγας Αγ. Ηλία
Παραϊόνιος Οδός
Δυτική Ελλάδα

Έργο
Τεχνικό με Εκσκαφή και Επανεπίκωση
(Cut & Cover)

Κόστος Κατασκευής
Συνολικό κόστος: περίπου € 3,5εκ.

Χρονοδιάγραμμα Έργου
Σχεδιασμός: 2003
Κατασκευή: 2003-2005

Περιγραφή Έργου
Τεχνικό με εκσκαφή και επανεπίκωση
Μήκος: 120m
Διατομή πεταλοειδής

Γεωλογία
Μάργες, άργιλοι, χάλικες
Υλικά κατολίθωσης
Υπόγεια ύδατα

Περιγραφή Εργασιών
• Λεπτομερής Οριστική Μελέτη γεωτεχνικών και στατικών Εργασιών
• Ο σχεδιασμός των στατικών εργασιών εκπονήθηκε από κοινού από την "ΟΜΙΚΡΟΝ ΚΑΠΙΑ ΜΕΛΕΤΗΤΙΚΗ Ε.Π.Ε." και την "INGENIEURBURO EDR GmbH", Μόναχο

Λεπτομέρειες Κατασκευής
• Κατασκευή 2 σειρών πασσάλων με κεφαλόδεσμο
• Σκυροδέτηση – σύνδεση θόλου με τον κεφαλόδεσμο των πασσάλων
• Μόρφωση πλευρικών τοιχείων σε καμπύλη επιφάνεια με χρήση μεταλλότυπου
• Κατασκευή τοίχου απόληξης με χρήση μεταλλότυπου, μήκους 8m

Εργοδότης
ΕΥΚΛΕΙΔΗΣ Α.Τ.Ε.



Σκυροδέτηση θόλου



Οπλισμός πυθμένα και κατασκευή πλευρικών τοιχωμάτων



Κορωνίδα τεχνικού

Τεχνικό Cut & Cover Περιβαλλοντική Αποκατάσταση Στομίων Σηράγγων

Έργο

Τεχνικά με Εξσκαφή και Επανεπίκωση για την περιβαλλοντική αποκατάσταση στομίων σηράγγων

Κόστος Κατασκευής

Συνολικό κόστος: περίπου € 1-4εκ.

Χρονοδιάγραμμα Έργου

Σχεδιασμός: 2000-2005

Κατασκευή: 2000-2005

Περιγραφή Έργου

Τεχνικά Cut & Cover

Μήκος: 5-120m

Διατομή πεταλοειδής

Γεωλογία

Σχιστόλιθοι, ασβεστόλιθοι,
Υλικά επωθήσεων, ψαμμίτες,
Ιλυόλιθοι
Υπόγεια νερά

Περιγραφή Εργασιών

- Λεπτομερής Οριστική Μελέτη γεωτεχνικών και στατικών Εργασιών
- Ο σχεδιασμός των στατικών εργασιών εκπονήθηκε από κοινού από την "ΟΜΙΚΡΟΝ ΚΑΠΑ ΜΕΛΕΤΗΤΙΚΗ Ε.Π.Ε." και την "INGENIEURBURO EDR GmbH", Μόναχο

Εργοδότης

- ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Α.Ε.
- ΑΚΤΩΡ Α.Τ.Ε.
- ΑΕΓΕΚ Α.Ε.
- ΕΥΚΛΕΙΔΗΣ Α.Τ.Ε.
- J&P (ΕΛΛΑΣ) Α.Ε.



Τεχνικό Cut & Cover στομίου εισόδου σήραγγας ΑΣ1
(Αυτοκινητόδρομος ΠΑΘΕ, τμήμα Κακιά Σκάλα)



Τεχνικό Cut & Cover στομίου εισόδου σήραγγας Σ1
(Εγνατία Οδός, τμήμα 5.2-5.3)



Τεχνικά Cut & Cover στομίων εισόδου σήραγγας
Αγ. Νικολάου
(Εγνατία Οδός, τμήμα 3.3)

2^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

2.1 ΑΕΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΠΥΡΑΣΦΑΛΕΙΑ ΟΔΙΚΩΝ ΣΗΡΑΓΓΩΝ

Για την μελέτη αερισμού και πυρασφάλειας μιας οδικής σήραγγας εξετάζονται οι επιλογές των κατάλληλων συστημάτων αερισμού και ο τρόπος αντιμετώπισης των κινδύνων από πυρκαγιά.

Ο Μηχανικός κατά τον σχεδιασμό των εγκαταστάσεων σηράγγων θα πρέπει να λάβει υπόψιν κάποιους παράγοντες όπως :

- α. Έλλειψη πλήρων διεθνώς παγιωμένων παραδοχών και προτύπων γενικής αποδοχής.
- β. Ασφάλεια ατόμων, οχημάτων και κατασκευών
- γ. Αρχικό κόστος
- δ. Κόστος λειτουργίας
- ε. Επίπεδα ασφαλείας και άνεσης
- στ. Ανθρώπινο δυναμικό και ευχέρειες λειτουργίας και συντήρησης
- ζ. Περιβαλλοντικοί και αισθητικοί παράγοντες
- η. Έμμεση επίπτωση Η-Μ εγκαταστάσεων και μέτρων ασφαλείας στο κόστος των έργων Πολιτικού Μηχανικού
- θ. Πληθώρα άλλων μικρότερης σημασίας παραγόντων.

Για τη μελέτη αερισμού και πυρασφάλειας σήμερα λαμβάνονται υπόψιν οι συστάσεις της Μόνιμης Διεθνούς Ένωσης Συνεδρίων για την Οδοποιία, της γνωστής PIARC. Επίσης καθοριστικό ρόλο στη διεθνή εμπειρία για την μελέτη είχαν δύο πολύνεκρες πυρκαγιές των σηράγγων Mont Blanc και Taveurn, από τις οποίες προέκυψαν σημαντικά στοιχεία

για τη βελτίωση της ασφάλειας των οδικών σηράγγων και την εξέλιξη λειτουργικών διαδικασιών αντιμετώπισης τέτοιου είδους καταστροφών.

2.2.1 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΑΕΡΙΣΜΟΥ ΣΗΡΑΓΓΩΝ

Τα συστήματα αερισμού πρέπει να σχεδιάζονται ώστε να εξασφαλίζουν ότι :

- Σε συνήθη λειτουργία :
 - Δεν θα προκαλούνται βλάβες στους χρήστες της σήραγγας και στο προσωπικό συντήρησης τους από τους ρυπαντές της ατμόσφαιρας στο εσωτερικό της, λαμβανομένου υπ' όψη του απαιτούμενου χρόνου παραμονής στη σήραγγα κάτω από όλες τις συνθήκες κυκλοφορίας.
 - Θα διασφαλίζεται από την καλή ορατότητα η επίτευξη της απαιτούμενης απόστασης πέδησης.
 - Δεν θα προκαλείται μόλυνση του περιβάλλοντος στην περιοχή της σήραγγας.
- Σε κατάσταση πυρκαγιάς πρέπει να διασφαλίζονται με σειρά προτεραιότητας:
 - Η διατήρηση σε καλή κατάσταση των οδών διαφυγής για διάσωση των ανθρώπων από την σήραγγα, με διατήρηση των οδών διαφυγής απαλλαγμένων καπνού.
 - Η διατήρηση ασφαλών συνθηκών για το προσωπικό διασώσεως
 - Ο περιορισμός των ζημιών (σε πρόσωπα, σε οχήματα και στον φέροντα οργανισμό της σήραγγας)

2.2.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΕΡΙΣΜΟΥ

Τα συστήματα αερισμού μπορούν να διαχωριστούν στα ακόλουθα, βάσει των αρχών λειτουργίας τους και τους τρόπους εφαρμογής τους.

2.2.3 ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΜΗΚΟΥΣ ΑΕΡΙΣΜΟΥ

Η αρχή λειτουργίας αυτού του συστήματος είναι η δημιουργία ρεύματος αέρα κατά μήκος της σήραγγας είτε από φυσικό ρεύμα αέρα είτε με χρήση ανεμιστήρων

Το σύστημα πρέπει να ικανοποιεί τις ακόλουθες απαιτήσεις:

- Η μέγιστη διαμήκης ταχύτητα του αέρα δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη των 10 m/s, λαμβάνοντας υπ' όψη της συμβολής σε αυτή της κίνησης των οχημάτων και της επίδρασης μετεωρολογικών συνθηκών.
- Η μέγιστη απόσταση διαφυγής προσώπων από μια επικίνδυνη θέση θα πρέπει να είναι : 350÷450m.
- Οι ανεμιστήρες θα πρέπει να είναι αναστρέψιμης ροής, και στην περίπτωση φωτιάς θα πρέπει να μπορούν να εξασφαλίσουν ταχύτητα αέρα τουλάχιστον 3 m/s.
- Οι χρησιμοποιημένοι αξονικοί ανεμιστήρες ωστικού τύπου (Jet Fans) θα πρέπει να βρίσκονται διανεμημένοι κατά μήκος της σήραγγας, έτσι ώστε να αυξάνεται η αξιοπιστία τους, να ελαχιστοποιούνται οι στροβιλισμοί του αέρα σε περίπτωση πυρκαγιάς και να μειώνεται η πιθανότητα απώλειας σημαντικού ποσοστού της ικανότητας αερισμού λόγω καταστροφής ανεμιστήρων από την φωτιά.
- Για να μειωθούν οι εκροές από τα στόμια της σήραγγας, αν απαιτείται, μπορούν να προβλεφθούν κατάλληλοι βοηθητικοί αγωγοί με ανεμιστήρες.

2.2.4 ΣΥΣΤΗΜΑ ΗΜΙΕΓΚΑΡΣΙΟΥ ΑΕΡΙΣΜΟΥ

Στο σύστημα ημιεγκάρσιου αερισμού, νωπός αέρας εισάγεται κατά μήκος της σήραγγας και ο ακάθαρτος αέρας διαφεύγει προς τα έξω, είτε από τα στόμια είτε από κατακόρυφους αγωγούς. Για το σύστημα αυτό πρέπει να ικανοποιούνται οι ακόλουθες απαιτήσεις :

- Μέγιστη ταχύτητα του αέρα 10 m/s μέσα στη σήραγγα.
- Το σύστημα αερισμού θα πρέπει να είναι αναστρέψιμης ροής για περίπτωση φωτιάς, και ικανό να εξάγει τουλάχιστον 150 m³/sec αέρα, από το δυσμενέστερο σημείο της σήραγγας.
- Προσαγωγή νωπού αέρα στη σήραγγα θα πρέπει να γίνεται αποκλειστικά μέσω στομιών πλήρους ρύθμισης.
- Σε περίπτωση πυρκαγιάς θα πρέπει να γίνεται άμεση μεταγωγή του συστήματος αερισμού στη λειτουργία απαγωγής. Τα στόμια νωπού αέρα στη περιοχή της φωτιάς θα πρέπει να ανοίγουν τελείως, για να εξάγουν αέρα από την σήραγγα.
- Η μέγιστη απόσταση μεταξύ στομιών νωπού αέρα (στομιών απαγωγής) να είναι 50m.

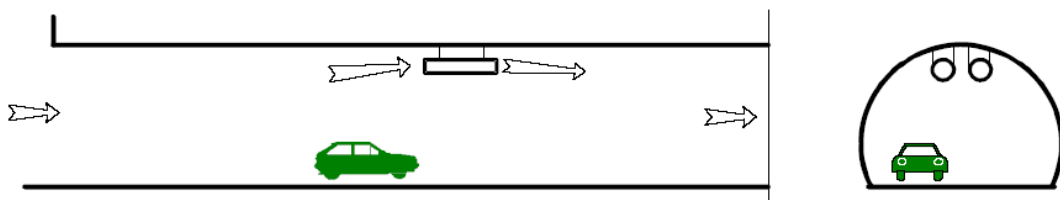
2.2.5 ΣΥΣΤΗΜΑ ΗΜΙΕΓΚΑΡΣΙΟΥ – ΕΓΚΑΡΣΙΟΥ ΑΕΡΙΣΜΟΥ (ΑΝΑΣΤΡΕΦΟΜΕΝΟΥ)

Σ' αυτό το σύστημα που αποτελεί εξέλιξη του ημιεγκαρσίου αερισμού προβλέπονται δυο αεραγωγοί χωριστά στην οροφή της σήραγγας μέσω των οποίων εισάγεται ο αέρας στο εσωτερικό της. Ο αέρας σε κανονική λειτουργία εξέρχεται από τα στόμια της σήραγγας. Σε περίπτωση όμως πυρκαγιάς αντιστρέφεται η ροή του αέρα στον ένα αγωγό ο οποίος μετατρέπεται σε αγωγό απαγωγής, ενώ από τον άλλο αγωγό συνεχίζεται η προσαγωγή αέρα.

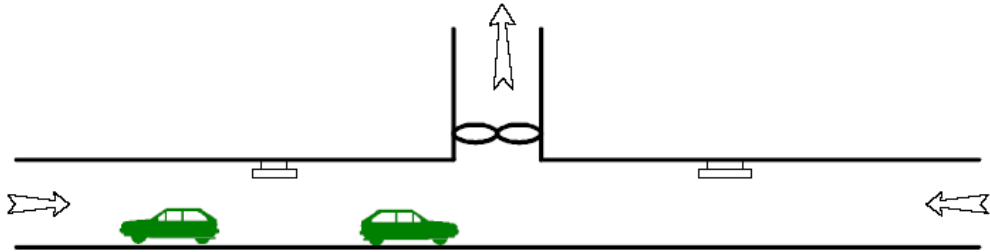
2.2.6 ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΛΗΡΩΣ ΕΓΚΑΡΣΙΟΥ ΑΕΡΙΣΜΟΥ

Σε αυτό το σύστημα γίνεται ταυτόχρονη εισαγωγή νωπού αέρα και απαγωγή ακάθαρτου αέρα κατά μήκος της σήραγγας. Οι ακόλουθες απαιτήσεις πρέπει να ικανοποιούνται :

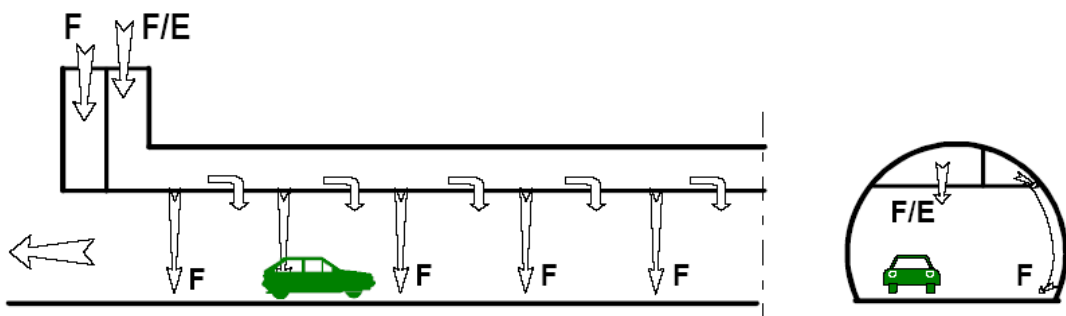
- Μέγιστη ταχύτητα του αέρα 10 m/s μέσα στη σήραγγα.
- Το σύστημα αερισμού θα πρέπει να είναι αναστρέψιμης ροής για την περίπτωση πυρκαγιάς και ικανό να εξάγει τουλάχιστον 150 m³/sec αέρα, από το δυσμενέστερο σημείο της σήραγγας.
- Ρυθμιζόμενα στόμια εισόδου νωπού αέρα και ελεγχόμενα στόμια εξόδου ακάθαρτου αέρα πρέπει να προβλέπονται συνδεδεμένα με τους αντίστοιχους αγωγούς εισαγωγής και απαγωγής αέρα. Αυτά θα πρέπει να ρυθμιστούν έτσι ώστε για τις συνθήκες σχεδιασμού, να εξασφαλίζεται ομοιόμορφη διανομή του αέρα κατά μήκος της σήραγγας.
- Σε περίπτωση πυρκαγιάς η παροχή νωπού αέρα θα πρέπει να μειώνεται στο ένα τρίτο της μέγιστης δυνατής. Τα στόμια απαγωγής στην περιοχή της θα πρέπει να είναι τελείως ανοικτά, και κλειστά σε όλο το υπόλοιπο μήκος της σήραγγας.
- Η μέγιστη απόσταση μεταξύ στομιών απαγωγής αέρα θα είναι 100m, ενώ η μέγιστη απόσταση μεταξύ στομιών εισαγωγής θα είναι 50m.
- Η στεγανότητα των κλειστών στομιών νωπού αέρα και των στομιών απάγωγης είναι αναγκαία για να εξασφαλίζεται αποτελεσματική απαγωγή καπνού.



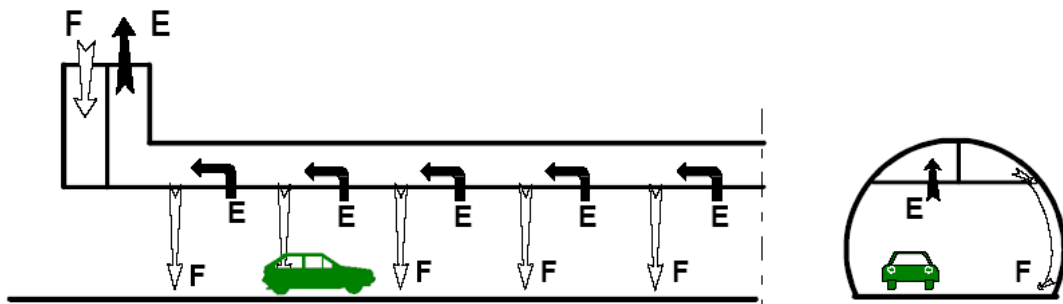
Σχήμα 8: ΔΙΑΜΗΚΗΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ ΜΕ ΩΣΤΙΚΟΥ ΤΥΠΟΥ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΕΣ



Σχήμα 9: ΔΙΑΜΗΚΗΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ ΜΕ ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΒΟΗΘΗΤΙΚΟ ΑΓΩΓΟ (SHAFT)



Σχήμα 10: ΗΜΙΕΓΚΑΡΣΙΟΣ-ΕΓΚΑΡΣΙΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ ΜΕ ΑΓΩΓΟΥΣ ΣΤΗΝ ΟΡΟΦΗ



Σχήμα 11: ΕΓΚΑΡΣΙΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ ΜΕ ΑΓΩΓΟΥΣ ΣΤΗΝ ΟΡΟΦΗ

2.2.7 ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΕΡΙΣΜΟΥ

Σε δυσχερείς περιπτώσεις (π.χ. μακρές σήραγγες, κλπ.) μπορούν να εφαρμοσθούν συνδυασμοί των διαφόρων συστημάτων που αποτελούν τη βέλτιστη λύση.

Για τη επιλογή του συστήματος είναι πρωταρχικό να δίνεται μεγάλη σημασία στην χρησιμοποίηση του φυσικού διαμήκους αερισμού που εμφανίζεται και λόγω της κυκλοφορίας των οχημάτων.

Ο πίνακας 1 καθοδηγεί προς τις περιοχές εφαρμογής των κύριων συστημάτων αερισμού.

Από τα προηγουμένως εκτεθέντα και από το πίνακα 1 προκύπτει σχεδόν ότι όλες οι γνωστές μέχρι σήμερα στην Ελλάδα περιπτώσεις αερισμού οδοσηράγγων μπορούν να αντιμετωπισθούν με διαμήκη αερισμό και εν ανάγκη και με βοηθητικούς αγωγούς (SHAFTS) με αξονικούς ανεμιστήρες.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΕΠΗΡΕΑΖΟΝΤΕΣ ΤΙΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΑΕΡΙΣΜΟΥ

| Περιοχές εφαρμογής των συστημάτων αερισμού | | |
|---|--|--|
| | Μήκος σήραγγας σε km | |
| | Σήραγγα μιας οπής δύο κατευθύνσεων κυκλοφορίας | Σήραγγα 2 οπών μονής κατεύθυνσης κυκλοφορίας |
| <u>Φυσικός αερισμός</u> (με σήμανση κινδύνου για CO) | μέχρι 0,4 | μέχρι 0,7 |
| <u>Διαμήκης αερισμός :</u> - με ωστικούς ανεμιστήρες - με ωστικούς ανεμιστήρες και αγωγό αναρρόφησης | μέχρι 2 | μέχρι 4 |
| | μέχρι 4 | μέχρι 6 |
| <u>Ημιεγκάρσιος αερισμός</u> - αναστρεφόμενος - ημιεγκάρσιος-εγκάρσιος | από 0,7 | από 2 |
| | από 1 | |
| <u>Εγκάρσιος αερισμός</u> | από 2 | από 6 |

2.2.8.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ

a) Κυκλοφοριακός φόρτος

Ο μέσος κυκλοφοριακός ωριαίος φόρτος (ΜΚΩΦ) εκφραζόμενος σαν Q_{50} που είναι η τιμή την οποία ο φόρτος φθάνει ή υπερβαίνει για 50 ώρες το έτος, λαμβάνεται σαν βάση για την εκτίμηση των αναγκών σε νωπό αέρα.

Η προεκτίμηση της κυκλοφορίας θα γίνεται για τις κυκλοφοριακές συνθήκες τουλάχιστον 20 χρόνων μετά την διάνοιξη της σήραγγας. Επί πλέον ο μέγιστος κυκλοφοριακός φόρτος πρέπει να ελέγχεται σαν οριακή τιμή για σύγκριση, δεδομένης της μακράς ζωής της σήραγγας που καθιστά προτιμητέο να προβλέπονται πιο ευέλικτες εγκαταστάσεις αερισμού.

Σαν μέγιστος κυκλοφοριακός φόρτος για την σήραγγα θα ορίζεται ο φόρτος σύμφωνα με τα παρακάτω καθοριζόμενα. Είναι όμως αναγκαίο πάντοτε να καθορίζεται αν πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψη σε σχέση με τη διάρθρωση του οδικού δικτύου, κάποιος συντελεστής απομείωσης.

b) Σύνθεση κυκλοφορίας

Τα ακόλουθα είδη οχημάτων θα λαμβάνονται υπ' όψη στον υπολογισμό των εκπομπών καυσαερίων και οι εκπομπές τους θα πρέπει να υπολογίζονται χωριστά για κάθε τύπο οχήματος :

- Επιβατικά οχήματα με βενζινοκινητήρα με ή χωρίς καταλύτη
- Επιβατικά οχήματα με μηχανή Diesel
- Βαριά μεταφορικά μέσα (BMM)

Η σύνθεση του στόλου των οχημάτων και ο κυκλοφοριακός φόρτος θα καθορίζεται από τις αντίστοιχες κυκλοφοριακές μελέτες.

Κατανομή του κυκλοφοριακού φόρτου στις λωρίδες κυκλοφορίας

Γενικά μπορεί να λαμβάνεται ομοιόμορφη κατανομή του κυκλοφοριακού φόρτου στις λωρίδες κυκλοφορίας εκτός εάν υπάρχουν ακριβέστερα στατιστικά στοιχεία από κυκλοφοριακές μελέτες.

Η συνολική σχέση των BMM μπορεί να λαμβάνεται ίση προς τα 2/3 (δεξιά λωρίδα) προς 1/3 (άλλες λωρίδες) εάν περισσότερες από μια λωρίδες αντιστοιχούν ανά κατεύθυνση.

c) Συνθήκες κυκλοφορίας

Σαν συνθήκη κυκλοφορίας για τους υπολογισμούς μπορεί να λαμβάνεται αυτή της «Κανονικής Κίνησης» ($\geq 30\text{km/h}$). Κυκλοφορία με σταμάτημα/ξεκίνημα ($< 30\text{km/h}$) πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψη μόνο αν αναμένεται συχνή ή και σπάνια συμφόρηση.

2.2.8.2 ΣΥΝΘΕΣΗ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ

Το περιεχόμενο των βλαβερών ουσιών στον αέρα των σήραγγων επί του παρόντος κρίνεται ότι αρκεί να αντιμετωπίζεται με το περιεχόμενο μονοξειδίου του άνθρακα και θολότητας από τον καπνό των δηζελοκινήτων αυτοκινήτων.

Μέσες τιμές CO και θολότητας για τα οχήματα στο διεθνή χώρο για την περίοδο μέχρι το 2025 προτείνονται σε σχετικούς πίνακες που δημοσιεύτηκαν στις συστάσεις της PIARC.

Η επίδραση, προς το πλησίον της σήραγγας περιβάλλον, από τους προερχόμενους ρύπους από τις εκροές του αέρα από τη σήραγγα ελέγχονται επί του παρόντος και εφ' όσον απαιτείται από την περιεκτικότητα τους σε διοξείδιο του αζώτου.

Καθώς όπως βελτιώνεται ο σχεδιασμός των κινητήρων και μειώνονται οι μέσες συγκεντρώσεις μονοξειδίου του άνθρακα στις εκπομπές καυσαερίων, αναμένονται οι

εκπομπές οξειδίων του αζώτου να παίξουν μελλοντικά σημαντικότερο ρόλο στη διαστασιολόγηση συστημάτων αερισμού.

2.2.8.3 ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Ο παρακάτω Πίνακας εμφανίζει τις μέγιστες δυνατές πυκνότητες κυκλοφορίας για τις εξεταζόμενες συνθήκες κυκλοφορίας σε υπεραστικές ή αστικές σήραγγες .

Κατά την μετατροπή του κυκλοφοριακού φόρτου σε μονάδες επιβατικών οχημάτων προτείνεται να εφαρμόζεται η σχέση 1 βαρύ όχημα = 3 επιβατικά.

Σε σήραγγες με περιορισμένη κυκλοφορία δεν πρέπει να αναμένονται κατά την ομαλή ροή της κυκλοφορίας οι αιχμές κυκλοφοριακής πυκνότητας που εμφανίζονται στον πίνακα 2:

ΠΙΝΑΚΑΣ 2: Μέγιστες κυκλοφοριακές πυκνότητες για υπεραστικές και αστικές σήραγγες

| | | Μέγιστη κυκλοφοριακή πυκνότητα ανά λωρίδα (Μονάδες επιβατικών οχημ. /km. λωρίδα) | |
|------------------|---------|---|-----------------------------------|
| | | Υπεραστική Σήραγγα | |
| | V(km/h) | Κυκλοφορία μιας κατεύθυνσης | Κυκλοφορία με αντίθετη κατεύθυνση |
| Ομαλή κυκλοφορία | 60 | 30 | 23 |
| Συμφόρηση | 10 | 70 | 60 |
| Στασιμότητα | 0 | 150 | 150 |
| | | Αστική Σήραγγα | |
| Ομαλή κυκλοφορία | 60 | 33 | 25 |
| Συμφόρηση | 10 | 100 | 85 |
| Στασιμότητα | 0 | 165 | 165 |

2.2.8.4 ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ ΣΤΙΣ ΣΗΡΑΓΓΕΣ

Για τον υπολογισμό των απαιτήσεων αερισμού πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψη τα δεδομένα του παρακάτω Πίνακα 3 για τις διάφορες συνθήκες κυκλοφορίας και για το CO και τη θολότητα.

Κατά την εκτίμηση των απαιτήσεων του αερισμού για εργασίες συντηρήσεως καθορίζεται ότι αυτές εκτελούνται κατά περιόδους ελάχιστης κυκλοφορίας.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3: Επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις για τον υπολογισμό του αερισμού σε διάφορες συνθήκες κυκλοφορίας

| Κατάσταση κυκλοφορίας | Πυκνότητα CO | Θολότητα |
|--|--------------|-------------------------------|
| | | Συντελεστής απόσβεσης Κ |
| | PPM | $10^{-3} \cdot \text{m}^{-1}$ |
| Ομαλή ροή αιχμής $V \geq 50-200 \text{ km/h}$ | 100 | 5 |
| Καθημερινή συμφόρηση σταμάτημα σε όλες τις λωρίδες | 100 | 7 |
| Σπάνια συμφόρηση σταμάτημα σε όλες τις λωρίδες | 150 | 9 |
| Μακροχρόνιες επισκευές συντήρησης σε σήραγγα με κυκλοφορία | 30 | 3 |
| Κλείσιμο σήραγγας | 250 | 12 |

2.2.9 ΠΥΡΚΑΓΙΑ ΣΕ ΣΗΡΑΓΓΑ

1) Προϋποθέσεις

Στις σήραγγες τα διαφεύγοντα άτομα πρέπει να προστατευθούν μέσω της εγκατάστασης αερισμού ή και μέσω οικοδομικών προβλέψεων πριν την επίδραση του καπνού (θερμοκρασία και δηλητηριώδη αέρια).

2) Παραδεκτά μεγέθη πυρκαγιάς

Κατά κανόνα για την διαστασιολόγηση της απαγωγής καπνού και για τον καθαρισμό των αποστάσεων οδεύσεων διαφυγής λαμβάνεται υπ' όψη η φωτιά ενός φορτηγού αυτοκινήτου. Τα αποτελέσματα της φωτιάς ενός επιβατικού αυτοκινήτου είναι συγκριτικά περιορισμένα, ενώ η προστασία από φωτιά ενός βυτιοφόρου βενζίνης είναι δυνατή μόνο με πολύ μεγάλη δαπάνη και βέβαια όχι απόλυτη ασφάλεια.

Η τελευταία, σε σχέδιο, έκδοση της PIARC για τον έλεγχο της φωτιάς και του καπνού στις σήραγγες συνιστά διασφάλιση ταχύτητας αέρα στη σήραγγα σε περίπτωση φωτιάς 3 m/s που αντιστοιχεί για τα συνήθη μεγέθη σηράγγων σε παροχή περίπου 200 m³/hr.

3) Έλεγχος αερισμού σε περίπτωση πυρκαγιάς

Ο αόριστος έλεγχος του αερισμού κατά τα πρώτα λεπτά μετά την έναρξη της πυρκαγιάς είναι αυτό που απαιτείται για την ασφάλεια των ανθρώπων.

Πιο κάτω αναφερόμαστε στις περιπτώσεις φωτιάς σε σήραγγες με διαμήκη αερισμό μόνο.

1. Σήραγγες δυο οπών μιας κατεύθυνσης κυκλοφορίας με διαμήκη αερισμό

Όταν υπάρξει φωτιά κατά την κανονική λειτουργία της σήραγγας τα οχήματα που βρίσκονται μπροστά από τη φωτιά θα συνεχίσουν το ταξίδι τους και θα βγουν από την σήραγγα με ασφάλεια. Τα οχήματα πίσω από την φωτιά θα παγιδευτούν στη σήραγγα και ότι μπορεί να γίνει θα πρέπει να γίνει άμεσα για την προστασία τους. Γι' αυτήν την κατάσταση το σύστημα του αερισμού θα πρέπει να μπορεί να εξασφαλίσει μια διαμήκη

ροή αέρα κατά την ίδια κατεύθυνση όπως κατά την κανονική κυκλοφορία για να εμποδίσει την ροή του καπνού προς τα παγιδευμένα οχήματα.

2. Σήραγγες οπής δυο κατευθύνσεων κυκλοφορίας και με διαμήκη αερισμό

Σε περίπτωση φωτιάς τα αυτοκίνητα που οδεύουν προς τη φωτιά και από τις δυο κατευθύνσεις θα παγιδευτούν, ενώ αυτά που θα βρίσκονται μπροστά από τη φωτιά θα φύγουν.

Η πρώτη ενέργεια όταν εκδηλωθεί η φωτιά είναι να σταματήσουν οι ανεμιστήρες να εμποδιστεί η γρήγορη εξάπλωση του καπνού. Θα μπορούσε με κατάλληλους χειρισμούς να αναστραφεί η ροή του συστήματος του αερισμού ώστε να μηδενισθεί η ροή του αλλά αυτό είναι επικίνδυνο και έτσι δεν συνιστάται.

Ο καπνός από την φωτιά θα εξαπλωθεί σε στρώμα από τα αυτοκίνητα κατά μεγάλη πιθανότητα προς την φορά της κίνησης του αέρα. Δεν πρέπει να διαταραχθεί η φυσική ανάπτυξη του καπνού και προς τις δυο κατευθύνσεις από το σημείο της φωτιάς όπως και η υπάρχουσα καθαρή περιοχή κάτω από το στρώμα του δεν πρέπει να διαταραχθεί. Αυτό θα δώσει ευκαιρία στους ευρισκόμενους στη σήραγγα να διαφύγουν πριν κατακλισθεί η σήραγγα από καπνό.

Όταν θα έχουν διαφύγει οι ευρισκόμενοι μέσα στη σήραγγα, θα πρέπει να αποφασισθεί προς ποια κατεύθυνση θα λειτουργήσει ο αερισμός για να καθαρίσει τον καπνό και να επιτρέψει στα σωστικά συνεργεία να μπουν.

Το προσωπικό ασφαλείας θα μπορεί να μπει στη σήραγγα όταν έχουν απομακρυνθεί όλα τα σχήματα (μπροστά από τη φωτιά) και ο αερισμός έχει οδηγήσει τον καπνό προς τη μια κατεύθυνση.

3) Μέτρα ασφαλείας

Ο θερμός καπνός σε περίπτωση φωτιάς απλώνεται με μεγάλη ταχύτητα σαν στρώμα πάχους μερικών μέτρων κατά μήκος της σήραγγας κατά τη μία κατεύθυνση ή και τις δυο διευθύνσεις από το σημείο της φωτιάς. Πάνω από τη ζώνη κυκλοφορίας μπορεί να

διατηρηθεί ένα στρώμα καθαρού αέρα ύψους 2m για 5 έως 10 λεπτά από την έναρξη της φωτιάς.

I. Απαγωγή καπνού

Αυτή είναι δυνατή μόνο σε περιπτώσεις συστημάτων αερισμού με απαγωγή από την οροφή της σήραγγας.

II. Οδοί διαφυγής

Οι οδοί διαφυγής σε περίπτωση φωτιάς πρέπει να βρίσκονται σε υπερπίεση για εξουδετέρωση της δράσεως του καπνού. Οι οδεύσεις διαφυγής πρέπει να είναι σημασμένες έντονα για να διακρίνονται.

III. Μέτρα για σήραγγα μιας οπής με κυκλοφορία δυο κατευθύνσεων

Πρόβλεψη διαφυγών ανά 350-450m και για μεγάλα μήκη απαγωγή καπνού μέσω κατακόρυφων αγωγών (SHAFTS) και ανεμιστήρων.

Για συστήματα διαμήκους αερισμού με ωστικούς ανεμιστήρες ο αριθμός των ανεμιστήρων προσδιορίζεται για συνθήκη όπου το μισό της σήραγγας είναι γεμάτο από στάσιμα αυτοκίνητα σε μήκος 700m και εξασφαλίζεται ταχύτητα 3 m/s.

IV. Μέτρα για σήραγγες δυο οπών με κυκλοφορία μονής κατεύθυνσης

Σε περιπτώσεις σήραγγων δυο γειτονικών οπών πρέπει να προβλέπονται διαφυγές τουλάχιστον ανά 350÷450m διασυνδεδεμένες τις δυο οπές. Ο διαμήκης αερισμός υπολογίζεται έτσι ώστε με το μισό της σήραγγας γεμάτο με στάσιμα σχήματα σε μήκος 700m να εξασφαλίζει ταχύτητα αέρα 3m/s.

Οι δίοδοι διαφυγής πρέπει να διατηρούνται απαλλαγμένες καπνού με υπερπίεση στη γειτονική σήραγγα.

4) Αντοχή σε θερμοκρασία των εγκαταστάσεων αερισμού

Οι ανεμιστήρες απαγωγής (φερωτές, οδηγοί, κέλυφη και κινητήρες) που έρχονται σε επαφή απ' ευθείας με τον καπνό που απάγεται από τη σήραγγα πρέπει να είναι ανθεκτικοί σε θερμοκρασία τουλάχιστον 400°C για 90 λεπτά.

Ανεμιστήρες εγκατεστημένοι σε αγωγό απαγωγής καπνού δεν χρειάζεται να αντέχουν σε περισσότερο από 250 °C επί 90 λεπτά (ισχυρή ψυκτική δράση των τοιχωμάτων του αγωγού).

Ωστικοί ανεμιστήρες μέσα στην σήραγγα πρέπει να αντέχουν σε 250 °C επί 90 λεπτά.

Επειδή οι αναπτυσσόμενες θερμοκρασίες στη άμεση περιοχή της πυρκαγιάς είναι τέτοιου μεγέθους (στην πρόσφατη πυρκαγιά της σήραγγας του Mont Blanc αναπτύχθηκαν θερμοκρασίες 1100 °C), θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη το ενδεχόμενο απώλειας ανεμιστήρων και να προβλέπεται ικανή εφεδρεία.

5) Εκροές απαγόμενου αέρα από τη σήραγγα

Ο εξερχόμενος αέρας από τα στόμια της σήραγγας ή από τα στόμια αγωγών εξόδου αυξάνει την φόρτιση του περιβάλλοντος στην περιοχή των εξόδων με ρυπαντές.

Η νομοθεσία προβλέπει τα επιτρεπόμενα όρια μόλυνσης του αέρα ανάλογα με τις εξεταζόμενες τοποθεσίες και τα λαμβανόμενα μέτρα πρέπει να καθοδηγούνται από σχετικές περιβαλλοντικές μελέτες που μπορεί να επηρεάζουν το σχεδιασμό της εγκαταστάσεως αερισμού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3°

3. ΜΕΛΕΤΗ ΣΗΡΑΓΓΑΣ

3.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΑΕΡΙΣΜΟΥ ΣΗΡΑΓΓΑΣ

Στο παρόν κεφάλαιο θα γίνει πλήρη ανάλυση αερισμού και πυρασφάλειας για οδική σήραγγα 700m διπλής κατεύθυνσης. Για την μελέτη θα γίνουν κάποιες αρχικές παραδοχές, καθώς δεν είναι δεδομένη η περιοχή κατασκευής, έτσι ώστε να είναι γνωστά τα γεωμετρικά ύψη και άλλα δεδομένα τα οποία κρίνονται αναγκαία σε ορισμένους υπολογισμούς.

3.1.1 ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΗΡΑΓΓΑΣ

Τα βασικά χαρακτηριστικά της σήραγγας λαμβάνονται σύμφωνα με τις συνήθεις περίπου διαστάσεις που κατασκευάζονται οι σήραγγες και με βάση αυτά θα γίνουν οι υπολογισμοί:

| | |
|--|------------------|
| - Μήκος σήραγγας | 700m |
| - Κατεύθυνση κυκλοφορίας | Μονή |
| - Αριθμός λωρίδων κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση | 2 |
| - Υδραυλική διάμετρος | 8,3m |
| - Εμβαδόν διατομής οπής | 66m ² |
| - Κλίση | 4% |

3.1.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ ΑΕΡΙΣΜΟΥ

Ο υπολογισμός της απαιτούμενης ποσότητας φρέσκου αέρα για την επίτευξη της επιθυμητής συγκέντρωσης για κάθε ρύπο, γίνεται με την παρακάτω μέθοδο :

Το τυπολόγιο που εφαρμόζεται για τον υπολογισμό της ποσότητας του φρέσκου αέρα είναι αυτό του PIARC 1995.

Τα μέγιστα επιτρεπόμενα όρια συγκέντρωσης για τους διαφόρους ρύπους, καθορίζονται ως ακολούθως :

- α. Για το μονοξείδιο του άνθρακα (CO)
- Για κυκλοφορία ελεύθερης ροής τα 100 ppm
- β. Για τα οξειδία του αζώτου (NOx)
- Για όλες τις κυκλοφοριακές συνθήκες τα 25 ppm
- γ. Για την ορατότητα (καπνός)
- Για κυκλοφορία ελεύθερης ροής ($V > 60$ km/h) τα 0,005/m
- Για κυκλοφορία ελεύθερης ροής ($V < 60$ km/h) τα 0,007/m

Επιβατηγά

Ο συνολικός όγκος του αέρα που απαιτείται, για την απομάκρυνση του CO που εκπέμπεται από τα διερχόμενα επιβατηγά αυτοκίνητα (βενζινοκίνητα ή πετρελαιοκίνητα), δίδεται από τους τύπους:

$$Q_f = \frac{q_o}{\rho_{co} \cdot 3600} \times D_{PC} \cdot L \cdot \lambda \frac{10^6}{CO_{lim}}$$

$$\text{και } q_o = q_{(v,i)} \cdot f_h \cdot f_{cs} \cdot f_a$$

όπου :

- Q_f : Παροχή φρέσκου (καθαρού) αέρα m^3/s
 q_o : Ρύπος CO g/h, όχημα
 $q_{(v,i)}$: Βασική τιμή ρύπου (CO), εξαρτώμενη από την ταχύτητα του οχήματος του εδάφους σε (g/h, όχημα) και την κλίση. (Πίνακας 17 Παραρτήματος)
 f_h : Συντελεστής υψομέτρου (Πίνακας 17 Παραρτήματος)
 f_{cs} : Συντελεστής κρύας εκκίνησης (Πίνακας 16 Παραρτήματος)

- f_a : Συντελεστής γήρανσης καταλυτικών οχημάτων. (Πίνακας 18 Παραρτήματος)
 D_{pc} : Αριθμός οχημάτων ανά km και λωρίδα (δεδομένα Πιν.4)
 L : Μήκος σήραγγας σε km (=0,7)
 λ : Αριθμός λωρίδων σήραγγας ανα κατεύθυνση (=2)
 CO_{lim} : Μέγιστη επιτρεπόμενη πυκνότητα CO, σε ppm (=100)
 ρ_{co} : Πυκνότητα CO (=1200g CO/m³)

Η πυκνότητα οχημάτων ανα ώρα και λωρίδα ελήφθη θέτοντας τις ακόλουθες τιμές (Πίν.4):

Πίνακας 4: Επιλογή δεδομένων οχημάτων/Km

| Α/Α | ΤΑΧΥΤΗΤΑ | | ΟΧΗΜΑΤΑ/Km,ΛΩΡΙΔΑ D_{pc} | | |
|-----|----------|-------|----------------------------|-------------|---------|
| | ΕΠΙΒ. | ΦΟΡΤ. | ΕΠΙΒ. BENZ. | ΕΠΙΒ. ΠΕΤΡ. | ΦΟΡΤΗΓΑ |
| | Km/h | Km/h | Οχημ/Km | Οχημ/Km | Οχημ/Km |
| 1 | 10 | 10 | 7 | 2 | 9 |
| 2 | 20 | 20 | 6 | 1 | 5 |
| 3 | 40 | 40 | 3 | 1 | 2 |
| 4 | 60 | 60 | 9 | 2 | 2 |
| 5 | 80 | 80 | 1 | 3 | 2 |

Σημείωση: Οι παραπάνω τιμές θα χρησιμοποιηθούν ως δεδομένα και για τους παρακάτω υπολογισμούς.

Η βασική τιμή ρύπου $q_{(v,i)}$ ελήφθη από τους ΠΙΝΑΚΕΣ 1,2,3,4,5,6 του Παραρτήματος, ανάλογα με το είδος του οχήματος (βενζινοκίνητα ή πετρελαιοκίνητα επιβατηγά) και σύμφωνα με τον τύπο:

$$q_{(vi)} = \frac{\sum (\text{ΑριθμόςΟχηματων}) \cdot (g/h)}{\sum (\text{ΑθροισμαΟχηματων})}$$

Ο συντελεστής f_h ελήφθη από τον ΠΙΝΑΚΑ 17 του Παραρτήματος

Ο συντελεστής f_{cs} ελήφθη από τον ΠΙΝΑΚΑ 16 του Παραρτήματος

Ο συντελεστής f_a ελήφθη από τον ΠΙΝΑΚΑ 18 του Παραρτήματος

Επιλογή τιμών από τους πίνακες 1, 2, και 3 του Παραρτήματος και υπολογισμοί για CO:

Πίνακας 5: Βενζινοκίνητα οχήματα

| Α/Α | ΕΠΙΒ. Km/h | ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΑ | | | ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΡΥΠΩΝ CO (g/h) | | | q(vi) Σ Αριθμός Οχημάτων*(g/h) /ΣΑριθμός Οχημάτων |
|-----|---------------|-----------------------------------|--------------|--------------|----------------------------|--------------|--------------|--|
| | | US8 3 | ECE15/0 4 | ECE15/0 0 | US83 | ECE15/ 04 | ECE15/0 0 | |
| 1 | 10 | 5 | 0 | 2 | 67,4 | 217,9 | 590,6 | 217 |
| 2 | 20 | 3 | 1 | 2 | 73,4 | 349,7 | 929,7 | 405 |
| 3 | 40 | 2 | 1 | 1 | 106,2 | 538,7 | 1.597,3 | 587 |
| 4 | 60 | 1 | 1 | 1 | 173,8 | 863,1 | 2.874,6 | 1304 |
| 5 | 80 | 1 | 1 | 1 | 308,7 | 1.539,2 | 5.424,7 | 2424 |

Επιλογή τιμών από τους πίνακες 4, 5, και 6 του Παραρτήματος και υπολογισμοί για CO:

Πίνακας 6: Πετρελαιοκίνητα οχήματα

| Α/Α | ΕΠΙΒ. Km/h | ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΙΝΗΤΑ ΕΠΙΒΑΤΙΚΑ | | | ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΡΥΠΩΝ CO (g/h) | | | q(vi) ΣΑριθμός Οχημάτων*(g/h) /ΣΑριθμός Οχημάτων |
|-----|---------------|--|-----------|----------|----------------------------|-----------|----------|---|
| | | EURO 2 | EURO 1 | ECE15/04 | EURO 2 | EURO 1 | ECE15/04 | |
| 1 | 10 | 2 | 0 | 0 | 7,9 | 11,3 | 25,1 | 8 |
| 2 | 20 | 1 | 0 | 0 | 12,6 | 18,0 | 42,7 | 13 |
| 3 | 40 | 1 | 0 | 0 | 17,0 | 24,2 | 63,0 | 17 |
| 4 | 60 | 1 | 1 | 0 | 18,6 | 26,6 | 69,2 | 23 |
| 5 | 80 | 1 | 1 | 1 | 19,9 | 28,4 | 73,8 | 41 |

Πίνακας 6: Συγκεντρωτικά δεδομένα και υπολογισμοί για CO:

| Α/Α | ΤΑΧΥΤΗ ΤΑ | ΟΧΗΜΑΤΑ/Κm,ΛΩΡΙΔΑ D _{pc} | | ΒΕΝΖΙ Ν. | ΠΕΤΡΕ Λ. | ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΕΠΙΒΑΤΗΓΩΝ | | | | | | | | |
|-----|--------------|--------------------------------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|---|----------|-------------------------|---|
| | ΕΠΙΒ. | ΕΠΙΒ. ΒΕΝΖ. | ΕΠΙΒ. ΠΕΤΡ. | q(vi) [g/h] | q(vi) [g/h] | ΥΨΟΜ. ΒΕΝΖ. | ΥΨΟΜ. ΠΕΤΡ. | ΕΚΚΙΝ. ΒΕΝΖ. | ΕΚΚΙΝ. ΠΕΤΡ. | ΚΑΤΑΛΥΤ. | | | | |
| | [Km/h] | [Οχημ/ Km] | [Οχημ/Km] | | | f _h | f _h | f _{cs} | f _{cs} | f _a | λ | L [m] | q _o [g/h] | Q _f [m ³ /sec] |
| 1 | 10 | 7 | 2 | 217 | 8 | 1,78 | 1,21 | 1,2 | 2,1 | 1,67 | 2 | 0,7 | 808 | 24 |
| 2 | 20 | 6 | 1 | 405 | 13 | 1,78 | 1,21 | 1,2 | 2,1 | 1,67 | 2 | 0,7 | 1499 | 34 |
| 3 | 40 | 3 | 1 | 587 | 17 | 1,78 | 1,21 | 1,2 | 2,1 | 1,67 | 2 | 0,7 | 2166 | 35 |
| 4 | 60 | 9 | 2 | 474 | 23 | 1,78 | 1,21 | 1,2 | 2,1 | 1,67 | 2 | 0,7 | 1788 | 29 |
| 5 | 80 | 1 | 3 | 309 | 41 | 1,78 | 1,21 | 1,2 | 2,1 | 1,67 | 2 | 0,7 | 1275 | 25 |

Φορτηγά - Λεωφορεία

Ο συνολικός όγκος του αέρα που απαιτείται, για την απομάκρυνση του CO που εκπέμπεται από τα διερχόμενα φορτηγά-λεωφορεία (πετρελαιοκίνητα) δίδεται από τους τύπους:

$$Q_f = \frac{q_o}{\rho_{co} \cdot 3600} \times D_{PC} \cdot L \cdot \lambda \cdot \frac{10^6}{CO_{lim}}$$

και $q_o = q_{(v,i)} \cdot f_m \cdot f_e \cdot f_h$

όπου :

$q_{(v,i)}$: Βασική τιμή ρύπου (CO), εξαρτώμενη από την ταχύτητα του οχήματος του εδάφους σε (g/h, όχημα) και την κλίση. (Πίνακας 19 Παραρτήματος)

f_h : Συντελεστής υψομέτρου (Πίν. 24 Παραρτήματος)

f_m : Συντελεστής βάρους οχήματος (Πίν. 22 Παραρτήματος)

f_e : Συντελεστής ανάλογα με την τεχνολογία του κινητήρα (Πίν. 23 Παραρτήματος)

Πίνακας 7: Συγκεντρωτικά δεδομένα και υπολογισμοί φορτηγών και λεωφορείων για CO :

| A/A | ΦΟΡΤ. | | | | | | | | | |
|-----|-------|---------|------------------|-------|-------|-------|-----------|----------|----------------|--------------------------------|
| | Km/h | Οχημ/Km | $q(vi)$ [g/h] | f_h | f_m | f_e | λ | L [m] | q_o [g/h] | Q_f [m ³ /sec] |
| 1 | 10 | 1 | 203,4 | 1,35 | 1,8 | 1 | 2 | 0,7 | 359 | 2 |
| 2 | 20 | 2 | 304,4 | 1,35 | 1,8 | 1 | 2 | 0,7 | 480 | 5 |
| 3 | 40 | 2 | 415,7 | 1,35 | 1,8 | 1 | 2 | 0,7 | 724 | 7 |
| 4 | 60 | 1 | 549,9 | 1,35 | 1,6 | 1 | 2 | 0,7 | 846 | 4 |
| 5 | 80 | 2 | 549,9 | 1,35 | 1,5 | 1 | 2 | 0,7 | 1028 | 7 |

Επιβατηγά

Ο συνολικός όγκος του αέρα που απαιτείται, για την απομάκρυνση του NOx που εκπέμπεται από τα διερχόμενα επιβατηγά αυτοκίνητα (βενζινοκίνητα ή πετρελαιοκίνητα), δίδεται από τους τύπους:

$$Q_f = \frac{q_o}{\rho_{NO} \cdot 3600} \times D_{PC} \cdot L \cdot \lambda \cdot \frac{10^6}{NO_{lim}}$$

όμοια θα γίνουν οι υπολογισμοί όπως και με το CO, με αλλαγή μόνο στα παρακάτω δεδομένα:

NO_{lim} : Μέγιστη επιτρεπόμενη πυκνότητα NOx, σε ppm (=25)
ρ_{NO} : Πυκνότητα NO₂ (=2000g NO₂ /m³)

Επιλογή τιμών από τους πίνακες 7, 8, και 9 του Παραρτήματος και υπολογισμοί για NOx:

Πίνακας 8: Βενζινοκίνητα οχήματα

| Α/Α | ΕΠΙΒ. Km/h | ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΑ | | | ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΡΥΠΩΝ NOx (g/h) | | |
|-----|---------------|-----------------------------------|----------|----------|--------------------------|----------|----------|
| | | US8 3 | ECE15/04 | ECE15/00 | US83 | ECE15/04 | ECE15/00 |
| 1 | 10 | 5 | 0 | 2 | 3,5 | 16,1 | 21,1 |
| 2 | 20 | 3 | 1 | 2 | 8,4 | 46,8 | 67,4 |
| 3 | 40 | 2 | 1 | 1 | 18,1 | 100,8 | 158,2 |
| 4 | 60 | 1 | 1 | 1 | 27,2 | 157,2 | 222,4 |
| 5 | 80 | 1 | 1 | 1 | 38,4 | 216,8 | 252,6 |

Επιλογή τιμών από τους πίνακες 10, 11, και 12 του Παραρτήματος και υπολογισμοί για NOx:

Πίνακας 9: Πετρελαιοκίνητα οχήματα

| Α/Α | ΕΠΙΒ. Km/h | ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΙΝΗΤΑ ΕΠΙΒΑΤΙΚΑ | | | ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΡΥΠΩΝ NOx (g/h) | | |
|-----|---------------|--|-------|----------|--------------------------|-------|----------|
| | | EURO2 | EURO1 | ECE15/04 | EURO2 | EURO1 | ECE15/04 |
| 1 | 10 | 2 | 0 | 0 | 9,4 | 10,5 | 12,9 |
| 2 | 20 | 1 | 0 | 0 | 20,5 | 22,8 | 30,8 |
| 3 | 40 | 1 | 0 | 0 | 35,4 | 39,4 | 58,0 |
| 4 | 60 | 1 | 1 | 0 | 41,9 | 46,5 | 79,7 |
| 5 | 80 | 1 | 1 | 1 | 55,5 | 61,6 | 103,3 |

Πίνακας 10: Συγκεντρωτικά δεδομένα και υπολογισμοί για NOx:

| Α/Α | ΤΑΧΥΤΗΤΑ | | ΟΧΗΜΑΤΑ/Κm, ΛΩΡΙΔΑ D _{pc} | | BENZIN. q(vi) [g/h] | ΠΕΤΡΕΛ. q(vi) [g/h] | ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΕΠΙΒΑΤΗΓΩΝ | | | | | λ | L [m] | q _o [g/h] | Q _f [m ³ /sec] |
|-----|----------|---------------|---------------------------------------|----------------|---------------------------|---------------------------|------------------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|---|----------|-------------------------|---|
| | ΕΠΙΒ. | ΦΟΡΤ. | ΕΠΙΒ. BENZ. | ΕΠΙΒ. ΠΕΤΡ. | | | ΥΨΟΜ. BENZ. | ΥΨΟΜ. ΠΕΤΡ. | ΕΚΚΙΝ. BENZ. | ΕΚΚΙΝ. ΠΕΤΡ. | ΚΑΤΑΛΥΤ. | | | | |
| | [Km/h] | [Οχημ/ Km] | [Οχημ/ Km] | [Οχημ/ Km] | | | f _h | f _h | f _{cs} | f _{cs} | f _a | | | | |
| 1 | 10 | 10 | 7 | 2 | 9 | 9 | 0,78 | 1 | 1,1 | 0,9 | 1,73 | 2 | 0,7 | 27 | 2 |
| 2 | 20 | 20 | 6 | 1 | 34 | 21 | 0,78 | 1 | 1,1 | 0,9 | 1,73 | 2 | 0,7 | 83 | 2 |
| 3 | 40 | 40 | 3 | 1 | 74 | 35 | 0,78 | 1 | 1,1 | 0,9 | 1,73 | 2 | 0,7 | 165 | 2 |
| 4 | 60 | 60 | 9 | 2 | 136 | 44 | 0,78 | 1 | 1,1 | 0,9 | 1,73 | 2 | 0,7 | 270 | 10 |
| 5 | 80 | 80 | 1 | 3 | 169 | 73 | 0,78 | 1 | 1,1 | 0,9 | 1,73 | 2 | 0,7 | 366 | 5 |

Φορτηγά-Λεωφορεία

Ο συνολικός όγκος του αέρα που απαιτείται, για την απομάκρυνση του NOx που εκπέμπεται από τα διερχόμενα φορτηγά-λεωφορεία (πετρελαιοκίνητα) δίδεται από τους:

$$Q_f = \frac{q_o}{\rho_{NO} \cdot 3600} \times D_{PC} \cdot L \cdot \lambda \cdot \frac{10^6}{NO_{lim}}$$

και $q_o = q_{(v,i)} \cdot f_h \cdot f_m \cdot f_e$

όπου :

$q_{(v,i)}$: Βασική τιμή ρύπου (CO), εξαρτώμενη από την ταχύτητα του οχήματος του εδάφους σε (g/h, όχημα) και την κλίση. (Πίνακας 20 Παραρτήματος)

f_h : Συντελεστής υψομέτρου (Πίν. 24 Παραρτήματος)

f_m : Συντελεστής μάζας (Πίν. 22 Παραρτήματος)

f_e : Συντελεστής ανάλογα με την τεχνολογία του κινητήρα (Πίν. 23 Παραρτήματος)

Πίνακας 11: Συγκεντρωτικά δεδομένα και υπολογισμοί φορτηγών και λεωφορείων για NOx :

| A/A | ΦΟΡΤ. | | | | | | | | | |
|-----|--------|-----------|-------------------|-------|-------|-------|-----------|----------|----------------|--------------------------------|
| | [Km/h] | [Οχημ/Km] | $q(v_i)$ [g/h] | f_h | f_m | f_e | λ | L [m] | q_o [g/h] | Q_f [m ³ /sec] |
| 1 | 10 | 1 | 199,3 | 1 | 1,8 | 1 | 2 | 0,7 | 359 | 3 |
| 2 | 20 | 2 | 266,5 | 1 | 1,8 | 1 | 2 | 0,7 | 480 | 3 |
| 3 | 40 | 2 | 402,2 | 1 | 1,8 | 1 | 2 | 0,7 | 724 | 5 |
| 4 | 60 | 1 | 528,5 | 1 | 1,6 | 1 | 2 | 0,7 | 846 | 3 |
| 5 | 80 | 2 | 685 | 1 | 1,5 | 1 | 2 | 0,7 | 1028 | 7 |

Επιβατηγά

Ο συνολικός όγκος του αέρα που απαιτείται, για την απομάκρυνση του καπνού που εκπέμπεται από τα διερχόμενα επιβατηγά αυτοκίνητα (πετρελαιοκίνητα), έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η αναγκαία, για κάθε ταχύτητα κινήσεως των οχημάτων, διαύγεια της ατμόσφαιρας μέσα στη σήραγγα και επομένως η ορατότητα των οδηγών, δίδεται από τους:

$$Q_f = \frac{q_o}{3600} \times D_{PC} \cdot L \cdot \lambda \frac{1}{K_{lim}}$$

και $q_o = q_{(v,i)} \cdot f_h \cdot f_{cs}$

όπου :

$q_{(v,i)}$: Βασική τιμή ρύπου καπνού, εξαρτώμενη από την ταχύτητα του οχήματος του εδάφους σε (m²/h, όχημα) και την κλίση. (Πίνακας 13,14,15 Παραρτήματος)

f_h : Συντελεστής υψομέτρου (Πίν. 17 Παραρτήματος)

f_{cs} : Συντελεστής κρύας εκκίνησης (Πίν. 16 Παραρτήματος)

K_{lim} : Ελάχιστη επιτρεπόμενη ορατότητα (=0,005 ή 0,007m⁻¹)

Επιλογή τιμών από τους πίνακες 13, 14 και 15 του Παραρτήματος και υπολογισμοί για καπνό:

Πίνακας 12: Πετρελαιοκίνητα οχήματα

| Α/Α | ΕΠΙΒ. Km/h | ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ | | | ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΡΥΠΩΝ ΚΑΠΝΟΥ [m ² /h] | | |
|-----|---------------|-------------------------------|-------|----------|---|-------|----------|
| | | EURO2 | EURO1 | ECE15/04 | EURO2 | EURO1 | ECE15/04 |
| 1 | 10 | 2 | 0 | 0 | 5,25 | 7,4 | 25,9 |
| 2 | 20 | 1 | 0 | 0 | 8,81 | 12,4 | 38,4 |
| 3 | 40 | 1 | 0 | 0 | 17,79 | 25,1 | 69,5 |
| 4 | 60 | 1 | 1 | 0 | 33,23 | 44,9 | 82,8 |
| 5 | 80 | 1 | 1 | 1 | 24,35 | 32,9 | 83,4 |

Πίνακας 13: Συγκεντρωτικά δεδομένα και υπολογισμοί επιβατικών πετρελαιοκίνητων οχημάτων για καπνό:

| Α/Α | ΤΑΧΥΤΗΤΑ | | $q_{(vi)}$ [m ² /h] | f_h | f_{cs} | λ | L [m] | q_o [m ² /h] | Q_f [m ³ /sec] |
|-----|-----------------|-----------|-----------------------------------|-------|----------|-----------|------------|------------------------------|--------------------------------|
| | ΦΟΡΤ. [Km/h] | [Οχημ/Km] | | | | | | | |
| 1 | 10 | 2 | 5 | 1,12 | 1,2 | 2 | 0,7 | 7 | 1 |
| 2 | 20 | 1 | 9 | 1,12 | 1,2 | 2 | 0,7 | 12 | 1 |
| 3 | 40 | 1 | 18 | 1,12 | 1,2 | 2 | 0,7 | 24 | 1 |
| 4 | 60 | 2 | 39 | 1,12 | 1,2 | 2 | 0,7 | 53 | 6 |
| 5 | 80 | 3 | 47 | 1,12 | 1,2 | 2 | 0,7 | 63 | 11 |

Φορτηγά-Λεωφορεία

Ο συνολικός όγκος του αέρα που απαιτείται, για την απομάκρυνση του καπνού που εκπέμπεται από τα διερχόμενα φορτηγά-λεωφορεία (πετρελαιοκίνητα), έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η αναγκαία, για κάθε ταχύτητα κινήσεως των οχημάτων, διαύγεια της ατμόσφαιρας μέσα στη σήραγγα και επομένως η ορατότητα των οδηγών, δίδεται από τους τύπους:

$$Q_f = \frac{q_o}{3600} \times D_{PC} \cdot L \cdot \lambda \cdot \frac{1}{K_{lim}}$$

και $q_o = q_{(v,i)} \cdot f_m \cdot f_e \cdot f_h$

όπου:

- $q_{(v,i)}$: Βασική τιμή ρύπου καπνού, εξαρτώμενη από την ταχύτητα του οχήματος του εδάφους σε (m²/h, όχημα) και την κλίση. (Πίνακας 21 Παραρτήματος)
- f_m : Συντελεστής βάρους φορτηγού (Πίν. 22 Παραρτήματος)
- f_e : Συντελεστής τεχνολογίας κινητήρα φορτηγών (Πίν. 23 Παραρτήματος)
- f_h : Συντελεστής υψομέτρου (Πίν. 24 Παραρτήματος)
- K_{lim} : Ελάχιστη επιτρεπόμενη ορατότητα (=0,005 ή 0,007m⁻¹)

Πίνακας 14: Συγκεντρωτικά δεδομένα και υπολογισμοί φορτηγών και λεωφορείων για καπνό:

| A/A | ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΦΟΡΤ. | | | | | | | | | |
|-----|-------------------|-----------|------------------------------------|-------|-------|-------|-----------|----------|------------------------------|--------------------------------|
| | [Km/h] | [Οχημ/Km] | $q_{(v,i)}$ [m ² /h] | f_h | f_m | f_e | λ | L [m] | q_o [m ² /h] | Q_f [m ³ /sec] |
| 1 | 10 | 1 | 107 | 1,12 | 1,8 | 1 | 2 | 0,7 | 216 | 12 |
| 2 | 20 | 2 | 133 | 1,12 | 1,8 | 1 | 2 | 0,7 | 269 | 30 |
| 3 | 40 | 1 | 191 | 1,12 | 1,8 | 1 | 2 | 0,7 | 386 | 21 |
| 4 | 60 | 1 | 255 | 1,12 | 1,6 | 1 | 2 | 0,7 | 458 | 25 |
| 5 | 80 | 1 | 333 | 1,12 | 1,5 | 1 | 2 | 0,7 | 559 | 31 |

Παρατηρούμε ότι η μέγιστη παροχή αέρα είναι 35 m³/s.

3.1.3 ΕΠΙΛΟΓΗ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΩΝ

Για τη Σήραγγα, επελέγησαν αξονικοί ανεμιστήρες ειδικοί για σήραγγες (JETFOIL TUNNEL FANS), ενδεικτικού τύπου της αγγλικής κατασκευαστικής εταιρίας WOODS, AIR MOVEMENT, τύπου 112, με τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

| | |
|--|------------------------|
| Διάμετρος ανεμιστήρα | 1,12 m |
| Στροφές (σε ρεύμα 50 περιόδων) | 1470 RPM |
| Ώθηση (thrust) | 1526 Newtons |
| Παροχή σέρα | 35,4 m ³ /s |
| Ταχύτητα αέρα στην έξοδο | 35,9 m/s |
| Απορροφώμενη ισχύς | 50,4 KW |
| Ισχύς κινητήρα | 51 KW |
| Στάθμη θορύβου ανεμιστήρα με ηχοαπορροφητήρα μήκους 1D | 73 dBA |

Σημείωση: Ο ανεμιστήρας επιλέχθηκε με βάση παλαιότερες μελέτες.

Στους υπολογισμούς ελήφθησαν υπ' όψη τα γεωμετρικά στοιχεία της σήραγγας, που δίδονται στην αρχή καθώς επίσης λαμβάνονται και βιβλιογραφικά τα παρακάτω:

| | |
|---|------------------|
| Συντελεστής τριβής τοιχωμάτων σήραγγων (μπετόν) | 0,015 |
| Αντίσταση ανέμου | 10 Pa |
| Μέσο βάρος οχημάτων | |
| Επιβατικών | 1 t |
| Φορηγών και λεωφορείων | 20 t |
| Επιφάνεια οχημάτων κατά την φορά της κινήσεως | |
| Επιβατικών | 2 m ² |
| Φορηγών και λεωφορείων | 7 m ² |

Όσον αφορά τις θέσεις εγκαταστάσεως των ανεμιστήρων εντός της σήραγγας, το ειδικό αγγλικό εργοστάσιο κατασκευής ανεμιστήρων σήραγγων WOODS, AIR MOVEMENT, συνιστά, στο έντυπο του JETFOIL TUNNEL FANS, η απόσταση μεταξύ διαδοχικών ομάδων ανεμιστήρων κατά μήκος της σήραγγας να επιλέγεται:

- Τουλάχιστον δεκαπλάσια της υδραυλικής διαμέτρου της σήραγγας ή
- Το ένα δέκατο της δυναμικής πιέσεως του ανεμιστήρα (μετρούμενης σε Pa), σε μέτρα.

Δοθέντος δε ότι η υδραυλική διάμετρος της διατομής της σήραγγας είναι 8.3m και η ταχύτητα εξόδου του αέρα από τον ανεμιστήρα 35,9m/s, δηλαδή η δυναμική πίεση είναι:

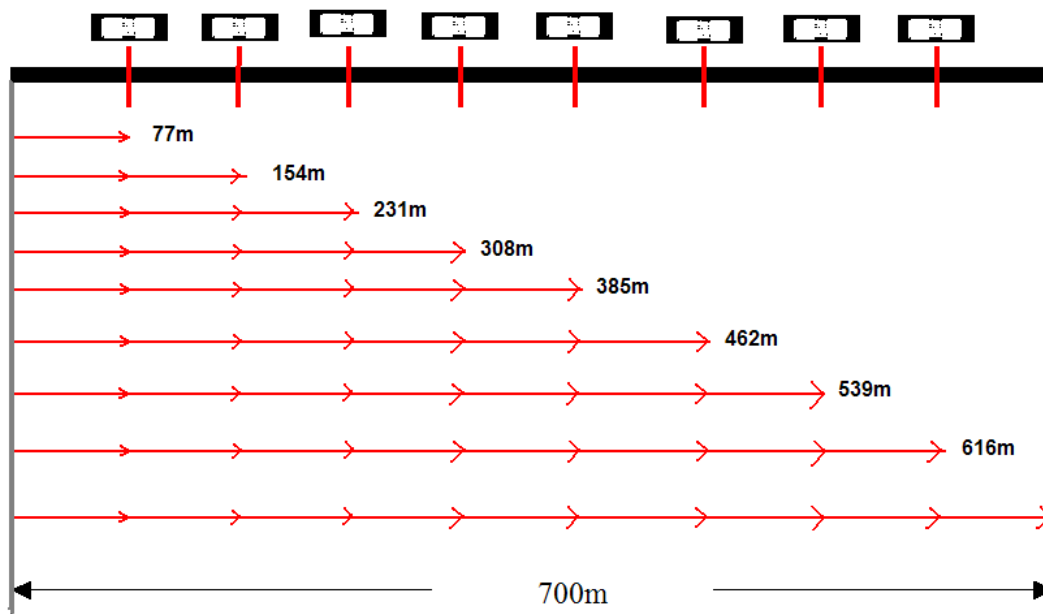
$$P = \frac{\rho \times V^2}{2} =$$

προκύπτει : $\frac{1,2 \times 35,9^2}{2} = 773 \text{ Pa}$

Απόσταση διαδοχικών σειρών ανεμιστήρων L :

- α. $8,3 \times 10 = 83 \text{ m}$
 ή
 β. $773/10 = 77 \text{ m}$

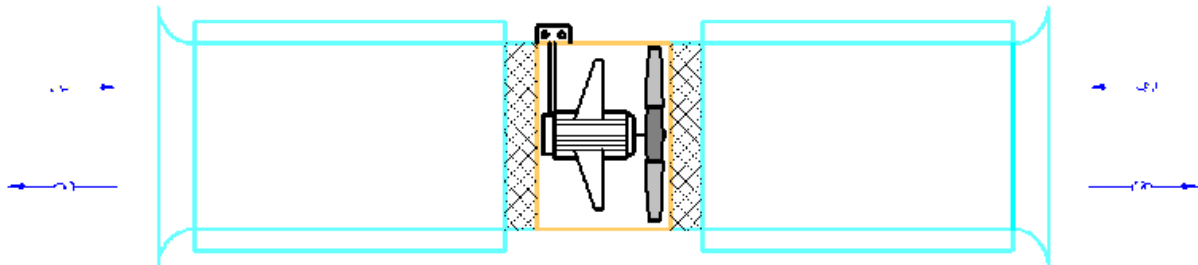
Άρα, εφόσον η σήραγγα είναι 700m, αυτό συνεπάγει ότι ο αριθμός των ανεμιστήρων θα είναι 8.



3.1.4 ΑΝΑΡΤΗΣΗ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΩΝ

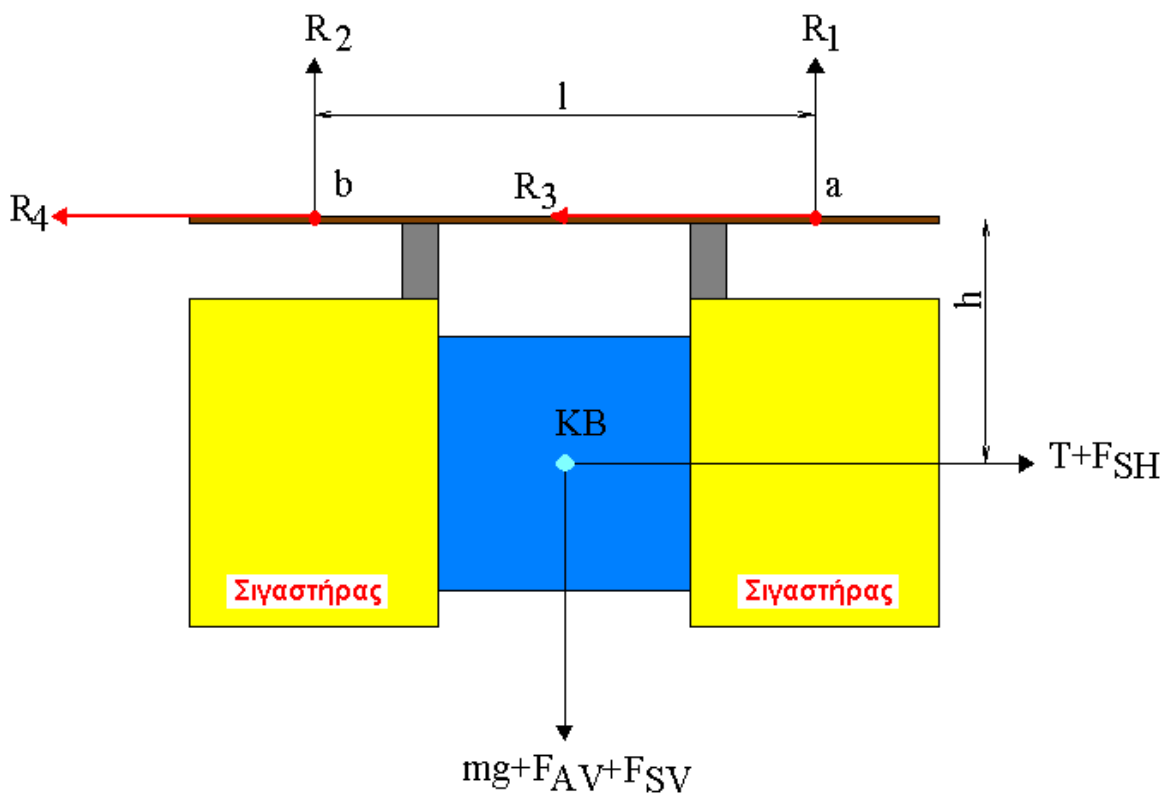
Για την ανάρτηση του ανεμιστήρα στην σήραγγα είναι αναγκαίο να γνωρίζουμε όλες τις κατασκευαστικές του λεπτομέρειες.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται ένα σκαρίφημα του ανεμιστήρα και μία εικόνα στην οποία φαίνονται οι δυνάμεις που ασκούνται σε αυτόν.



Σχήμα 12: Σκαρίφημα αξονικού ανεμιστήρα

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΔΥΝΑΜΕΩΝ



Ροπές ως προς α:

$$\{(mg/2+F_{AV}/2+F_{SV}/2)*l/2\}+(T/2+F_{SH}/2)*h = R_2*l \rightarrow$$

$$R_2 = (mg+F_{AV}+F_{SV})/4+(T+F_{SH})*h/2l \quad (\text{Μέγιστο εφελκυστικό φορτίο})$$

Για ανεμιστήρα Φ1.12m λαμβάνονται τα παρακάτω στοιχεία

| | | | | |
|-----------------|---|-------|------------------|---|
| m | = | 851 | Kg | (Βάρος ανεμιστήρα) |
| g | = | 9.81 | m/s ² | (Επιτάχυνση βαρύτητας) |
| F _{SV} | = | 1332 | N | (Κατακόρυφη δύναμη σεισμού) |
| F _{AV} | = | 52 | N | (Μεταφερόμενη δονητική δύναμη) |
| F _{SH} | = | 1903 | N | (Οριζόντια δύναμη σεισμού) |
| h | = | 1.273 | m | (Απόσταση μεταξύ κέντρου βάρους και οροφής) |
| T | = | 1526 | N | (Ώση ανεμιστήρα) |
| l | = | 1.256 | m | (Απόσταση μεταξύ των σημείων ανάρτησης) |
| α _h | = | 0.24 | | (Οριζόντια επιτάχυνση σεισμού) |
| α _v | = | 0.17 | | (Κατακόρυφη επιτάχυνση σεισμού) |

Υπολογισμός φορτίων

Ο υπολογισμός θα γίνει για 2 συνδυασμούς φορτίσεων.

Το συνδυασμό $1.35G_k+1.5Q_k$ και το σεισμικό συνδυασμό $G_k+ y_2Q_k \pm E$, όπου επιλέχθηκαν με βάση παλαιότερες μελέτες.

Τα φορτία που μας δίνονται πολλαπλασιάζονται με τους αντίστοιχους συντελεστές.

Τα σεισμικά φορτία πολλαπλασιάζονται και με το συντελεστή φασματικής επιτάχυνσης β_o, ενώ θεωρούμε για την κατασκευή ότι q = 1 (ΕΑΚ).

Κάθε στήριξη θα παραλαμβάνει τις παρακάτω δυνάμεις:

$$\text{i) } \frac{1.35*(mg + F_{AV})}{4} + \frac{1.5*T*l}{2*h} = \frac{1.35*(8348.31+52)}{4} + \frac{1.5*1526*1.273}{2*1.256}$$
$$= 2835 + 1160 = 3995\text{N} \approx 4\text{kN}$$

εφελκυστική δύναμη, και

$$\frac{1.5*T}{4} = \frac{1.5*1526}{4} = 572\text{N} \approx 0.6\text{kN} \quad \text{διατμητική δύναμη}$$

$$\frac{1.00 * (mg + F_{AV}) + 2.5 * F_{SV}}{4} + \frac{(1.00 * T + 2.5 * F_{SH}) * h}{2 * l} =$$

$$\text{ii) } \frac{1.00 * (8348.31 + 52) + 2.5 * 1332}{4} + \frac{(1.00 * 1526 + 2.5 * 1903) * 1.273}{2 * 1.256} =$$

$$= 2933 + 3184 = 6117\text{N} \approx 6.1\text{kN}$$

εφελκυστική δύναμη, και

$$\frac{T + 2.5 * F_{SH}}{4} = \frac{1526 + 2.5 * 1903}{4} = 1571\text{N} \approx 1.6\text{kN} \quad \text{διατμητική δύναμη}$$

Έτσι ο σχεδιασμός της στήριξης θα γίνει για το σεισμικό συνδυασμό στον οποίο επί το δυσμενέστερο η ώθηση λόγω της λειτουργίας του ανεμιστήρα θεωρήθηκε μόνιμο φορτίο (ταυτόχρονα σεισμός και λειτουργία ανεμιστήρα).

Η κάθε στήριξη σχεδιάζεται για 6.1kN εφελκυστική δύναμη και 1.6kN διατμητική δύναμη.

Τοποθετούμε σε κάθε στήριξη ένα ανοξείδωτο βύσμα AISI 316L Φ20x240mm με χημική αγκύρωση και ειδικό αντικραδασμικό σύνδεσμο ανάρτησης με αντοχή σε εφελκυσμό τουλάχιστον 25kN και σε διάτμηση τουλάχιστον 15kN.

Τα παραπάνω δεδομένα για τις ασκούμενες δυνάμεις καθώς και για τις αποστάσεις ανάρτησης δόθηκαν από την εταιρεία WOODS. Λόγω των διαφοροποιήσεων μεταξύ των διαφόρων κατασκευαστών (βάρος, διαστάσεις, σημεία ανάρτησης κλπ), κρίνεται απαραίτητο ο προμηθευτής των ανεμιστήρων να επανυπολογίσει τα στοιχεία ανάρτησης, σύμφωνα με τους ανωτέρους υπολογισμούς και με τα δεδομένα των εγκατασταθισμένων ανεμιστήρων. Σε κάθε περίπτωση ο προμηθευτής των ανεμιστήρων είναι υπεύθυνος για την σωστή εγκατάστασή τους.

3.2 ΠΥΡΑΣΦΑΛΕΙΑ

Η μελέτη της πυρασφάλεια θα γίνει κατόπιν κάποιων παραδοχών:

Έστω ότι οι διάμετροι των σωληνώσεων του δικτύου νερού πυρόσβεσης υπολογίζονται με τα παρακάτω όρια ταχυτήτων και τριβών :

- α. Με ταχύτητα έως 2,5 m/s
- β. Με μέγιστη πτώση πίεσης 60mΣΥ

Οι υπολογισμοί των δικτύων σωληνώσεων για τον υπολογισμό των μανομετρικών γίνονται σύμφωνα με τις παρακάτω μαθηματικές σχέσεις :

α. Εξίσωση συνέχειας

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} U$$

β. Εξίσωση Darcy

$$J = \frac{\Delta h}{L} = \frac{\lambda}{D} \frac{U^2}{2g}$$

γ. Αριθμός Reynolds

$$Re = \frac{UD}{\nu}$$

όπου:

- Q - Παροχή ρευστού (m³/s)
- D - Εσωτερική διάμετρος σωλήνωσης (m)
- U - Ταχύτητα ρευστού (m/s)
- J - Απώλεια πίεσης ανα μονάδα μήκους (m/m)
- Δh - Απώλειες πίεσης (mΥΣ)
- L - Μήκος σωλήνωσης (m)
- λ - Συντελεστής τριβής (-)
- K - Απόλυτη τραχύτητα σωλήνωσης (mm)
- Re - Αριθμός Reynolds (-)
- ν - Κινηματική συνεκτικότητα ρευστού (m²/s)

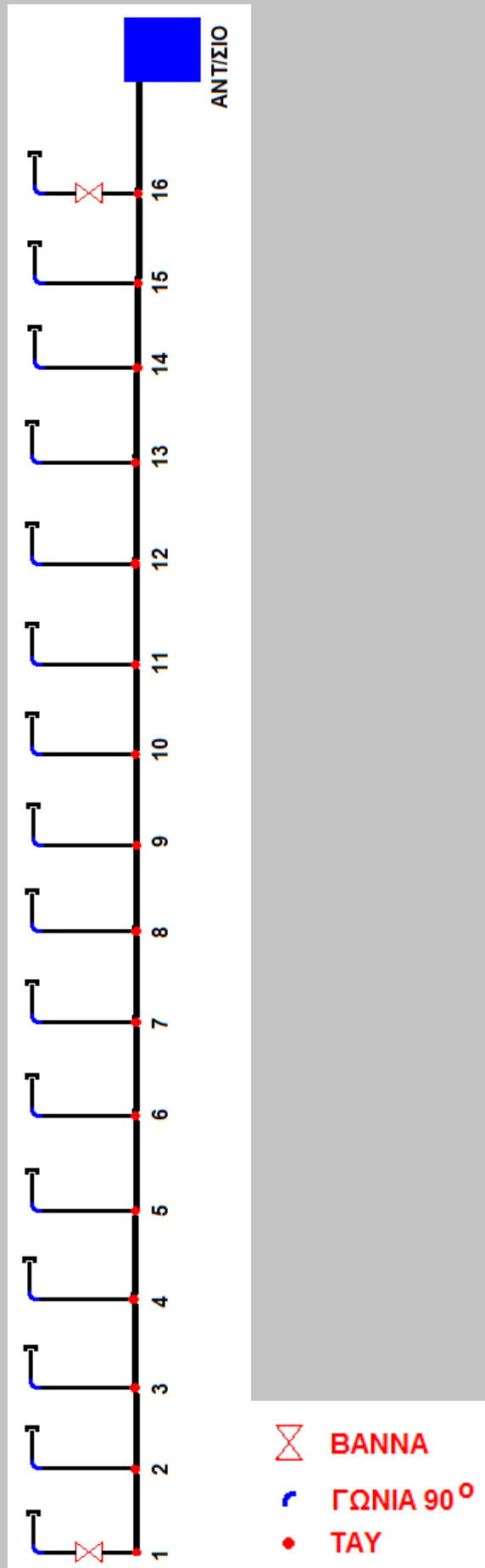
Για την λειτουργία του πυροσβεστικού κρούνου, δεχόμαστε:

Παροχή αντλιών:

Δεχόμαστε την ταυτόχρονη λειτουργία τεσσάρων (4) Πυροσβεστικών Κρουνών (36m³/h ο καθένας)

$$4 \times 36 \text{ m}^3/\text{h} = 144 \text{ m}^3/\text{h}$$

Θεωρούμε ότι θα τοποθετηθούν 16 πυροσβεστικοί κρουνοί κατά μήκος της σήραγγας όπως δείχνει το παρακάτω σχήμα 13:

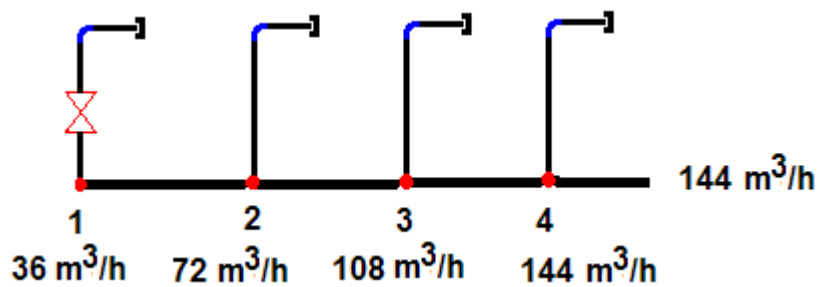


Σχήμα 13: Διάταξη συνδεσμολογίας κρουινών και αντλιοστάσιου

Εφόσον δεχόμαστε την ταυτόχρονη λειτουργία 4 κρουών, η μελέτη θα γίνει με βάση την δυσμενέστερη θέση.

Άρα η δυσμενέστερη θέση θα είναι εκείνη στην οποία θα λειτουργούν οι 4 πιο απομακρυσμένοι από το αντλιοστάσιο, δηλαδή τα νούμερα 1,2,3, και 4.

Αυτό συνεπάγει ότι για συνολική παραγωγή $144 \text{ m}^3/\text{h}$, οι τελευταίοι 4 κρουνοί θα έχουν παροχή όπως δείχνει το παρακάτω σχήμα 14:



Σχήμα 14: Οι πιο απομακρυσμένοι κρουνοί από το αντλιοστάσιο

Οι κρουνοί τοποθετούνται σε απόσταση 41m ο ένας από τον άλλον.

Για τον υπολογισμό της εσωτερικής διαμέτρου, με βάση την παροχή και την ταχύτητα, θα χρησιμοποιηθεί ο παρακάτω τύπος:

$$d = 18,8 \sqrt{\frac{Q[\text{m}^3/\text{h}]}{U[\text{m}/\text{sec}]}} \quad [\text{mm}]$$

Με χρήση του παραπάνω τύπου και ταχύτητα, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, $U=2,5\text{m}/\text{sec}$ και για τις παρακάτω παροχές προκύπτουν οι εσωτερικές αντίστοιχες διαμέτροι:

$$Q= 36\text{m}^3/\text{h} \quad \rightarrow \quad d=72\text{mm}$$

$$Q= 72\text{m}^3/\text{h} \quad \rightarrow \quad d=101\text{mm}$$

$$Q= 108\text{m}^3/\text{h} \quad \rightarrow \quad d=124\text{mm}$$

$$Q= 144\text{m}^3/\text{h} \quad \rightarrow \quad d=143\text{mm}$$

Με βάση τα παραπάνω θα γίνει τυποποίηση των σωλήνων.

Επιλέγονται οσωλήνες από πολυαιθυλένιο τύπου PE.

Γνωρίζοντας ότι για τον υπολογισμό της εξωτερικής διαμέτρου ισχύει και ο τύπος:

$$d_{εξ} = d_{εσ} + 2s$$

όπου:

s: πάχος τοιχώματος (=16,4mm)

$d_{εξ}$: εξωτερική διάμετρος

$d_{εσ}$: εσωτερική διάμετρος

Καταλήγουμε στις παρακάτω σωληνώσεις (Πιν.15):

Πίνακας 15: Επιλογή διαμέτρων

| Ονομαστική διάμετρος (mm) | Εξωτερική διάμετρος (mm) | Εσωτερική διάμετρος (mm) |
|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| <u>PE120</u> | 120 | 87,2 |
| <u>PE140</u> | 140 | 107,2 |
| <u>PE160</u> | 160 | 127,2 |
| <u>PE180</u> | 180 | 147,2 |

Σύμφωνα με την παραπάνω τυποποίηση θα πρέπει να υπολογιστεί η νέα ταχύτητα με την βοήθεια της Εξίσωση της Συνέχειας:

$$Q = \frac{\pi d_{εσ}^2}{4} U \Rightarrow U = \frac{4Q}{\pi d_{εσ}^2}$$

$$\Rightarrow U = \frac{4 \cdot 36m^3 / 3600sec}{3,14(0,872m)^2} \Rightarrow U = 1,7m/sec$$

Όμοια για τα υπόλοιπα θα ισχύει:

$$U = \frac{4 \cdot 72m^3 / 3600sec}{3,14(0,1072m)^2} \Rightarrow U = 2,2m / sec$$

$$U = \frac{4 \cdot 108m^3 / 3600sec}{3,14(0,1272m)^2} \Rightarrow U = 2,36m / sec$$

$$U = \frac{4 \cdot 144m^3 / 3600sec}{3,14(0,1472m)^2} \Rightarrow U = 2,35m / sec$$

Για τον υπολογισμό της πτώση πίεσης στο δίκτυο, θα πρέπει να μελετήσουμε το κάθε τμήμα ξεχωριστά.

Έχουν επιλεγεί 16 πυροσβεστικοί κρουνοί σε απόσταση 41m, θεωρούμε ότι για τον 1^ο κρούνο απαιτείται και 1,5m ύψος (σύνολο 41m+1,5m=42,5m), ενώ για τα υπόλοιπα τμήματα η απόσταση θα είναι 41m, καθώς επίσης και σε κάθε κρούνο τα εξαρτήματα που θα χρησιμοποιηθούν είναι ένα ταυ ($\zeta=0,62$), μία βάννα ($\zeta=0,1$) και μία γωνία 90^ο ($\zeta=0,29$).

Επίσης γίνεται η θεώρηση ότι το νερό για να φτάσει στον 16^ο κρουνο από το αντλιοστάσιο, απαιτούνται περίπου 8 γωνίες 90^ο, 4 ταυ και 3 βάννες.

Η αντίσταση R(mmΥΣ/m) προκύπτει από διάγραμμα.

Επίσης θα χρησιμοποιηθεί ο τύπος για την εύρεση της πτώσης πίεσης των εξαρτημάτων: $Z = \sum \zeta \rho U^2 / 2$ (πυκνότητα νερού: $\rho = 1000 \text{Kg/m}^3$)

Όλα τα παραπάνω, θα τοποθετηθούν σε πίνακα και με την χρήση του προγράμματος excel θα προκύψουν τα αποτελέσματα:

Συγκεντρωτικός Πίνακας 16 αποτελεσμάτων:

| ΠΤΩΣΗ ΠΙΕΣΗΣ | | | | | | | | | | | |
|--------------|-----------|----------|-------|----|-----|---------------------|-------------------|------------------|------|------------------------|-------------|
| ΜΗΚΟΥΣ | | | | | | ΕΙΔΙΚΩΝ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ | | | | | ΣΥΝΟΛΙΚΗ |
| ΤΜΗΜΑ | ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ | ΤΑΧΥΤΗΤΑ | ΜΗΚΟΣ | R | R L | ΤΑΥ [ζ=0,62] | ΓΩΝΙΑ [ζ=0,29] | ΒΑΝΝΑ [ζ=0,1] | Σζ | Z=Σζρu ² /2 | RL+Z [mmΥΣ] |
| 1 | Φ120 | 1,7 | 42,5 | 12 | 510 | 1 | 1 | 1 | 1,01 | 1459 | 1969 |
| 2 | Φ140 | 2,2 | 41 | 12 | 492 | 1 | 0 | 0 | 0,62 | 1500 | 1992 |
| 3 | Φ160 | 2,36 | 41 | 12 | 492 | 1 | 0 | 0 | 0,62 | 1727 | 2219 |
| 4 | Φ180 | 2,35 | 41 | 12 | 492 | 1 | 0 | 0 | 0,62 | 1712 | 2204 |
| 5 | Φ180 | 2,35 | 41 | 12 | 492 | 1 | 0 | 0 | 0,62 | 1712 | 2204 |
| 6 | Φ180 | 2,35 | 41 | 12 | 492 | 1 | 0 | 0 | 0,62 | 1712 | 2204 |
| 7 | Φ180 | 2,35 | 41 | 12 | 492 | 1 | 0 | 0 | 0,62 | 1712 | 2204 |
| 8 | Φ180 | 2,35 | 41 | 12 | 492 | 1 | 0 | 0 | 0,62 | 1712 | 2204 |
| 9 | Φ180 | 2,35 | 41 | 12 | 492 | 1 | 0 | 0 | 0,62 | 1712 | 2204 |
| 10 | Φ180 | 2,35 | 41 | 12 | 492 | 1 | 0 | 0 | 0,62 | 1712 | 2204 |
| 11 | Φ180 | 2,35 | 41 | 12 | 492 | 1 | 0 | 0 | 0,62 | 1712 | 2204 |
| 12 | Φ180 | 2,35 | 41 | 12 | 492 | 1 | 0 | 0 | 0,62 | 1712 | 2204 |
| 13 | Φ180 | 2,35 | 41 | 12 | 492 | 1 | 0 | 0 | 0,62 | 1712 | 2204 |
| 14 | Φ180 | 2,35 | 41 | 12 | 492 | 1 | 0 | 0 | 0,62 | 1712 | 2204 |
| 15 | Φ180 | 2,35 | 41 | 12 | 492 | 1 | 0 | 0 | 0,62 | 1712 | 2204 |
| 16 | Φ180 | 2,35 | 41 | 12 | 492 | 4 | 8 | 3 | 5,1 | 14082 | 14574 |
| | | | | | | | | | | ΣΥΝΟΛΟ= | 47203 |

Από τον παραπάνω πίνακα έχουμε:

Συνολική πτώση πίεσης στο δίκτυο= 47203mmΥΣ

Με προσαύξηση 15% = $1,15 * 47203\text{mmΥΣ} = 54283\text{mmΥΣ} = 55\text{mΥΣ}$

Τελικά καταλήγουμε ότι το μανομετρικό ύψος συνολικά θα είναι:

| | | |
|-----------------------------------|---|----------|
| α. Διαθέσιμη πίεση στο άκρο | : | 60m ΥΣ |
| β. Υψομετρική διαφορά (παραδοχή): | : | 10 m ΥΣ |
| γ. Πτώση πίεσεως στο δίκτυο | : | 55 mΥΣ |
| | | ----- |
| ΣΥΝΟΛΟ | : | 125 m ΥΣ |

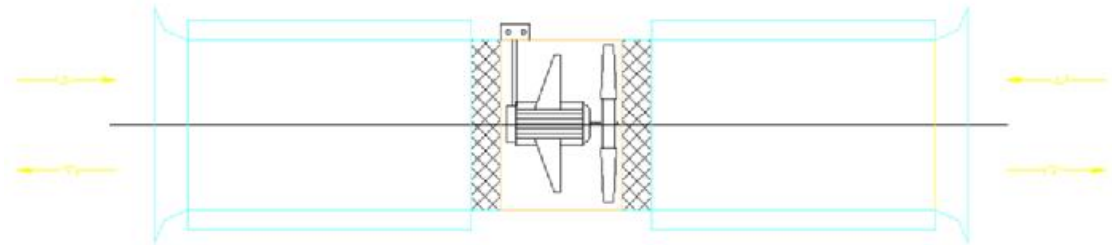
Επιλέγουμε : 3 αντλίες παροχής η καθεμία : $72\text{m}^3/\text{h}$ (η μια εφεδρική)
Μανομετρικού ύψους : 145m ΥΣ

Για τον υπολογισμό της ισχύς της αντλίας θα χρησιμοποιηθεί ο παρακάτω τύπος:

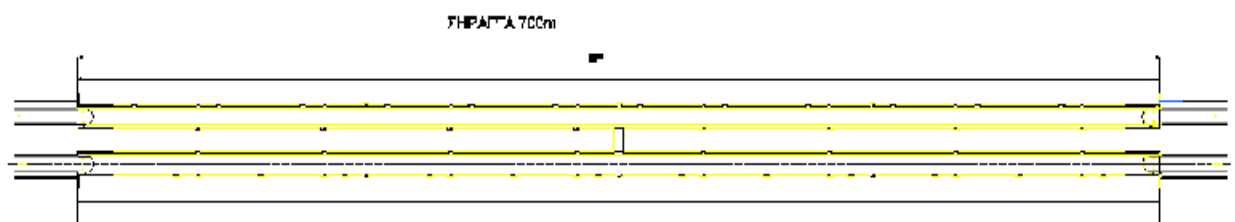
$$N[KW] = \frac{Q[m^3 / h] \cdot H[mH_2O]}{367 \cdot n} = \frac{72[m^3 / h] \cdot 145[mH_2O]}{367 \cdot 0,7}$$

$\Rightarrow N = 40,64KW \Rightarrow N = 41KW$

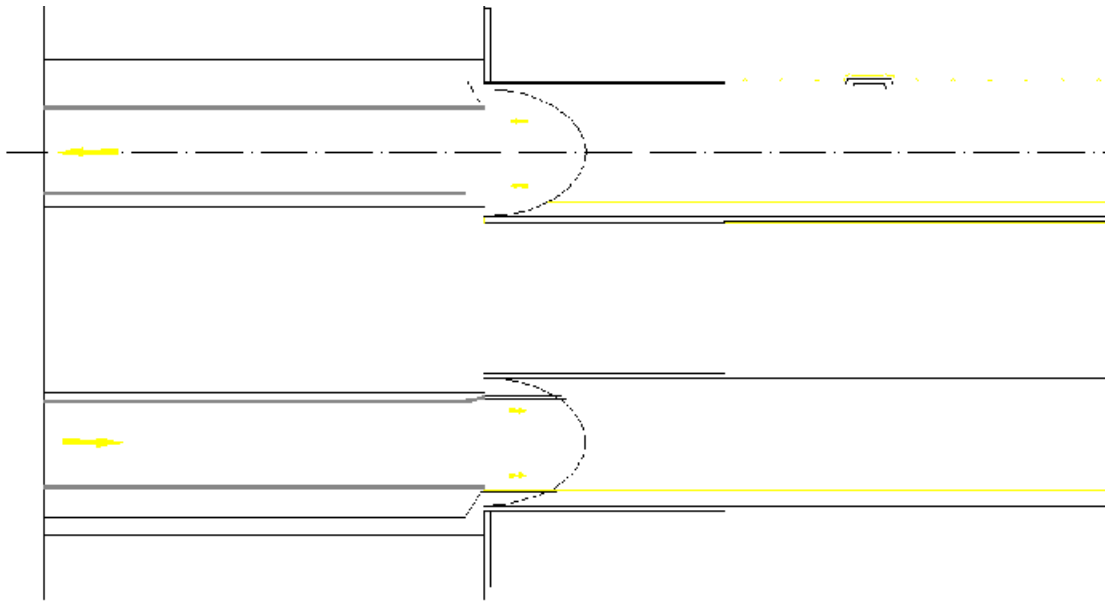
ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ ΣΗΡΑΓΓΑΣ



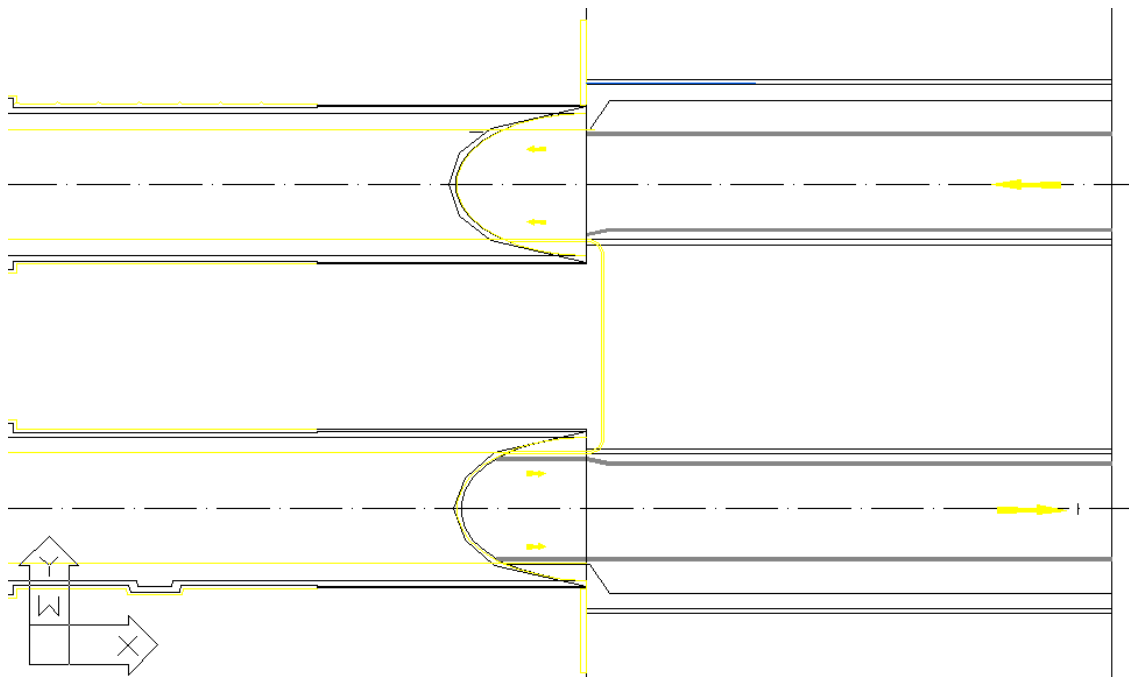
Σχήμα 15: Αξονικός Ανεμιστήρας



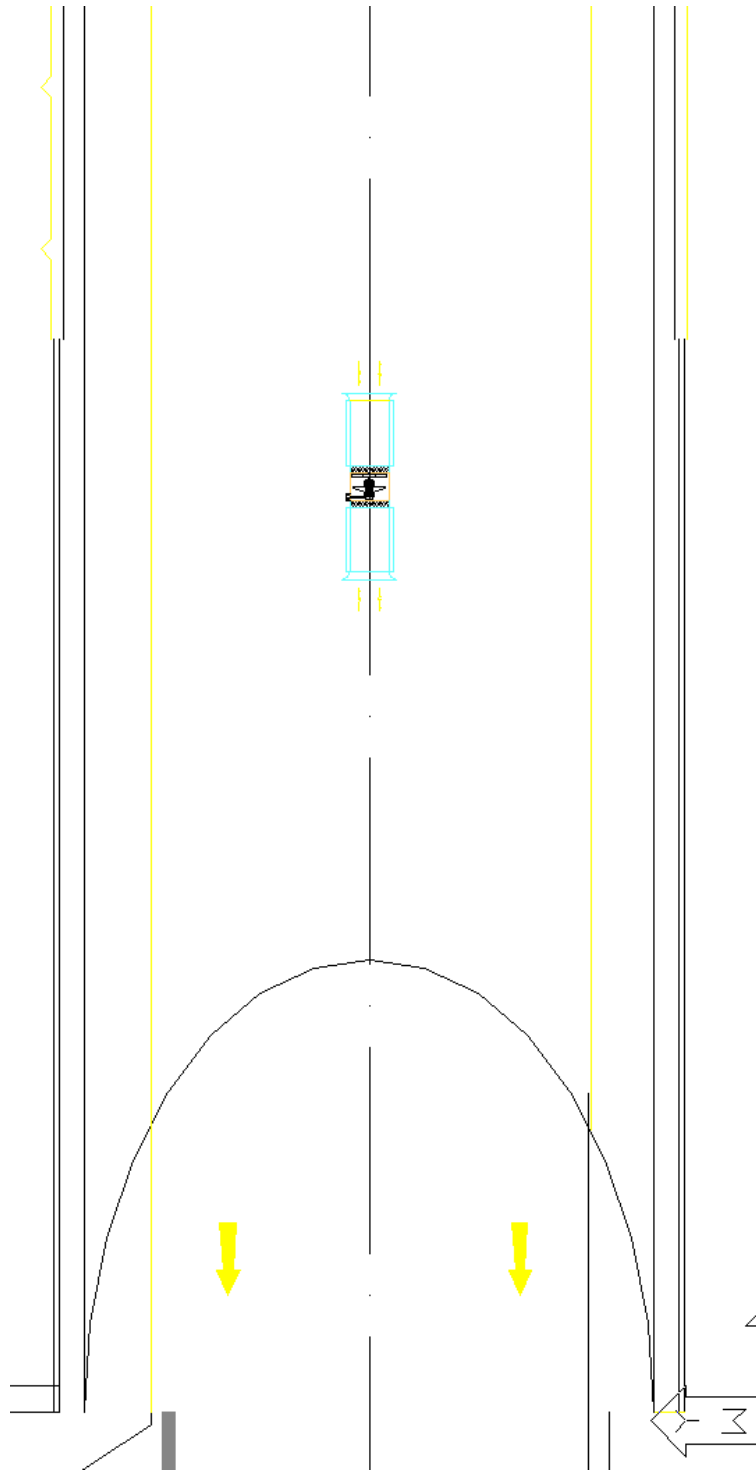
Σχήμα 17: Κάτοψη σήραγγας



Σχήμα 18: Αριστερή είσοδος-έξοδος σήραγγας.



Σχήμα 19: Δεξιά είσοδος-έξοδος σήραγγας.



Σχήμα 20: Ενδεικτική θέση τοποθέτησης ανεμιστήρα στην σήραγγα

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ

| | | | | |
|-----|---|--|--|---------------------|
| 1. | Πίνακας 1 | εκπομπών ρύπων | CO – βενζινοκίνητων επιβατηγών | (US 83) |
| 2. | “ 2 | “ “ “ | “ “ | (ECE 15/04) |
| 3. | “ 3 | “ “ “ | “ “ | (ECE 15/00) |
| 4. | “ 4 | “ “ “ | - πετρελαιοκίνητων “ | (EURO 2) |
| 5. | “ 5 | “ “ “ | - “ “ | (EURO 1) |
| 6. | “ 6 | “ “ “ | - “ “ | (ECE 15/04&πριν) |
| 7. | “ 7 | “ “ | NOx – βενζινοκίνητων “ | (US 83) |
| 8. | “ 8 | “ “ “ | - “ “ | (ECE 15/00) |
| 9. | “ 9 | “ “ “ | - “ “ | (ECE 15/00) |
| 10. | “ 10 | “ “ “ | - πετρελαιοκίνητων επιβατηγών | (EURO 2) |
| 11. | “ 11 | “ “ “ | - “ “ | (EURO 1) |
| 12. | “ 12 | “ “ “ | - “ “ | (ECE 15/04&πριν) |
| 13. | “ 13 | “ “ | καπνού - “ “ | (EURO 2) |
| 14. | “ 14 | “ “ | “ - “ “ | (EURO 1) |
| 15. | “ 15 | “ “ | “ - “ “ | (ECE 15/04&πριν) |
| 16. | “ 16 | συντελεστής (f_{cs}) κρίας εκκίνησης (Επιβατηγά) | | |
| 17. | “ 17 | “ | (f_h) υψομέτρου («) | |
| 18. | “ 18 | “ | (f_a) γήρανσης καταλύτη (Επιβατηγά καταλυτικά) | |
| 19. | “ 19 | εκπομπών ρύπων CO - φορτηγών, 10tn | | (Pre-EURO) |
| 20. | “ 20 | “ “ | NOx - “ “ | (Pre-EURO) |
| 21. | “ 21 | “ “ | καπνού - “ “ | (Pre-EURO) |
| 22. | Πίνακας 22 συντελεστής (f_m) βάρους φορτηγών | | | |
| 23. | Πίνακας 23 συντελεστής (f_e) τεχνολογίας κινητήρων φορτηγών | | | |
| 24. | Πίνακας 24 συντελεστής (f_h) υψομέτρου | | | |

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

| ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΡΥΠΩΝ CO (g/h) - ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΑ ΕΠΙΒΑΤΙΚΑ (US 83) | | | | | | | |
|--|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Κλίση Οδοστρώματος | | | | | | | |
| Ταχ. (Km/h) | -6% | -4% | -2% | 0% | 2% | 4% | 6% |
| 0 | 20,0 | 20,0 | 20,0 | 20,0 | 20,0 | 20,0 | 20,0 |
| 5 | 33,7 | 49,3 | 64,9 | 64,9 | 71,4 | 72,0 | 79,8 |
| 10 | 28,7 | 42,0 | 55,2 | 55,2 | 66,3 | 67,4 | 80,6 |
| 15 | 26,0 | 38,0 | 50,0 | 50,0 | 60,0 | 66,5 | 84,8 |
| 20 | 26,5 | 38,8 | 51,0 | 51,0 | 61,2 | 73,4 | 98,4 |
| 30 | 27,6 | 40,3 | 53,0 | 53,0 | 63,6 | 85,9 | 125,1 |
| 40 | 28,6 | 41,8 | 55,0 | 55,0 | 66,0 | 106,2 | 159,5 |
| 50 | 29,6 | 43,3 | 57,0 | 57,0 | 68,4 | 125,1 | 202,4 |
| 60 | 30,7 | 44,8 | 59,0 | 59,0 | 88,5 | 173,8 | 277,9 |
| 70 | 31,7 | 46,4 | 61,0 | 61,0 | 122,0 | 244,0 | 366,0 |
| 80 | 32,8 | 47,9 | 63,0 | 63,0 | 173,3 | 308,7 | 491,4 |
| 90 | 35,5 | 51,9 | 68,3 | 68,3 | 228,8 | 404,7 | 686,4 |
| 100 | 42,7 | 62,5 | 82,2 | 82,2 | 259,9 | 581,6 | 959,3 |
| 110 | 98,0 | 143,2 | 188,4 | 188,4 | 678,2 | 1.413,0 | 2.110,1 |
| 115 | 131,1 | 191,6 | 252,1 | 252,1 | 907,6 | 1.789,9 | 2.571,4 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΡΥΠΩΝ CO (g/h) - ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΑ ΕΠΙΒΑΤΙΚΑ (ECE 15/04)

| Κλίση Οδοστρώματος | | | | | | | |
|---------------------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Ταχ. (Km/h) | -6% | -4% | -2% | 0% | 2% | 4% | 6% |
| 0 | 101,3 | 101,3 | 101,3 | 101,3 | 101,3 | 101,3 | 101,3 |
| 5 | 97,3 | 115,5 | 133,8 | 152,0 | 152,0 | 159,6 | 167,2 |
| 10 | 129,7 | 154,0 | 178,4 | 202,7 | 202,7 | 217,9 | 223,0 |
| 15 | 162,2 | 192,6 | 223,0 | 253,4 | 272,4 | 278,7 | 304,1 |
| 20 | 194,6 | 231,1 | 267,6 | 304,1 | 331,4 | 349,7 | 395,3 |
| 30 | 223,6 | 265,6 | 307,5 | 349,4 | 384,4 | 436,8 | 604,5 |
| 40 | 216,8 | 257,5 | 298,2 | 338,8 | 413,4 | 538,7 | 762,4 |
| 50 | 210,1 | 249,4 | 288,8 | 328,2 | 462,7 | 623,6 | 909,9 |
| 60 | 217,9 | 258,8 | 299,6 | 340,5 | 520,9 | 863,1 | 1.186,5 |
| 70 | 225,8 | 268,1 | 310,4 | 352,7 | 701,9 | 1.199,3 | 1.559,1 |
| 80 | 236,8 | 281,2 | 325,6 | 370,0 | 928,7 | 1.539,2 | 1.946,2 |
| 90 | 322,9 | 383,4 | 443,9 | 504,9 | 1.498,3 | 2.497,2 | 3.044,6 |
| 100 | 391,8 | 474,6 | 663,0 | 753,4 | 2.320,5 | 3.816,0 | 4.821,8 |
| 110 | 359,7 | 462,5 | 904,5 | 1.027,8 | 2.826,4 | 4.419,5 | 6.012,6 |
| 115 | 364,5 | 486,0 | 1.069,1 | 1.214,9 | 3.037,2 | 4.616,5 | 6.438,9 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 3

ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΡΥΠΩΝ CO (g/h) - ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΑ ΕΠΙΒΑΤΙΚΑ (ECE 15/00)

| | Κλίση Οδοστρώματος | | | | | | |
|-------------------|---------------------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Ταχ.(Km/h) | -6% | -4% | -2% | 0% | 2% | 4% | 6% |
| 0 | 290,3 | 290,3 | 290,3 | 290,3 | 290,3 | 290,3 | 290,3 |
| 5 | 268,7 | 319,1 | 369,5 | 419,9 | 419,9 | 440,9 | 461,9 |
| 10 | 351,6 | 417,6 | 483,5 | 549,4 | 549,4 | 590,6 | 604,4 |
| 15 | 434,5 | 516,0 | 597,5 | 678,9 | 712,9 | 746,8 | 814,7 |
| 20 | 517,4 | 614,4 | 711,5 | 808,5 | 881,2 | 929,7 | 1.051,0 |
| 30 | 614,5 | 729,7 | 845,0 | 960,2 | 1.056,2 | 1.200,2 | 1.661,1 |
| 40 | 642,9 | 763,5 | 884,0 | 1.004,6 | 1.225,6 | 1.597,3 | 2.260,3 |
| 50 | 671,3 | 797,2 | 923,1 | 1.049,0 | 1.363,6 | 1.993,0 | 2.879,4 |
| 60 | 725,7 | 861,8 | 997,9 | 1.134,0 | 1.735,0 | 2.874,6 | 3.951,9 |
| 70 | 780,2 | 926,4 | 1.072,7 | 1.219,0 | 2.425,8 | 4.144,6 | 5.388,0 |
| 80 | 834,6 | 991,1 | 1.147,5 | 1.304,0 | 3.273,1 | 5.424,7 | 6.859,2 |
| 90 | 1.235,2 | 1.466,8 | 1.698,4 | 1.930,0 | 5.732,1 | 9.553,5 | 11.674,6 |
| 100 | 1.476,8 | 1.789,2 | 2.499,2 | 2.840,0 | 8.747,2 | 14.384,6 | 18.176,0 |
| 110 | 1.344,0 | 1.728,0 | 3.379,2 | 3.840,0 | 10.560,0 | 16.512,0 | 22.464,0 |
| 115 | 1.347,0 | 1.796,0 | 3.951,2 | 4.490,0 | 11.225,0 | 17.062,0 | 23.797,0 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 4

ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΡΥΠΩΝ CO (g/h) - ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΙΝΗΤΑ ΕΠΙΒΑΤΙΚΑ (EURO 2)

| | Κλίση Οδοστρώματος | | | | | | |
|-------------------|---------------------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Ταχ.(Km/h) | -6% | -4% | -2% | 0% | 2% | 4% | 6% |
| 0 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 |
| 5 | 5,4 | 5,4 | 5,4 | 5,4 | 5,4 | 5,6 | 7,5 |
| 10 | 7,3 | 7,3 | 7,3 | 7,3 | 7,3 | 7,9 | 10,2 |
| 15 | 8,7 | 8,7 | 8,7 | 8,7 | 8,7 | 9,6 | 13,1 |
| 20 | 11,2 | 11,2 | 11,2 | 11,2 | 11,2 | 12,6 | 17,9 |
| 30 | 14,0 | 14,0 | 14,0 | 14,0 | 14,0 | 16,6 | 22,4 |
| 40 | 14,0 | 14,0 | 14,0 | 14,0 | 14,0 | 17,0 | 22,4 |
| 50 | 14,0 | 14,0 | 14,0 | 14,0 | 14,0 | 17,9 | 22,4 |
| 60 | 14,0 | 14,0 | 14,0 | 14,0 | 15,6 | 18,6 | 22,4 |
| 70 | 14,0 | 14,0 | 14,0 | 14,0 | 16,8 | 19,3 | 22,4 |
| 80 | 14,0 | 14,0 | 14,0 | 14,0 | 17,9 | 19,9 | 22,4 |
| 90 | 15,4 | 15,4 | 15,4 | 15,4 | 19,7 | 22,9 | 24,6 |
| 100 | 16,8 | 16,8 | 16,8 | 16,8 | 20,3 | 24,9 | 27,0 |
| 110 | 20,8 | 20,8 | 20,8 | 20,8 | 22,2 | 26,6 | 29,2 |
| 115 | 23,5 | 23,5 | 23,5 | 23,5 | 23,5 | 25,9 | 28,2 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 5

ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΡΥΠΩΝ CO (g/h) - ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΙΝΗΤΑ ΕΠΙΒΑΤΙΚΑ (EURO1)

| Ταχ.(Km/h) | Κλίση Οδοστρώματος | | | | | | |
|------------|--------------------|------|------|------|------|------|------|
| | -6% | -4% | -2% | 0% | 2% | 4% | 6% |
| 0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 |
| 5 | 7,7 | 7,7 | 7,7 | 7,7 | 7,7 | 8,0 | 10,8 |
| 10 | 10,4 | 10,4 | 10,4 | 10,4 | 10,4 | 11,3 | 14,6 |
| 15 | 12,5 | 12,5 | 12,5 | 12,5 | 12,5 | 13,8 | 18,7 |
| 20 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 18,0 | 25,6 |
| 30 | 20,0 | 20,0 | 20,0 | 20,0 | 20,0 | 23,8 | 32,0 |
| 40 | 20,0 | 20,0 | 20,0 | 20,0 | 20,0 | 24,2 | 32,0 |
| 50 | 20,0 | 20,0 | 20,0 | 20,0 | 20,0 | 25,5 | 32,0 |
| 60 | 20,0 | 20,0 | 20,0 | 20,0 | 22,3 | 26,6 | 32,0 |
| 70 | 20,0 | 20,0 | 20,0 | 20,0 | 24,0 | 27,6 | 32,0 |
| 80 | 20,0 | 20,0 | 20,0 | 20,0 | 25,6 | 28,4 | 32,0 |
| 90 | 22,0 | 22,0 | 22,0 | 22,0 | 28,2 | 32,8 | 35,2 |
| 100 | 23,4 | 23,4 | 23,4 | 23,4 | 28,2 | 34,6 | 37,4 |
| 110 | 29,0 | 29,0 | 29,0 | 29,0 | 30,8 | 36,9 | 40,5 |
| 115 | 32,7 | 32,7 | 32,7 | 32,7 | 32,7 | 36,0 | 39,2 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 6

ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΡΥΠΩΝ CO (g/h) - ΠΕΤΡ/ΚΙΝΗΤΑ ΕΠΙΒΑΤΙΚΑ (ECE 15/04 & ΠΡΙΝ)

| Ταχ.(Km/h) | Κλίση Οδοστρώματος | | | | | | |
|------------|--------------------|------|------|------|------|-------|-------|
| | -6% | -4% | -2% | 0% | 2% | 4% | 6% |
| 0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 |
| 5 | 16,2 | 16,2 | 16,2 | 16,2 | 16,2 | 16,9 | 22,7 |
| 10 | 23,2 | 23,2 | 23,2 | 23,2 | 23,2 | 25,1 | 32,5 |
| 15 | 30,2 | 30,2 | 30,2 | 30,2 | 30,2 | 33,3 | 45,3 |
| 20 | 38,0 | 38,0 | 38,0 | 38,0 | 38,0 | 42,7 | 60,8 |
| 30 | 50,0 | 50,0 | 50,0 | 50,0 | 50,0 | 59,4 | 80,0 |
| 40 | 52,0 | 52,0 | 52,0 | 52,0 | 52,0 | 63,0 | 83,2 |
| 50 | 52,0 | 52,0 | 52,0 | 52,0 | 52,0 | 66,3 | 83,2 |
| 60 | 52,0 | 52,0 | 52,0 | 52,0 | 57,9 | 69,2 | 83,2 |
| 70 | 52,0 | 52,0 | 52,0 | 52,0 | 62,4 | 71,8 | 83,2 |
| 80 | 52,0 | 52,0 | 52,0 | 52,0 | 66,6 | 73,8 | 83,2 |
| 90 | 54,7 | 54,7 | 54,7 | 54,7 | 70,0 | 81,5 | 87,5 |
| 100 | 68,3 | 68,3 | 68,3 | 68,3 | 82,2 | 101,0 | 109,3 |
| 110 | 85,5 | 85,5 | 85,5 | 85,5 | 91,0 | 109,0 | 119,7 |
| 115 | 93,1 | 93,1 | 93,1 | 93,1 | 93,1 | 102,5 | 111,8 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 7

ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΡΥΠΩΝ NO_x (g/h) - ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΑ ΕΠΙΒΑΤΙΚΑ (US 83)

| | Κλίση Οδοστρώματος | | | | | | |
|-------------------|---------------------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Ταχ.(Km/h) | -6% | -4% | -2% | 0% | 2% | 4% | 6% |
| 0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 5 | 0,2 | 0,6 | 0,9 | 1,2 | 1,2 | 1,5 | 4,0 |
| 10 | 0,5 | 1,2 | 1,9 | 2,6 | 2,6 | 3,5 | 9,7 |
| 15 | 0,8 | 1,8 | 2,9 | 3,9 | 3,9 | 5,8 | 12,6 |
| 20 | 1,0 | 2,5 | 3,9 | 5,2 | 5,2 | 8,4 | 14,1 |
| 30 | 1,6 | 3,8 | 6,0 | 8,1 | 8,1 | 13,6 | 21,8 |
| 40 | 2,1 | 4,9 | 7,7 | 10,4 | 10,4 | 18,1 | 27,9 |
| 50 | 2,3 | 5,5 | 8,6 | 11,6 | 11,6 | 21,5 | 31,2 |
| 60 | 2,7 | 6,4 | 10,1 | 13,6 | 15,2 | 27,2 | 36,6 |
| 70 | 3,1 | 7,4 | 11,6 | 15,7 | 22,0 | 31,5 | 42,3 |
| 80 | 3,8 | 9,0 | 14,2 | 19,2 | 28,8 | 38,4 | 51,6 |
| 90 | 5,0 | 11,5 | 18,4 | 24,9 | 37,4 | 49,8 | 67,0 |
| 100 | 7,3 | 15,4 | 26,9 | 36,3 | 52,1 | 72,6 | 90,6 |
| 110 | 10,3 | 20,6 | 38,1 | 51,5 | 66,2 | 92,7 | 108,2 |
| 115 | 11,7 | 23,5 | 43,4 | 58,7 | 70,4 | 93,9 | 111,5 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 8

ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΡΥΠΩΝ NO_x (g/h) - ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΑ ΕΠΙΒΑΤΙΚΑ (ECE 15/04)

| | Κλίση Οδοστρώματος | | | | | | |
|-------------------|---------------------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Ταχ.(Km/h) | -6% | -4% | -2% | 0% | 2% | 4% | 6% |
| 0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 5 | 1,0 | 2,0 | 3,4 | 5,0 | 6,0 | 6,0 | 7,6 |
| 10 | 2,4 | 4,7 | 8,1 | 12,0 | 16,1 | 16,1 | 22,3 |
| 15 | 3,8 | 7,4 | 12,7 | 19,0 | 27,0 | 29,9 | 41,4 |
| 20 | 5,2 | 10,1 | 17,4 | 26,0 | 39,0 | 46,8 | 65,0 |
| 30 | 7,6 | 14,8 | 25,5 | 38,0 | 57,1 | 68,5 | 95,1 |
| 40 | 11,2 | 21,8 | 37,5 | 56,0 | 84,0 | 100,8 | 140,0 |
| 50 | 13,2 | 25,6 | 44,1 | 65,8 | 98,6 | 118,4 | 164,4 |
| 60 | 18,2 | 35,5 | 61,0 | 91,0 | 132,3 | 157,2 | 215,7 |
| 70 | 23,2 | 45,3 | 77,9 | 116,2 | 153,6 | 184,9 | 244,8 |
| 80 | 30,0 | 58,6 | 100,6 | 150,2 | 184,5 | 216,8 | 285,1 |
| 90 | 41,0 | 79,9 | 137,2 | 204,8 | 234,0 | 268,5 | 347,7 |
| 100 | 52,6 | 102,5 | 176,2 | 262,9 | 289,2 | 320,9 | 398,8 |
| 110 | 65,0 | 126,7 | 217,7 | 325,0 | 341,2 | 378,8 | 423,7 |
| 115 | 72,2 | 140,8 | 241,9 | 361,0 | 361,0 | 411,5 | 444,0 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 9

ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΡΥΠΩΝ NO_x (g/h) - ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΑ ΕΠΙΒΑΤΙΚΑ (ECE 15/00)

| | Κλίση Οδοστρώματος | | | | | | |
|------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ταχ.(Km/h) | -6% | -4% | -2% | 0% | 2% | 4% | 6% |
| 0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 5 | 1,0 | 1,9 | 3,3 | 4,9 | 5,8 | 5,8 | 7,4 |
| 10 | 3,2 | 6,1 | 10,6 | 15,8 | 21,1 | 21,1 | 29,1 |
| 15 | 5,3 | 10,4 | 17,8 | 26,6 | 37,7 | 41,7 | 57,8 |
| 20 | 7,5 | 14,6 | 25,1 | 37,5 | 56,2 | 67,4 | 93,7 |
| 30 | 11,6 | 22,7 | 39,0 | 58,2 | 87,3 | 104,8 | 145,5 |
| 40 | 17,6 | 34,3 | 58,9 | 87,9 | 131,8 | 158,2 | 219,7 |
| 50 | 20,4 | 39,8 | 68,3 | 102,0 | 153,0 | 183,6 | 255,0 |
| 60 | 25,8 | 50,2 | 86,3 | 128,8 | 187,1 | 222,4 | 305,1 |
| 70 | 31,0 | 60,5 | 103,9 | 155,0 | 204,9 | 246,6 | 326,6 |
| 80 | 35,0 | 68,3 | 117,3 | 175,0 | 215,0 | 252,6 | 332,2 |
| 90 | 39,8 | 77,6 | 133,3 | 199,0 | 227,4 | 260,9 | 337,9 |
| 100 | 45,0 | 87,8 | 150,8 | 225,0 | 247,5 | 274,6 | 341,2 |
| 110 | 50,0 | 97,5 | 167,5 | 250,0 | 262,5 | 291,4 | 332,9 |
| 115 | 52,6 | 102,6 | 176,2 | 263,0 | 263,0 | 299,8 | 323,5 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 10

ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΡΥΠΩΝ NO_x (g/h) - ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΙΝΗΤΑ ΕΠΙΒΑΤΙΚΑ (EURO 2)

| | Κλίση Οδοστρώματος | | | | | | |
|------------|--------------------|------|------|------|------|-------|-------|
| Ταχ.(Km/h) | -6% | -4% | -2% | 0% | 2% | 4% | 6% |
| 0 | 4,2 | 4,2 | 4,2 | 4,2 | 4,2 | 4,2 | 4,2 |
| 5 | 2,9 | 3,4 | 3,9 | 4,9 | 5,3 | 5,8 | 7,7 |
| 10 | 4,5 | 5,4 | 6,2 | 7,8 | 8,7 | 9,4 | 13,4 |
| 15 | 5,2 | 7,5 | 8,5 | 10,7 | 12,1 | 14,5 | 20,5 |
| 20 | 5,4 | 9,5 | 10,8 | 13,5 | 15,5 | 20,5 | 28,8 |
| 30 | 6,6 | 13,2 | 15,0 | 18,8 | 22,2 | 33,9 | 44,2 |
| 40 | 6,2 | 13,7 | 15,7 | 19,6 | 23,8 | 35,4 | 46,2 |
| 50 | 5,9 | 14,0 | 17,3 | 21,6 | 26,6 | 38,9 | 50,8 |
| 60 | 5,8 | 11,6 | 18,6 | 23,3 | 29,4 | 41,9 | 54,7 |
| 70 | 6,4 | 10,3 | 18,1 | 25,8 | 33,3 | 46,4 | 60,6 |
| 80 | 7,7 | 12,3 | 21,6 | 30,8 | 40,6 | 55,5 | 72,4 |
| 90 | 10,0 | 16,1 | 28,1 | 40,2 | 54,0 | 72,3 | 94,5 |
| 100 | 12,2 | 19,5 | 34,1 | 48,7 | 66,7 | 87,6 | 114,4 |
| 110 | 14,4 | 23,1 | 40,4 | 57,7 | 80,7 | 112,5 | 145,6 |
| 115 | 15,7 | 25,1 | 43,9 | 62,7 | 89,0 | 131,6 | 169,2 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 11

ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΡΥΠΩΝ NO_x (g/h) - ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΙΝΗΤΑ ΕΠΙΒΑΤΙΚΑ (EURO 1)

| | Κλίση Οδοστρώματος | | | | | | |
|------------|--------------------|------|------|------|------|-------|-------|
| Ταχ.(Km/h) | -6% | -4% | -2% | 0% | 2% | 4% | 6% |
| 0 | 4,7 | 4,7 | 4,7 | 4,7 | 4,7 | 4,7 | 4,7 |
| 5 | 3,3 | 3,8 | 4,4 | 5,5 | 5,9 | 6,4 | 8,6 |
| 10 | 5,0 | 6,1 | 6,9 | 8,6 | 9,7 | 10,5 | 14,9 |
| 15 | 5,8 | 8,3 | 9,5 | 11,8 | 13,4 | 16,2 | 22,8 |
| 20 | 6,0 | 10,5 | 12,0 | 15,0 | 17,3 | 22,8 | 32,0 |
| 30 | 7,3 | 14,6 | 16,7 | 20,9 | 24,7 | 37,6 | 49,1 |
| 40 | 6,9 | 15,3 | 17,5 | 21,8 | 26,4 | 39,4 | 51,3 |
| 50 | 6,6 | 15,6 | 19,2 | 24,0 | 29,5 | 43,2 | 56,4 |
| 60 | 6,5 | 12,9 | 20,7 | 25,8 | 32,7 | 46,5 | 60,7 |
| 70 | 7,2 | 11,5 | 20,1 | 28,7 | 37,0 | 51,6 | 67,4 |
| 80 | 8,6 | 13,7 | 24,0 | 34,2 | 45,1 | 61,6 | 80,4 |
| 90 | 11,2 | 17,9 | 31,3 | 44,7 | 60,0 | 80,4 | 104,9 |
| 100 | 13,5 | 21,6 | 37,9 | 54,1 | 74,1 | 97,3 | 127,1 |
| 110 | 16,0 | 25,6 | 44,9 | 64,1 | 89,7 | 124,9 | 161,8 |
| 115 | 17,4 | 27,9 | 48,7 | 69,6 | 98,9 | 146,2 | 188,0 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 12

ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΡΥΠΩΝ NO_x (g/h) - ΠΕΤΡ/ΚΙΝΗΤΑ ΕΠΙΒΑΤΙΚΑ (ECE 15/04 & ΠΡΙΝ)

| | Κλίση Οδοστρώματος | | | | | | |
|------------|--------------------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| Ταχ.(Km/h) | -6% | -4% | -2% | 0% | 2% | 4% | 6% |
| 0 | 5,1 | 5,1 | 5,1 | 5,1 | 5,1 | 5,1 | 5,1 |
| 5 | 3,5 | 4,1 | 4,7 | 5,9 | 6,4 | 7,0 | 9,3 |
| 10 | 6,2 | 7,5 | 8,5 | 10,7 | 12,0 | 12,9 | 18,4 |
| 15 | 7,6 | 10,8 | 12,4 | 15,5 | 17,6 | 21,1 | 29,8 |
| 20 | 8,1 | 14,2 | 16,2 | 20,3 | 23,3 | 30,8 | 43,1 |
| 30 | 10,9 | 21,7 | 24,8 | 31,0 | 36,6 | 55,8 | 72,9 |
| 40 | 10,2 | 22,6 | 25,8 | 32,2 | 39,0 | 58,0 | 75,8 |
| 50 | 10,4 | 24,6 | 30,3 | 37,9 | 46,6 | 68,2 | 89,0 |
| 60 | 11,1 | 22,1 | 35,4 | 44,3 | 55,9 | 79,7 | 104,0 |
| 70 | 12,5 | 19,9 | 34,9 | 49,8 | 64,4 | 89,7 | 117,1 |
| 80 | 14,4 | 23,0 | 40,2 | 57,4 | 75,6 | 103,3 | 134,9 |
| 90 | 18,1 | 29,0 | 50,7 | 72,5 | 97,3 | 130,4 | 170,3 |
| 100 | 21,9 | 35,1 | 61,5 | 87,8 | 120,3 | 158,0 | 206,3 |
| 110 | 26,0 | 41,7 | 72,9 | 104,2 | 145,9 | 203,2 | 263,1 |
| 115 | 28,4 | 45,4 | 79,5 | 113,6 | 161,3 | 238,5 | 306,6 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 13

ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΡΥΠΩΝ ΚΑΠΝΟΥ(m²/h)-ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΙΝΗΤΑ ΕΠΙΒΑΤΙΚΑ (EURO2)

| | Κλίση Οδοστρώματος | | | | | | |
|------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Ταχ.(Km/h) | -6% | -4% | -2% | 0% | 2% | 4% | 6% |
| 0 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 |
| 5 | 3,65 | 3,65 | 3,65 | 3,65 | 3,87 | 4,14 | 4,64 |
| 10 | 3,92 | 4,00 | 4,08 | 4,17 | 4,62 | 5,25 | 6,29 |
| 15 | 4,26 | 4,43 | 4,60 | 4,89 | 5,68 | 6,82 | 8,78 |
| 20 | 4,61 | 4,89 | 5,18 | 5,76 | 6,97 | 8,81 | 11,98 |
| 30 | 6,67 | 7,09 | 7,51 | 8,34 | 10,59 | 14,26 | 20,43 |
| 40 | 7,91 | 8,40 | 8,90 | 9,88 | 12,90 | 17,79 | 26,19 |
| 50 | 11,52 | 12,24 | 12,96 | 14,40 | 19,15 | 26,99 | 40,31 |
| 60 | 11,99 | 14,56 | 15,42 | 17,13 | 23,30 | 33,23 | 50,19 |
| 70 | 10,67 | 12,95 | 13,72 | 15,24 | 21,03 | 30,48 | 46,48 |
| 80 | 8,38 | 10,17 | 10,77 | 11,97 | 16,69 | 24,35 | 37,58 |
| 90 | 9,91 | 12,03 | 12,74 | 14,15 | 19,88 | 29,37 | 45,50 |
| 100 | 16,67 | 20,24 | 21,43 | 23,81 | 33,69 | 50,01 | 77,63 |
| 110 | 25,70 | 31,21 | 33,04 | 36,71 | 52,13 | 78,01 | 121,70 |
| 115 | 30,24 | 36,72 | 38,88 | 43,20 | 61,34 | 92,45 | 144,72 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 14

ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΡΥΠΩΝ ΚΑΠΝΟΥ (m²/h) - ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΙΝΗΤΑ ΕΠΙΒΑΤΙΚΑ (EURO1)

| | Κλίση Οδοστρώματος | | | | | | |
|------------|--------------------|------|------|------|------|-------|-------|
| Ταχ.(Km/h) | -6% | -4% | -2% | 0% | 2% | 4% | 6% |
| 0 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| 5 | 5,1 | 5,1 | 5,1 | 5,1 | 5,5 | 5,8 | 6,5 |
| 10 | 5,5 | 5,6 | 5,8 | 5,9 | 6,5 | 7,4 | 8,9 |
| 15 | 6,0 | 6,2 | 6,5 | 6,9 | 8,0 | 9,6 | 12,4 |
| 20 | 6,5 | 6,9 | 7,3 | 8,1 | 9,8 | 12,4 | 16,9 |
| 30 | 9,4 | 10,0 | 10,6 | 11,7 | 14,9 | 20,1 | 28,8 |
| 40 | 11,1 | 11,8 | 12,5 | 13,9 | 18,2 | 25,1 | 36,9 |
| 50 | 15,6 | 16,5 | 17,5 | 19,5 | 25,9 | 36,5 | 54,5 |
| 60 | 16,2 | 19,7 | 20,8 | 23,1 | 31,5 | 44,9 | 67,8 |
| 70 | 14,4 | 17,5 | 18,5 | 20,6 | 28,4 | 41,2 | 62,8 |
| 80 | 11,3 | 13,7 | 14,6 | 16,2 | 22,6 | 32,9 | 50,8 |
| 90 | 13,4 | 16,3 | 17,2 | 19,1 | 26,9 | 39,7 | 61,5 |
| 100 | 20,8 | 25,3 | 26,8 | 29,8 | 42,1 | 62,5 | 97,0 |
| 110 | 32,1 | 39,0 | 41,3 | 45,9 | 65,2 | 97,5 | 152,1 |
| 115 | 37,8 | 45,9 | 48,6 | 54,0 | 76,7 | 115,6 | 180,9 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 15

ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΡΥΠΩΝ ΚΑΠΝΟΥ(m²/h)-ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΙΝΗΤΑ ΕΠΙΒΑΤΙΚΑ (ΕΣΕ 15/04&ΠΡΙΝ)

| Κλίση Οδοστρώματος | | | | | | | |
|--------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ταχ.(Km/h) | -6% | -4% | -2% | 0% | 2% | 4% | 6% |
| 0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 5 | 18,3 | 18,3 | 18,3 | 18,3 | 19,4 | 20,7 | 23,2 |
| 10 | 19,3 | 19,7 | 20,1 | 20,5 | 22,8 | 25,9 | 31,0 |
| 15 | 19,8 | 20,6 | 21,4 | 22,8 | 26,5 | 31,8 | 40,9 |
| 20 | 20,1 | 21,3 | 22,6 | 25,1 | 30,4 | 38,4 | 52,2 |
| 30 | 23,2 | 24,6 | 26,1 | 29,0 | 36,8 | 49,6 | 71,0 |
| 40 | 30,9 | 32,8 | 34,8 | 38,6 | 50,4 | 69,5 | 102,4 |
| 50 | 34,1 | 36,2 | 38,3 | 42,6 | 56,6 | 79,9 | 119,3 |
| 60 | 29,9 | 36,3 | 38,4 | 42,7 | 58,1 | 82,8 | 125,1 |
| 70 | 29,5 | 35,8 | 37,9 | 42,1 | 58,1 | 84,2 | 128,5 |
| 80 | 28,7 | 34,8 | 36,9 | 41,0 | 57,1 | 83,4 | 128,6 |
| 90 | 31,6 | 38,4 | 40,7 | 45,2 | 63,5 | 93,8 | 145,3 |
| 100 | 46,7 | 56,7 | 60,0 | 66,7 | 94,3 | 140,0 | 217,3 |
| 110 | 72,2 | 87,7 | 92,8 | 103,1 | 146,4 | 219,1 | 341,9 |
| 115 | 84,9 | 103,1 | 109,2 | 121,3 | 172,3 | 259,6 | 406,4 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 16

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ (F_{CS}) ΚΡΥΑΣ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ (ΕΠΙΒΑΤΙΚΑ)

| Διανυόμενη Απόσταση | 1Km(25°C/ 5°C/-10°C) | 2Km(25°C/ 5°C/-10°C) | 3Km(25°C/ 5°C/-10°C) |
|-----------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Βενζινοκίνητα καταλ. | | | |
| CO | 2,0/5,0/7,4 | 1,0/2,5/4,3 | 1,0/1,0/2,4 |
| NOx | 2,1/1,8/1,6 | 1,0/1,4/1,4 | 1,0/1,0/1,2 |
| Βενζινοκίνητα συμβ. | | | |
| CO | 1,3/2,1/3,0 | 1,0/1,4/2,0 | 1,0/1,0/1,4 |
| NOx | 1,7/0,9/0,8 | 1,0/0,95/0,9 | 1,0/1,0/0,95 |
| Πετρελαιοκίνητα | | | |
| CO | 1,1/1,2/1,4 | 1,0/1,1/1,2 | 1,0/1,0/1,0 |
| NOx | 1,1/1,1/1,1 | 1,0/1,0/1,1 | 1,0/1,0/1,0 |
| Αιθάλη(καπνός) | 1,2/1,2/1,4 | 1,0/1,1/1,3 | 1,0/1,0/1,1 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 17
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ (Fh) ΥΨΟΜΕΤΡΟΥ (ΕΠΙΒΑΤΙΚΑ)

| | | CO | NOx | Αιθάλη |
|-----------------------------|----------|-------|------|--------|
| Βενζινοκίνητα καταλ. | 700m/0m | 1,0 | 1,0 | - |
| | 1000m/0m | 2,6 | 1,0 | - |
| | 2000m/0m | 11,42 | 1,0 | - |
| | 3000m/0m | 13,0 | 1,0 | - |
| Βενζινοκίνητα συμβ. | 1000m/0m | 1,78 | 0,74 | - |
| | 2000m/0m | 2,48 | 0,54 | - |
| | 3000m/0m | 3,18 | 0,54 | - |
| Πετρελαιοκίνητα | 1000m/0m | 1,21 | 1,0 | 1,0 |
| | 2000m/0m | 1,50 | 1,0 | 1,25 |
| | 3000m/0m | 1,81 | 1,0 | 1,5 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 18
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ (Fa) ΓΗΡΑΝΣΗΣ ΚΑΤΑΛΥΤΗ
(ΕΠΙΒΑΤΙΚΑ ΚΑΤΑΛΥΤΙΚΑ)

| CO [1/100.000 Km] | NOx [1/100.000 Km] |
|-------------------|--------------------|
| 1,67 | 1,73 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 19
ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΡΥΠΩΝ CO(g/h) - ΦΟΡΤΗΓΩΝ, 10tn (Pre-EURO)

| Ταχ.(Km/h) | Κλίση Οδοστρώματος | | | | |
|------------|--------------------|-------|-------|-------|---------------|
| | 6% | 4% | 2% | 0% | -2%/ -4%/ -6% |
| 5 | 143,2 | 135,4 | 129,3 | 126,0 | 63,0 |
| 10 | 173,6 | 157,7 | 145,1 | 137,7 | 68,8 |
| 15 | 204,5 | 180,5 | 161,4 | 149,5 | 74,7 |
| 20 | 235,7 | 203,4 | 177,0 | 159,4 | 79,7 |
| 25 | 267,8 | 227,2 | 193,7 | 170,6 | 85,3 |
| 30 | 300,7 | 251,9 | 210,9 | 181,9 | 90,9 |
| 35 | 334,4 | 277,0 | 228,1 | 191,9 | 95,9 |
| 40 | 370,5 | 304,4 | 247,2 | 203,2 | 101,6 |
| 45 | 404,7 | 330,0 | 264,1 | 211,6 | 105,8 |
| 50 | 439,9 | 356,3 | 281,4 | 219,8 | 109,9 |
| 55 | 477,7 | 385,3 | 301,8 | 231,6 | 115,8 |
| 60 | 516,9 | 415,7 | 323,3 | 244,0 | 122,0 |
| 65 | 557,1 | 446,9 | 345,4 | 256,7 | 128,3 |
| 70 | | 479,4 | 368,4 | 269,8 | 134,9 |
| 75 | | 513,7 | 392,4 | 281,8 | 140,9 |
| 80 | | 549,9 | 417,9 | 294,6 | 147,3 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 20

ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΡΥΠΩΝ NOx(g/h) - ΦΟΡΤΗΓΩΝ, 10tn (Pre-EURO)

| | Κλίση Οδοστρώματος | | | | |
|------------|--------------------|-------|---------|---------|---------------|
| Ταχ.(Km/h) | 6% | 4% | 2% | 0% | -2%/ -4%/ -6% |
| 5 | 216,6 | 163,2 | 173,4 | 192,2 | 81,6 |
| 10 | 310,5 | 199,3 | 222,4 | 261,3 | 99,6 |
| 15 | 406,1 | 235,8 | 272,6 | 331,9 | 117,9 |
| 20 | 502,6 | 266,5 | 321,0 | 402,7 | 133,2 |
| 25 | 602,0 | 301,1 | 372,6 | 476,5 | 150,6 |
| 30 | 703,9 | 336,1 | 426,0 | 552,7 | 168,1 |
| 35 | 808,1 | 367,1 | 479,1 | 630,5 | 183,5 |
| 40 | 919,8 | 402,2 | 538,4 | 715,5 | 201,1 |
| 45 | 1.025,8 | 428,2 | 590,6 | 794,4 | 214,1 |
| 50 | 1.134,6 | 453,5 | 644,2 | 875,8 | 226,8 |
| 55 | 1.251,6 | 489,9 | 707,2 | 965,7 | 245,0 |
| 60 | 1.373,1 | 528,5 | 773,7 | 1.059,8 | 264,3 |
| 65 | 1.497,3 | 567,6 | 842,1 | 1.156,4 | 283,8 |
| 70 | | 608,3 | 913,5 | 1.256,8 | 304,2 |
| 75 | | 645,4 | 987,7 | 1.363,2 | 322,7 |
| 80 | | 685,0 | 1.066,4 | 1.475,1 | 342,5 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 21

ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΡΥΠΩΝ ΚΑΠΝΟΥ(m²/h) - ΦΟΡΤΗΓΩΝ, 10tn (Pre-EURO)

| | Κλίση Οδοστρώματος | | | | |
|------------|--------------------|-------|-------|-------|---------------|
| Ταχ.(Km/h) | 6% | 4% | 2% | 0% | -2%/ -4%/ -6% |
| 5 | 98,6 | 94,0 | 90,5 | 88,6 | 44,3 |
| 10 | 116,0 | 106,9 | 99,7 | 95,3 | 47,7 |
| 15 | 133,8 | 120,0 | 109,0 | 102,1 | 51,1 |
| 20 | 151,8 | 133,2 | 118,0 | 107,8 | 53,9 |
| 25 | 170,2 | 146,9 | 127,6 | 114,3 | 57,1 |
| 30 | 189,2 | 161,1 | 137,5 | 120,8 | 60,4 |
| 35 | 208,6 | 173,6 | 147,4 | 126,6 | 63,3 |
| 40 | 229,4 | 191,4 | 158,4 | 133,1 | 66,5 |
| 45 | 249,1 | 206,0 | 168,1 | 137,9 | 69,0 |
| 50 | 269,3 | 221,2 | 178,1 | 142,6 | 71,3 |
| 55 | 291,1 | 237,9 | 189,8 | 149,4 | 74,7 |
| 60 | 313,7 | 255,4 | 202,2 | 156,6 | 78,3 |
| 65 | 336,8 | 273,4 | 214,9 | 163,9 | 81,9 |
| 70 | | 292,0 | 228,2 | 171,4 | 85,7 |
| 75 | | 311,8 | 242,0 | 178,3 | 89,2 |
| 80 | | 332,7 | 256,6 | 185,7 | 92,9 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 22
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ (Fm) ΒΑΡΟΥΣ ΦΟΡΤΗΓΩΝ

| Ταχ.(Km/h) | 20t/10t | 30t/10t |
|------------|---------|---------|
| 5 | 1,8 | 2,5 |
| 10 | 1,8 | 2,6 |
| 20 | 1,8 | 2,6 |
| 30 | 1,8 | 2,6 |
| 40 | 1,8 | 2,5 |
| 50 | 1,7 | 2,4 |
| 60 | 1,6 | 2,3 |
| 70 | 1,6 | 2,1 |
| 80 | 1,5 | 2,0 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 23
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ (Fe) ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΦΟΡΤΗΓΩΝ

| Κανονισμός | CO | NOx | Καπνός |
|------------|------|------|--------|
| preEURO | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| EURO 0 | 0,62 | 1,11 | 0,65 |
| EURO 1 | 0,40 | 0,84 | 0,55 |
| EURO 2 | 0,34 | 0,64 | 0,30 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 24
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ (Fh) ΥΨΟΜΕΤΡΟΥ (ΦΟΡΤΗΓΑ)

| | | CO | NOx | Καπνός |
|-----------------|----------|------|------|--------|
| Πετρελαιοκίνητα | 1000m/0m | 1,35 | 1,00 | 1,12 |
| | 2000m/0m | 2,75 | 1,00 | 1,69 |
| | 3000m/0m | 4,00 | 1,00 | 2,26 |

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Σακκάς Ι, Αγγέλης Ε, Μπακογιάννης Ι, Καζίλης Ν, Ρόζενμπεργκ Α, Σοφιανός ΑΙ, Μιχάλης Η, Αντωνίου Γ (2002). «ΟΜΟΕ-Τεύχος Οδικών Σηράγγων», ΥΠΕΧΩΔΕ.
2. Τεχνικές Διάνοιξης Σηράγγων, Καθηγητής Α.Ι. Σοφιανός
3. King EH and Kuesel TR (1996). In: Bickel JO, Kuesel TR, King EH (1996). "Tunnel Engineering Handbook", ch. 2, Chapman & Hall.
4. "ΟΙ ΣΗΡΑΓΓΕΣ ΤΗΣ ΕΓΝΑΤΙΑΣ ΟΔΟΥ" , ΒΟΡΕΙΑ ΧΑΡΑΞΗ ΜΕΤΣΟΒΟΥ: ΣΥΛΛΗΨΗ - ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ - ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ, Χ. Γεωργανόπουλος Ν. Καζίλης, Θεσσαλονίκη, 15-16/10/99 ΕΟΑΕ και ΕΕΣΥΕ
5. ΑΕΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΛΟΙΠΑ Η/Μ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΗΡΑΓΓΩΝ ΕΓΝΑΤΙΑΣ ΟΔΟΥ, Ν. Β. Καβουλάκος, Ιωάννινα, 15-16/10/99, "ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Α.Ε.", & Ε.Ε.Σ.Υ.Ε.
6. ΟΙ ΣΗΡΑΓΓΕΣ ΤΗΣ ΕΓΝΑΤΙΑΣ ΟΔΟΥ, Ν. Καζίλης, Ιωάννινα, 15-16/10/99 "ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ ΑΕ" & Ε.Ε.Σ.Υ.Ε.
7. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΗΣ ΕΓΝΑΤΙΑΣ ΟΔΟΥ ΚΑΙ ΤΩΝ ΣΗΡΑΓΓΩΝ ΤΗΣ, Χ. Γεωργανόπουλος, Ιωάννινα, 15-16/10/99 "ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ ΑΕ" & Ε.Ε.Σ.Υ.Ε.
8. Μελέτη & Κατασκευή Οδικών Σηράγγων σε Μολάσσα – Σήραγγες Αγ. Παρασκευής και Αγναντερού Εγνατίας οδού, ΝΤΟΥΝΙΑΣ Γ. , ΦΙΚΙΡΗΣ Ι., ΡΑΧΑΝΙΤΗΣ Ν., 6ο Πανελλήνιο Συνέδριο Γεωτεχνικής & Γεωπεριβαλλοντικής Μηχανικής, ΤΕΕ, 29/09 – 1/10 2010, Βόλος

9. Ιστορικό Τελικής Φάσης Αποκατάστασης Σήραγγας Σ2, Τμήματος 1.2.3 (Κουμαριά – Αγ. Αναστασία) της Εγνατίας Οδού, ΚΑΖΙΛΗΣ, Ν.ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ, Χ.Π., 6ο Πανελλήνιο Συνέδριο Γεωτεχνικής & Γεωπεριβαλλοντικής Μηχανικής, ΤΕΕ, 29/09 – 1/10 2010, Βόλος

10. ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΤΙΣ ΟΔΙΚΕΣ ΣΗΡΑΓΓΕΣ - ΝΕΩΤΕΡΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ - ΣΚΕΨΕΙΣ, ΑΠΟΨΕΙΣ, ΚΡΙΤΙΚΗ, Ν.Β.Καβουλάκος ΤΕΚΕΜ ΕΠΕ, Ιωάννινα, 7 & 8/12/2001, "ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Α.Ε." & Ε.Ε.Σ.Υ.Ε